

Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem

Etapp 2

Åsa Wahlström, Agneta Olsson-Jonsson



Samverkan för effektiv och miljövänlig
energianvändning i bostäder och lokaler



EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan staten och näringslivet med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
- Borlänge Energi AB
- Borås Energi AB
- Elbolaget i Norden AB
- Falu Energi AB
- FORMAS
- Graninge Kalmar Energi AB
- Göteborg Energi AB
- IMI Indoor Climate AB
- Jämtkraft AB
- Karlstads Energi AB
- Mälar Energi AB
- Skellefteå Kraft AB
- SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Statens Energimyndighet
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Sydkraft AB
- Umeå Energi AB
- Uppsala Energi AB
- Vattenfall AB
- Öresundskraft AB

Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem: Etapp 2

Författare Åsa Wahlström*, Agneta Olsson-Jonsson*		Rapportdatum 2002-06-11	
Från Effektiv		Rapportnr 2002:02	Etapp 2
ISBN 91-7848-902-4	ISSN 1650-1489	Antal textblad 45	Antal bilagor 4
Sökord Miljö, emissioner, resursförbrukning, allokering, LCI, LCA			

*SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Rapportbeskrivning

Energianvändningen i byggnader står idag för över 40 % av den totala energianvändningen i samhället och är därmed den sektor som använder mest energi. Energianvändningens påverkan på miljön har därför blivit en alltmer viktig faktor vid val av uppvärmningssystem, men också vid utvärdering av möjlig energibesparing. Miljömässigt är det dock stor skillnad mellan kWh och kWh eftersom miljöbelastningen beror på ett flertal faktorer såsom bränsleslag, transporter, uppvärmningssystem, effektivitet och systemavgränsningar.

Det stora antalet faktorer på miljöbelastningen gör att det är svårt att beräkna och värdesätta den samtidigt som det fortfarande saknas bra verktyg. Denna rapport är en delrapport i huvudprojektet vars syfte är att ta fram ett nytt verktyg som beskriver en metod för hur en miljövärdering kan utföras på ett enkelt sätt. Det ska därmed bli möjligt att för t.ex. energirådgivare, energikonsulter och den intresserade villaägaren att även ta med miljöaspekter tillsammans med brukaraspekter och ekonomi vid ett beslutsfattande.

Beroende av vilka uppvärmningssystem som ska undersökas kommer förutsättningarna att vara olika vilket direkt kommer att påverka resultatet. Dessutom kommer också värderingen av resultatet att vara beroende av vad miljöbedömningen ska användas till. Kravet på verktyget är därför att förutsättningar, värderingar och resultat ska vara transparenta. På så sätt blir det möjligt för användaren att själv göra den slutgiltiga värderingen grundad på de bedömningar som är relevanta för den specifika studien.

Projektet är uppdelat i etapper och i den första etappen, Wahlström et al. 2001, studeras emissioner till luft från sju olika uppvärmningssystem. Emissionerna har kategoriserats i miljöeffekterna växthuseffekt, försurning, övergödning, bildning av marknära ozon samt utsläpp av partiklar. Dessutom studerades hur resultatet påverkades beroende av hur systemgränser dras för el. I denna etapp betraktas hur man kan bedöma miljöpåverkan från uttag av naturresurser, hur allokering kan göras för el och fjärrvärme vid kraftvärmeproduktion och systemavgränsning för fjärrvärme.

Förord

Föreliggande rapport är en delrapport i ett längre projekt som drivs under forskningsprogrammet EFFEKTIV. Denna delrapport ska tillsammans med rapporten från den första etappen ge ett basunderlag till huvudprojektet vars syfte är att ta fram ett nytt verktyg som beskriver en metod för hur en miljövärdering kan utföras på ett enkelt sätt.

Arbetet har utförts av Energiteknik SP med bistånd i form av diskussioner och granskning av de övriga medlemmarna i CEE, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik CTH.

Till projektet finns en referensgrupp som har gett ett ovärderligt underlag till projektet genom diskussioner av idéer och slutsatser. Vi vill tacka samtliga för ett stort engagemang:

- Gunnar Hovsenius, Elforsk
- Sven-Olov Ericson, Näringsdepartementet
- Erik Larsson, Fjärrvärmeföreningen
- Roland Jonsson, Svenska Petroleum Institutet
- Morgan Fröling, Kemisk miljövetenskap, CTH

Vi vill också tacka alla andra som har hjälpt oss med information och synpunkter under arbetets gång.

Borås februari 2002

Åsa Wahlström

Projektledare

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Sammanfattning

Vid energianvändning i byggnader har påverkan på miljön blivit en allt viktigare faktor tillsammans med brukaraspekter och ekonomi. Miljöbelastningen beror dock på ett flertal faktorer såsom bränsleslag, transporter, uppvärmningssystem, effektivitet och systemavgränsningar, vilket gör det svårt att beräkna och värdesätta miljöbelastningen. Ett miljövärderingsverktyg som kan användas vid val av uppvärmningssystem men också vid utvärdering av energibesparing efterfrågas därför av t.ex. energirådgivare, intresserade villaägare och fastighetsbolag. Detta projekt är ett steg i arbetet med att utveckla bra verktyg och studerar därför olika uppvärmningssystemers belastning på den yttre miljön. Det huvudsakliga syftet är att beskriva en metod om hur man ska gå tillväga vid en miljövärdering.

För att miljöbelastningen från de olika uppvärmningssystemen ska bli jämförbara bygger metoden på energislagets hela livscykel, dvs. dess utvinning, produktion, transport, omvandling till värme i byggnaden och bortförsel av restprodukter. En viktig förutsättning för metoden är att den ska vara enkel att använda och att förutsättningar, värderingar och resultat ska vara transparenta. På så sätt blir det möjligt för användaren att själv göra den slutgiltiga värderingen grundad på de bedömningar som är relevanta för den specifika studien.

Projektet är uppdelat i etapper och i den första etappen, Wahlström et al. 2001, studeras emissioner till luft från sju olika uppvärmningssystem. Emissionerna har kategoriserats i miljöeffekterna växthuseffekt, försurning, övergödning, bildning av marknära ozon samt utsläpp av partiklar. Dessutom studeras hur resultatet påverkades beroende av hur systemgränser dras för el.

I denna etapp betraktas hur man kan bedöma miljöpåverkan från uttag av naturresurser, hur allokering kan göras för el och fjärrvärme vid kraftvärmeproduktion och systemavgränsning för fjärrvärme. Beräkningar har gjorts för sju olika uppvärmningssystem; olje-, naturgas- och biobränsleeldade villapannor och villor uppvärmda med direktel, värmepump eller fjärrvärme där dessa belastar miljön med samma fördelning som de är producerade med i Sverige (s.k. Sverigemix).

Uttag av naturresurser har klassificerats i mineraler, fossila bränslen och förnyelsebara material. Resursförbrukningen har sedan karaktäriserats och viktats med hjälp av två miljöbedömningsmetoder, EPS och Eco-indicator 99. Ingen av metoderna är framtagen för att användas vid miljöbedömning av energianvändning och båda baseras på subjektiva värderingsgrunder. EPS behandlar resursutnyttjandet huvudsakligen utgående från betalningsvilja för det hållbara alternativet till resursen medan Eco-indicator 99 utgår från hur svårt det kommer att bli i framtiden att utvinna resursen. Båda metoderna ger huvudsakligen samma resultat; olje- och naturgaseldade byggnader har större resursförbrukning än de övriga uppvärmningssystemen (då fjärrvärme och el betraktas som Sverigemixar).

Vid produktion av el och värme i ett kraftvärmeverk produceras två produkter, el och värme. Den miljöbelastning som produktionen orsakar och inte direkt kan härledas till den ena eller andra produkten fördelas då mellan de två produkterna. En sådan fördelning kallas för allokering och vanligt är att allokering sker enligt *energimetoden*, dvs. varje kWh belastas lika mycket oavsett om det är el eller värme som produceras. Att

använda bränsle till kraftvärme produktion i ett kraftvärmeverk istället för att producera värme i ett värmeverk och el i ett kraftverk ger totalt sett ett bättre sätt att utnyttja bränslet. En allokering enligt *alternativproduktionsmetoden* bygger på att vinsten av kraftvärmeproduktion, i form av bättre bränsleutnyttjande, fördelas mellan de två produkterna el och värme i proportion till bränslebehoven för separat el- respektive värmeproduktion. Med *alternativproduktionsmetoden* för fjärrvärme producerad med en fördelning av bränslen enligt en *Sverigemix* minskar miljöpåverkan från fjärrvärme med upp till 17 % beroende av förhållandet mellan värmeverk och kraftvärmeverk.

Fjärrvärme produceras centralt i olika produktionsanläggningar och sammanbinds sedan med ett distributionsnät. Miljövärderingens systemgräns ger vilken mix av produktionsenheter som ingår vid analysen och tidigare har fjärrvärme betraktas som en s.k. *Sverigemix*, dvs fjärrvärme belastar miljön med samma fördelning som den är producerad med i Sverige under ett år. Detta kan dock bli missvisande eftersom fjärrvärme distribueras i lokala nät som inte har någon koppling med varandra.

En jämförelse av miljöpåverkan från fjärrvärme betraktat som en *Sverigemix* med fjärrvärme från Göteborg och Borås fjärrvärmenät visar att skillnader i växthuseffekten uppgår till mer än 65 %. Skillnader mellan de olika fjärrvärmemixarna kan vara det omvända för olika miljöeffekter vilket visar att slutsatser inte kan dras från resultat från en miljöeffekt, utan varje miljöeffekt måste studeras separat.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Miljöpåverkan från en byggnad.....	1
1.1.1	Tillverkning	2
1.1.2	Drift.....	2
1.1.3	Rivning	3
1.1.4	Läsanvisning.....	4
1.2	Metod för miljöpåverkan från uppvärmningssystem.....	4
1.2.1	Målbeskrivning och omfattning.....	4
1.2.2	Inventeringsanalys	6
1.2.3	Miljöpåverkansbeskrivning	6
1.2.4	Resultattolkning.....	9
1.3	Miljöpåverkansstudier i etapp 2.....	9
1.3.1	Uttag av naturresurser.....	9
1.3.2	Allokering vid kraftvärmeproduktion.....	10
1.3.3	Systemavgränsning för fjärrvärme	11
2	Uttag av naturresurs.....	12
2.1	Krav på metod.....	12
2.2	Klassificering av metoder	13
2.3	Val av metoder.....	13
2.4	EPS Environmental Priority Strategies.....	15
2.4.1	Grundprinciper för EPS-systemet.....	15
2.4.2	Beräkning av miljöbelastning	15
2.4.3	Utnyttjande av förrådet av naturliga resurser i EPS	16
2.5	Eco-indicator 99.....	19
2.5.1	Tre skyddsområden.....	19
2.5.2	Skyddsområdesvärdering utifrån tre olika perspektiv	20
2.5.3	Skyddsområdet resurser.....	21
2.6	Resursförbrukning med EPS och Eco-indicator 99 för tre kraftanläggningar	22
2.7	Resursförbrukning med EPS-systemet	23
2.8	Resursförbrukning med Eco-indicator 99.....	25
2.9	Diskussion och slutsatser	27
3	Allokering vid kraftvärmeproduktion.....	28
3.1	Allmänt	28

3.2	Allokering vid kraftvärmeproduktion.....	28
3.2.1	Alternativproduktionsmetoden	29
3.2.2	Exempel på princip bakom alternativproduktionsmetoden	30
3.3	Jämförelser med tidigare beräkningar	32
3.3.1	Jämförelse mellan värmeverk, kraftverk och kraftvärmeverk	34
3.3.2	El.....	34
3.3.3	Fjärrvärme.....	36
3.4	Diskussion och slutsatser	37
4	Systemavgränsning för fjärrvärme.....	39
4.1	Resultat av jämförelse.....	39
4.2	Diskussion och slutsatser	42
	Referenser	43
	Bilaga A Använda miljöbelastningsindex.....	1
A.1	EPS-systemet	1
A.2	Eco-indicator 99.....	1
A.2.1	Förstörelse av resurser genom utvinning av uran	2
	Bilaga B Beräkning av resursförbrukning.....	1
B.1	Resursförbrukning av kraftanläggningar	1
B.2	Resursförbrukning av villapannor och fjärrvärme.....	1
B.3	Resursförbrukning vid elanvändning.....	1
	Bilaga C Data för fjärrvärme	1
	Bilaga D Underlag för allokering	1

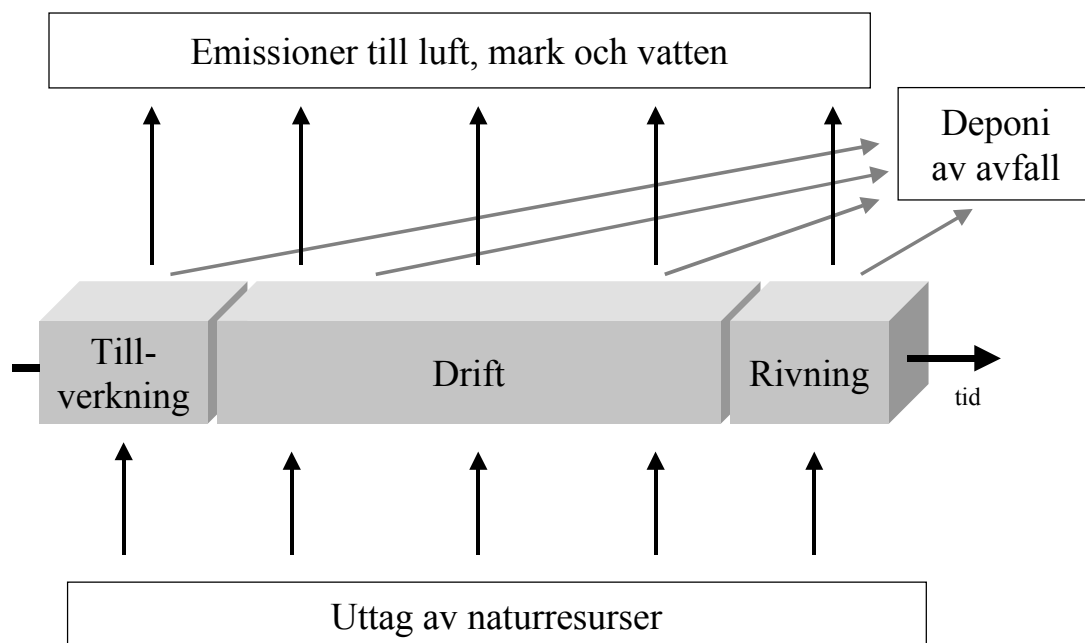
1 Inledning

1.1 Miljöpåverkan från en byggnad

Energianvändningen i byggnader står idag för över 40 % av den totala energianvändningen i samhället och är därmed den sektor som använder mest energi. Att kunna bedöma energianvändningens påverkan på miljön har därför blivit alltmer viktig. Miljöpåverkan från en byggnad kan delas in i tre huvudgrupper:

- Utsläpp av emissioner till luft, vatten och mark. Emissionerna kan vara i gas, flytande eller fast form.
- Uttag av naturresurser från jorden. Med resurser avses t.ex. material, energi och mark.
- Deponi av avfall av material som inte går att återanvändas.

Miljöpåverkan sker under hela byggnadens livscykel och kan delas in i följande tre huvudfaser, *tillverkning*, *drift* och *rivning*.



Figur 1.1 En byggnad orsakar påverkan på miljön under hela dess livslängd, vid tillverkning, drift och rivning. Påverkan består av uttag av naturresurser, emissioner till luft, mark och vatten samt deponi av avfall.

1.1.1 Tillverkning

Råmaterial till byggnaden måste utvinnas och transporteras för tillverkning av material och komponenter. Påverkan på miljön sker då dels genom att materialresurser tas i anspråk, dels att emissioner släpps ut vid energiförbrukning vid tillverkning och transport.

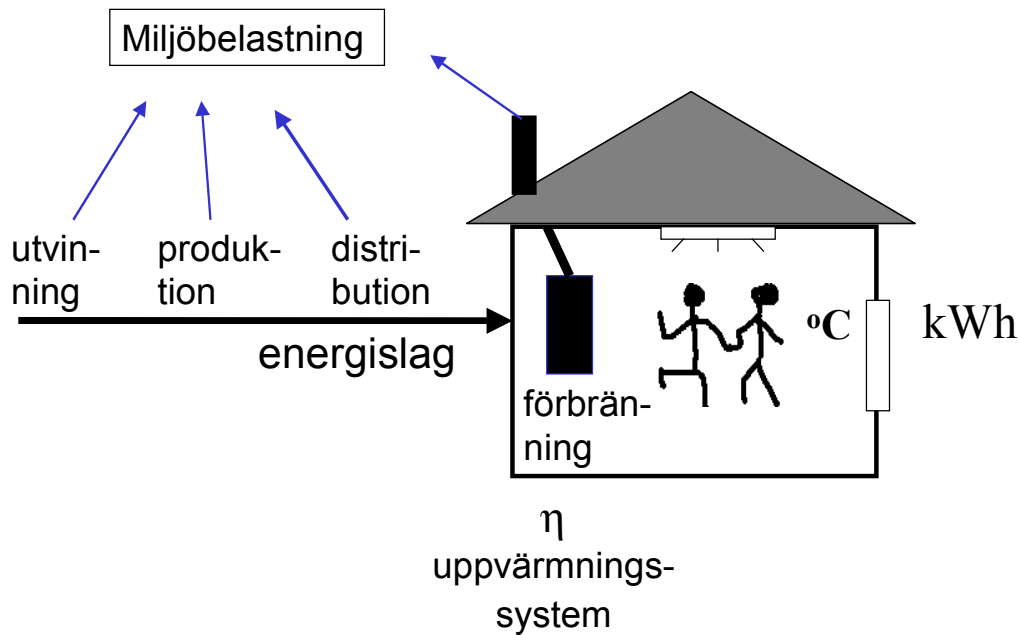
Vid tillverkning av material och komponenter skapas även avfall av överblivet och kasserat material som också bidrar till miljöpåverkan. Liknade miljöpåverkan sker även då material och komponenter byggs samman till en byggnad.

1.1.2 Drift

Under drift sker miljöpåverkan vid underhåll och renovering av själva huset men det största bidraget generas vid energianvändning för den dagliga driften. Byggnadens energibehov bestäms av

- Utomhusklimatet där byggnaden är lokaliserad.
- Krav på inomhusmiljö.
- Byggnadens konstruktion. Byggnadens klimatskal dvs byggnadskroppens täthet, byggnadens väderstrecksorientering och materialvalet i byggnaden.
- Verksamhet i byggnaden, dvs värmealstring av människor och maskiner som finns och arbetar i byggnaden.
- De tekniska installationerna. Ju sämre verkningsgrad ett tekniskt system har desto högre blir energiförbrukningen.

Energibehovet ska tillgodoses med ett eller flera tekniska system vilka orsakar påverkan på den yttre miljön. Miljöpåverkans storlek beror på det tekniska systemets effektivitet och vilket energislag som används. Miljöpåverkan börjar dock långt innan energianvändningen i byggnaden. Den börjar redan vid utvinning, produktion och transport av själva energislaget. Ytterligare miljöpåverkan sker vid omvandling av energislaget till värme antingen i produktionsenheter i byggnaden direkt eller i en central energianläggning som tillgodoser ett värmebehov i flera byggnader. I det senare fallet tillkommer även miljöpåverkan vid tillverkning av material och komponenter samt sammansättning och rivning av de centrala produktionsanläggningarna. Därefter fås ytterligare miljöpåverkan vid upparbetning av restprodukter.



