



**Rapport  
Januari 2005**

# **Allt eller inget – Systemgränser för byggnaders uppvärmning**

Agneta Persson, Camilla Rydstrand och Pia Hedenskog  
ÅF-Energi & Miljö AB

Version B

**Nytänkande med erfarenhet**





Handläggare

Camilla Rydstrand

Tel 08-657 1381

Fax 08-653 31 93

E-post camilla.rydstrand@af.se

Datum

2005-01-13

Version

B

Göran Andersson

Statens energimyndighet

Box 310

631 04 Eskilstuna

## **Allt eller inget - Systemgränser för byggnaders uppvärmning**

ÅF-ENERGI & MILJÖ AB  
Utredning & Management

Agneta Persson, Camilla Rydstrand och Pia Hedenskog

Uppdragsnamn: Systemgränser  
Skapat datum: 2004-08-31 17:33:59  
Sparat datum: 2005-01-13

Unr: 502028  
Version: 1  
Dokument id: 52516

---

ÅF-Energi & Miljö AB

Fleminggatan 7, Box 8133, 104 20 Stockholm. Telefon 08-657 10 00. Fax 08-650 91 18.  
www.af.se. Org nr 556329-2159. Säte i Stockholm.

Verktögs id: U-Rapport GE.dot-1



**Statens energimyndighet**  
2005-01-13

2(66)

Uppdragsnamn: Systemgränser  
Skapat datum: 2004-08-31 17:33:59  
Sparat datum: 2005-01-13

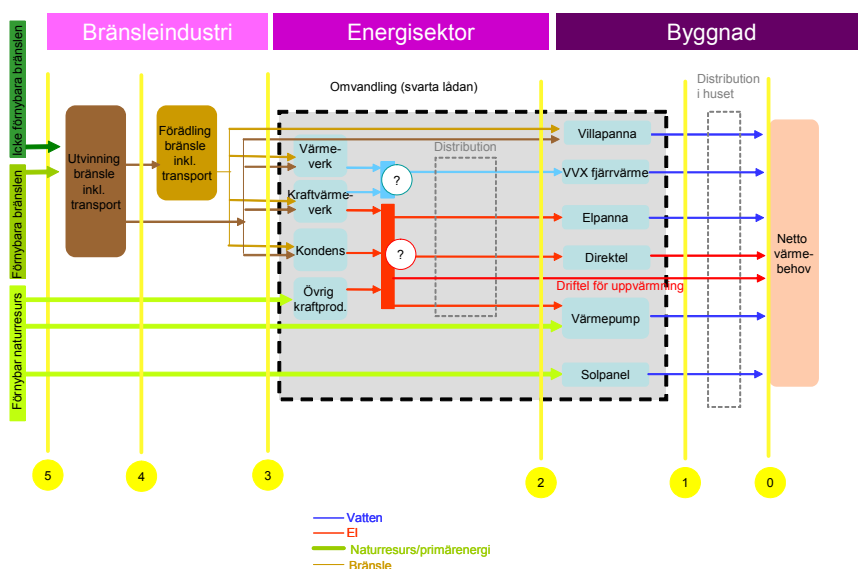
Unr: 502028  
Version: 1  
Dokument id: 52516

## Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultatet av en utredning om systemgränser för energianvändning för uppvärmning av byggnader, samt hur korrigering kan ske för olika verkningsgrader när olika energislager används för uppvärmning. Syftet är att på ett rättvisande sätt kunna jämföra energianvändningen för byggnader med olika uppvärmningssystem. Utredningen har genomförts av ÅF-Energi & Miljö AB på uppdrag av Statens energimyndighet.

Uppdraget består av två delar. Den första delen innefattar utredning av möjliga systemgränser samt utformande av en metod för redovisning av en byggnads energianvändning sett ur olika systemperspektiv. Den andra delen omfattar redovisning av energistatistiken i tabell 2 (Sveriges totala energianvändning 1970.2002) i Energimyndighetens publikation Energiläget 2003 enligt det systemperspektiv som rekommenderas i den första delen. Uppdragets tyngdpunkt ligger i arbetet med utredning och metod.

Det huvudsakliga perspektivet för systemgränser som studerats är det termodynamiska. Även andra perspektiv kan tänkas, såsom miljömässigt eller ekonomiskt. Generellt konstateras från den litteraturstudie som har genomförts inom ramen för uppdraget att energibehov för uppvärmning betraktas ur ett av två mer vanliga förekommande perspektiv, antingen tillförselperspektiv eller livscykelperspektiv.



**Figur 1** Illustration av energivarans flöde för olika uppvärmningsformer, samt möjliga alternativa systemgränser. Källa: ÅF.

De inom givna ramar möjliga systemgränserna har kartlagts och redovisas i rapporten. För att inte omfatta orimligt många steg av energiomvandling tillämpas i denna studie den så kallade "limited loss-principen" för primärenergi.

Det är önskvärt att uppvärmning av våra bostäder och lokaler sker så effektivt som möjligt. Viktigt är dock att hålla isär effektivitet i *användarled*, *distribution* samt *produktion*. En byggnad, med ett specifikt värmebehov, använder indirekt en större mängd energi om hänsyn tas till förluster uppströms. Hur jämförs då lämpligen två identiska byggnader med samma nettoenergibehov men olika uppvärmningsformer? Svaret på frågan beror på syftet med jämförelsen – vill vi veta hur effektivt huset är eller vill vi veta hur vi använder så lite primärenergi som möjligt? Beroende på svaret så lämpar sig olika systemgränser olika väl.

Vi rekommenderar att hänsyn tas till antingen ”allt eller inget”, det vill säga vi rekommenderar att två olika systemgränser (systemgräns 1 och/eller systemgräns 5 enligt Figur 1) tillämpas. De två systemgränserna kompletterar varandra. Systemgräns 1 bör vara utgångspunkt för jämförelser av byggnaders energiprestanda, det vill säga i princip kvaliteten på deras klimatskärmar. Parallellt i statistiken bör en redovisning av primärenergianvändningen göras för att illustrera földeffekterna av att vissa uppvärmningsformer används. För denna redovisning bör systemgräns 5 tillämpas. Perspektivet med systemgräns 5 illustrerar också potentialen att effektivisera energiförsörjningen genom att välja rätt uppvärmningssystem.

I rapporten redovisas även förslag till omvandlingsfaktorer som tagits fram samt tolv olika exempel på beräkning av en byggnads primärenergibehov beroende på vilket uppvärmningssystem som används givet ett nettoenergibehov för uppvärmning på 20 000 kWh/år. Metoden har även tillämpats på statistiken i Energiläget 2003 som beskriver energianvändningen i Sverige fördelat på sektorer. Tillämpningen innebär bland annat att energiförlusterna delats upp på respektive sektor i stället för att redovisas som en aggregerad uppgift.

Energimyndighetens handläggare för uppdraget har varit Göran Andersson och Paul Westin. Utredningen har genomförts av civilingenjörerna Agneta Persson, Camilla Rydstrand och Pia Hedenskog. Civilingenjör Anders Göransson, Profu, har bidragit till utredningen med värdefulla synpunkter och kommentarer.



Sammanfattning .....	3
1 Inledning.....	6
1.1 Syfte .....	6
1.2 Omfattning .....	7
2 Litteratur och samråd .....	8
2.1 Litteraturstudie .....	8
2.2 Slutsatser från litteraturstudien.....	14
2.3 Samråd.....	15
2.4 Pågående utredningar .....	16
3 Analys.....	18
3.1 Alternativa systemgränser .....	18
3.2 Vad är nettovärmebehov?.....	22
3.3 Vad händer i svarta lådan? .....	23
4 Rekommenderade systemgränser.....	27
5 Metod för tillämpning av rekommenderad systemgräns.....	28
5.1 Tillämpning på olika uppvärmningsalternativ .....	29
5.2 Tillämpning på statistik i Energiläget .....	31
6 Icke termodynamiska aspekter .....	35
6.1 Ekonomiska aspekter.....	36
6.2 Miljömässiga aspekter.....	36
6.3 Exergi .....	37
6.4 Sociotekniska aspekter .....	37
7 Slutsatser .....	39
8 Referenser.....	42
8.1 Litteraturförteckning .....	42
8.2 Kontakter .....	44
8.3 Mer läsning.....	44
8.4 Förkortningar.....	45
Bilaga 1: Översikt verkningsgrader.....	46
Bilaga 2: Tolv exempel på olika uppvärmningsformers indirekta användning av primärenergi .....	50
Bilaga 3: Beräkning av omvandlingsfaktorer för svensk och nordisk elmix .....	63
Bilaga 4: Beräkning av omvandlingsfaktorer för specificerad fjärrvärme, Göteborg.....	64
Bilaga 5: Beräkning av svensk fjärrvärmemix.....	65
Bilaga 6: Beräkning av allokeringsfaktorer för el och värme vid kraftvärmeproduktion.....	66

# 1 Inledning

Detta är en andra version av rapporten *Allt eller inget – Systemgränser för byggnaders uppvärmning*. Den enda skillnaden mellan denna version och den första versionen är att en korrigering har gjorts av felaktigheter i bilaga 6. Dessa felaktigheter hade spridit sig till beräkningar av omräkningsfaktorer för elmix respektive fjärrvärmemix. Detta har bland annat påverkat resultaten i tabell 1 och figur 11. Dessa felaktigheter är nu åtgärdade.