Figur 1.2 En byggnads energibehov bestäms av utomhusklimatet, krav på inomhusmiljö, byggnadens konstruktion, verksamheten i byggnaden och de tekniska installationerna. Byggnadens energibehov tillgodoses genom användning av ett energislåg vars miljöpåverkan börjar redan vid utvinning, produktion och transport av själva energislåget.

1.1.3 Rivning

Vid rivning av byggnaden sker miljöpåverkan dels av energianvändning vid själva rivningen men också vid sortering och transport av det kasserade materialet för omhändertagande genom t.ex:

- Skrotning, dvs materialet hamnar på deponi som utförs på ett sådant sätt att fortsatt miljöpåverkan till luft, mark och vatten minimeras.
- Förbränning, materialet förbränns i en produktionsanläggning för energiutvinning.
- Återvinning, materialet används på nytt i en annan produkt.

Beroende på om materialet deponeras, förbränns eller återvinns så resulterar detta i olika typer av miljöpåverkan.

1.1.4 Läsanvisning

Det stora antalet faktorer på miljöbelastningen gör att det är svårt att beräkna och värdesätta den samtidigt som det fortfarande saknas bra verktyg. Denna rapport är en delrapport i huvudprojektet vars syfte är att ta fram ett nytt verktyg som beskriver en metod för hur en miljövärdering kan utföras på ett enkelt sätt. Metoden skall kunna användas för miljöbedömning vid val av uppvärmningssystem, men också vid utvärdering av möjlig energibesparing.

Projektet är uppdelat i olika etapper och i den första etappen, Wahlström et al. 2001, undersöktes metodbeskrivning för bl.a. omfattning, inventeringsdata och effektivitet för flertalet uppvärmningssystem och energislag. I etapp1 studerades miljöpåverkan i form av emissioner till luft, mark och vatten (se figur 1.1). En metodbeskrivning av en livscykelanalys allmänt beskrivs i kapitel 1.2 tillsammans med några av de resultat som kom fram i etapp 1. Dessutom studerades hur resultatet påverkades beroende av hur systemgränser dras för el.

I etapp 2 studeras miljöpåverkan i form av uttag av naturresurser (se figur 1.1). Dessutom studeras hur allokering kan göras för el och fjärrvärme vid kraftvärmeproduktion och hur resultatet påverkas beroende av systemavgränsning för fjärrvärme. Kapitel 1.3 beskriver frågeställningen i etapp 2 medan kapitel 2 behandlar miljöpåverkan i form av uttag av naturresurser, kapitel 3 behandlar allokering vid kraftvärmeproduktion och kapitel 4 behandlar systemavgränsning för fjärrvärme.

1.2 Metod för miljöpåverkan från uppvärmningssystem

En livscykelanalys, LCA, beskriver en varus totala miljöpåverkan från ”vaggan till graven”. Livscykelanalyser används som jämförelser och inte för att beskriva miljöpåverkan i absoluta termer. En LCA kan delas in i fyra faser:

- målbeskrivning och omfattning,
- inventeringsanalys,
- miljöpåverkansbeskrivning,
- resultattolkning.

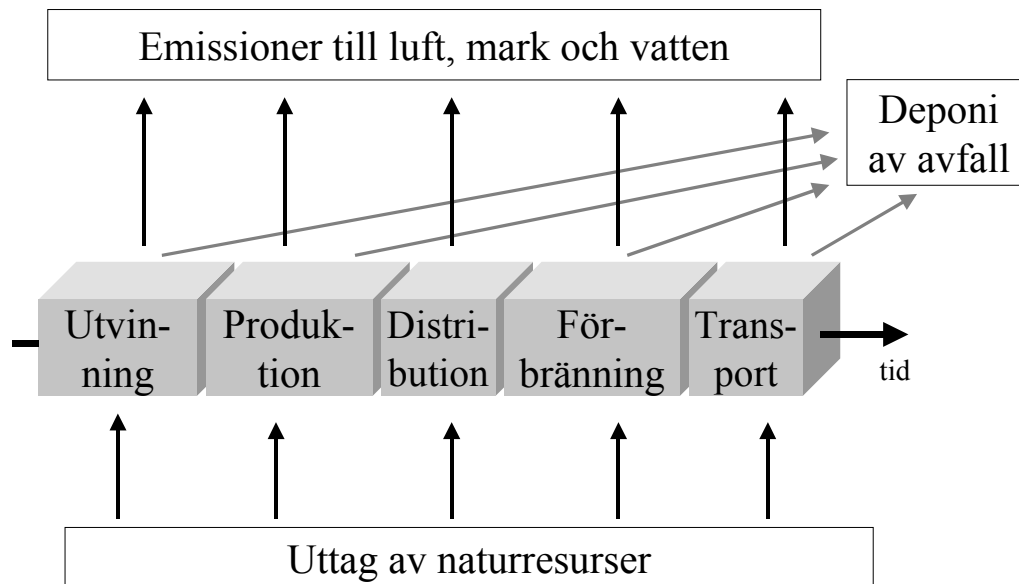
Nedan beskrivs en metod av en livscykelanalys allmänt tillsammans med några av de resultat som kom fram i etapp 1, (se Wahlström et al., 2001). Dessutom visas hur de fortsatta studierna i kapitel 2-4 kommer in i metodbeskrivningen.

1.2.1 Målbeskrivning och omfattning

Detaljutformningen av en LCA anpassas individuellt efter vilket syfte analysen har, vilka frågor som ska besvaras och vad resultatet ska användas till. Alla avgränsningar och antaganden ska anges och en funktionell enhet ska definieras.

Att göra en fullständig miljöanalys för varje byggnad är ett mycket omfattande arbete där det krävs indata i form av byggnadsmaterial, byggnadskonstruktion, verksamhet etc. Dessa data behövs också för att byggnadens energibehov ska kunna beräknas. Tidigare undersökningar har visat att den huvudsakliga energianvändningen för en byggnads livscykel sker i brukarskedet (se Wahlström et al., 2001) och därför betraktas inte miljöbelastningen från tillverkning och rivandet av byggnaden i detta projekt.

Metoden utvecklas dessutom utgående från att byggnadens energibehov är känt. För nya byggnader genom beräkning med något av de flertal beräkningsprogram som finns tillgängliga på marknaden och för befintliga byggnader genom energifakturor. Därmed är det själva energislagets livscykel som betraktas med dess utvinning, produktion, distribution, omvandling till värme i byggnaden och borttransport av restprodukter. I etapp 1 (Wahlström et al., 2001) behandlas emissioner till luft, mark och vatten medan kapitel 2 behandlar uttag av naturresurser, se figur 1.3. Till en början har också produktionsenheternas miljöbelastning med deras tillverkning och rivning betraktats, se kapitel 2.6.



Energislagets livscykel

Figur 1.3 Miljöpåverkan under energislagets livscykel

En annan avgränsning vid en livscykelanalys kan vara då det blir aktuellt att fördela emissioner och resursförbrukning när processen ger mer än en produkt. Vid kraftvärmeproduktion produceras två produkter, el och värme, och i etapp 1 har varje kWh belastas lika mycket oavsett om det är el eller värme som produceras. I kapitel 3 studeras en alternativ metod för allokering vid kraftvärmeproduktion.

För en byggnad som använder sig av direktel som produceras centralt i olika produktionsanläggningar har studier i etapp 1 (Wahlström et al., 2001) visat att resultatet är direkt beroende av vilka produktionsenheter som ingår i miljövärderingen. Systemavgränsning för vilka produktionsenheter som skall ingå i värderingen kommer att variera beroende av vad miljöbedömningen ska användas till. Resultatet är också beroende av om representativa livscykelinventeringar för bränsle och förbrännings-teknik använts vid miljövärderingen eller om data för nyaste tillgängliga teknik eller för betydligt äldre teknik använts. Ett krav på metoden är därför att förutsättningar, värderingar och resultat ska vara transparenta. På så sätt blir det möjligt för användaren att själv göra den slutgiltiga värderingen grundad på de bedömningar som är relevanta för den specifika studien. I kapitel 4 studeras betydelsen av systemavgränsning för fjärrvärme.

Den funktionella enheten som valts för värderingen är produkten 1 kWh värme som avgivits till byggnaden.

1.2.2 Inventeringsanalys

I investeringsanalysen kvantifieras alla flöden av utsläpp till mark, vatten och luft, alla uttag av naturresurser och all deponi under energislagets hela livscykel. De insamlade inventeringsdata kan vara specifika för en viss anläggning eller generella, dvs. baseras på medelvärden för flera olika anläggningar inom t.ex. en viss region. Inventeringsdata kan också vara specifika för en viss anläggning men anses vara representativa för en viss process och därmed kan de användas för liknande processer i andra anläggningar. Hittills har inventeringsanalyser samlats in från olika uppvärmningssystem som kan anses vara representativa för de tekniska system som är vanliga idag i Sverige. I etapp 1 (Wahlström et al., 2001) kvantifieras emissioner till luft, mark och vatten medan kapitel 2 kvantifierar uttag av naturresurser.

Kravet på inventeringsanalysen är att den ska kunna hantera påverkan på den yttre miljön som uppkommer under hela systemets livslängd (tillverkning, drift och rivning). Det finns dock inte så många inventeringsanalyser gjorda idag som håller för dessa krav och därför undersöks i detta projekt vilka delar som saknar betydelse vid en miljöbedömning och därmed kan plockas bort tills det att data finns tillgängliga. Detta är också viktigt för att metoden ska bli hanterbar och man ska få en praktiskt tillämbart metod.

1.2.3 Miljöpåverkansbeskrivning

I miljöpåverkansbedömningen sammanställs informationen från investeringsanalysen till något mer överskådligt. Inventeringsdata omvandlas till bidrag till miljöpåverkan i tre huvudsteg:

- klassificering,
- karaktärisering,
- viktning.

Klassificering

Vid klassificering grupperas emissioner, naturresurser och deponi beroende av vilken miljöpåverkanskategori de bidrar med. Exempel på miljöpåverkanskategorier är växt-huseffekten, försurning eller förbrukning av mineraler. Klassificeringen baserar sig på vetenskapliga grunder.

I etapp 1 (Wahlström et al., 2001), har emissionerna klassificerats i miljöeffekterna växthuseffekt, försurning, övergödning, bildning av marknära ozon samt utsläpp av partiklar. I kapitel 2 klassificeras uttag av naturresurser i förbrukning av mineraler och förbrukning av fossila bränslen.

Karaktärisering

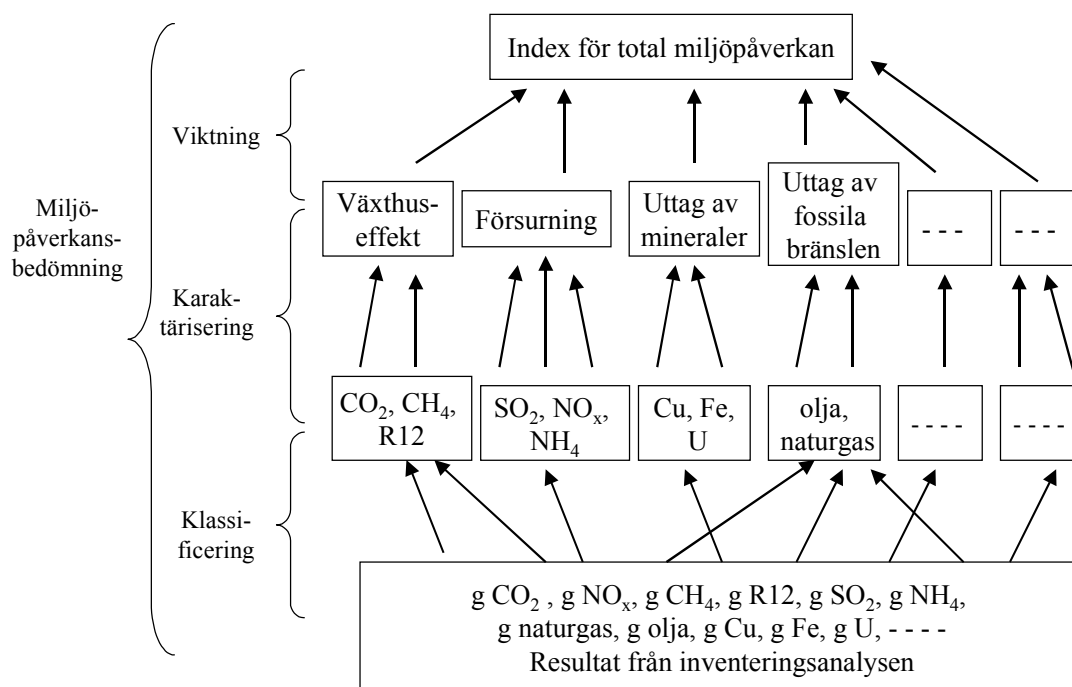
I karaktäriseringen viktas de olika bidragen till miljöpåverkan ihop inom varje kategori genom multiplicering med så kallade karaktäriseringsfaktorer. Därefter summeras de olika bidragen till ett kategoriindikatorresultat. Karaktäriseringen kan vara baserad på vetenskapliga grunder eller på subjektiva värderingsgrunder.

I etapp 1 (Wahlström et al., 2001), har emissionerna kategoriserats i miljöeffekterna enligt miljöstyrningsrådets rekommendationer (MSR, 2000).

Viktning

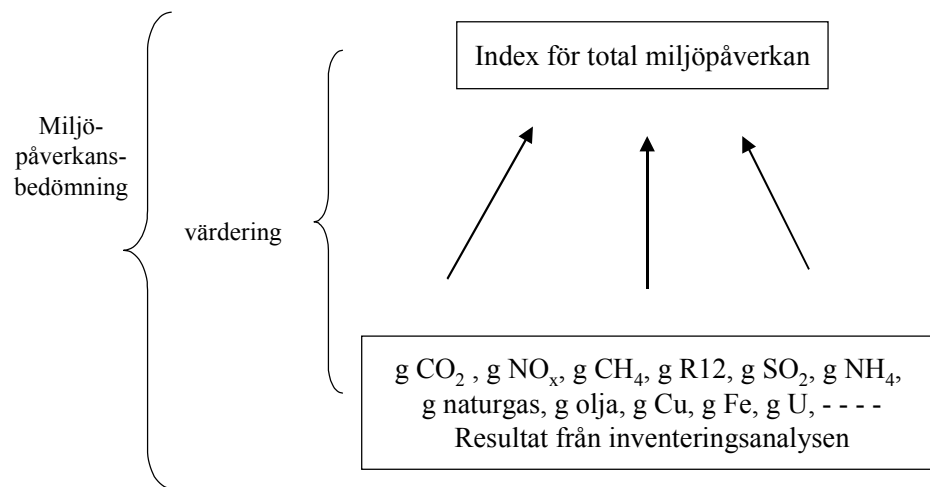
Från karaktäriseringssteget fås flera kategoriindikatorresultat som fortfarande kan vara svåra att överskåda vid en miljöbedömning mellan två olika alternativ. Därför har några metoder börjat utvecklas för hur olika miljö kategorier ska viktas samman till färre parametrar. Viktningen görs genom att multiplicera kategoriindikatorresultaten med så kallade viktningsfaktorer och summera resultaten. De flesta viktningsmetoder försöker fånga upp och beskriva hur samhället förväntas värdera olika miljö kategorier och baseras därmed helt på subjektiva värderingsgrunder. Enligt LCA standarden ISO 14042, 2000 är denna del frivillig vid en miljöbedömning.

Hur viktningsmetoder ska utformas för att vikta samman emissionernas olika miljö-effekter till ett totalt miljöindex har hittills inte studerats eftersom metoden eftersträvar att användaren själv skall kunna göra en bedömning grundad på de värderingar som är relevanta för den specifika studien. Metoden eftersträvar också att den ska vara lätt att använda vilket i sig förespråkar användning av en viktningsmetod.



Figur 1.4 Miljöpåverkansbedömning i livscykelanalys.

En alternativ metod till miljöbedömningsbeskrivningen ovan är att använda sig av specifika miljöindex. Med dessa kan miljöpåverkansbedömningen ske i ett steg men informationen i mellanstegen kommer inte att synas. Inventeringsdata omvandlas genom att multipliceras med ett specifikt värderingsindex varefter samtliga bidrag summeras. Värderingsindexet består av produkten av två index; en karakteriseringsfaktor och en viktningsfaktor. Fördelen med en sådan metod är att den går lätt att använda medan nackdelen är att användaren blir tvungen att använda sig av de subjektiva värderingsgrunder som metoden förespråkar. Miljöpåverkan från uttag av naturresurser studeras i kapitel 2 med två metoder som använder sig av specifika miljöindex.



Figur 1.5 Miljöpåverkansbedömning vid användning av specifika miljöindex. Resultatet visas som ett index för total miljöpåverkan.

1.2.4 Resultattolkning

Här tolkas och beskrivs resultatet för att jämförelser mellan olika alternativ ska kunna göras. Underlag från inventeringsanalysen, karaktäriseringen och viktningen används parallellt för att skillnader och osäkerheter ska kunna värderas. Ofta används flera viktningmetoder då viktningsteget är nödvändigt för att möjliggöra en bedömning.

Den metod som utvecklas i detta projekt syftar främst till att ta fram underlag till användaren att själv göra resultattolkningen genom att prova sig fram med olika begränsningar. Vilka värderingsgrunder som miljöbedömningen ska bygga på fattas därmed av användaren.

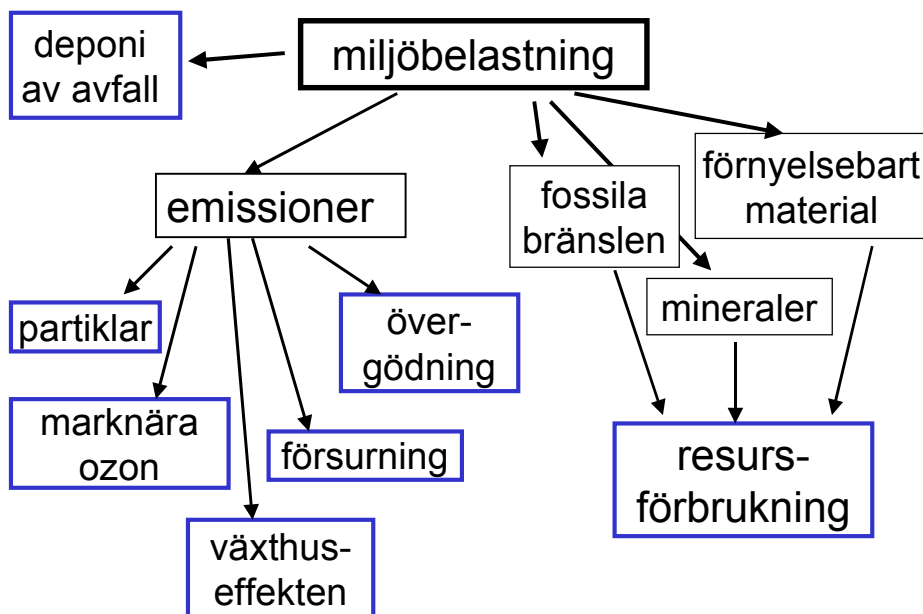
1.3 Miljöpåverkansstudier i etapp 2

1.3.1 Uttag av naturresurser

Inventeringsanalyser har studerats med fokus på uttag av naturresurser under hela bränsleslagets livscykel. Naturresurser som har betraktats här är främst mineraler och energiråvaror (dvs. fossila bränslen) men också förbrukning av förnyelsebart material. Informationen blir dock fort omfattande och den behöver få en mer överskådlig form för att användaren ska kunna göra en miljöbedömning. Det finns dock inte någon metod för kategorisering som baseras på vetenskapliga grunder som direkt kan hänföras till miljöpåverkan, motsvarande den för emissioner enligt ovan. Dessutom är det inte praktiskt att stanna vid karaktärisering när det gäller resursförbrukning med tanke på metodens

syfte att jämföra olika uppvärmningsformer. Enbart en karaktärisering ger resultatet att vissa uppvärmningssystem har stor förbrukning av fossila bränslen medan andra har stor förbrukning av mineraler. För att det ska vara lönt att jämföra de olika systemens resursförbrukning behövs en viktningssmetod för viktning av mineraler, fossila bränslen och förnyelsebart material.