Vi vill passa på att belysa att rapporten inte syftar till att vara en källa för omvandlingsfaktorer, utan huvudsakligen handlar om att utarbeta en *metod* för hur byggnaders uppvärmningsbehov kan redovisas. Lätt tillgängliga omvandlingsfaktorer och egna beräkningar har använts för att illustrera exempel. Det finns skäl att på sikt genomföra en mer omfattande genomgång av lämpliga omvandlingsfaktorer.

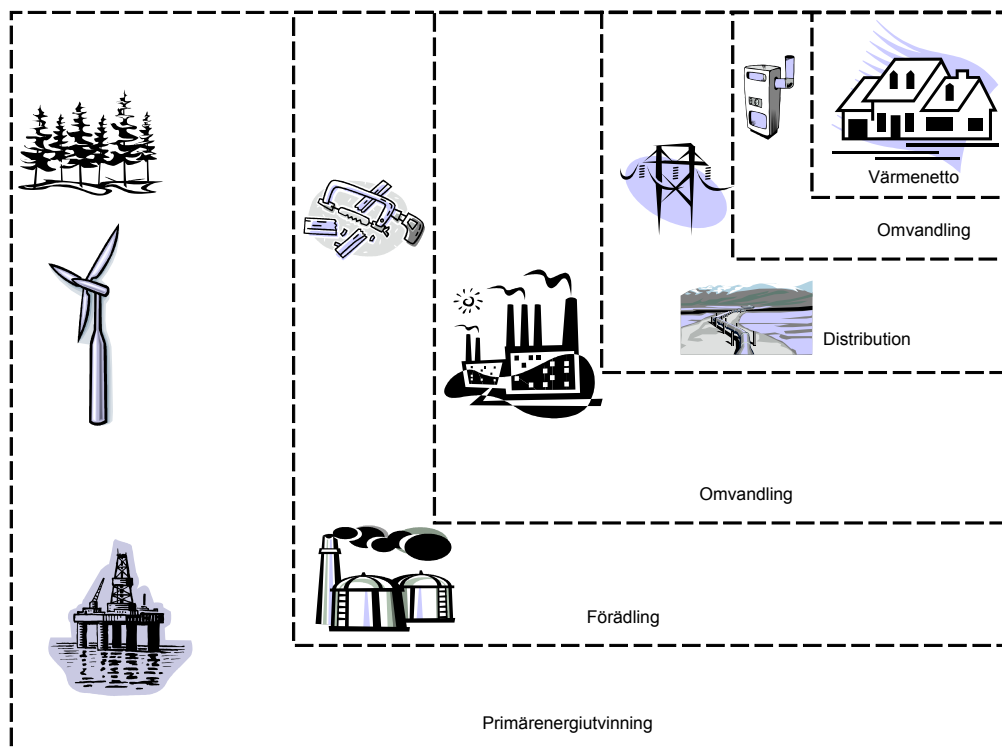
I denna version är inga förändringar gjorda gällande föreslagen metod.

## 1.1 Syfte

Energimyndigheten ska i enlighet med regleringsbrev för 2004 utreda hur systemgränser bör sättas för energiomvandling för byggnadsuppvärmning och hur korrigering bör ske för olika verkningsgrader när olika energislag används för uppvärmning vid jämförelse mellan byggnader med olika slag av uppvärmning. I Energimyndighetens regleringsbrev står:

*”Statens energimyndighet skall i syfte att förbättra energistatistiken och kunskapsunderlaget avseende bebyggelsen, efter samråd med Boverket och Statistiska centralbyrån, utreda vilka systemgränser som bör sättas för energiomvandling för byggnadsuppvärmning. Hur korrigering bör ske för olika verkningsgrader när olika energislag används för uppvärmning för att möjliggöra jämförelser mellan byggnader med olika slag av energiförsörjning skall uppmärksammas. Uppdraget skall redovisas senast den 31 oktober 2004.”*

Problemställningen illustreras genom gränserna i Figur 2.



**Figur 2** Illustration av problemställningen som ligger till grund för utredningen. Vilka förluster och omvandlingar skall omfattas när man beskriver en byggnads energianvändning? Källa: ÅF och Energimyndigheten.

## 1.2 Omfattning

Uppdraget består av två delar. Den första delen innefattar en utredning av möjliga systemgränser samt utformande av en metod för redovisning av en byggnads energianvändning sett ur olika systemperspektiv.

Den andra delen omfattar tillämpning av den rekommenderade metoden. Tillämpning har skett dels på en fiktiv byggnad med ett givet nettovärmebehov exemplifierat med tolv olika uppvärmningsformer, dels på energistatistiken i tabell 2 i Energimyndighetens publikation Energiläget 2003.

Uppdragets tyngdpunkt ligger i arbetet med utredning och metod.



## 2 Litteratur och samråd

### 2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien har omfattat rapporter, referat och artiklar som utgivits under den senaste tjugoårsperioden, med tonvikt på det senaste årtiondet. Litteraturlistan i slutet av denna rapport innehåller det material som har ansetts mest relevant för utredningen. Det material som hänvisas till i rapporttexten återfinns i kapitel 8.1 Litteraturhänvisningar.

#### 2.1.1 Kort om systemanalyser och definitioner

Ett system definieras enligt Nationalencyklopedin som ”en samling element som hänger samman med varandra så att de bildar en ordnad enhet”. Man kan se ett system som en avgränsad del av helheten som står i kontakt med omgivningen via in- och utsignaler. Insignalerna benämns ibland uppströms systemet och utsignalerna nedströms systemet<sup>1</sup>. Ett system kan bestå av flera delsystem eller komponenter. Ett system kan till exempel vara uppvärmning av en byggnad och en komponent kan vara en villavärmepanna.

Vid definitionen av system bestäms bland annat de *aspekter* som skall studeras, vilka *systemgränser* som skall tillämpas samt vilka eventuella *randvillkor* som gäller.

**Aspekterna** som studeras kan vara exempelvis:

- Termodynamiska aspekter
- Sociotekniska aspekter
- Miljörelaterade aspekter
- Ekonomiska aspekter
- Managementaspekter

**Systemgränser** skiljer systemet från dess omgivning. Avgränsningar av systemets omfattning kan uttryckas som begränsning av exempelvis:

- Rymd (fysisk avgränsning)
- Tid
- Funktion

---

<sup>1</sup> Egentligen Upstream och Downstream, vedertagna engelska begrepp. Med uppströms avses exempelvis centraliserad produktion av värme samt distribution, och med nedströms avses exempelvis värmeförluster och genererat avfall. Begreppen används bland annat i studien ”Building Sustainable Energy systems, STEM 2001”, som sammanfattar svenska energistrategier och -system.

Med funktion avses en avgränsning av den aspekt som skall studeras. Exempelvis kan aspekten vara termodynamisk. Den fysiska gränsen kan vara en byggnad, och avgränsningen av funktion kan vara att endast kylbehovet inkluderas i systemet.

**Randvillkor** anger vilka ingående villkor som måste tas hänsyn till vid övervägande av olika alternativ till lösningar för hur systemet på bästa sätt skall uppfylla sitt syfte. Randvillkoren underlättar på så sätt ofta för systemanalytikern genom att begränsa antalet alternativ som skall undersökas [Miser, Quade, 1995]. Vanligen är det systemets omgivning som bestämmer randvillkoren – i fallet uppvärmning kan den aktuella klimatzonen vara ett exempel på när omgivningen resulterar i randvillkor för systemet.