Idag finns det ett flertal miljöbedömningsmetoder, mer eller mindre utvecklade, där delar av metoderna skulle kunna användas till att karaktärisera och vikta miljöpåverkan från resursuttag. Dessa metoder baseras alla på mer eller mindre subjektiva värderingsgrunder som är framtagna för en specifik uppgift. Studier av olika miljöbedömningsmetoder för uttag av naturresurser görs i kapitel 2.



Figur 1.6 Beskrivning av miljöbelastning uppdelad i emissioner, resursförbrukning och deponi av avfall.

1.3.2 Allokering vid kraftvärmeproduktion

Vid produktion av el och värme i ett kraftvärmeverk produceras två produkter, el och värme. Den miljöbelastning, emissioner och resursförbrukning, som produktionen orsakar och inte direkt kan härledas till den ena eller andra produkten fördelas då mellan de två produkterna. En sådan fördelning av miljöbelastning kallas för allokering av in och utflöden. I Wahlström et al., 2001 har allokering gjorts tidigare enligt energimetoden, dvs. varje kWh belastas lika mycket oavsett om det är el eller värme som produceras.

Att använda bränsle till produktion av el eller värme i ett kraftvärmeverk istället för att producera värme i ett värmeverk och el i ett kraftverk ger totalt sett ett bättre sätt att utnyttja bränslet. Under förutsättning att både el och värme är önskade produkter. Med allokering enligt *energimetoden* fördelas den huvudsakliga vinsten med att använda bränslet i ett kraftvärmeverk på produkten el. För att också produkten värme ska få del av vinsten kan allokering göras enligt *alternativproduktionsmetoden*. Metoden fördelar miljöbelastningen mellan de två produkterna el och värme i proportion till bränslebehoven för separat el- respektive värmeproduktion. I kapitel 3 jämförs allokering enligt *energimetoden* med *alternativproduktionsmetoden* vid kraftvärmeproduktion.

1.3.3 Systemavgränsning för fjärrvärme

El och fjärrvärme produceras centralt i olika produktionsanläggningar och sammanbinds sedan med ett distributionsnät. För en byggnad som använder sig av el eller fjärrvärme är resultatet direkt beroende av miljövärderingens systemgräns. Systemgränsen ger vilken mix av produktionsenheter som ingår från el eller fjärrvärme och kan vara olika beroende av vad miljöbedömningen ska användas till.

Exempel på olika sätt att dra systemgräns ges i Wahlström et al., 2001. Där studeras också hur resultatet av miljöanalysen varierar beroende av hur systemgränser dras för el. I kapitel 4 studeras hur resultatet av miljöanalysen kan variera beroende av hur man lägger systemgränsen för fjärrvärme. Till skillnad mot el har fjärrvärme en mer naturlig systemgräns eftersom fjärrvärme distribueras i lokala nät som inte har någon koppling med varandra.

2 Uttag av naturresurs

2.1 Krav på metod

En mycket omfattande litteraturstudie av olika miljöbedömningsmetoder har nyligen gjorts av Johnsson, 2001. I Johnssons undersökning söks en metod för miljömässig jämförelse av alternativa tekniska lösningar i systemlösningsskedet och vid detaljprojektering. Miljöbedömningsmetoden är avsedd att användas av fackpersoner vid utredning, projektering, systemlösning och detaljprojektering av installationstekniska system. Den ska vara ett hjälpmedel för att kunna jämföra alternativa systemlösningar, dimensioner, material, komponenter som är bra ur miljösynpunkt. Detta projekt är främst avsett att utveckla en metod som kan användas av en enskild konsument eller ett enskilt företag vid värdering av alternativa uppvärmningssystem eller vid värdering av energieffektiviseringsåtgärder. Det finns dock så många likheter mellan de två sökta metoderna att Johnssons litteraturstudie mycket väl kan appliceras även för föreliggande studie. Johnssons studie utgår ifrån ett antal uppställda krav som en metod för miljöbedömning vid installationsprojektering bör innehålla. Följande krav stämmer mycket väl med detta projekts ändamål:

- Kunna hantera flera olika typer av påverkan på den yttre miljön. (Med det avses både utsläpp av olika slags emissioner till luft, mark och vatten samt uttag av material- och energiresurser.)
- Vara utformad på ett sådant sätt att det går snabbt att göra en bedömning i praktiken. (Inmatning av data samt utförande av beräkningar måste gå någorlunda snabbt.)
- Kunna kommunicera relativt enkelt med användaren. (Metoden ska vara lätt att förstå och att lära sig använda.)
- Vara transparent, dvs. användaren ska enkelt kunna finna referenser till de indata som används samt förstå hur beräkningarna görs. (Metoder, referenser, antaganden och avgränsningar måste vara dokumenterade och finnas tillgängliga för användaren.)
- Vara öppen för värderingsgrunder/värderingsindex. (Varje användare måste själv fatta beslut om vilka värderingsgrunder deras miljöarbete ska bygga på.)
- Kunna hantera påverkan på den yttre miljön som uppkommer under hela systemets livslängd (tillverkning, drift och rivning).

2.2 Klassificering av metoder

Bottom-Up eller Top-down

Resultatet från en inventeringsanalys är oftast en väldigt lång lista på utsläpp av emissioner och uttag av naturresurser. Eftersom listan blir svårtolkad så sorteras den i kategorier beroende av miljöeffekt. Hur dessa kategorier ska vägas samman ses ofta som det mest kontroversiella och svåraste steget vid en miljöbedömning eftersom det är svårt att ge meningsfulla värden på miljöproblem. Braunschweig et al., 1996, har definierat två olika tillvägagångssätt för att utveckla viktningssmodeller:

- ”Bottom-up” tillvägagångssättet utgår från resultatet av inventeringsanalysen som tas fram enligt den internationella LCA-standarden. Beroende av vilka miljöpåverkanskategorier som finns i resultatet utvecklas en viktningssmodell. Därmed underlättas viktningssmodellen av inventeringsanalysen genom att endast ta hänsyn till de miljöpåverkanskategorier som är relevanta för studien.
- ”Top-down” tillvägagångssättet utgår från att definiera vilka miljöhot som är viktiga att värdera i miljöbedömningsmodellen. Det innebär att besvara frågan vad vi menar med ”miljö” och hur ska olika miljöeffekter viktas mot varandra?

Kvantitativa metoder och poängmetoder.

Johnsson har klassat metoderna i så kallade ”kvantitativa” metoder där bedömningen görs utifrån kvantitativa uppgifter om miljöpåverkan och i ”poängmetoder” där en bedömning görs genom att ett antal frågor besvaras där olika svar ger olika höga poäng. Poängen summeras sedan och summan ger ett mått på miljöprestanda.

2.3 Val av metoder

En litteraturstudie av flera metoder har gjorts för att undersöka om det finns metoder som har delar som kan användas för kategorisering av naturresurser. Kravet för att en metod ska kunna studeras för detta projektets ändamål är den är transparent och att den är praktiskt tillämpbar. Detta innebär att det ska vara möjligt att följa varje steg i metoden och det ska finnas utvecklande miljöindex för de aktuella naturresurserna.

Johnsson, 2001, undersökte 19 stycken miljöbedömningsmetoder utvecklade i sju olika länder i Europa och Nordamerika. Sju stycken av metoderna är utvecklade i USA, tre stycken i Sverige, tre stycken i Nederländerna, en i Danmark, en i Frankrike, en i Storbritannien, en i Kanada och två stycken i internationella projekt. De undersökta metoderna är Athena, BEES, EcoEffect, Eco-indicator 99, EPM, EVE, EDIP, EPS, Eco-Quantum, FRED, GBA, Full-scale LCA, BREEM, ESCALE, GB Tool, LEED, Miljö-statusmodell och Streamlined LCA matrix for facilities.

Johnsson, 2001, fann att poängmetoderna i regel var ointressanta för den sökta applikationen eftersom de oftast inte uppfyllde två av de uppställda kraven. Det ena kravet är att metoden ska kunna hantera flera olika typer av påverkan på den yttre miljön och poängmetoderna gör oftast miljöbedömning utgående från parametrar som är indirekt kopplade till miljön. Det andra kravet är att användaren ska kunna välja värderingsgrunder själv vilket inte uppfylls p.g.a. av att värderingen ligger i vilka frågor som ställts, hur frågorna har ställts och hur poängen fördelas.

Andra metoder valdes bort av andra orsaker t.ex.; att egna värderingar inte kan användas, att metoden var baserad på nationella produkter eller värderingar, att metoden var baserad på färdiga byggnadsdelar, att det skulle innebära orimligt stor arbetsinsats vid användandet eller att metoden inte var färdigutvecklad. Johnsson valde slutligen ut två metoder som var relevanta för applikationen, EPS och Eco-indicator 99. En granskning av Johnssons studie baserad på detta projekts ändamål ger ytterligare orsaker till att välja bort vissa metoder, t.ex. att de fokuserar på materialval. De grunder som valet av EPS och Eco-indicator 99 baseras på stämmer mycket väl överens med krav på metod som behöver uppfyllas för detta projekt.

Ytterligare en av metoderna som Johnsson undersökte, den danska EDIP (Environmental Design of Industrial Products), kan ha värdefulla fördelar för föreliggande arbete eftersom denna metod strävar efter att ge ett transparent resultat där användaren har möjlighet att använda sina egna värderingsgrunder (Wenzel et al., 1997a och 1997b). Trots att metoden uppfyller kravet på att vara transparent saknar den miljöindex för en av de aktuella naturresurserna. Beräkningar för kategorisering av naturresurser har därför inte gjorts med EDIP men kan vara en intressant metod för framtida undersökningar.

Ett annat program som inte fanns med i Johnssons undersökning är programmet LCACALC (Dinesen et. al, 1997) för byggnadsprojektering. Detta program har samlat data för olika byggnadsdelars livscykelenergiförbrukning. Tillsammans med ett beräkningsprogram för byggnaders energibehov kan byggnadens energirelaterade miljöpåverkan beräknas och val av alternativa byggnadsprojekteringar kan göras. Resultatet redovisas huvudsakligen genom användning av energikällorna kol, olja och naturgas och deras energirelaterade miljöpåverkan i form av utsläpp av CO₂, NO_x och SO₂. Programmet gör ingen karaktärisering eller viktning och innehåller således inte förslag till metod som kan användas för det sökta ändamålet här. Programmet bör dock nämnas tillsammans med övriga metoder här eftersom det kan vara en källa till viktiga indata för vidare studier där omfattningen av analysen ska utvidgas. Det vill säga där även tillverkning och rivandet av byggnadsdelarnas miljöpåverkan tas med tillsammans med deras påverkan på byggnadens totala energianvändning för en omfattande och fullständig miljöanalys.

Petersen et al. 1998 har visat hur programmet LCACALC kan användas tillsammans med EDIP-metoden. En karaktärisering och viktning av naturresurserna olja och naturgas har gjorts vilket återigen visar att metoden kan vara intressant för framtida undersökningar då mer data finns tillgängliga.

Grant, 2000, har också undersökt ett antal miljöbedömningsmetoder i syfte att se om de har förutsättningar till att utvecklas för miljöbedömning i Australien. De modeller han har undersökt var EcoPoints, EPS, CML, Eco-indicator 95 och Eco-indicator 99. Grant

fann att Eco-indicator 99 har mycket att erbjuda vid utvecklandet av liknande modeller i Australien.

Det sammanlagda resultatet från litteraturstudien med ovannämnda undersökningar har visat att det finns åtminstone två metoder som går att använda för det sökta ändamålet. Metoderna är EPS-metoden (Environmental Priority Strategies) och Eco-indicator 99-metoden. Båda är s.k. top-down modeller.

2.4 EPS Environmental Priority Strategies

EPS-systemet började utvecklas i början av 1990-talet i ett samarbete mellan Volvo, IVL Svenska Miljöinstitutet och Industriförbundet (Steen, 1999a, 1999b; Ryding 1998). Huvudsyftet med EPS-systemet är att vara ett verktyg åt konstruktörer och produktutvecklare för att de snabbt ska kunna avgöra vilket av två koncept som ger minst sammanlagd miljöbelastning i ett livscykelperspektiv. Systemet ska vara transparent dvs. redovisa de olika stegvisa beräkningarna som ligger till grund för resultatsammanställningen.

2.4.1 Grundprinciper för EPS-systemet

EPS-systemet ska ange den sammanlagda belastningen från alla typer av miljöpåverkan för att underlätta beslutssituationen. Systemet ska förmedla en förståelse för storleken av miljöpåverkan så att prestanda och andra krav ska kunna vägas mot miljöpåverkan. Den bygger på den s.k. ”default” principen, vilket innebär att det så långt som möjligt finns rekommenderade val för hur den fortsatta livscykelvärderingen ska utföras. Valen är sammanfattade i ett antal hierarkiska systemregler. Målet är överordnat alla andra regler och är fast. Längst ner finns databaserna där reglerna i princip kan ändras allteftersom metoden utvecklas. I EPS-systemet har alla data som används en kvantitativ uppskattning av osäkerhet pga. att målet är att få in all miljöpåverkan och därmed blir systemgränsen i stort sätt oändlig.

Feluppskattningen ger ett mått på hur tydliga de avgränsningar som har gjorts är och de glöms därmed inte bort utan kan identifieras vid ett senare tillfälle. Förfarandet är i samklang med top-down-principen där man hellre gissar ett värde då underlag saknas än bortser ifrån det.

EPS-systemet baseras på de krav som ställs i en fullständig LCA enligt ISO 14040.

2.4.2 Beräkning av miljöbelastning

Miljöbelastningen från en produkt beräknas med hjälp av färdiguträknade miljöbelastningsindex enligt följande formel:

$$\text{Miljöbelastning} = \sum \text{Miljöbelastningsindex} * \text{Mängd} \quad \text{Ekvation 2.1}$$

Miljöbelastningen anges i enheten ELU (Environmental Load Unit) medan miljöbelastningsindex anges i ELU/mängd (vanligtvis ELU/kg). Miljöbelastningsindex uttrycker

den sammanlagda miljöbelastningen som en resursanvändning, ett föroreningsutsläpp, ett material, en process eller en aktivitet ger upphov till under hela dess livscykel. Värdet på miljöbelastningsindexet baseras på en avgränsad påverkan på något eller några av de fem skyddsobjekten:

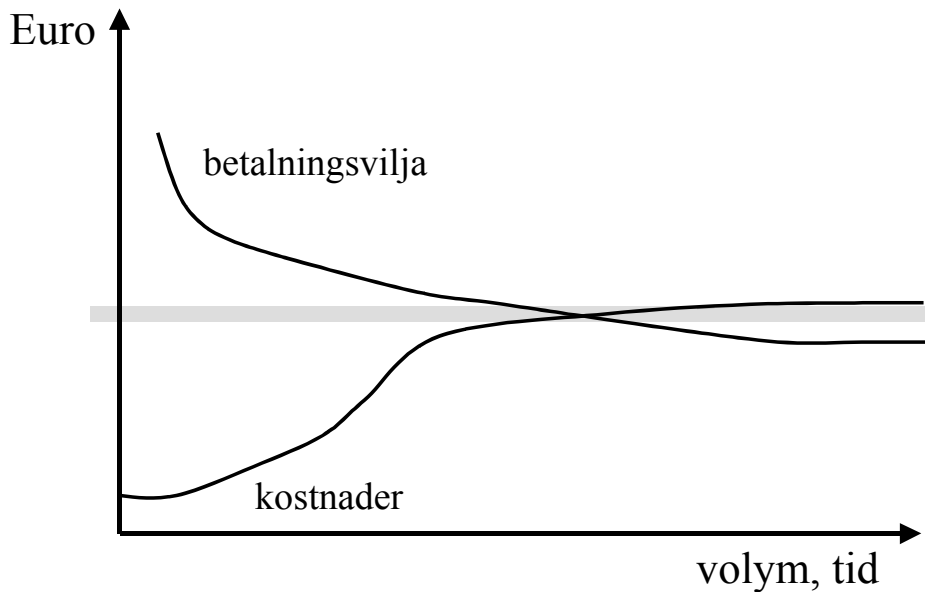
- Biologisk mångfald, *skydda artutrotning av växter och djur.*
- Mänsklig hälsa, *frihet från sjukdom och lidande samt fysiskt och psykiskt välbefinnande.*
- Ekosystemets produktionsförmåga, *undvika t.ex. luftföroreningar som påverkar försörjningskapacitet hos natursystem.*
- Naturresurser, *mark, mineraler, energiråvaror etc. ska finnas kvar till kommande generationer.*
- Estetiska värden, *kortsiktiga vinster får ej förstöra skönhetsvärden på natur, byggnader, skulpturer etc.*

Påverkan på skyddsobjekten värderas efter hur mycket pengar personer i OECD-länderna är villiga att betala (uppoffra) för att återställa skyddsobjekten till sitt referens-tillstånd (det ungefärliga tillståndet 1990). Värderingen bygger med andra ord på betalningsvilja hos dagens OECD-invånare för att undvika en miljöförändring.

Beräkningar av miljöbelastningsindex för naturresurser baseras på att framtida generationer kommer att behöva utnyttja dessa och måste göra detta på ett mer omständligt och mer hållbart sätt. Metaller antas behöva utvinnas från betydligt fattigare malmer, vilket bl.a. kräver mer markutnyttjande, mer energi och ger större emissioner. Dagens teknologi för utvinning från fattigare malmer behöver optimeras. Detta är exempel på typiska aspekter som värderas vid framtagande av miljöbelastningsindex. Förutsättningarna för tillgång, teknik och betalningsvilja förändras dock ständigt, varför miljöbelastningsindex också ständigt måste förändras.

2.4.3 Utnyttjande av förrådet av naturliga resurser i EPS

Varken marknad eller kunder finns tillgängliga för studier av villigheten till att betala för att undvika resursuttaget av jordens naturresurser. Det är därmed svårt att bestämma viktningsfaktorer eftersom de som är berörda av resursuttömning tillhör framtida generationer. Det finns ingen att fråga. Därför skapas ett marknadsscenario där alla framtida generationer är representerade och förväntas bjuda på dagens naturresurser. Eftersom det kommer att vara många fler i den framtida generationen så kommer deras betalningsvilja att dominera även om deras förbrukning kommer att vara betydligt mindre än vår. På lång sikt kommer kurvan av efterfrågan (villigheten att betala) att korsa kurvan av produktionskostnad där den planar ut till en horisontell linje och representerar kostnaderna för en hållbar produktion.