Om man vid analys av ett system inte gör någon tydlig avgränsning, utan inkluderar en mångfald aspekter både uppströms och nedströms om de huvudsakliga komponenterna, blir analysen ohanterlig. Det är lättare att kvantifiera aspekterna närmast de huvudsakliga komponenterna och värderingen blir mer diffus och innehåller ett större mått av osäkerhet och får sämre noggrannhet ju fler komponenter som inkluderas upp- eller nedströms huvudaktiviteten, det vill säga ju vidare systemgränser som används.

Svårigheten är å ena sidan att optimera systemets storlek så att inte noggrannheten i slutresultatet blir för dålig. Vid livscykelanalyser (LCA) tillämpas principen "limited loss of information at the final product" [Wahlström, Olsson-Jonsson, Ekberg, 2001], vilken innebär att utvidgningen av systemgränsen avbryts när informationsförlusten uppgår till högst 1 procent. Andra mer produkt-specifika avgränsningar kan också accepteras förutsatt att de är rimliga utifrån ett tekniskt och vetenskapligt perspektiv. Å andra sidan kan ett alltför snävt system öka risken för suboptimering, det vill säga att varje aktör optimerar sitt beteende inom gränserna för sin verksamhet så att negativa följder uppstår för hela systemet (samhället).

Omgivningen (systemets randvillkor) definieras som något som påverkar systemet, men som systemet i sin tur inte kan påverka. Vad som går att påverka beror i sin tur på vem som antas vara systemets ägare eller har rådighet över systemet. Beroende på hur man drar systemets gränser kan det omfatta olika komponenter, ha olika effektivitetsmått eller till och med olika ägare [Churchman, 1984]. Ovanstående resonemang förutsätter således att man vid en systemanalys från början vet vem som är systemets ägare alternativt vem som har rådighet över systemet.

### Definition av vårt system och givna systemgränser

Huvuduppgiften för denna studie är att klarlägga möjliga alternativ för systemgränsdragning uppströms. I litteraturstudien har ingått att studera vilka systemgränser som förekommer uppströms samt vilka argument som förs fram för an-

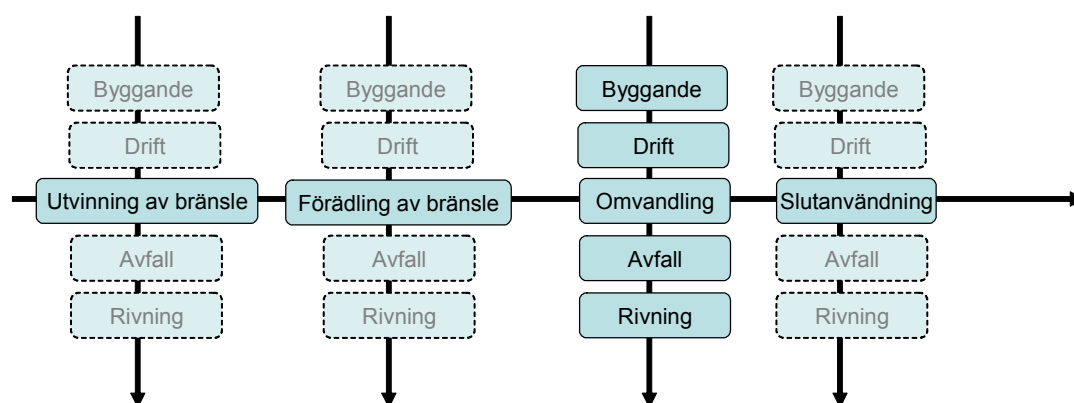
vändning av respektive systemgräns. Beroende på uppvärmningsform som används och vilken systemgräns som ansätts kan effektiviteten för ett system visa sig vara helt olika.

Jämförelserna i studien bygger på ett fördefinierat prestationsmått. I denna studie är ett prestationsmått definierat som det mått som används för att mäta eller definiera en given prestation, här i form av ett bestämt nettovärmebehov för en byggnad (här ansatt till 20 000 kWh/år). Med nettovärmebehov avses den värmemängd som behöver tillföras från byggnadens uppvärmningssystem under ett år för att nå en specificerad komfort. En mer fördjupad diskussion kring definitionen av nettovärmebehov återfinns i kapitel 3.2 "Nettovärmebehov".

Detta ger oss en systemgräns avseende rymd, eftersom systemet endast omfattar det som händer uppströms huvudfunktionen och inte vad som sker nedströms efter att värmen har levererats till byggnaden. Systemgränsen omfattar också tid (ett år).

Den huvudsakliga aspekten som skall studeras är det termodynamiska perspektivet av en byggnads uppvärmning. Systemgränsen omfattar således också funktion. Även andra aspekter diskuteras i studien. Som exempel kan nämnas exergiaspekten. Det termodynamiska perspektivet anses ibland vara otillräckligt, eftersom det inte tar hänsyn till energins kvalitetsförsämring (förbrukning av exergi) [Kotas 1995]. Diskussionen kring andra aspekter sker dock på ett mindre genomgripande sätt i denna studie.

### 2.1.2 Livscykelanalys eller livscykelperspektiv?



**Figur 3** Illustration av livscykelperspektiv för energiresurs (vågrät pil) respektive för en energiomvandlingsanläggning (lodrät pil, fyllda boxar). Källa: ÅF.

Eftersom denna studie endast omfattar användning av energiresurser och fokuserar på hur stora energiförluster som uppstår i olika led, är begreppet livscykelperspektiv att föredra före livscykelanalys. En komplett livscykelanalys är en

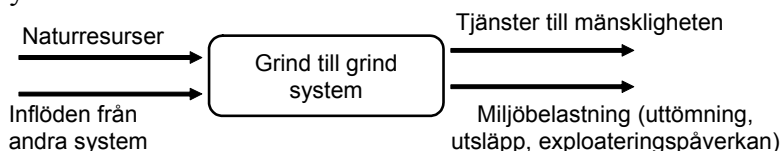
omfattade analys av alla miljörelaterade aspekter som förknippas med en produkts hela livscykel, såsom resursanvändning och utsläpp under alla faser såsom drift, byggnation och rivning. En livscykel tar hänsyn till tidigare skeden av en verksamhet.

I denna studie används istället begreppet livscykelperspektiv, där endast energiresursens "livscykel" avses. Energi kan inte förbrukas, men vi kan följa en primärenergiresurs från resursuttaget ända fram tills att den försvinner ut genom en byggnads väggar som transmissions- eller ventilationsförlust. Denna "livscykel" illustreras med den vågräta pilen i Figur 3. Vid användning av 20 000 kWh el under ett år används indirekt en viss mängd primärenergi<sup>2</sup>. Primärenergien har kanske inte utvunnits under samma år, men produktionen av el är ändå direkt förknippad med exempelvis utvinning av motsvarande mängd kol, det vill säga utvinningen är förknippad med driften av anläggningen. Livscykelperspektivet kan också, som i en miljövarudeklaration, användas för att beskriva energianvändning för en energiomvandlingsanläggning från vagg till grav.

### 2.1.3 Exempel på tillämpade systemgränser

Det finns en rad exempel på studier som redovisar olika tillämpningar av systemgränser. Här nedan redovisas kortfattat några av dessa exempel.

Grind till grind system<sup>3</sup> definieras i Svensk Standard SS-ISO 13601 som ett tekniskt energisystem med både inflöde från och utflöde till andra tekniska energisystem.



Grind till grind system enligt ISO 13601

**Figur 4:** Illustration av systemgränsen Grind till grind enligt ISO 13601. Källa: ISO 13601.

Gruvor, energianläggningar och byggnader är exempel på grind till grind-system förutsatt att leverantörer och mottagare inte ingår i systemet. Med andra ord är det företagsekonomiska perspektivet och miljöperspektivet typiska grind till grind-perspektiv, eftersom påverkansmöjligheterna begränsas av det egna ägandet.

<sup>2</sup> Primärenergi definieras här som energi som finns som en naturresurs och som inte har genomgått någon omvandling av människan.

<sup>3</sup> Efter engelskans gate to gate.

IVL Svenska Miljöinstitutet har i studien ”Miljöindikatorer för näringslivet” [IVL, 2002] diskuterat för- och nackdelar med perspektivet grind till grind. En av studiens slutsatser är att det inte finns något entydigt svar på vilka systemgränser som bör tillämpas i olika sammanhang, men en grundrekommendation är att systemgränsen grind till grind bör tillämpas ur ett företagsekonomiskt perspektiv, eftersom det är innanför denna gräns som företaget kan påverka. Ett annat skäl till att använda grind till grind-perspektivet är att det i allt högre grad har etablerats som praxis för miljöredovisning, både på företagsnivå och på nationell nivå. GRI (Global Reporting Initiative), WBCSD (The World Business Council for Sustainable Development) och standardiseringsorganet ISO är exempel på organisationer som rekommenderar systemgränsen grind till grind. Statistiska Centralbyrån definierar systemgränsen som ”all egendom och alla verksamheter som företaget äger hälften eller mer i”. IVL menar att systemgränsen grind till grind medför stora fördelar, eftersom branschstatistik och nationell statistik tillämpar detta perspektiv.

Systemgränsen grind till grind lämpar sig inte, enligt forskargruppen i IVL-studien, när det gäller energi och transporter. Om grind till grind-perspektivet tillämpas kan ett företag redovisa en radikalt minskad miljöpåverkan genom att köpa energi i stället för att förbränna samma energimängd i egen panna. Samma resonemang gäller för byggnader.

Ett exempel på systemperspektivet grind till grind finner man i energiberäkningsprogrammet Enorm, som bland annat används för att jämföra olika energibesparande åtgärders effekt på energibalansen. Programmet är anpassat efter Boverkets byggregler, BBR, och är bland annat avsett att användas för att verifiera att kraven för energibehov i BBR följs och att ta fram underlag för ansökan om bygglov. Programmet Enorm omfattar mängden köpt energi till byggnaden och tar också viss hänsyn till ”gratisenergi” som till exempel solinstrålning.

Producenter av el och fjärrvärme har möjlighet att ta fram certifierade miljövarudeklarationer för sina produkter, EPD (Environmental Product Declaration) [Miljöstyrningsrådet 2000]. I miljövarudeklarationerna skall resursförbrukningen för energiråvaror anges för tillverkningsledet (från utvinning av råvaror till leverans till nät) samt för alla delar från byggnation till och med rivning av anläggningar för energiomvandling, det vill säga enligt livscykelperspektiv.

Andra större forsknings- och utvecklingsprojekt, exempelvis EFFEKTIV (ett forskningsprogram för ökad kunskap om god inomhusmiljö och effektiv energianvändning i bostäder och lokaler) och EU-programmet Eclipse (Environmental and ecological life cycle inventories for present and future power systems in Europe), bygger på eller hänvisar till standardiserade metoder.

#### 2.1.4 Systemgränser i standarder

Internationella standardorganisationen, ISO, har flera standarder där analys av energisystem behandlas. I fråga om systemgränser för energitillförsel och energianvändning är det två standardserier som är mest relevanta: ISO 13600 serien "Tekniska energisystem" och SS-EN 14040:1997 serien "Miljöledning – livscykelanalys – principer och system" vilka båda uppvisar liknande betraktelsesätt.

Den befintliga standarden ISO 13600 "Tekniska energisystem grundläggande begrepp" beskriver hur analys av energiflöden i ett system kan läggas upp med hjälp av en eller flera boxar (undersystem), där flödet i varje box kan beskrivas med tillförsel, omvandling, användning och biprodukter och förluster. Dessa boxar skall sedan fritt kunna adderas och aggregeras. Ett antal elementarboxar är definierade: energiproduktionssystem, energiåtervinningssystem, energiomvandlingssystem, energitransportssystem, energilagringssystem samt energikonsumtionssystem. Standarden använder benämningen energivarusystem snarare än energisystem. Då menas energivara i betydelsen energi som kan köpas och säljas. Transporter skall enligt standarden behandlas separat. Dess resultat redovisas i energivarusystemets avsändande delsektor.

ISO 13601 "Tekniska energisystem - struktur för analys" beskriver hur boxarna skall struktureras för att kunna användas i analyser i kompletta system (vägga till grav) och inte kompletta system (grind till grind, vägga till grind).

Förslaget till ISO 13602-2 "Weighting and aggregation of energywares" beskriver hur olika energivaror kan vägas ihop. Här ges rekommendationer för hur förluster skall fördelas på delnyttigheter, exempelvis på el och värme från ett kraftvärmeverk. I förslaget till standard redogörs för en metod att värdera olika energiformers konverteringsfaktor, det vill säga hur mycket av en energivara som krävs för att ersätta en annan energivara.

Inom CEN arbetar fem olika tekniska europeiska kommittéer<sup>4</sup> arbetar med standarder som berör EG-direktivet om byggnaders energiprestanda:

- CEN/TC 89 Thermal performance of buildings and building component
- CEN/TC 156 Ventilation for buildings
- CEN/TC 169 Light and lighting
- CEN/TC 228 Heating systems in buildings
- CEN/TC 247 Controls for mechanical building services

Arbetet samordnas genom en specifik projektgrupp, som är sammansatt av de fem ovan nämnda CEN-kommittéerna. Projektgruppen skall säkerställa koordinationen mellan de olika standarderna och även utarbeta ett paraplydokument, som skall beskriva samverkan mellan de standarder som tillsammans formar

---

<sup>4</sup> CEN = Comité Européen de Normalisation

beräkningsmetodiken för byggnaders energiprestanda. I detta arbete fyller systemen och systemgränserna en viktig funktion. Exempelvis ingår definitioner av aktiva och passiva system, som påverkar inom vilken systemgräns till exempel luftkonditioneringssystem och belysning skall räknas.

De preliminära slutsatserna är ännu inte tillgängliga, men CEN-arbetet är högst relevant för denna systemgränsstudie. I det pågående CEN-arbetet har bland annat utretts hur en byggnads prestanda kan redovisas. Energiförbehovet för värme, kyla, ventilation, belysning och varmvatten kommer förmodligen att redovisas i termer av total energianvändning samt uttryckt som primärenergi samt i termer av koldioxidutsläpp.

Inom CEN TC 89 finns samarbete med ISO TC 163 som också behandlar Thermal Performance of Buildings. I denna kommitté finns även representation från USA (ANSI). En gammal ANSI/ASHRAE-standard 105-1984 (RA 99), Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance, är nu under uppdatering. Ett visst utbyte av erfarenheter och idéer sker således på detta område även med amerikansk standard.

## 2.2 Slutsatser från litteraturstudien

### 2.2.1 Två huvudsakliga perspektiv

Utifrån ovanstående litteraturgenomgång kan generellt konstateras att energibehov för uppvärmning betraktas ur ett av två mer vanliga förekommande perspektiv, antingen tillförselperspektiv eller livscykelperspektiv.

#### Tillförselperspektiv

I nationell statistik används idag ett rent tillförselperspektiv [SCB EN16, och Energiläget 2003, STEM, 2003], det vill säga en redovisning av hur stor mängd av en energiprodukt som levererats till alternativt köpts in av användaren. Tillförselperspektivet presenteras ofta i enlighet med grind till grind-perspektivet, se kap 2.1.1. Vid redovisning av energianvändning i bebyggelsen tillämpas detta perspektiv av både Statens energimyndighet och Statistiska centralbyrån. Uppgifterna omfattar inte omvandlingsförluster och distributionsförluster för fjärrvärme och el, men däremot förluster i enskilda villapannor, eftersom det är bränsleförbrukningen som då redovisas. Några försök har förekommit för att ta hänsyn till bland annat förluster i tidigare led, till exempel korrigeras de danska årliga nationalräkenskaperna med hänsyn till distributionsförluster i fjärrvärme.

#### Livscykelperspektiv (vagga till grav)

Med utbyggnad av fjärrvärme och ökad elanvändning för uppvärmning har en stor del av överföringsförlusterna flyttats från byggnaderna till externa leverantörer [Nässén, Holmberg, 2003], och i senare studier har man därför kunnat se ökat fokus på omvandlingsförluster i olika led. Särskilt i studier som syftar till



att beskriva miljöpåverkan från uppvärmning per kilowattimme appliceras ofta ett livscykelperspektiv. Det förekommer ett antal dokumenterade metoder för livscykelanalyser som inkluderar frågan om systemgränser.