Figur 2.1 Marginalen för betalningsvilja för att undvika en miljöförändring (efterfrågan), stabiliseras i närheten av den produktionskostnad som fås vid användandet av väldigt utspädda koncentrationer som representerar stora hållbara reserver. (Steen, 1999b.)

Fossila bränslen

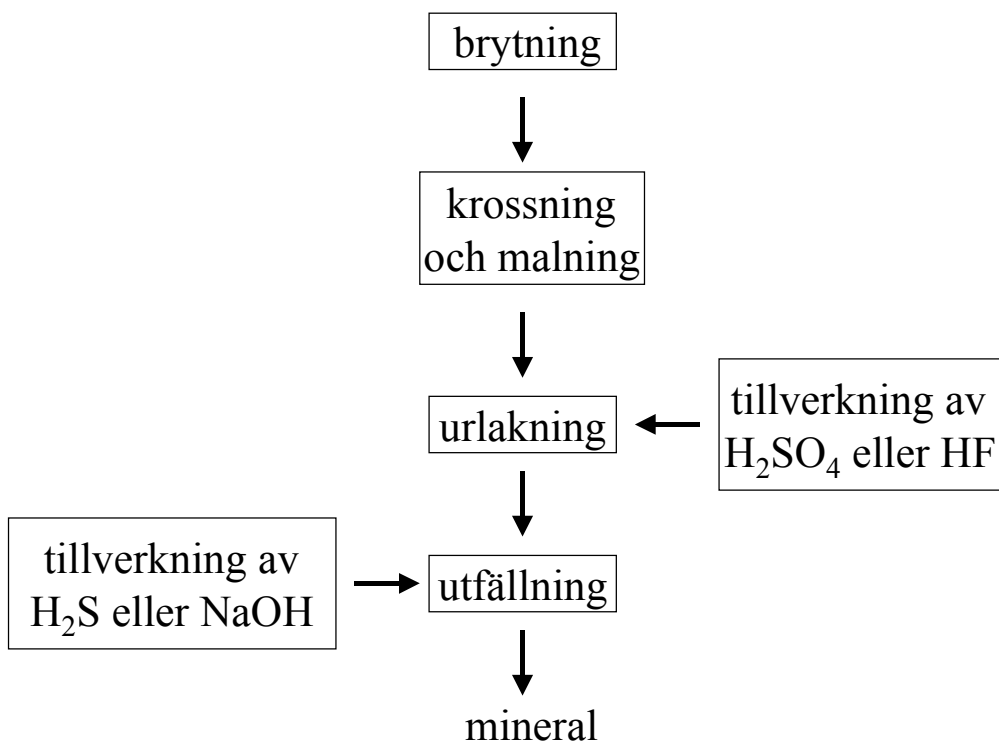
Det hållbara alternativet till fossil olja antas vara vegetabilisk olja (Steen, 1999b). Idag ser det osannolikt ut att vegetabilisk olja skulle kunna ersätta den stora mängden fossil olja för energiproduktion, men den potentiella produktionen kommer att vara tillräcklig för att byta ut den fossila oljan i några arbetsmaskiner och också i viss utsträckning som råmaterial i kemisk industri (Steen, 1999b). Rapsolja är det mest vanligt föreslagna alternativet och används därför som referensmaterial för fossil olja. Produktionen av rapsolja är relativt välstuderad i livscykelperspektiv och produktionskapaciteten är betydande. De externa miljökostnaderna som uppstår vid emissioner och vid användandet av naturresurser adderas ihop med de direkta kostnader som finns vid produktion av 1 kg rapsolja. Det ihopvägda resultatet är ett mått på betalningsviljan att inte använda motsvarande mängd fossil olja. Osäkerheten uppskattas från skillnaden mellan värdet för tillgänglig teknik och optimerad teknik samt från dagens prisvariationer mellan olika vegetabiliska oljor.

Det hållbara alternativet till kol, betraktat som en energiråvara, är energi producerad av sol, vind eller vattenkraft (Steen, 1999b). Energi ingår dock inte i något skyddsobjekt och påverkanskategorier i EPS metoden. Orsaken är att mängden energi som finns i vår omgivning är konstant och kan inte förändras av mänsklig aktivitet. Det är materialet eller substansen som anses vara intressant och av värde. Därför jämförs referenssystemet med produktion av en substans som är likvärdig kol som råvara i en process. Träkol är det mest hållbara alternativet till kol och den sammanlagda kostnaden för yttre emissioner och användandet av resurser vid produktion av 1 kg träkol används som måttstock för betalningsvilja för kol (Steen, 1999b).

Det hållbara alternativet till naturgas är biogas som också huvudsakligen består av metan. Kostnaden för att producera biogas med samma sammansättning som naturgas används som måttstock för betalningsvilja av naturgas.

Mineraler

Den hållbara produktionen av mineraler antas vara lika med den naturliga processen, som en gång bidrog till bildandet av reserverna: utsättandet för väder och vind, urlakning och utfällning. I tekniska system måste dock processen snabbas upp. Väder ersätts med brytning, krossning och malning. Urlakning av regn ersätts med något mer aktivt, att extrahera metaller från berg på kemisk väg med t.ex fluorvätesyra, svavel eller salpetersyra är ett troligt alternativ. Mineralerna i lakvattnet fälls sedan ut antingen som fasta sulfider genom att använda en vätesulfid eller som hydroxider med hjälp av natriumhydroxid. Betalningsviljan är likvärdig med vad det kostar att producera den rena metallen när metallen är utspädd till lägsta möjliga kostnad (Steen, 1999b).



Figur 2.2 Principschema för produktion av ”syntetiska mineraler” från berg (Steen, 1999b).

Biobränsle

Att förbruka skog har en påverkan på skyddsobjektet ”ekosystemets produktionsförmåga” dvs en påverkan på tillväxtkapaciteten av skog. Ved i form av stående träd värderas efter marknadspriset (Steen, 1999b).

2.5 Eco-indicator 99

Eco-indicator 99 (Goedkopp och Spriensma 2000a, 2000b) är en utveckling från Eco-indicator 95 och har utvecklats av konsultföretaget PRé Consultants tillsammans med flera Schweiziska LCA-experter och miljöexperter från RIVM (National Institute of public Health and the Environment) på uppdrag av the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

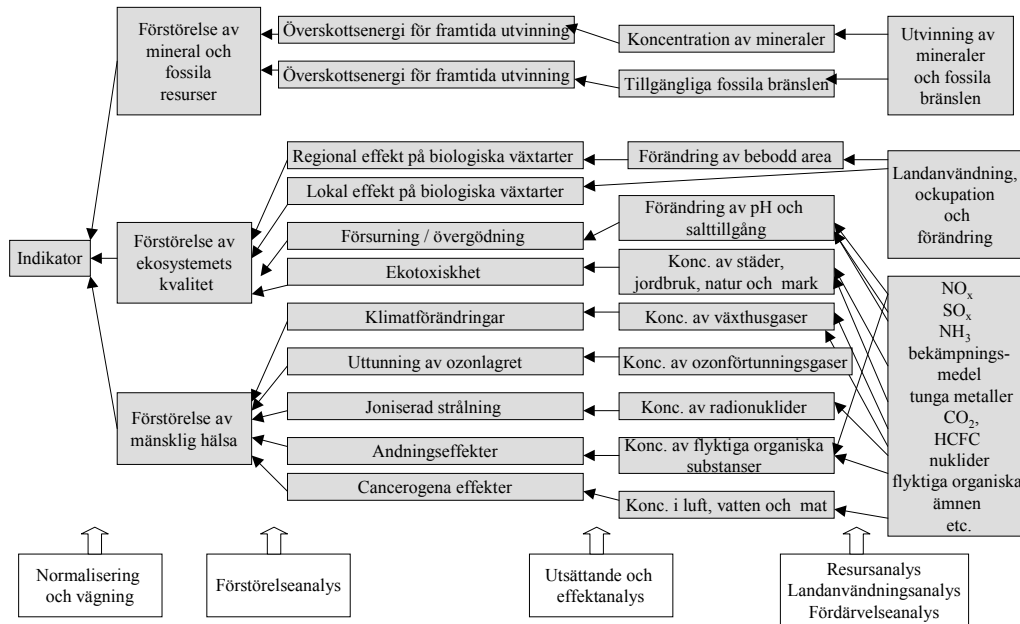
Eco-indicator 99 är utvecklat i syfte att ge ett verktyg åt designers, konstruktörer etc som fattar beslut angående egenskaperna hos en produkt och därmed också miljöbelastningen som kommer att uppstå från produkten under dess hela livslängd. Att göra en LCA tar dock lång tid och resultatet är dessutom väldigt svårt att tolka. Eftersom designers sällan är miljöexperter behöver de ett enkelt men tillförlitligt verktyg där de snabbt kan mäta de miljömässiga konsekvenserna av deras beslut.

2.5.1 Tre skyddsområden

Eco-indicator 99 är huvudsakligen grundad på livscykelanalys som kompletterats med ett koncept som bygger på s.k. ekoindikatorer. Ett samlat mått på den miljöbelastning som uppstår vid tillverkning av t.ex. ett material eller av någon annan typ av process. Resultatet från inventeringsanalysen grupperas och omvandlas med skadefaktorer inom tre olika skyddsområden:

- **Mänsklig hälsa.** Alla människor, idag och i framtiden, ska vara fria från miljörelaterade överförda sjukdomar, invaliditet eller för tidig död. En uppskattning av t.ex. hur en cancerogen effekt orsakar ett antal år som levs i lidande och antal år som går förlorade, uttryckt i DALY (Disability Adjusted Life years).
- **Ekosystemets kvalitet.** Ingen art, vare sig djur eller växter, ska lida från upplösande förändringar av deras förökning eller grafiska fördelning. Uttrycks som procentandelar av en art som har försvunnit från en särskild area p.g.a. av miljöeffekter.
- **Resurser.** De naturliga resurser som finns idag, och som är väsentliga för det mänskliga samhället, ska också finnas tillgängliga för framtida generationer. Uttrycks i en parameter som beskriver kvaliteten på återstående mineraler och fossila bränslen (kJ överskottsenergi / kg resurs).

De tre skyddsområdena har alla olika enheter och vägs därför samman i ett normaliserings- och viktningssteg till en enda indikator. Denna procedur är subjektiv och baseras på ett europeiskt perspektiv.



Figur 2.3 Schematisk presentation av Eco-indicator 99 metoden. De vita lådorna längst ner refererar till procedurer medan de andra lådorna refererar till mellanliggande resultat. (Goedkopp och Spriensma 2000a.)

2.5.2 Skyddsområdesvärdering utifrån tre olika perspektiv

Grupperingen av skyddsområden kan baseras på bästa kända vetenskapliga kunskaper men däremot kan inte naturlig vetenskap användas vid bedömning av hur allvarligt dessa skyddsområden skadas av en miljöeffekt. Inom varje skyddsområde görs därför en värdering med hjälp av skadefaktorer som har tagits fram i en expertpanel. Skadefaktorerna är subjektiva och kan inte anses vara representativa för den europeiska befolkningen utan beror av vilka som ingår i gruppen. Eco-indicator 99 använder sig därför av tre olika skadefaktormodeller beroende utifrån vilket perspektiv den subjektiva bedömningen görs. De olika perspektiven är:

- **Hierarkiskt perspektiv.** Här inkluderas fakta som är uppbackade av vetenskapliga och politiska organ med tillräckligt erkännande.
- **Jämlikhetsperspektiv.** Här används försiktighetsprincipen, inget lämnas utanför. Perspektivet är mycket långsiktigt.
- **Individuellt perspektiv.** Här inkluderas endast fakta som är bevisade. Kortsiktiga perspektiv och varje gräns anses vara försumbar ända tills motsatsen har bevisats.

2.5.3 Skyddsområdet resurser

I skyddsområdet resurser i Eco-indicator 99 metoden tas bara hänsyn till resursförbrukning av mineraler och fossila bränslen (Goedkopp och Spriensma 2000a). Metoden som behandlar resursförbrukning av mineraler och fossila bränslen har tre huvudkrav:

1. Den ska vara baserad på både kvalitet och kvantitet av resursen. Dvs koncentrationen på det återstående lagret.
2. Den ska inte baseras på direkt spekulativa framtidsscenarioer.
3. Den ska spegla den verkliga orsaken till varför mänskligheten är orolig för utarmning av mineraler och fossila bränslen.

Metoden tar bara hänsyn till långtidstrender av minskning av resurskvaliteten. Huvudsakligen bygger metoden på att vid varje kilos brytning av en resurs minskar kvaliteten på den återstående resursen och det blir svårare att bryta nästa kilo. Marknadskrafter kommer alltid att säkerställa att resursen med den högsta kvaliteten bryts (Goedkopp och Spriensma 2000a). Skadefaktorerna för resurser beskriver minskning av kvalitet och ökning av svårighet för brytning. Metoden separeras i mineraler och fossila bränslen:

- **Mineraler**, där den mest viktiga parametern är koncentrationen. Ju lägre koncentration desto större ansträngning krävs för utvinning av mineralen.
- **Fossila bränslen**, där koncentrationsparametern inte är användbar. Istället används den nödvändiga ansträngningen för att utvinna resursen.

Skadefaktorer för resursanvändning uttrycks i enheten överskottsenergi som definieras som skillnaden mellan den energi som krävs för att utvinna en resurs nu och någon gång i framtiden.

Metoden tar inte hänsyn till:

- Att den gradvisa minskningen av resurskvaliteten kan ske plötsligt eller diskontinuerligt.
- Att alla mineralresurser kanske inte är lika viktiga att bevara, t.ex. är koppar lika viktig som kvicksilver.
- Att det kan vara möjligt att byta ut en mineral mot en annan. Eller att det kan vara möjligt att återanvända mineraler på ett ickeförslösande sätt.
- Uppskattningar av resursens framtida konsumering, som i sin tur beror på återvinning, utbyte och andra ekonomiska förändringar.

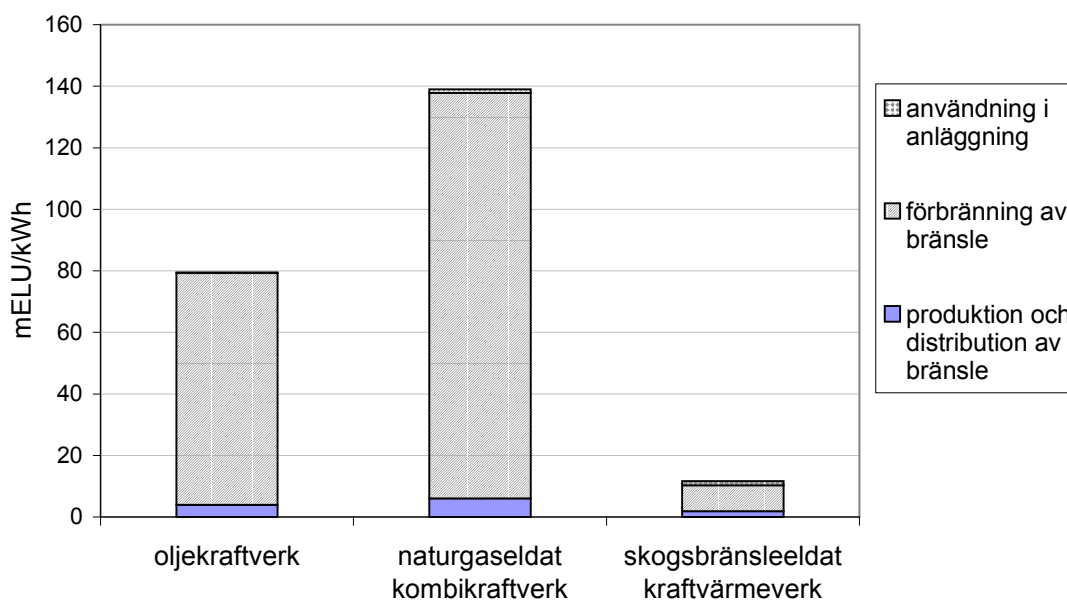
2.6 Resursförbrukning med EPS och Eco-indicator 99 för tre kraftanläggningar

De råvaror som bör vara med i resursförbrukningen är råvaror för tillverkning av material för byggande, drift och rivning av anläggning och råvaror som används vid utvinning, förädling och transport av energislaget. Det finns idag väldigt knapphändert dataunderlag för att bedöma resursförbrukningen både från produktionsenheterna och från energislagets livscykel. De data som finns någorlunda fullständiga (Uppenberg et al., 1999b) är för ett:

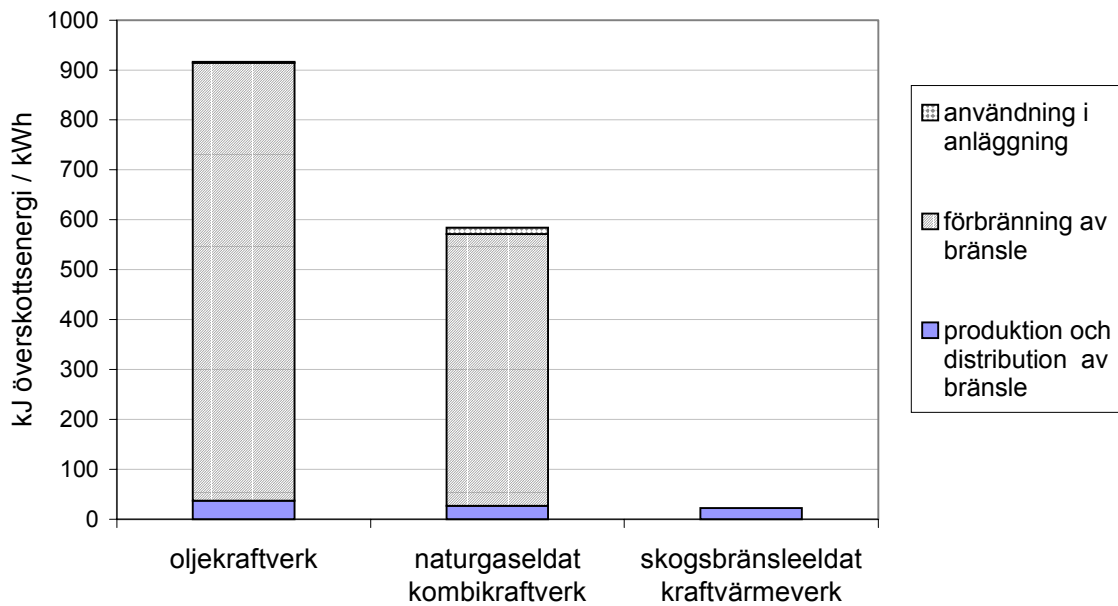
- Oljeeldat kondenskraftverk
- Naturgaseldat kombikraftverk
- Kraftvärmeverk med CFB-panna eldat med skogsbränsle.

Livscykelinventeringarna från dessa tre verk redovisar data på energiförbrukning och förbrukning av naturresurser uppdelat i produktion samt distribution och användning i anläggningen. Både EPS- och Eco-indicator 99 metoderna har testats på dessa tre verk för att ge en överblick hur resursförbrukningen fördelar sig mellan produktion, distribution och förbränning av bränslet samt användning av råvaror i anläggning.