## 2.3 Samråd

Samråd har skett med följande aktörer:

- Boverket
- Statistiska centralbyrån

Generellt kan sägas att Boverket, Statistiska centralbyrån och Energimyndigheten har var sitt intresseområde för en systemstudie som denna. Boverket har störst fokus på klimatskärmen och förluster över en systemgräns som sammanfaller med byggnadens fysiska begränsning. Statistiska centralbyrån är främst intresserad av den tillförda energin, eftersom det oftast endast är det som köps in av byggnadens ägare som går att samla in i form av statistik. Energimyndigheten har i detta fall valt ett helhetsperspektiv för att kunna se vad som sker i primärenergiledet när olika uppvärmningssystem väljs för en byggnad.

Inom ramen för uppdraget har utöver samråd med Boverket och Statistiska Centralbyrån har diskussioner förts med ett antal andra aktörer inom energiområdet.

### 2.3.1 Boverket

Definitionen av systemgränser kring byggnaden är en central fråga för Boverket och dess Energiråd. Energirådet fungerar bland annat som Boverkets bollplank under framtagande av nya byggregler (BBR) och inför implementeringen av EUs direktiv om byggnaders energiprestanda (2002/91/EG). Vid framställningen av föreskrifter för energianvändning i byggnader är Boverkets utgångspunkt avgiven energi från radiatorer eller motsvarande.

Boverkets arbete handlar till stor del om att ge förutsättningar för effektivare byggnader. Definitioner och mått på byggnadens effektivitet är därför en kärnfråga för Boverket och många diskussioner förs om hur systemgränsen kring byggnaden skall definieras. Vad innebär egentligen systemgränsen "avgiven energi från radiatorer eller motsvarande"? Skall till exempel en frånluftsvärmeväxlare, en frånluftsvärmepump och/eller en i byggnaden integrerad solpanel räknas som en del av byggnaden eller som en del av värmesystemet?



### 2.3.2 Statistiska centralbyrån

Statistiska centralbyrån, SCB, samlar regelbundet in statistik från fastighetsägare angående uppvärmningsform och energisystem. Den information som SCB samlar in handlar om använd energi, vilket i de flesta fall överensstämmer med ”köpt energi”. Detta perspektiv är relevant för fastighetsägare, eftersom det är här som de kan påverka och kontrollera sina kostnader.

SCB har kategoriserat uppvärmningssystemen så att de kan jämföras inom respektive klass, eftersom till exempel värmepumpar inte kan jämföras med oljeuppvärmning när man tillämpar systemgränsen köpt energi. Ett annat problem för SCB är att fastighetsägare ofta har dålig kännedom om den egna värmepannans ålder och ibland också om sitt energisystem.

Värmepump (jord, sjö och berg) klassas av SCB som ett separat uppvärmningssystem, medan luftvärmepump ses som ett komplement och hamnar tillsammans med andra uppvärmningssätt under rubriken ”övrigt”.

Information samlas in av SCB om ”gratis energikällor”, såsom sol och vind och småskalig vattenkraft, men denna information innehåller endast energislaget, inga mängder anges i SCB-statistiken. Resultatet blir att dessa byggnaders uppvärmningsform hamnar under kategorin övrigt.

## 2.4 Pågående utredningar

### 2.4.1 Byggnaders energiprestanda

I EG-direktivet om byggnaders energiprestanda fastställs bland annat krav på en allmän ram för en beräkningsmetodik för byggnaders integrerade energiprestanda. De europeiska standardiseringsorganen CEN (Comité Européen de Normalisation) och CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) samt ETSI (European Telecommunications Standards Institute) har fått mandat av EU-kommissionen att utarbeta och fastställa nödvändiga standarder. Inom CEN bedrivs arbetet inom fem olika tekniska kommittéer samordnade genom en särskild projektgrupp för direktivet om byggnaders energiprestanda. Mer information om arbetet med dessa standarder finns i kapitel 2.1.4.

Den pågående utredningen om byggnaders energiprestanda inför den svenska implementeringen av EG-direktivet 2002/91/EG om märkning av byggnaders energiprestanda skall redovisas till regeringen 2004-11-01. Vid ett möte med utredningens sekreterare diskuterades systemgränser. Implementeringsutredningens sekreterare uttalade vid detta möte ett stort intresse för resultatet av systemgränsutredningen.

#### 2.4.2 Byggnadsdeklarationsutredningen

En svensk utredning om byggnadsdeklarationer (SOU 2004:78) har nyligen (juni 2004) avslutats. I utredningens betänkande hänvisas till det kommande resultatet i utredningen om byggnaders energiprestanda beträffande energimärkning. Frågor om systemgränser som kan tänkas uppkomma i byggnadsdeklarationssammanhang antas därmed också ha hänskjutits till energiprestandautredningen.

#### 2.4.3 Studien om nationell byggnadsvis energidatabas

Inom ramen för Energimyndighetens arbete med förbättrad energistatistik för bebyggelsen pågår ett delprojekt benämnt Studien om nationell byggnadsvis energidatabas<sup>5</sup> som undersöker möjligheten att bygga upp ett samlat register för samtliga byggnader som underlag bland annat för utformning och uppföljning av energiprogram/policy, implementeringen av energimärkningsdirektivet med mera. Resultatet från denna systemgränsstudie är av stor betydelse som underlag för uppbyggnaden av en nationell byggnadsvis energidatabas.

#### 2.4.4 Energitjänstedirektivet

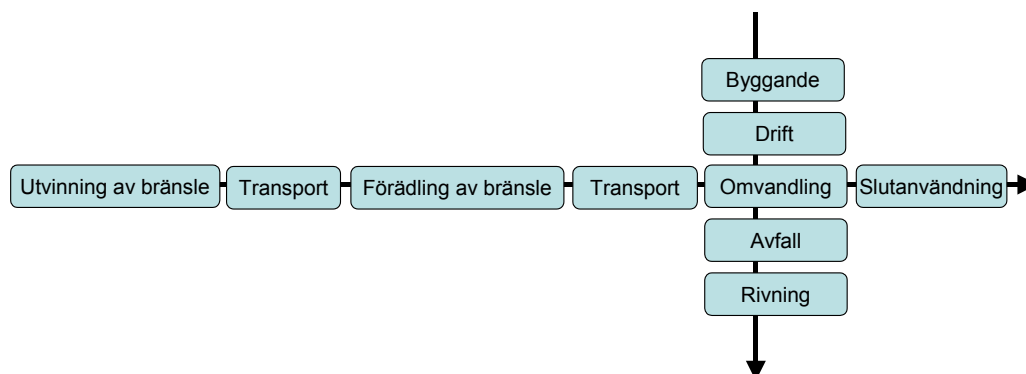
EU-kommissionen har i ett förslag till direktiv om energitjänster, Energitjänstedirektivet (Energy Service Directive), presenterat hur arbetet med effektivare energianvändning kan stärkas genom stöd och uppmuntran till ökat arbete med så kallade energitjänster. Direktivförslaget innefattar bland annat förslag till mål, mekanismer, incitament samt institutionella, finansiella och juridiska ramverk för den typen av verksamhet. Det förslag som har presenterats har skapat stor debatt med inlägg från många olika aktörer, och ett beslut i ärendet bedöms kunna tas av EU tidigast om ett år. Det kan dock slås fast att arbetet med systemgränsstudier som denna kommer att utgöra ett av flera nödvändiga underlag om ett direktiv om energitjänster skall kunna implementeras.

---

<sup>5</sup> Studien om nationell byggnadsvis energidatabas har ibland också benämnts Totalregisterstudien.

### 3 Analys

De inom givna ramar möjliga ”snitten” för fysisk systemgräns som identifierats med hjälp av litteraturstudien och kontakter med relevanta aktörer redovisas i Figur 5 nedan:



**Figur 5:** Möjliga snitt för fysisk systemgräns vid redovisning av energianvändning för uppvärmning av byggnader. Källa: ÅF.

I Figur 5 illustreras två dimensioner, dels energiråvarans flöde med ingående förluster, dels livscykeln för delsystemet för energiomvandling. I figuren har vi valt att se energiomvandling som **en** aktivitet oavsett om det sker i ett eller flera steg och möjligen också omfattar distribution mellan stegen. Skälen till detta beskrivs i resonemanget om olika systemgränser nedan. Naturligtvis kan ytterligare livscykler tas i beaktande såsom exempelvis för produktion av de fordon som används för utvinning av bränslen.