Beräkningar av resursförbrukning redovisas i bilaga B.1, A.1 och A.2. Resursförbrukning beräknas med data för produktion och distribution av bränslet samt förbränning av bränslet enligt dess värmevärde i anläggningen.



Figur 2.4 Beräknad miljöbelastning från resursförbrukning för tre stycken verk med EPS-systemet.



Figur 2.5 Beräknad miljöbelastning från resursförbrukning för tre stycken verk med Eco-indicator 99 metoden.

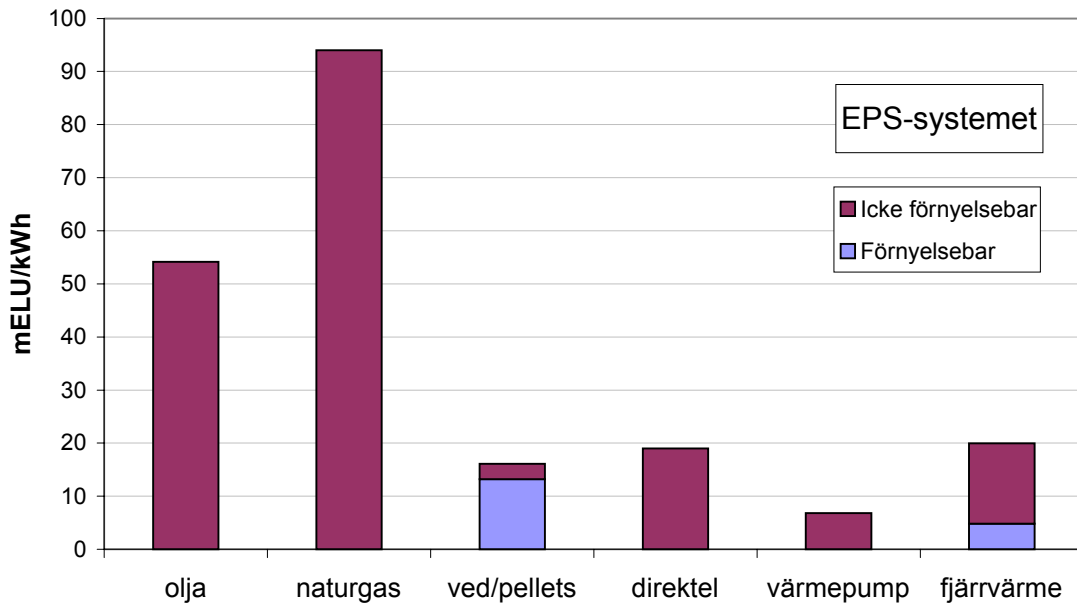
Båda metoderna visar att förutom bränsleslaget är användning av råvaror i anläggningen försumbart. Detta resultat har i fortsatta beräkningar ansetts vara representativt för alla betraktade anläggningar i denna undersökning, små som stora, dvs både villapannor och fjärrvärmearläggningar.

2.7 Resursförbrukning med EPS-systemet

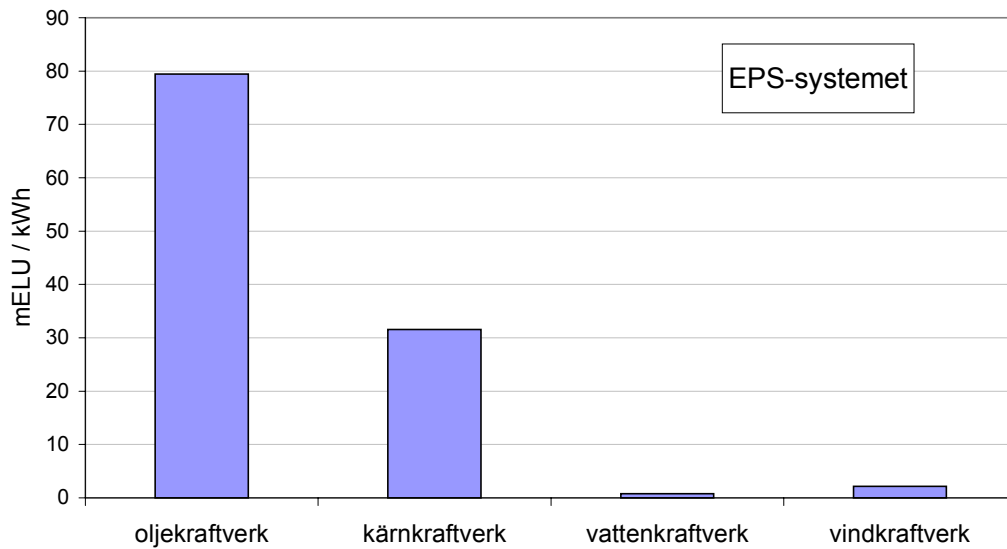
Beräkning av resursförbrukning för uppvärmningssystem som är representativa för den typen av system i svenska villor redovisas i bilaga A.1, B.2 och B.3. El och fjärrvärme betraktas här som s.k. Sverigemixar, dvs. de består av den procentuella sammansättningen av de produktionsenheter som respektive energislag produceras med i Sverige under ett år.

Resursförbrukningen har delats in i förnyelsebar och icke förnyelsebar. Förnyelsebar resursförbrukning är användning av biobränsle och torv. Normalt brukar även el från vattenkraft betraktas som förnyelsebar men den resursförbrukning som kommer från vattenkraften är huvudsakligen användning av mineraler vilka inte är förnyelsebara. Vattenkraft har dock ett väldigt lågt ELU värde 0,8 mELU/kWh jämfört med t.ex. kärnkraft som har 31,5 mELU/kWh vilket visas i figur 2.7.

Figur 2.7 visar resursförbrukning för fyra olika sätt att producera el. Data för alla kraftverk här innehåller även anläggningens byggnadsmaterial vilket förklarar värdena för vattenkraft och vindkraft. Resursförbrukning för kärnkraft är i huvudsakligen uran till bränslestavar och koppar till bl.a. inkapsling av bränsle för slutförvaring. Resursförbrukning för oljekraftverket är huvudsak olja.



Figur 2.6 Miljöbelastning i form av resursförbrukning enligt EPS-systemet för olika uppvärmningssystem. El och fjärrvärme betraktas här som Sverigemixar.

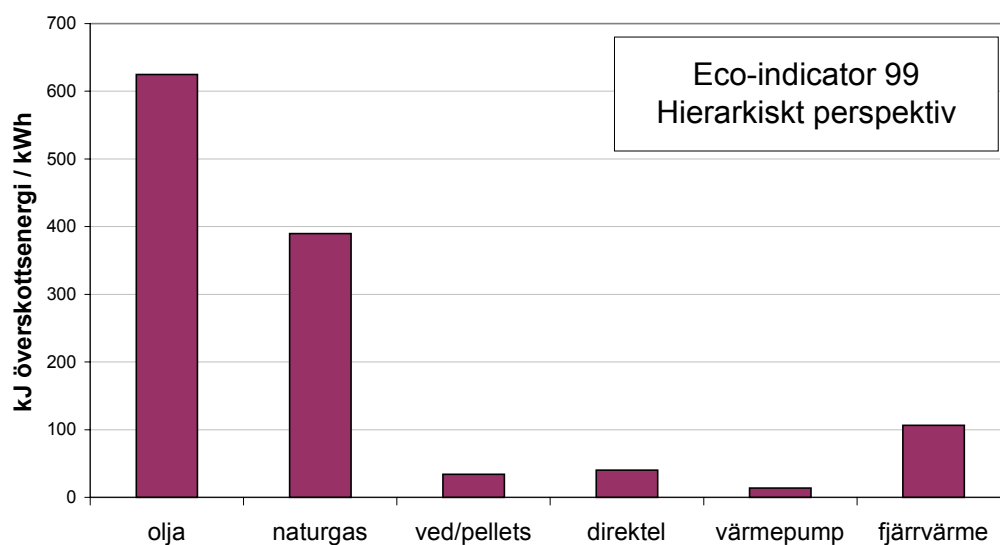


Figur 2.7 Miljöbelastning i form av resursförbrukning enligt EPS-systemet för elproduktion med olika kraftverk.

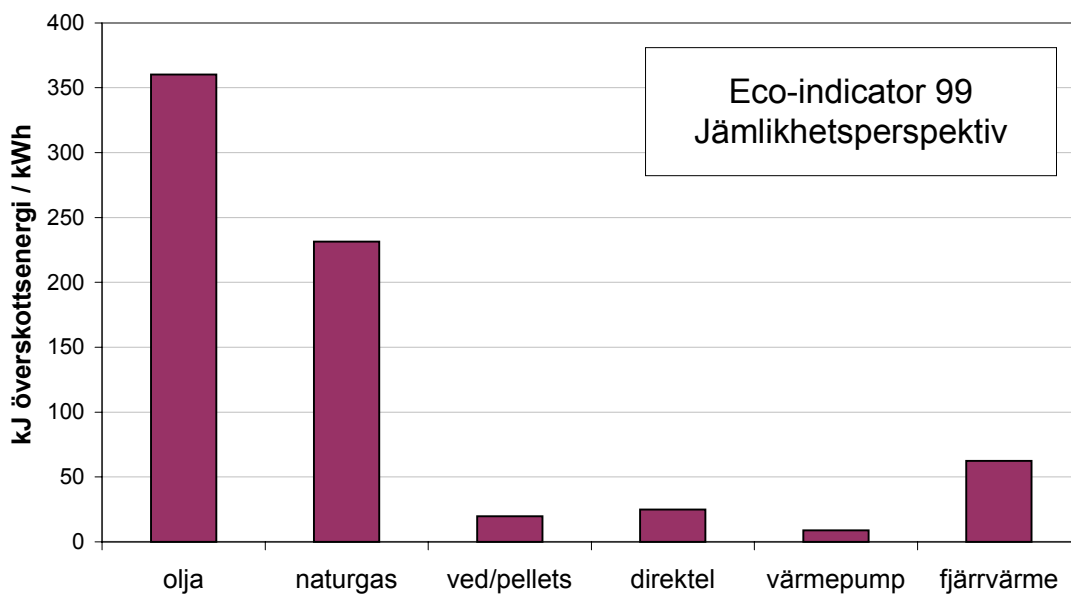
2.8 Resursförbrukning med Eco-indicator 99

Beräkning av resursförbrukning för uppvärmningssystem som är representativa för den typen av system i svenska villor redovisas i bilaga A.2, B.2 och B.3. El och fjärrvärme betraktas här som s.k. Sverigemixar, dvs. de består av den procentuella sammansättningen av de produktionsenheter som respektive energislag produceras med i Sverige under ett år.

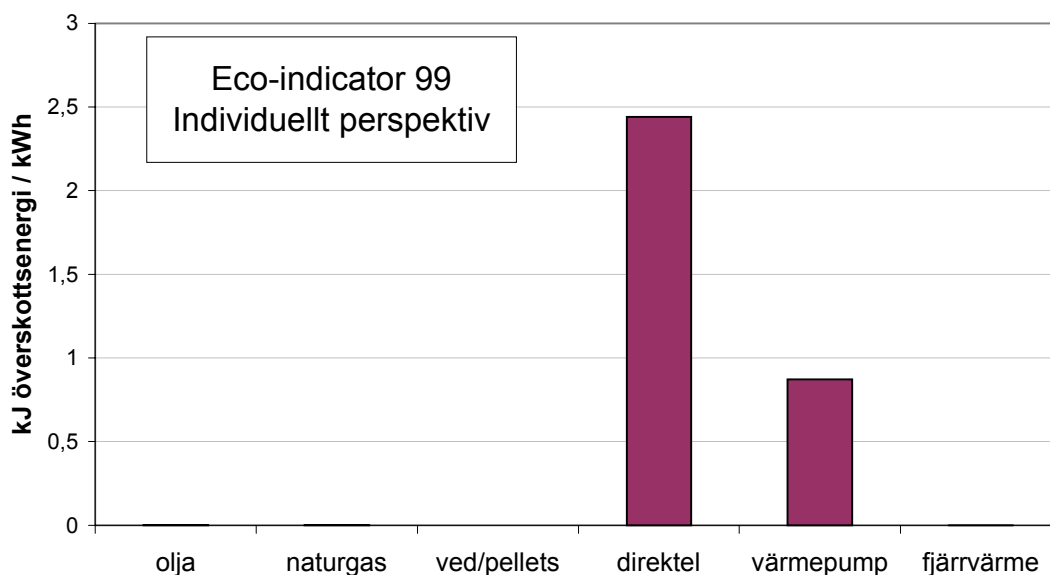
I Eco-indicator 99 betraktas endast mineraler och fossila bränslen som uttag av naturresurser och därför gäller alla värden endast icke förnyelsebara resurser.



Figur 2.8 Miljöbelastning i form av resursförbrukning enligt Eco-indicator 99 med hierarkiskt perspektiv för olika uppvärmningssystem. El och fjärrvärme betraktas här som Sverigemixar.



Figur 2.9 Miljöbelastning i form av resursförbrukning enligt Eco-indicator 99 med jämlikhetsperspektiv för olika uppvärmningssystem. El och fjärrvärme betraktas här som Sverigemixar.



Figur 2.10 Miljöbelastning i form av resursförbrukning enligt Eco-indicator 99 med individuellt perspektiv för olika uppvärmningssystem. El och fjärrvärme betraktas här som Sverigemixar.

2.9 Diskussion och slutsatser

Värdena i figur 2.6-2.10 säger ingenting i sig om hur stor miljöpåverkan är utan kan bara användas vid jämförelse av olika alternativ. Båda de studerade metoderna, EPS-systemet och Eco-indicator 99, är avsedda för att vara verktyg för snabb miljöbedömning av konstruktörer, designers och produktutvecklare. De är inte utvecklade för miljövärdering av energianvändning och de baseras på mer eller mindre subjektiva värderingsgrunder.

En jämförelse av oljekraftverk och kärnkraftverk i figur 2.7 visar att miljöpåverkan på naturresurser är större för förbrukning av oljeresurser än för åtgång av kärnkraftsbränslet och inkapslingsmaterialet koppar vid produktion av el. Detta trots att EPS-systemet har ett miljöbelastningsindex för uran som är 2400 gånger större än olja och att all brytning av uran vid framställning av kärnbränsle har allokerats till elproduktion. (En åttondel används direkt i bränslestavarna medan övrigt uran blir rester, se bilaga B.3.)

EPS-systemet behandlar resursutnyttjande huvudsakligen utgående från betalningsvilja för det hållbara alternativet till resursen. Eco-indicator 99 behandlar resursutnyttjande huvudsakligen utgående från hur svårt det kommer att bli i framtiden att utvinna resursen genom betraktelse från tre olika perspektiv. Goedkopp och Spriensma 2000a, 2000b rekommenderar att vid en miljöbedömning använda det hierarkiska perspektivet i Eco-indicator 99 metoden i första hand och därefter jämlikhets perspektivet. Båda perspektiven (figur 2.8 respektive 2.9) visar liknande resultat som EPS-systemet för viktning mellan mineraler och fossila bränslen. Miljöbelastningen på uttag av naturresurser är större för olje- och naturgaseldade byggnader än för de övriga uppvärmningssystemen. Resultatet blir ungefär detsamma som för växthuseffekten och ger därmed ingen ny dimension till den totala miljövärderingen.

I det individuella perspektivet anses utvinning av fossila bränslen inte vara något problem. Därför har endast elanvändning som förbrukar metallerna uran och koppar en miljöpåverkan på resursförbrukning.

I figur 2.6 visas att EPS-systemet betraktar naturgas som en värdefullare resurs än olja. Detta beror på att det är dyrare att producera naturgasalternativet biogas än vad det är att producera oljealternativet vegetabilisk olja. De hållbara alternativen till dessa två energiråvaror är ett material som är likvärdig råvaran i en process medan något alternativ betraktat som energiråvara saknas eftersom energi inte ingår i något skyddsobjekt. Eco-indicator 99 anser att det kommer att vara svårare att utvinna olja i framtiden jämfört med naturgas, figur 2.8 och 2.9. Miljöbelastningsindex för olja är därför högre än för naturgas till skillnad mot EPS-systemet som har omvänt förhållande. Därmed går det inte att dra någon slutsats om vilket av alternativen oljepanna eller naturgaspanna som har minst miljöbelastning i form av förbrukning av naturresurser.

3 Allokering vid kraftvärmeproduktion

3.1 Allmänt

I EN ISO 14040, 1997 definieras allokering som fördelning av processers inflöden till eller från det studerade produktsystemet. I en livscykelanalys kan det bli aktuellt att fördela emissioner och resursförbrukning när en process innehåller flera funktioner eller ger mer än en produkt. Det kan också vara aktuellt vid återanvändning och återvinning av material och produkter.

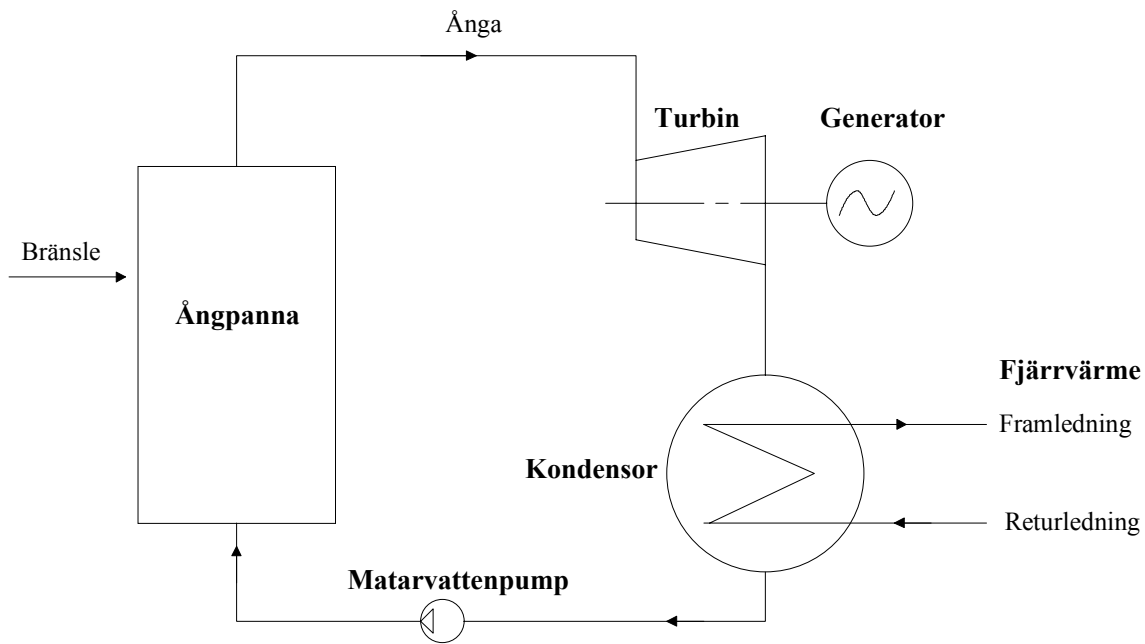
Allokering i system och processer med flera utflöden kallas i LCA-sammanhang ofta för *multi output* allokering. Syftet med allokering i en sådan process är att mellan produkterna fördela de inflöden och den miljöbelastning som inte direkt kan härledas till den ena eller den andra produkten. Allokering vid återvinning kan vara aktuell om material som används i den studerade livscykeln används även i andra livscykler. Syftet är då att fördela miljöbelastningen mellan materialets livscykler, d.v.s. före och efter återvinning (Nilsson och Strömberg, 2000).