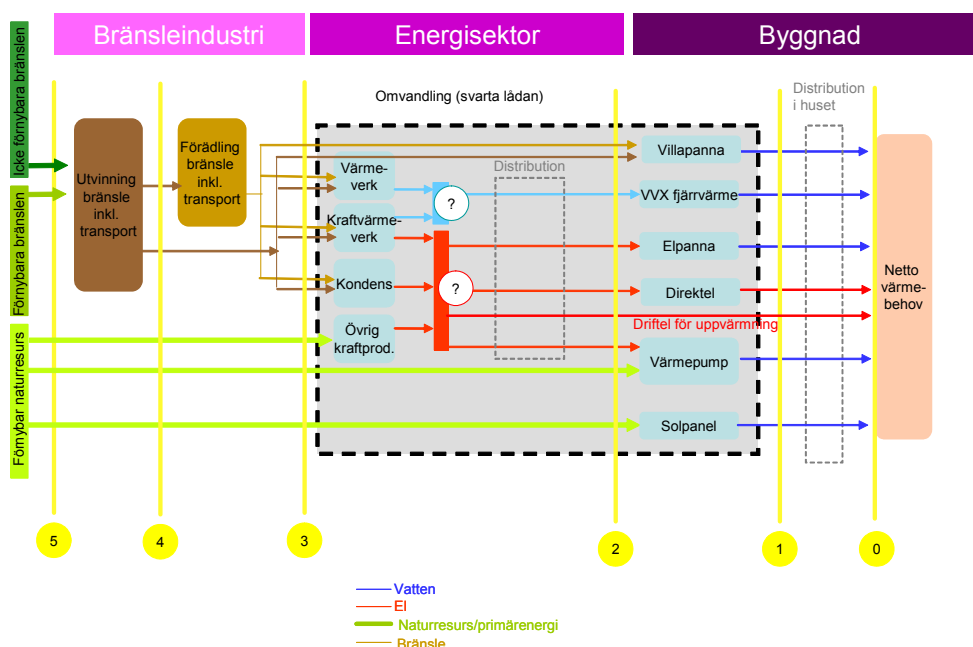
Dessa ytterligare led har vi dock bedömt vara orimliga att inkludera, baserat på bland annat Miljöstyrningsrådets resonemang i principen ”Limited loss of information at the final product” som tillämpas för livscykelanalyser. Principen innebär att förlust av information accepteras om summan av förlusterna motsvarar ett bidrag till respektive miljöpåverkanskategori som inte överskrider en procent, se även kap 2.1.1 ”Randvillkor”. I denna studie har limited loss-principen valts för tillämpning på primärenergi.

#### 3.1 Alternativa systemgränser

Om vi för en stund koncentrerar oss på den huvudsakliga energivarans flöde (vågräta pilen i Figur 5), kan vi illustrera olika uppvärmningsalternativ enligt Figur 6.

All energiomvandling med tillhörande mellandistribution har inkluderats i ett och samma delsystem, en ”svart låda”. Om hänsyn skall tas till rena energi-

aspekter, finns ingen logik i att göra som idag, då man vid jämförelse för två byggnader endast tar hänsyn till de energiomvandlingssteg som sker i respektive byggnaden. En värmepanna till exempel jämförs då med en värmeväxlare för fjärrvärme, där man endast tar hänsyn till ett steg av två. Eftersom uppvärmning med elkassett inte kan existera utan föregående produktion av el, är det inte rättvisande att betrakta energianvändningen med hänsyn endast till omvandlingsförluster i elkassetten när man jämför med en villapanna eldad med biobränsle. De delsystem som ryms i den svarta lådan är komplexa och för en värdering av vad som sker krävs en mängd ställningstaganden. Resonemang kring dessa ställningstaganden redovisas i kapitel 3.3. Frågetecknen i Figur 6 illustrerar att det här krävs ett ställningstagande kring hur den el respektive fjärrvärme som används har producerats.



**Figur 6:** Illustration av energivarans flöde för olika uppvärmningsformer, samt möjliga alternativa systemgränser. Källa: ÅF.

### Systemgräns 0

Systemgräns 0 representerar egentligen avgiven energi från radiatorer eller motsvarande, det vill säga nettoeffekten (nettovärmebehovet, se kapitel 3.2). Det enda som skiljer systemgräns 0 från systemgräns 1 är att byggnadens distributionssystem ligger utanför systemgräns 0. Förlusterna i byggnadens distributionssystem är små och svåra att mäta. Dessutom kommer en del av förlusterna huset tillgodo. Denna systemgräns behandlas inte mer här, utan istället hänvisas till systemgräns 1.

### ***Systemgräns 1***

I systemgräns 1 har värmepannan bildligt talat ”lyfts ut” ur huset så att energiomvandling och externa distributionsförluster sker uppströms systemgränsen. Det interna distributionssystemet beskriver förvisso inte själva husets effektivitet, men det utgör en integrerad del av byggnaden och tillåts ingå i systemgräns 1. Här mäts den prestanda i form av värme som krävs för att ett visst hus skall ha en behaglig inomhustemperatur och god komfort. Härigenom möjliggörs jämförelser mellan fjärrdistribution och lokal förbränning.

Om syftet är att jämföra husens energieffektivitet/energiprestanda i form av materialval, konstruktion och design är systemgräns 1 den gräns som ger den mest rättvisa bilden. Ett sådant perspektiv är användbart vid exempelvis energimärkning av byggnader. En byggnads energieffektivitet skall vara jämförbar oavsett ett lands eller en regions el- eller fjärrvärmemix. Den avgivna effekten från radiatorer eller motsvarande till olika byggnader ger fullt jämförbara uppgifter. Ingen hänsyn tas till hur värmen kommit till radiatorerna eller i vilken form den gjorde det. Ur ett miljöperspektiv är det inomhusmiljön som är aspekten, främst med avseende på komfort. Vid denna systemgräns kan man ur statistik dra slutsatser om minskat energibehov verkligen är en följd av bättre klimatskärm och effektiva hushållsapparater, snarare än förändrad struktur för uppvärmningssystemen.

Flera aktörer överväger att tillämpa denna systemgräns. I dagsläget utgår Boverkets föreskrifter avseende energianvändning i byggnader från systemgräns 1. Enligt Boverket speglar denna systemgräns bäst hur energieffektiv en byggnad är. Definitionen av systemgränsen är dock inte helt entydig enligt Boverket. En av knäckfrågorna är huruvida värmeåtervinning av ventilationsluft med och utan värmepump samt i byggnaden integrerade solpaneler ska betraktas som en del av värmesystemet eller som en integrerad del i byggnaden (se vidare avsnitt 3.2, passiva vs aktiva åtgärder). Även inom arbetet med CEN-standarder framhävs denna systemgräns, där i kombination med att användningen av primärenergi redovisas.

Energibehovet vid systemgräns 1 räknas relativt enkelt om från en byggnads inköpta energimängd, med hjälp av verkningsgrader för anläggningar för eventuell intern energiomvandling.

### ***Systemgräns 2***

Denna systemgräns motsvarar inköpt energi och speglar egentligen bara en rent ekonomisk aspekt. Den är dock viktig, eftersom det är vid denna systemgräns som det finns tillgång till relativt säkra data. Vissa uppvärmningssystem, till exempel fastbränslepannor, omfattar endast en energiomvandling, medan andra som till exempel undercentraler för fjärrvärme omfattar två steg av energiomvandling samt tillhörande distribution. Om hänsyn skall tas till rena energiaspekter finns ingen logik i att jämföra till exempel el för direktelvärme eller

distribuerat hetvatten från fjärrvärme med levererat biobränsle eller olja. Efter-som uppvärmning med elkassett inte kan existera utan föregående produktion av el, är det inte rättvisande att betrakta energianvändningen med hänsyn endast till omvandlingsförluster i elkassetten när man jämför med en byggnad som värms med en villapanna eldad med biobränsle.

Systemgräns 2 är den hitintills vanligast förekommande vid nationella och internationella jämförelser. Begreppet köpt energi till byggnaden används också av energiberäkningsprogrammet Enorm.

### ***Systemgräns 3***

Energibehovet vid denna systemgräns anger hur stor mängd energi som måste tillföras energisektorn. Det beskriver inte i vilket skick den tillförda energin måste vara (förädlad/oförädlad) eller var den kommit ifrån (exempelvis utvinning). På så sätt jämförs energiprodukter med olika förädlingsgrad. En viss energimängd bestående av sågspån respektive pellets har samma termodynamiska värde vid denna systemgräns, även om det har gått åt energi för förädling till pellets medan spånet är en restprodukt. Systemgränsen kan således vara missvisande då ingen hänsyn tas till de förluster som kan ha uppkommit i tidigare steg, eftersom den representerar olika förädlingsgrad. Denna systemgräns lämpar sig bäst för analyser ur nationellt perspektiv.