Miljöstyrningsrådet rekommenderar i *Bestämmelser för certifierade miljövarudeklarationer, EPD 1999:2* (MSR, 2000) att *multi output* allokering baseras antingen på ekonomiska relationer eller sättet på vilket material- och energiförbrukning samt utsläpp förändras vid kvantitativa förändringar av levererade produkter eller funktioner. Specifikt för MSR 1999:2 är att ingen allokering ska ske för inflöden av återvunnet material eller energi respektive utflöden av material och energi som går till återvinning. Dessa flöden ska istället bokföras som flöden icke följda till vaggan respektive graven.

3.2 Allokering vid kraftvärmeproduktion

Vid kraftvärmeproduktion produceras elektricitet och värme samtidigt. Ett kraftvärmeverk fungerar på så sätt att el produceras antingen i traditionell ångcykel, d.v.s. ångpanna och ångturbin eller i kombicykel, gasturbin följd av ångcykel. Vid nedkylning av ångan tar man vara på energiinnehållet i kylvattnet och får på så sätt värme. Värmen från ett kraftvärmeverk levereras oftast i form av fjärrvärme. I figur 3.1 visas principerna för ett kraftvärmeverk med ångcykel enligt Svensk Energi, 2001.

Kraftvärmeverk kan eldas med flera olika typer av bränsle. Ett allmänt antagande är att ungefär en tredjedel av energin i det tillförda bränslet blir elektricitet och två tredjedelar blir värme. I ett kraftvärmeverk styrs elproduktionen av värmebehovet, vilket betyder att el inte produceras under den varma delen av året (Svensk Energi, 2001).



Figur 3.1 Principerna för ett kraftvärmeverk med ångcykel.

3.2.1 Alternativproduktionsmetoden

I PSR 1998:1 revision 1 "Produktspecifika regler för certifierade miljövarudeklarationer för el- och fjärrvärmeproduktion" (PSR, 2000) anges en allokeringmetod för allokering av kraftvärme, "alternativproduktionsmetoden". Metoden är ursprungligen framtagen av Finska Fjärrvärmeföreningen som förslag till ny och enhetlig redovisningsmetod med avseende på produktionsstatistik för kraftvärmeanläggningar i Europa.

Alternativproduktionsmetoden har jämförts med fem andra allokeringmetoder av Nilsson och Strömberg, 2000. Syftet var att jämföra och utvärdera allokeringmetoder som skall kunna användas i LCA-studier för certifierade miljövarudeklarationer, EPD. Följande kriterier ställdes upp för att allokeringmetoden skulle vara lämplig för användning till EPD:

- metoden bör vara enkel att tillämpa
- den bör vara robust
- informationen som metoden ger bör kunna visa på när miljömässiga förbättringar genomförts
- den bör ej vara känslig för faktorer som kan ändras kraftigt över tiden, t.ex. ekonomiska förutsättningar, eftersom en EPD skall gälla i tre år.

Nilsson och Strömberg, 2000, kom fram till att alternativproduktionsmetoden har många fördelar:

- Den är enkel att genomföra om anläggningsprestanda för de alternativa anläggningarna är valda. I detta arbete används data för alternativa anläggningar enligt PSR 1998:1 och de är redovisade i bilaga D. Dock kan metoden vara något svår att kommunicera eftersom den inte bygger på faktorer som påverkas i den verkliga anläggningen.
- Metoden är robust och är förhållandevis stabil vid variation av de alternativa anläggningarnas prestanda.
- Metoden medger jämförbarhet över åren och mellan liknande anläggningar.
- Metoden förmedlar följande information; el/värme värderas relativt lika, vinsten av samproduktion fördelas jämnt, samhällets syn på kraftvärme speglas och miljöförbättringar påvisas.
- Acceptans inom andra branscher bedöms som relativt god med acceptansen bland LCA-expertis är oprövad.
- Adderbarhet mot andra PSR bedöms som god.
- Metoden överensstämmer med ISO 14041 men inte med MSR 1999:1.

Allokeringsmetoden bygger på att vinsten med kraftvärmeproduktion, i form av bättre bränsleutnyttjande, fördelas mellan de två produkterna el och värme i proportion till bränslebehoven för separat el- respektive värmeproduktion. Fördelningen av miljöpåverkan mellan el och värme görs utifrån det procentuella förhållandet mellan erforderlig bränslemängd för el- respektive värmeproduktion i de alternativa produktionsanläggningarna.

Valet av parametrar för alternativproduktionsanläggningarna har direkt inverkan på hur miljöpåverkan ska fördelas. Anläggningsdata väljs utifrån principen om bästa möjliga anläggningsprestanda för samma typ av teknik och bränsle som den studerade anläggningen. I PSR 1998:1 revision 1 redovisas de anläggningsparametrar som ska användas vid allokering för ett antal olika kraftvärmetekniker och bränsleslag, se bilaga D.

3.2.2 Exempel på princip bakom alternativproduktionsmetoden

Nedan ges ett exempel på principen bakom allokeringsmetoden. Siffrorna på verkningsgraden för värme respektive el är hämtade från PSR 1998:1. Förhållandet mellan elproduktion och värmeproduktion är satt till 1:2, d.v.s. produktionen är en tredjedel el och två tredjedelar värme, enligt antagandet ovan.

Exempel

Befintligt oljeeldat kraftvärmeverk (ångcykel) för vilket allokering ska göras:

Elproduktion, netto	30 enheter
Värmeproduktion, netto	60 enheter

Alternativproduktionsanläggning

Elproduktion	$\eta_e = 46\%$
Värmeproduktion	$\eta_v = 90\%$

Bränsleåtgång vid alternativ elproduktion	$30/0,46 = 65,2$
Bränsleåtgång vid alternativ värmeproduktion	$60/0,90 = \underline{66,7}$
Total bränsleåtgång vid alternativ produktion	131,9

Allokera på el	$65,2/131,9 = 0,49$	49% av totala miljöpåverkan
Allokera på värme	$66,7/131,9 = 0,51$	51% av totala miljöpåverkan

På liknande sätt kan man beräkna fördelningen av miljöpåverkan på elektricitet respektive värme vid användning av andra bränsleslag än olja i kraftvärmeverk. Med användande av de anläggningsparametrar som anges i PSR 1998:1 (se bilaga D) för kraftvärmeverk med ångcykel utan rökgaskondensering och eldade med biobränsle, avfall, stenkol, naturgas respektive olja fås de allokeringssiffror som redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Allokering på el respektive värme av den totala miljöpåverkan för kraftvärmeverk med ångcykel utan rökgaskondensering. Beräkning med anläggningsparametrar för alternativa anläggningar enligt PSR 1998:1 revision 1 (PSR, 2000). Alternativproduktionsmetoden.

Bränsleslag	Allokera på el	Allokera på värme
Biobränsle	54 %	46 %
Avfall	56 %	44 %
Stenkol	49 %	51 %
Naturgas	49 %	51 %
Olja	49 %	51 %

Miljöpåverkan per kWh el respektive värme kan därefter beräknas för de olika bränslena, se tabell 3.2. Vid beräkningen antas att en tredjedel av energin i bränslet blir el och två tredjedelar blir värme. I tabellen anges fördelningen mellan el och värme av den totala miljöpåverkan per kWh. Av tabellen framgår att produktionen av värme i ett kraftvärmeverk får en betydligt lägre miljöpåverkan per producerad kWh än vad el får.

Tabell 3.2 Miljöpåverkan per kWh el respektive värme vid allokering enligt alternativproduktionsmetoden för kraftvärmeverk med ångcykel utan rökgaskondensering. Parametern m är den totala miljöpåverkan per kWh total produktion av el och värme.

Bränsleslag	Miljöpåverkan/kWh	
	el	värme
Biobränsle	$1,62 \cdot m$	$0,69 \cdot m$
Avfall	$1,68 \cdot m$	$0,66 \cdot m$
Stenkol	$1,47 \cdot m$	$0,77 \cdot m$
Naturgas	$1,47 \cdot m$	$0,77 \cdot m$
Olja	$1,47 \cdot m$	$0,77 \cdot m$

Exempel

För ett oljeeldat kraftvärmeverk gäller följande:

Elproduktion	1/3 enheter
Värmeproduktion	2/3 enheter
Växthuseffekten	0,4 kg CO ₂ -ekvivalenter /kWh
Övergödning	3,5 g O ₂ -ekvivalenter /kWh

Med allokering enligt alternativproduktionsallokering blir miljöpåverkan:

Växthuseffekten vid elanvändning	$1,47 \cdot 0,4 = 0,56$ kg CO ₂ -ekvivalenter /kWh
Övergödning vid elanvändning	$1,47 \cdot 3,5 = 5,1$ g O ₂ -ekvivalenter /kWh
Växthuseffekten vid värmeanvändning	$0,77 \cdot 0,4 = 0,31$ kg CO ₂ -ekvivalenter /kWh
Övergödning vid värmeanvändning	$0,77 \cdot 3,5 = 2,7$ g O ₂ -ekvivalenter /kWh

3.3 Jämförelser med tidigare beräkningar

I den första etappen av projektet gjordes beräkningar av miljöpåverkan vid elproduktion och fjärrvärmeproduktion. Beräkningarna redovisas i Wahlström et al. 2001. Vid beräkning av föroreningsutsläppen hämtades karaktäriseringsfaktorerna från Miljöstyrningsrådets rapport *Bestämmelser för certifierade miljövarudeklarationer, EPD 1999:2* (MSR, 2000) och summerades inom varje miljöpåverkanskategori. Inom varje miljöpåverkanskategori togs de utsläpp med som fanns redovisade för de olika energibärarna. Beräkningar gjordes för växthuseffekt, försurning, marknära ozon samt övergödning.

Utsläpp av växthusgaser redovisas som summa Global Warming Potential (GWP), det vill säga som g CO₂-ekvivalenter ur ett 100-årsperspektiv. Beräkningsformeln med

respektive ämnes karaktäriseringsfaktor för påverkan från växthusgaser ser ut enligt nedan (g CO₂-ekvivalenter)

$$\text{CO}_2 \cdot 1 + \text{N}_2\text{O} \cdot 310 + \text{CH}_4 \cdot 21 + \text{SF}_6 \cdot 23900 \quad \text{Ekvation 3.1}$$

(g CO₂-ekvivalenter)

Utsläpp av försurande gaser redovisas som summa försurningspotential uttryckt i mol H⁺. Beräkningsformeln är

$$\text{NO}_x \cdot 0,0217 + \text{SO}_2 \cdot 0,0312 + \text{NH}_3 \cdot 0,0587 \quad \text{Ekvation 3.2}$$

(mol H⁺)

Utsläpp av gaser som bidrar till marknära ozon redovisas dels som g NO_x och dels som summa utsläpp av flyktiga kolväten, Photochemical Ozone Creation Potentials (POCP). De senare anges som g C₂H₂-ekvivalenter (etenekvivalenter) och beräknas enligt

$$\text{NMVOC} \cdot 0,416 + \text{CO} \cdot 0,04 \quad \text{Ekvation 3.3}$$

(g C₂H₂-ekvivalenter)

Utsläpp av eutrofierande ämnen, vilka bidrar till övergödning, anges som summa syretäringspotential uttryckt i g O₂-ekvivalenter. De beräknas enligt nedan

$$\text{NO}_x \cdot 6 + \text{NH}_3 \cdot 16 \quad \text{Ekvation 3.4}$$

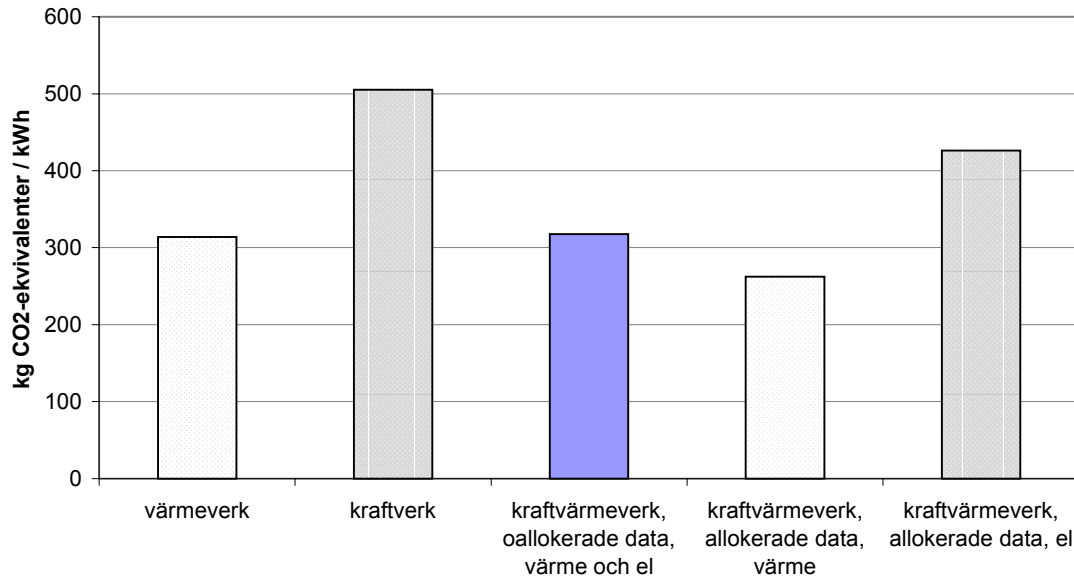
(g O₂-ekvivalenter)

I Wahlström et al., 2001 gjordes ingen skillnad på 1 kWh el och 1 kWh värme vid produktion av el och värme i kraftvärmeverk. Detta innebar att varje kWh belastades lika mycket oberoende av om det var el eller värme som producerades. Denna typ av allokeringmetod kallas ”*energimetoden*”. För denna metod skulle samtliga siffror i tabell 3.2 vara 1.

Vid allokering av kraftvärme enligt alternativproduktionsmetoden framgår det att miljöpåverkan för värmeproduktion blir mindre än vid allokering enligt energimetoden, medan däremot miljöpåverkan för elproduktion blir större. Detta påverkar naturligtvis tidigare gjorda beräkningar av växthuseffekt, försurning osv. En jämförelse görs därför mellan de två allokeringmetoderna för el respektive fjärrvärme. En jämförelse görs också mellan miljöpåverkan för el och värme producerad i värmeverk, kraftverk respektive kraftvärmeverk.

3.3.1 Jämförelse mellan värmeverk, kraftverk och kraftvärmeverk

I värmeverk produceras enbart värme, i kraftverk produceras enbart el och i kraftvärmeverk produceras både el och värme. De olika anläggningarna påverkar miljön på olika sätt. Hur exempelvis växthuseffekten varierar för olika oljeeldade anläggningar visas i figur 3.2.



Figur 3.2 Påverkan på växthuseffekten i olika oljeeldade anläggningar för produktion av el och värme.

Det framgår att påverkan på växthuseffekten minskar vid kraftvärmeproduktion, allokerad enligt alternativproduktionsmetoden, både för produktion av el och värme i jämförelse med produktion av el i kraftverk respektive produktion av värme i värmeverk. Påverkan på växthuseffekten är lika stor för värme producerad i värmeverk som i kraftvärmeverk, allokerad enligt energimetoden.

3.3.2 EI

De tidigare beräkningarna av miljöpåverkan gjordes på en elproduktion som till 94 % var producerad av Sydskraft och till 6 % producerad i kraftvärmeverk baserad på eldningsolja, Wahlström et al., 2001. Vid beräkningarna användes data för 1998. Den kraftvärmeproducerade elen allokerades i dessa beräkningar enligt energimetoden. Om istället den del av elproduktionen som produceras i kraftvärmeverk allokeras enligt alternativproduktionsmetoden ökar miljöpåverkan med 30-40 % för de olika miljöpåverkanskategorierna, se tabell 3.3. Värderna för olja enligt tabell 3.2 har använts vid dessa beräkningar. Anmärkningsvärt är att miljöpåverkan ökar så pass mycket trots att det bara är 6 % av elproduktionen som påverkas. Detta beror på att de största utsläppen

av CO₂ vid elproduktion kommer från förbränning av olja i kraftvärmeverk. I tabellen anges också miljöpåverkan om 6 % av elproduktionen är producerad i oljeeldade kraftverk istället för i kraftvärmeverk. Skillnaden i miljöpåverkan är liten för produktion i kraftverk jämfört med kraftvärmeverk allokerat enligt alternativproduktionsmetoden.

Tabell 3.3 Jämförelse av miljöpåverkan per kWh vid produktion av el i kraftverk och i kraftvärmeverk allokerat enligt energimetoden respektive alternativproduktionsmetoden. El enligt *Sverigemix* 1998 Wahlström et al., 2001.

Miljöpåverkan per kWh			
Miljöpåverkans-kategori	Kraftverk	Kraftvärmeverk	
		energimetoden	alternativproduktionsmetoden
Växthuseffekt	38	27	36 g CO ₂ -ekv
Försurning	3	2	3 mmol H ⁺
Marknära ozon,	0,007	0,004	0,006 g C ₂ H ₂ -ekv
flyktiga kolväten	0,05	0,04	0,05 g NO _x
Övergödning	0,3	0,2	0,3 g O ₂ -ekv

Miljöpåverkan vid elproduktion har ovan redovisats som påverkan på växthuseffekt, försurning, marknära ozon och övergödning i enlighet med Miljöstyrningsrådets anvisningar. I officiell statistik från bl. a. Energimyndigheten uttrycks emellertid miljöpåverkan från olika bränslen oftast som rena utsläpp till luft av koldioxid (CO₂), kväveoxider (NO_x) och svaveloxider (SO_x). En jämförelse av dessa utsläpp mellan de två allokeringssätten redovisas i tabell 3.4.

Tabell 3.4 Utsläpp av koldioxid, kväveoxider och svaveloxider vid elproduktion för olika sätt att allokera den kraftvärmeproducerade elen. El enligt *Sverigemix* 1998 Wahlström et al., 2001.

Utsläpp till luft g/kWh	Allokering enligt	
	Energimetoden	Alternativproduktionsmetoden
CO ₂	26,6	35,6
NO _x	0,036	0,049
SO _x	0,7	1,1

3.3.3 Fjärrvärme

De tidigare beräkningarna av miljöpåverkan från produktion av fjärrvärme gjordes på en *Sverigemix* av bränslen (1998), se bilaga C. För de bränslen som ingick i mixen användes utsläppsdata för värmeverk, se Wahlström et al., 2001. Om det istället antas att all förbränning av olja, kol, biobränsle, naturgas och avfall sker i kraftvärmeverk och dessa data allokeras enligt alternativproduktionsmetoden kommer miljöpåverkan att minska. Resultatet av dessa beräkningar redovisas i tabell 3.5, där värdena enligt tabell 3.2 ovan har använts för de olika bränslena. I tabellen anges också miljöpåverkan vid allokering enligt energimetoden.

Tabell 3.5 Jämförelse av miljöpåverkan per kWh för fjärrvärme producerad i värmeverk respektive kraftvärmeverk, allokerat enligt energimetoden respektive alternativproduktionsmetoden.

Miljöpåverkan per kWh			
Miljöpåverkanskategori	Värmeverk	Kraftvärmeverk	
		energi- metoden	alternativproduk- tionsmetoden
Växthuseffekt	117	131	101 g CO ₂ -ekv
Försurning	12	13	10 mmol H ⁺
Marknära ozon, flyktiga kolväten	0,037	0,044	0,031 g C ₂ H ₂ -ekv
NO _x	0,24	0,27	0,20 g NO _x
Övergödning	1,5	1,7	1,2 g O ₂ -ekv

Miljöpåverkan för fjärrvärme producerad helt i kraftvärmeverk och allokerad enligt energimetoden är högre än för fjärrvärme producerad helt i värmeverk för samtliga miljöpåverkanskategorier. Fjärrvärme producerad helt i kraftvärmeverk och allokerad enligt alternativproduktionsmetoden ger den lägsta miljöpåverkan. Jämfört med värmeverk minskar miljöpåverkan i detta fallet med 14-17 %.

Tabell 3.9 Utsläpp av koldioxid, kväveoxider och svaveloxider vid fjärrvärmeproduktion i värmeverk respektive kraftvärmeverk, allokerat enligt alternativproduktionsmetoden.

Utsläpp till luft g/kWh	Värmeverk	Kraftvärmeverk
CO ₂	107	92
NO _x	0,24	0,20
SO _x	0,21	0,17

Fjärrvärme produceras emellertid inte antingen i värmeverk eller kraftvärmeverk, utan utgör en blandning av värme från både värmeverk och kraftvärmeverk. Detta innebär att miljöpåverkan ligger någonstans mellan värdena för värmeverk respektive kraftvärmeverk allokerat enligt alternativproduktionsmetoden.

På samma sätt som vid elproduktion kan utsläppen av koldioxid, kväveoxider och svaveloxider till luft studeras även för fjärrvärme. Dessa utsläpp till luft redovisas för Sverigemixen av fjärrvärme för 1998 i tabell 3.6. I tabellen anges utsläppen då hela produktionen sker dels i värmeverk och dels i kraftvärmeverk. Utsläppen till luft är mindre för kraftvärmeverk än för värmeverk, vilket stämmer överens med tidigare resultat.

3.4 Diskussion och slutsatser

Alternativproduktionsmetoden bygger på att vinsten av kraftvärmeproduktion, i form av bättre bränsleutnyttjande, fördelas mellan de två produkterna el och värme i proportion till bränslebehoven för separat el- respektive värmeproduktion.

Med allokering enligt alternativproduktionsmetoden på oljeeldade anläggningar kommer påverkan på växthuseffekten att:

- minska med 16 % för värme producerad i kraftvärmeverk jämfört med värme producerad i värmeverk,
- minska med 16 % för el producerad i kraftvärmeverk jämfört med el producerad i kraftverk.

Med allokering enligt energimetoden på oljeeldade anläggningar kommer påverkan på växthuseffekten att:

- öka med 1 % för värme producerad i kraftvärmeverk jämfört med värme producerad i värmeverk,
- minska med 37 % för el producerad i kraftvärmeverk jämfört med el producerad i kraftverk.

En jämförelse av miljöbelastning från fjärrvärme där all förbränning av olja, kol, biobränsle och naturgas sker i värmeverk med fjärrvärme där all förbränning sker i kraftvärmeverk ger en minskning av miljöpåverkan med 14-17 %. Fjärrvärmens produceras då med en fördelning av bränslen enligt en *Sverigemix* och alternativproduktionsmetoden har använts som allokeringsmodell för förbränning av olja, kol, biobränsle och naturgas i kraftvärmeverk.

Fjärrvärme produceras emellertid inte antingen i värmeverk eller kraftvärmeverk, utan utgör en blandning av värme från både värmeverk och kraftvärmeverk. Detta innebär att miljöpåverkan för fjärrvärme allokerat enligt alternativproduktionsmetoden ligger någonstans mellan värdena då all förbränning sker i värmeverk respektive kraftvärmeverk.

En jämförelse av miljöbelastning från el där all förbränning av olja sker i kraftverk med el där all förbränning sker i kraftvärmeverk ger en minskning av miljöpåverkan med 4-9 %. Elen produceras enligt en *Sverigemix* och alternativproduktionsmetoden har använts som allokeringmodell för förbränning av olja i kraftvärmeverk.

El produceras emellertid inte antingen i kraftverk eller kraftvärmeverk, utan utgör en blandning av el från både kraftverk och kraftvärmeverk. Detta innebär att miljöpåverkan för el allokering enligt alternativproduktionsmetoden ligger någonstans mellan värdena då all förbränning sker i kraftverk respektive kraftvärmeverk.

4 Systemavgränsning för fjärrvärme

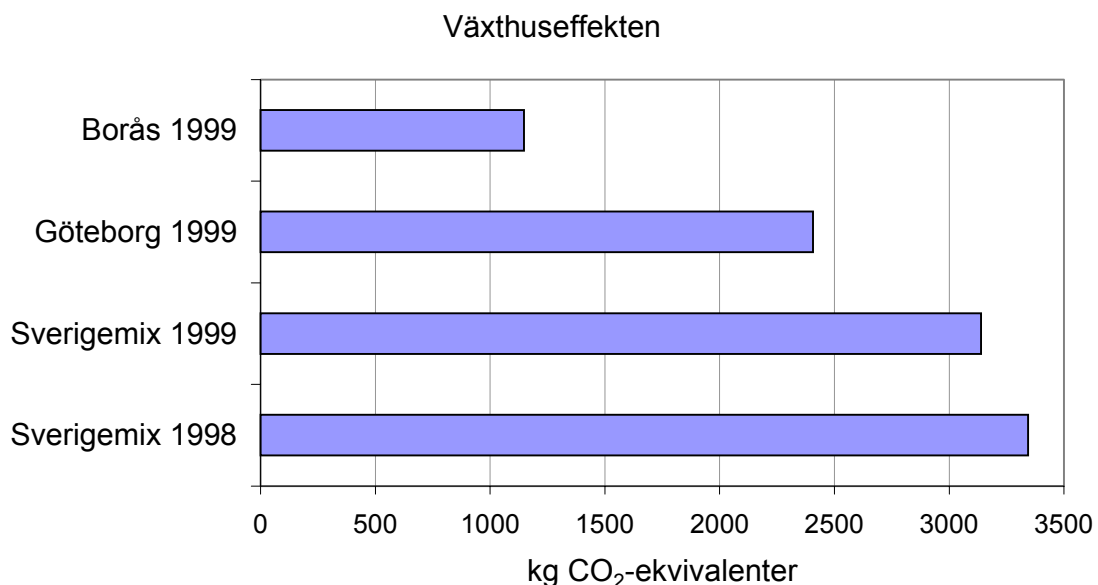
I Wahlström et al., 2001 ges ett beräkningsexempel för jämförelse av miljöeffekter från olika uppvärmningssystem. Både el och fjärrvärme har i exemplet betraktats som *Sverigemixar* dvs de anses belasta miljön med samma fördelning som de är producerade med i Sverige under ett år. Exempel på produktionsanläggningar för fjärrvärme är värmeverk med t.ex olja, kol eller naturgas som bränsle. Andra exempel är spillvärme eller en värmepump som utnyttjar värme från avloppsvatten.

Eftersom produktionen av fjärrvärme varierar från år till år så kommer också miljöpåverkan att variera beroende av vilket år som *Sverigemixen* beräknas för.

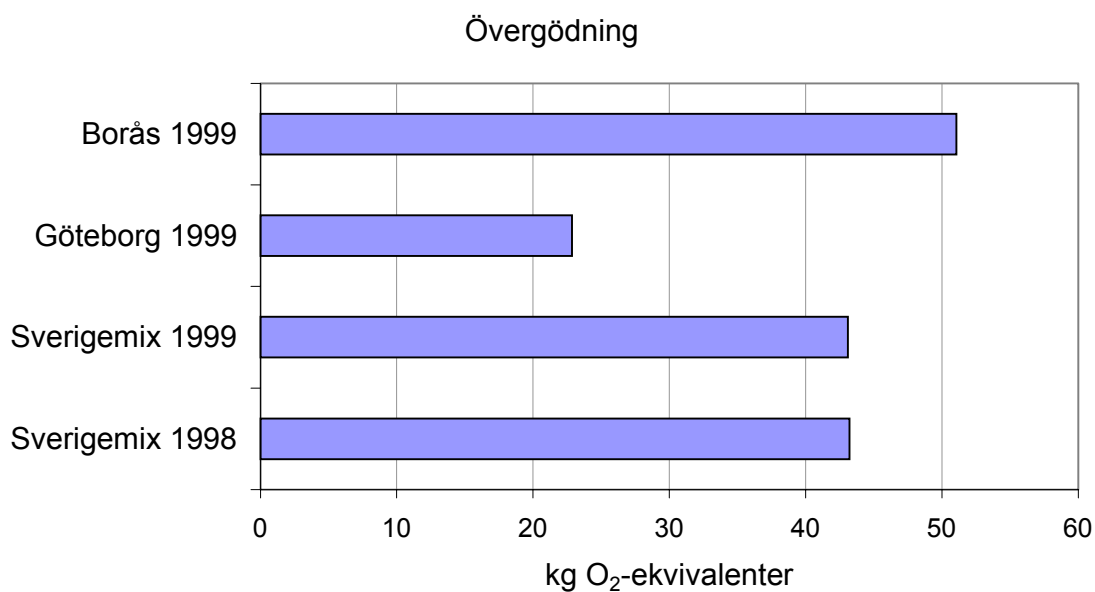
För fjärrvärme kan det dessutom bli missvisande att använda en *Sverigemix* eftersom fjärrvärme distribueras i lokala nät som inte har någon koppling med varandra. Fördelningen av produktionsenheter skiljer sig dessutom kraftigt åt i de olika lokala näten. För att det ska vara möjligt att få en miljöbelastning med samma fördelning som den produceras med behövs data för varje lokalt nät.

4.1 Resultat av jämförelse

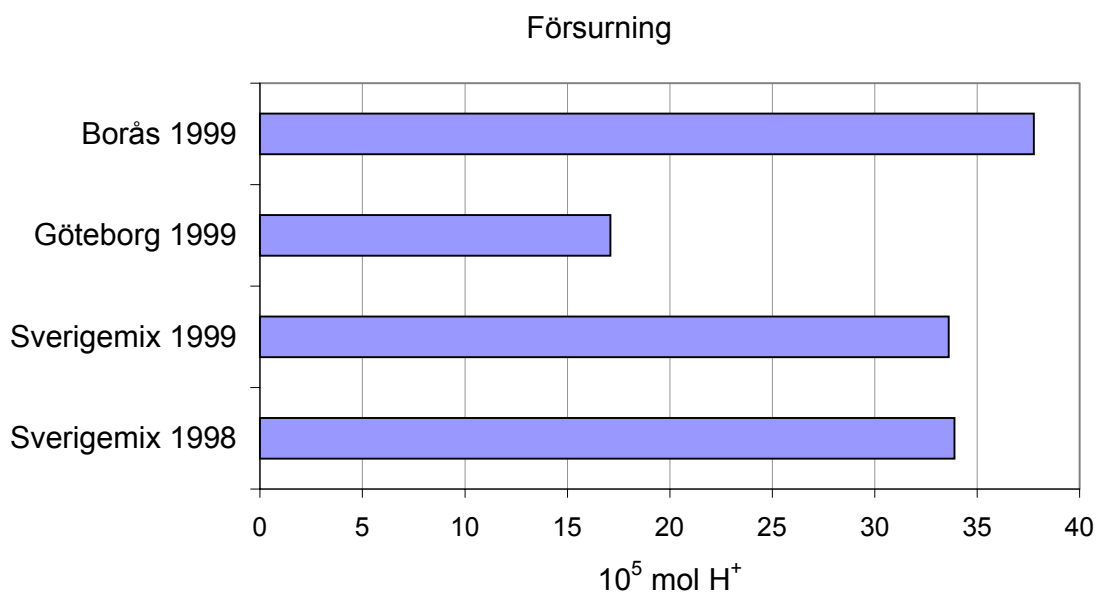
För att belysa att det är viktigt att använda rätt fjärrvärmemix har en jämförelse gjorts av miljöpåverkan för fjärrvärme betraktat som en *Sverigemix* 1998 och 1999 med fjärrvärme producerad med samma mix som i *Göteborgs* och *Borås* fjärrvärmennät 1999. Data för de olika mixarna ges i bilaga C. Beräkningarna är utförda för en byggnad som har ett värmebehov på 25 000 kWh/år och resultaten visas i figur 4.1-4.5



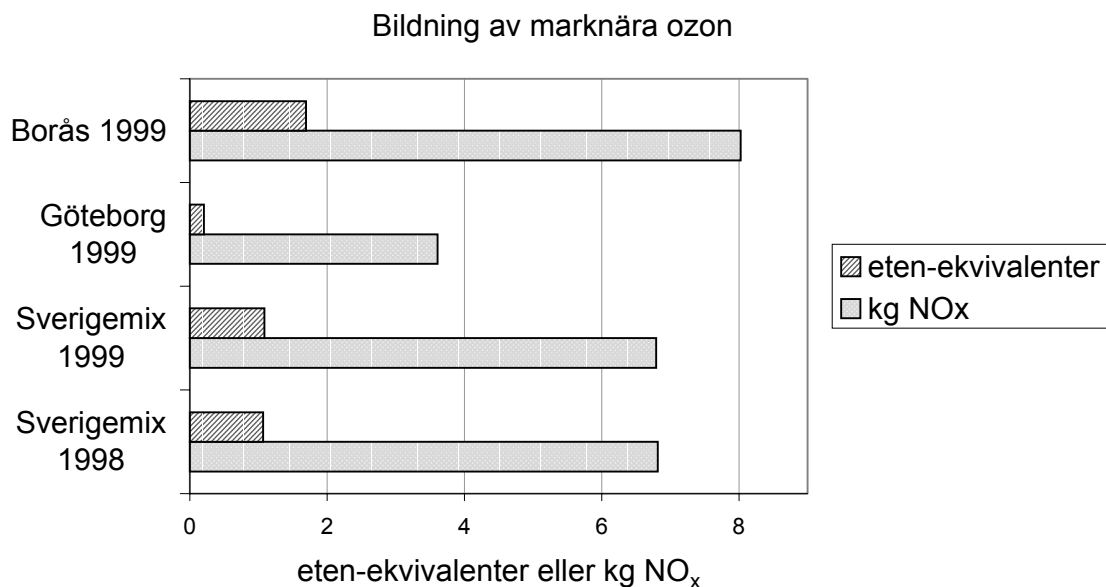
Figur 4.1 Jämförelse av påverkan på växthuseffekten från Borås och Göteborgs fjärrvärmennät 1999 med fjärrvärme producerad enligt en *Sverigemix* 1998 och 1999.



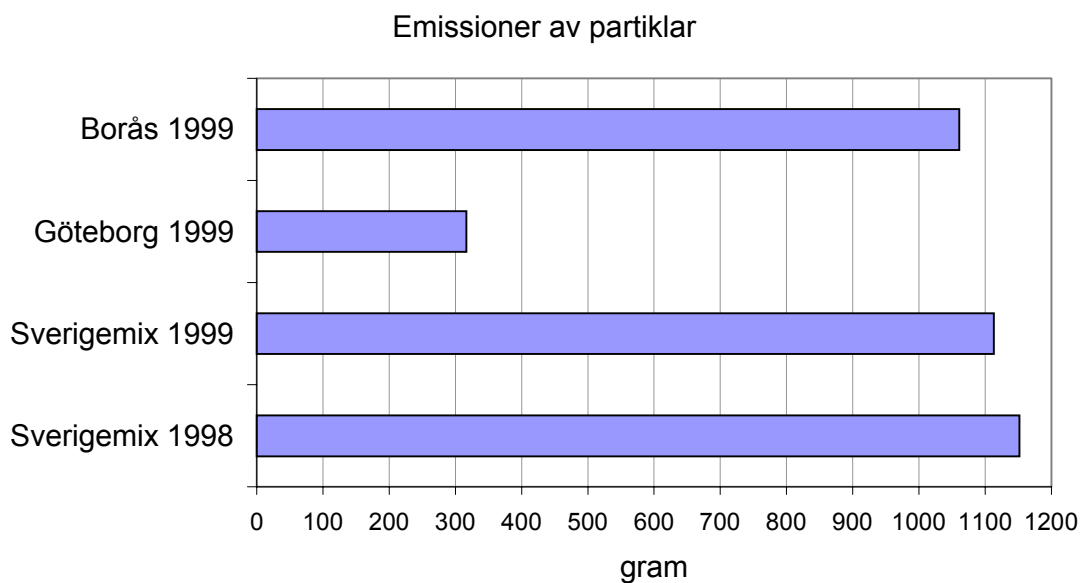
Figur 4.2 Jämförelse av påverkan på övergödning från Borås och Göteborgs fjärrvärmenät 1999 med fjärrvärme producerad enligt en Sverigemix 1998 och 1999.



Figur 4.3 Jämförelse av påverkan på försurning från Borås och Göteborgs fjärrvärmenät 1999 med fjärrvärme producerad enligt en Sverigemix 1998 och 1999.



Figur 4.4 Jämförelse av påverkan på bildning av marknära ozon från Borås och Göteborgs fjärrvärmenät 1999 med fjärrvärme producerad enligt en Sverigemix 1998 och 1999.



Figur 4.5 Jämförelse av påverkan på partikelemissioner från Borås och Göteborgs fjärrvärmenät 1999 med fjärrvärme producerad enligt en Sverigemix 1998 och 1999.

4.2 Diskussion och slutsatser

Skillnader i växthuseffekten uppgår till mer än 65 %. För Borås fjärrvärme är påverkan på växthuseffekten låg medan miljöpåverkan på försurning, övergödning och bildning av marknära ozon är ungefär densamma som för *Sverigemixen*.

För Göteborgs fjärrvärme är försurning, övergödning och bildning av marknära ozon betydligt lägre än för Borås fjärrvärme medan påverkan på växthuseffekten är högre. Resultatet visar att vid jämförelse av två olika fjärrvärmenät kan inte slutsatser dras från jämförelse med en miljöeffekt utan varje miljöeffekt måste studeras separat.

Produktionen av fjärrvärme varierar också med olika perioder på året och för att göra en helt korrekt miljöanalys bör produktionsmixen preciseras i perioder efter hur den används. För att göra en sådan analys behövs data för varje lokalt nät uppdelat i olika perioder och data för användning av fjärrvärme uppdelat i samma perioder. Detta har inte studerats i denna rapport men en periodvis systemavgränsning av fjärrvärme kan ha samma betydelse som systemavgränsning mellan olika fjärrvärmenät.

Under 1999 användes vid produktion av fjärrvärme en större andel biobränsle, torv, avfall mm än under 1998, vilket innebär att påverkan på växthuseffekten blir mindre.

Miljöpåverkan för Göteborgs fjärrvärme har här beräknats med hjälp av bränslesammansättningen och utsläppsmängder som är representativa för olika produktionsanläggningar i Sverige. För en mer detaljerad miljöpåverkan från Göteborgs fjärrvärme hänvisas till Göteborgs Energi EPD, 2001.

Referenser

Braunschweig, A., Förster, R., Hofstetter, P., Muller-Wenk, R. *Developments in LCA Valuation*. IWOE Diskussionsbeitrag Nr. 32, St. Gallen, 1996.