Systemgräns 3 kan också sägas illustrera ett ekonomiskt perspektiv. Den illustrerar hur mycket energivaror som netto har köpts in till energisektor och slutanvändare i uppvärmningssyfte.

### ***Systemgräns 4***

Systemgräns 4 visar den bränslemängd som tillförs innan förädling, till exempel oljeraffinering eller pelletsframställning. Systemgränsen är i första hand intressant ur ett företagsekonomiskt perspektiv. När systemet vidgas till denna systemgräns blir osäkerheterna vid beräkning av omvandlingsfaktorer större. Dataunderlaget blir sämre, eftersom förluster måste spåras och uppskattas för aktiviteter som dels kan vara utspridda och dels förlusterna inte är föremål för någon särskild övervakning. Det finns ett betydligt sämre dataunderlag och underlaget innehåller aggregerade uppgifter.

### ***Systemgräns 5***

Systemgräns 5 representerar förbrukning av primärenergi, med livscykel-perspektiv för bränslets bearbetning och transport. Miljö och termodynamiskt perspektiv är här globalt eller regionalt snarare än lokalt. Det bör påpekas att vilka energiindikatorer som erhålls vid systemgräns 5 är starkt beroende av hur omräkningsfaktorerna tas fram.

Redovisning av primärenergiförbrukning vid användning av systemgräns 5 är det närmaste den termodynamiska sanningen man kan komma. I verkligheten

skiljer sig primärenergi åt och summering av primärenergiförbrukning resulterar också i summering av äpplen och päron om man ser till de energiresurser som människan har tillgodo. Det innebär att man måste lösa problemet med att summera ihop faktorer (olika energikällor) som egentligen inte låter sig summeras ihop.

Primärenergi bör delas in i icke förnybar respektive förnybar energi. Den förnybara energin bör i sin tur delas upp på fritt flödande förnybar energi respektive icke flödande förnybar energi. Nedan redovisas några exempel på primärenergi inom de olika grupperna:

- **Icke förnybar:** Olja, naturgas, kol och uran
- **Förnybar, icke fritt flödande:** Biobränsle, vattenkraft, biogas, avfall och spillvärme
- **Förnybar, fritt flödande:** Vindkraft, solkraft, strömmande vatten och vågor

Vid redovisning av primärenergianvändning bör det därför också redogöras för vilken typ av primärenergi som avses.

### 3.2 Vad är nettovärmebehov?

För att uppnå komfort i en byggnad måste värme och ibland, under sommartid, även kyla tillföras. Figur 7 är en schematisk bild av hur värmebehovet tillförs en byggnad.

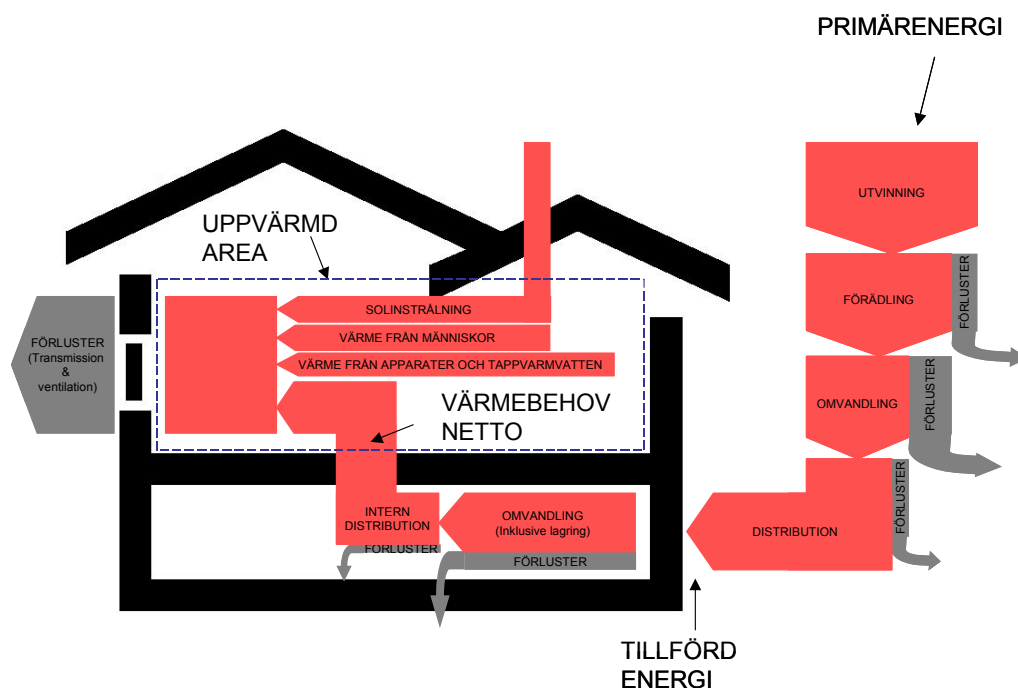
Nettovärmebehovet är den energi som tillförs byggnaden från dess värmesystem efter förluster vid omvandling och distribution. I tillämpningsexemplen, del 2 av denna studie, har vi utgått från ett småhus med ett nettovärmebehov på 20 000 kWh per år. Nettovärmebehovet omfattar både förnybara och icke förnybara naturresurser och bränslen. Energi som tillförs byggnaden via till exempel solpaneler och värmepumpar är således en del av nettovärmen. Värme för uppvärmning av tappvarmvatten är i denna rapport undantaget i definitionen av nettovärmebehov.

Byggnaden tillförs också värme från solinstrålning, människor, tappvarmvattensystem, elektriska installationer och apparater. Förlusterna i ett hus med självdragsventilation fördelar sig på fönster (cirka 35 procent), ytterväggar och dörrar (cirka 20 procent), golv och källare (cirka 15 procent), tak (cirka 15 procent) och ventilation (cirka 15 procent) [STEM 2001].

I förarbetet till standarden prEN 13790:2003 "Thermal performance of buildings – calculation of energy use for space heating" namnges det vi här kallar nettovärmebehov som "heat use". Heat use omfattar inte energi till elapparater och



för uppvärmning av tappvarmvatten. Värme som återvinns ur frånluften, via till exempel värmeåtervinningsaggregat eller frånluftsvärmepumpar räknas inte in i begreppet heat use, men det gör däremot den el som behövs för att driva värmeåtervinningen.



**Figur 8:** Uppvärmningsbehovet för en byggnad. Källa: ÅF

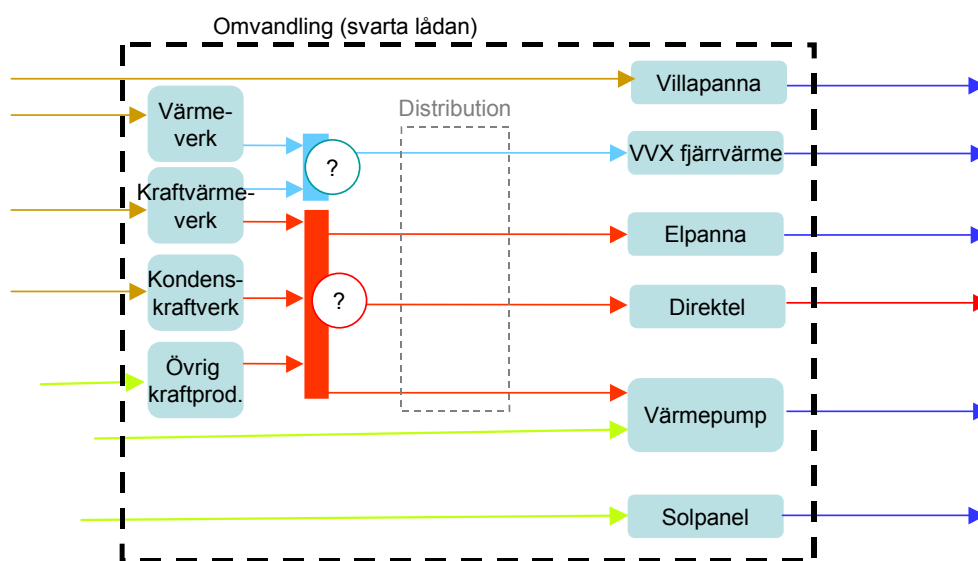
Om nettovärmebehovet ges en entydig definition, är den ett utmärkt mått på hur energieffektiv byggnaden är. Idag saknas dock denna entydiga definition, vilket bland annat har lett till att bland annat Boverket ännu inte har definierat vad som skall ingå i byggnadens prestanda och vad som är en del av värmesystemet. Två exempel på svårklassificerade komponenter för energitillförsel är utrustning för återvinning av värme ur frånluften och solfångarpaneler som är integrerade i taket. Det vore önskvärt att Boverket klargör definitionen inför till exempel klassificering av byggnader.