Chapman, P.F., Roberts, F. *Metal Resources and Energy*. Butterworths Monographs in Materials, 1983.

Dinesen, J., Krogh, H. Traberger-Borup, S. *Livscyklusbaseret bygningsprojektering, Opgrelse af bygningers energiforbrug og energirelaterede miljøpåvirkninger*. SBI-Rapport 279, Statens Byggeforskningsinstitut, 1997.

El från Lule älvs vattenkraftsstationer. Certifierad miljövarudeklaration, EPD. Vattenfall, registreringsnummer: S-P-00001, mars 1999.

El producerad vid Vindöns vindkraftpark. Certifierad miljövarudeklaration, EPD. Utförd av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Sydkraft AB, registreringsnummer: S-P-00002, april 1999.

El från Forsmarks kärnkraftverk. Certifierad miljövarudeklaration, EPD. Vattenfall, registreringsnummer: S-P-00021, februari 2001.

Energiförsörjningen i Sverige. Läget 1999. Prognos 2000 – 2002. Energimyndigheten, Kortsiktsprognois november 2000.

Energiläget 1999. Energimyndigheten, ET 81:1999, Stockholm, november 1999.

Fjärrvärme från Göteborg Energi 2000. Certifierad miljövarudeklaration, EPD. Utförd av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Göteborg Energi AB, registreringsnummer: S-P-00024, september 2001.

Goedkoop, M., Spriensma, R. *The Eco-indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology Report*. Second edition 17 April 2000, PRé Consultants B.V., Plotterweg 12, Amersfoort, The Netherlands, 2000.

Goedkoop, M., Spriensma, R. *The Eco-indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology annex*. Second edition 17 April 2000, PRé Consultants B.V., Plotterweg 12, Amersfoort, The Netherlands, 2000.

Grant, T. *The development and use of single point indicators*. Second National Conference on LCA, Melbourne, Australia, 2000.

ISO 14 040, *Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur (ISO 14 040:1997)*. EN ISO 14 040, CEN European Committee for Standardization, Bryssel, 1997.

ISO 14 042, *Miljöledning-Livscykelanalys-Miljöpåverkansbedömning (ISO 14 042:2000)*. EN ISO 14 042, CEN European Committee for Standardization, Bryssel, 2000.

Johnsson, E. *Projekteringsmetodik för minimering av miljöpåverkan, utformning av tekniska installationer i byggnader*. Institutionen för installationsteknik, Chalmers tekniska högskola, 2001.

Larsson L. Borås Energi AB, personlig kommunikation, 2001.

MSR *Bestämmelser för Certifierade miljövarudeklarationer, EPD. Svensk tillämpning av ISO TR 14025 typ III miljödeklarationer*. AB Svenska Miljöstyrningsrådet, MSR 1999:2, mars 2000.

Nilsson, M., Strömberg, P. *Utvärdering av olika metoder för allokering i kraftvärme-produktion*. Sycon Energikonsult AB, SwedPower AB, mars 2000.

Petersen, E. H., Krogh, H., Dinesen, J. *Miljodata for udvalgte bygningsdele*. SBI-Rapport 296, Statens Byggeforskningsinstitut, 1998.

PSR *Produktspecifika regler för certifierade miljövarudeklarationer för el- och fjärrvärmeproduktion*. PSR 1998:1 revision 1, maj 2000.

Ryding, S-O, m fl. *Miljöanpassad produktutveckling*. Industriförbundet, Stockholm 1994, Tredje tryckningen, 1998.

Svensk Energi, hemsida www.svenskenergi.se, 2001.

Svensk elmarknad 1998. Energimyndigheten, ET 48:1999, Stockholm, maj 1999.

Steen, B., *EPS-systemet En översiktlig presentation*. CPM-rapport 1997:2, CPM, Centrum för produktrelaterad miljöanalys, 1999.

Steen, B., *A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – Models and data of the default method*. CPM report 1999:5, Chalmers University of Technology, Environmental Systems Analysis, 1999.

Uppenberg, S, Brandel, M, Lindfors, L-G, Marcus, H-O, Wachtmeister, A, Zetterberg, L. *Miljöfaktabok för bränslen. Del 2 Bakgrundsinformation och teknisk bilaga*. IVL Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, IVL Rapport B 1334 B, Stockholm, augusti 1999.

Uppenberg, S, Brandel, M, Lindfors, L-G, Marcus, H-O, Wachtmeister, A, Zetterberg, L. *Miljöfaktabok för bränslen. Del 1 Huvudrapport*. IVL Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, IVL Rapport B 1334 A, Stockholm, augusti 1999

Wahlström, Å., Olsson-Jonsson, A., Ekberg, L. *Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem*. EFFEKTIV Rapport 2000:01, mars 2001.

Wenzel, H., Hauschild, M., Alting, L. *Environmental Assessment of Products, Vol 1: Methodology, tools and case studies in product development*. Chapman & Hall, London 1197, 1997.

Wenzel, H., Hauschild, M. *Environmental Assessment of Products, Vol 2: Scientific background*. Chapman & Hall, London 1197, 1997.

Årsredovisning 1999, Borås Energi AB, 2000.

Årsredovisning 1999, Göteborgs Energi AB, 2000.

Bilaga A Använda miljöbelastningsindex

A.1 EPS-systemet

Tabell A.1 Använda miljöbelastningsindex för EPS metoden.

Värdering av förändring i skyddsobjekten			
Förändring minskning av reserv	Enhet	ELU/enhet	Standardavvikelse (faktor)
Olja	1 kg	0,506	1,4
Naturgas	1 kg	1,1	2
Ved	1 kg	0,04	1,4
Kol	1 kg	0,0498	2
Koppar	1 kg Cu	208	3
Järn	1 kg Fe	0,961	2,2
Mangan	1 kg Mn	5,64	3
Uran	1 kg U	1190	3
Bly	1 kg Pb	175	2,2
Svavel	1 kg S	0,1	5
Aluminium	1 kg Al	0,439	2

För de små mängder torv och avfall som är med har värden för biobränsle använts.
Bauxit antas bestå av 30 % aluminium.

A.2 Eco-indicator 99

Tabell A.2 Använda förstörelsefaktorer sett i ett hierarkiskt, jämlikt och individualistiskt perspektiv, vid förstörelse av resurser orsakade av brytning av mineraler

Mineral	Förstörelsefaktor MJ överskottsenergi/kg
Bauxit	0,5
Koppar	36,7
Kopparmalm	0,415
Järn	0,051
Järnmalm	0,029
Bly	7,35
Blymalm	0,368
Mangan	0,313
Manganmalm	0,141
Uran	170*

* Värdet av uran är uppskattat enligt förklaring i bilaga A.2.1.

Bilaga A 2 (3)

Tabell A.3 Använda förstörelsefaktorer sett i hierarkiskt perspektiv av resurser orsakade av brytning av fossila bränslen

Fossilt bränsle	Förstörelsefaktor MJ överskottsenergi/kg
Kol	0,252
Olja	5,9
Naturgas	4,55

Tabell A.4 Använda förstörelse faktorer sett i jämlikhets perspektiv av resurser orsakade av brytning av fossila bränslen

Fossilt bränsle	Förstörelsefaktor MJ överskottsenergi/kg
Kol	2,04
Olja	3,4
Lignit	0,61
Naturgas	2,7

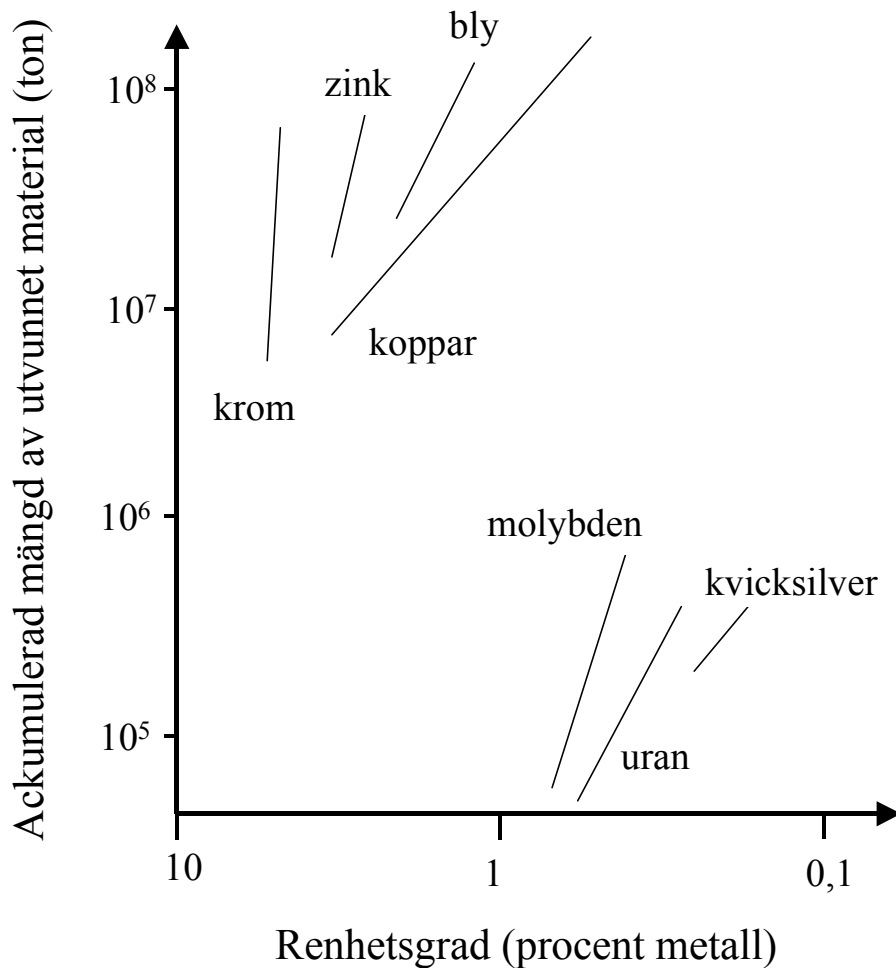
I det individualistiska perspektivet anses inte brytning av fossila bränslen vara något problem och därmed finns inga förstörelsefaktorer.

A.2.1 Förstörelse av resurser genom utvinning av uran

Eco-indicator 99 anger ingen förstörelsefaktor för uran och därför har en uppskattning gjorts som baseras på samma kriterier som är uppställda i beskrivningen av metoden. I figur A.1 visas för några mineraler förhållandet mellan resurstillgänglighet och koncentration (Chapman och Roberts, 1983). Kvaliteten på mineraler med en brant lutning minskar sakta vid fortsatt utvinning t.ex. för krom. För mineraler med mindre lutning sjunker den kvarvarande koncentrationen snabbare t.ex. för koppar.

Tabell A.5 Förstörelsefaktorer sett i ett hierarkiskt, jämlikt och individualistiskt perspektiv, vid förstörelse av resurser orsakade av brytning av mineraler enligt Eco-indicator 99.

Mineral	Förstörelsefaktor MJ överskottsenergi/kg
Krom	0,9165
Zink	1,885
Bly	7,35
Koppar	36,7
Molybden	41
Kvicksilver	165,5



Figur A.1 Tillgänglighet relativ koncentration för några mineraler enligt Chapman och Roberts, 1983.

Figur A.1 visar att uran utvinns i samma utsträckning som molybden och kvicksilver och har en kvalitet i samma storleksordning. Både molybden och kvicksilver har höga förstörelsefaktorer i jämförelse med krom, zink och bly som finns ackumulerade i mycket högre grad och har mycket högre kvalitet. Koppar har en relativt hög förstörelsefaktor men också en svag lutning på kurvan, vilket innebär att koncentrationen förändras mycket i takt med ökad utvinning. Lutningen för koppar är ungefär lika som för kvicksilver medan uran och bly har ungefär samma lutning. Bedömningen av förstörelse av resurser i Eco-indicator 99 ger ingen skillnad på mineral och mineral, dvs det är lika viktigt att bevara uran som kvicksilver. För att inte underskatta betydelsen av uran har ett värde på 170 MJ överskottsenergi per kg uran använts baserat på en jämförelse av figur A.1 och tabell A.5.

Bilaga B Beräkning av resursförbrukning

B.1 Resursförbrukning av kraftanläggningar

Livscykelinventeringarna för de tre kraftanläggningarna (Uppenberg et al. 1999b) redovisar användning av järnmalm och kopparmalm. Eco-indicator 99 har angivit indikatorvärden också för malmer, vilka har använts vid beräkningarna. Några sådana värden finns inte redovisade i EPS-systemet utan där redovisas endast indikatorer på rena metaller. För att ändå kunna uppskatta hur resursförbrukning fördelar sig så har vanligt förekommande halter använts vid beräkningarna. Kopparmalm har halten 0,35 % och järnmalm halten 55 %. För att verifiera osäkerheten i resultatet har beräkningar gjorts där malmen har betraktats som ren koppar och rent järn, vilket ger kraftigt överskattade värden. Fördelningen för oljekraftverket förändras inte genom detta. Posten *användning i anläggningen* blir något mer än dubbelt så stor som posten *produktion och distribution* för det naturgaseldade kombikraftverket och skogsbränsleeldade kraftvärmeverket och det är främst förbrukning av kopparmalm som ger resultatet. Fortfarande är posten *användning i anläggningen* liten även om den inte är försumbar men med tanke på att värdena är kraftigt överskattade står sig slutsatsen att man kan bortse från resursförbrukning vid användning i anläggningen.

B.2 Resursförbrukning av villapannor och fjärrvärme

Vid beräkning av resursförbrukning för villapannor har resursförbrukning vid användning i anläggningen försumrats i brist på data. Detta i enighet med slutsatsen ovan att förutom bränsleslaget är användning av råvaror i anläggningen försumbart. Försumningen anses vara representativt för alla betraktade anläggningar i denna undersökning, små som stora, dvs. både villapannor och fjärrvärmeanläggningar. Resursförbrukning för olja, naturgas och biobränsleeldade pannor samt för fjärrvärme har beräknats med data för användning av energiråvaror, metaller etc. för produktion och distribution av bränslet samt förbränning av bränslet enligt dess värmevärde och verkningsgrad i anläggningen. De data som har använts för distribution och produktion är alla rekommenderade data för respektive bränsle i Uppenberg et al., 1999b, och för verkningsgrader i Wahlström et al., 2001 och Uppenberg et al., 1999a. För fjärrvärme har den procentuella sammansättningen av energislag i Sverige 1998 använts (Energiläget 1999).

B.3 Resursförbrukning vid elanvändning

Vid beräkning av resursförbrukning vid elanvändning har 1998 års procentuella fördelning av produktionsenheter (Svensk elmarknaden 1998) använts. Fördelningen av elproduktionen är vattenkraft 48%, kärnkraft 46% och fossil- och biobränslebaserad produktion 6%.

För vattenkraft är resursförbrukningsdata hämtade från Lule älvs EPD, 1999 (Environment Performance Deklaration). Även här har halten 0,35 % koppar i kopparmalm och 55 % järn i järnmalm använts för EPS-systemet. Halterna är de samma som används i Vindöns vindkraftverks EPD, 1999.

Bilaga B 2 (2)

För kärnkraft är data hämtade från Forsmarks kärnkraftverks EPD, 2001. EPD:n uppger en urananvändning på 24 mg per kWh producerad el, vilket är det värde som har använts i undersökningen. En siffra som ofta förekommer redovisad är 2,5 - 4 mg uran per producerad kWh el. Orsaken till den höga urananvändningen är att Forsmark har valt att allokera den totala produktionen av uran till elproduktion vid samtliga förädlingssteg (utvinning, konvertering, anrikning och bränsletillverkning). För övriga produkter har allokering skett enligt ekonomisk allokering enligt MSR, 2000.

Eftersom EPD:erna för både vattenkraft och kärnkraft innefattar byggande, drift och rivning av anläggningen så är dessa med i beräkningarna för resursanvändning vid elproduktion. Däremot är inte anläggningar för förädling av bränsle med.

För den fossil- och biobränslebaserade produktionen av el har värden för ett oljeeldat kraftvärmeverk (Uppenberg et al. 1999b) använts, vilket representerar att av de sämre alternativen för denna typ av produktion.

Bilaga C Data för fjärrvärme

Tabell C.1 Tillförd energi i fjärrvärme uppdelat på energislag 1998, enligt Energiläget 1999.

Förbrukat bränsle	TWh	Andel %
Olja	5,5	11
Kol	3,4	7
Biobränsle, torv, avfall m.m.	25,5	51
Industriell spillvärme	3,6	7
Elenergi till elpannor	1,8	4
Värmepumpar	7,4	15
Naturgas inkl gasol	3,3	7
Totalt	50,5	100
Distributionsverkningsgrad	0,88	

Tabell C.2 *Sverigemix* för fjärrvärme. Tillförd energi i fjärrvärme uppdelat på energislag 1999, enligt Energiförsörjning i Sverige 2000.

Förbrukat bränsle	TWh	Andel %
Olja	5,3	11
Kol	2,8	6
Biobränsle, torv, avfall m.m.	26,5	53
Industriell spillvärme	3,8	8
Elenergi till elpannor	1,5	3
Värmepumpar	7,2	14
Naturgas inkl gasol	3,0	6
Totalt	50,1	100
Distributionsverkningsgrad	0,88	

Bilaga C 2 (2)

Tabell C.3 Fjärrvärme i *Göteborg*. Tillförd energi i fjärrvärme uppdelat på energislag 1999, enligt Göteborgs Energi 2000.

Förbrukat bränsle	TWh	Andel %
Olja	0,12	3
Kraftvärme, naturgas	0,31	8
Biobränsle m.m.	0,12	3
Avfall	0,94	24
Industriell spillvärme	1,29	33
Värmepumpar	0,43	11
Naturgas inkl gasol	0,70	18
Totalt	3,91	1,00
Distributionsverkningsgrad	0,92	

Tabell C.4 Fjärrvärme i *Borås*. Tillförd energi i fjärrvärme uppdelat på energislag 1999, enligt Borås Energi 2000 och Larsson 2001.

Förbrukat bränsle	TWh	Andel %
Olja	0,011395	2
Kraftvärme, biobränsle m.m.	0,413319	68
Elenergi till elpannor	0,063845	11
Värmepumpar	0,05476	9
Naturgas inkl gasol	0,06149	10
Totalt	0,604809	100
Distributionsverkningsgrad	0,95	

Bilaga D Underlag för allokering

Tabell D.1 Underlag för allokering –Anläggningsparametrar för alternativa anläggningar. Värderna för allokering av ett antal olika kraftvärmetekniker enligt PSR 1998:1.

Kraftvärme		Alternativ värme	Alternativ el
<i>Bränsleslag</i>	<i>Teknik</i>	<i>Verkningsgrad värme</i> η_v (%)	<i>Verkningsgrad el</i> η_e (%)
Biobränsle	Ångcykel, kraftvärme	90	38
	Ångcykel, kraftvärme, rökgaskondensering	110	38
Avfall	Ångcykel, kraftvärme	90	35
	Ångcykel, kraftvärme, rökgaskondensering	100	35
Stenkol	Ångcykel, kraftvärme	90	46
Naturgas	Ångcykel, kraftvärme	90	47
	Ångcykel, kraftvärme, rökgaskondensering	105	47
	Kombicykel, kraftvärme	90	58
Olja	Ångcykel, kraftvärme	90	46

Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.