### 3.3 Vad händer i svarta lådan?

Energiomvandlingen kan illustreras med en "svart låda", ungefär som den gör i Figur 9. Det verkar logiskt att antingen omfatta all omvandling eller ingen omvandling alls, eftersom man annars jämför en förädlad energibärare med en mindre förädlad. Att ur ett termodynamiskt perspektiv sätta systemgränsen mitt emellan två omvandlingssteg gör att man får en snedvriden redovisning.



Då ett livscykelperspektiv skall användas bygger det på att man faktiskt vet härkomsten på den produkt man använder. När det gäller fjärrvärme och el är detta inte alltid så enkelt. Beroende på vilka antaganden som görs kan effektiviteten vid elproduktion te sig väldigt olika. Det är inte heller säkert att tillgång till produktionsstatistik finns för just den tidsperioden som avses. Kanske skall en analys göras för att beskriva en framtida investering, samtidigt som tillgängliga uppgifter om elproduktionen är ett par år gammal. De frågetecken som finns i Figur 9 illustrerar att ett ställningstagande måste ske gällande energivarans härkomst.



**Figur 9:** Illustration av vad som inryms i "svarta lådan" för energiomvandling. Källa: ÅF.

Nedan redogörs för olika förekommande mixar och antaganden som kan göras för att beskriva en produkts härkomst. Om el eller värme produceras i en enskild anläggning använder man självklart lämpligen vid omräkning en verkningsgrad för just den specifika anläggningen.

### 3.3.1 Antaganden om elproduktion

Hur mycket primäre energi som förbrukas för produktion av el beror på antaganden om hur denna el har producerats. El kan vara specificerad eller ospecificerad.

Specificerad el från en given leverantör kan vara exempelvis miljömärkt el. Bra Miljöval el som uppfyller Svenska Naturskyddsföreningens kriterium är ett sådant alternativ. El kan också vara miljövarudeklarerad. I Sverige sker miljövarudeklaration av el och fjärrvärme enligt EPD-systemet.

El kan också vara helt ospecificerad. Då man inte känner till produktens härkomst utgår man vanligen från någon typ av produktionsmix eller från antagandet att elanvändning sker på marginalen. För produktionsmix används vanligen svensk mix eller nordisk mix. Möjligen kan också hänsyn tas till den produktionsmixen som används i de länder som el importeras från. Ur ett nationellt tillförselperspektiv är produktionsmix lämpligare att använda än marginalet. I EUs energiprestandadirektiv och det utarbetande av hur direktivet nationellt ska implementeras har man ännu inte fastställt om marginalet eller elmix skall användas.

Begreppet marginalet används som en approximation för vilken elproduktion som påverkas då efterfrågan förändras. På uppdragsgivarens begäran omfattar denna systemstudie två sorters marginalet. På kort sikt, fram till 2012, antas marginalet utgöras av kolkondens med en verkningsgrad på 0,4. På lång sikt, efter 2012, antas marginalet utgöras av naturgaskombi med en verkningsgrad på 0,58.

Generellt kan sägas att förutsättningarna kan se helt olika för analys av produktion av el till en enskild byggnad respektive analys av den nationella produktionsmixen.

### 3.3.2 Förluster vid eldistribution

Vid överföring av el uppstår oundvikligen vissa förluster. Beroende på elnätets status, lokalisering för inmatning och utmatning, nätets täthet så varierar nätförlusternas storlek. I genomsnitt kan de totala förlusterna uppskattas till knappt åtta procent av totalt inmatad energi (Svensk Energi, 2004).

### 3.3.3 Antaganden om fjärrvärmeproduktion

På samma sätt som för el kan olika antaganden göras om fjärrvärmeproduktionen. Även fjärrvärme kan vara specificerad eller ospecificerad. Specificerad fjärrvärme kan vara miljövarudeklarerad. Även om ingen miljövarudeklARATION finns att tillgå, så är det oftast inga problem att härleda vilka anläggningar och bränslen som används vid produktion av fjärrvärmen eftersom fjärrvärmennäten är naturliga monopol och värmen i olika nät inte "blandas" som i elnätet. I sista hand kan svensk produktionsmix antas.

### 3.3.4 Förluster vid fjärrvärmedistribution

Även vid distribution av fjärrvärme uppstår vissa förluster. Förlusterna ligger någonstans kring  $10 \pm 5$  procent, beroende på framför allt nätets täthet.

### 3.3.5 Allokeringsprinciper för kraftvärme

Vid kraftvärmeproduktion produceras både kraft och värme samtidigt. Det är inte helt självklart hur förlusterna skall fördelas mellan kraft respektive värmeproduktion. Vid fördelning av utsläpp och därmed indirekt förlusterna från kraftvärme förekommer i huvudsak två principer i Sverige, energimetoden samt alternativproduktionsmetoden (Sundlöf, Ringmar, 2003).

Vid energimetoden fördelas anläggningens utsläpp, och därmed också förlusterna proportionellt mot producerad mängd el- respektive värme. Värmeproduktionen ser därmed lika effektiv ut som vid produktion i värmeverk, medan elproduktionen ser betydligt effektivare ut än för ett kondenskraftverk. Man säger att elen får hela kraftvärmefördelen.

Vid alternativproduktionsmetoden fördelas utsläpp och förluster i proportion till den bränslemängd som hade behövts om samma mängd el- respektive värme hade producerats separat, i alternativa anläggningar. Hur denna separata produktion hade skett anges i en tabell med allokeringsparametrar.

Alternativproduktionsmetoden kommer ursprungligen från den finska systerorganisationen till Svensk Fjärrvärme, och metoden ingår nu i de produktspecifika regler som gäller för miljövarudeklaration av el och fjärrvärme. I denna studie används uteslutande alternativproduktionsmetoden.

## 4 Rekommenderade systemgränser

Det är önskvärt att uppvärmning av våra bostäder och lokaler sker så effektivt som möjligt. Viktigt är dock att hålla isär effektivitet i *användarled*, *distribution* samt *produktion*. En byggnad vars behov av avgiven värme uppgår till 20 000 kWh energi per år använder indirekt en större mängd energi om hänsyn tas till förluster uppströms. Hur jämförs då lämpligen två identiska byggnader med samma nettoenergibehov men olika uppvärmningsformer? Svaret på frågan beror på syftet med jämförelsen – vill vi veta hur effektivt huset är eller vill vi veta hur vi använder så lite primärenergi<sup>6</sup> som möjligt? Beroende på svaret så lämpar sig olika systemgränser olika väl.

En repetition av den huvudsakliga frågeställningen är här på sin plats:

*”Statens energimyndighet skall i syfte att förbättra energistatistiken och kunskapsunderlaget avseende bebyggelsen, efter samråd med Boverket och Statistiska centralbyrån, utreda vilka systemgränser som bör sättas för energiomvandling för byggnadsuppvärmning. Hur korrigering bör ske för olika verkningsgrader när olika energislag används för uppvärmning för att möjliggöra jämförelser mellan byggnader med olika slag av energiförsörjning skall uppmärksammas. Uppdraget skall redovisas senast den 31 oktober 2004.”*

Utifrån ovanstående syfte rekommenderar vi att hänsyn tas till antingen ”allt eller inget”, det vill säga vi rekommenderar att två olika systemgränser (systemgräns 1 och/eller systemgräns 5 enligt Figur 6) tillämpas. Systemgräns 1 bör vara utgångspunkt för jämförelser av byggnaders energiprestanda, det vill säga kvaliteten på deras klimatskärmar. Parallellt i statistiken bör en redovisning av primärenergianvändningen göras för att illustrera följdeffekterna av att vissa uppvärmningsformer används. För denna redovisning bör systemgräns 5 tillämpas. Perspektivet med systemgräns 5 illustrerar också potentialen att effektivisera energiförsörjningen genom att välja rätt uppvärmningssystem

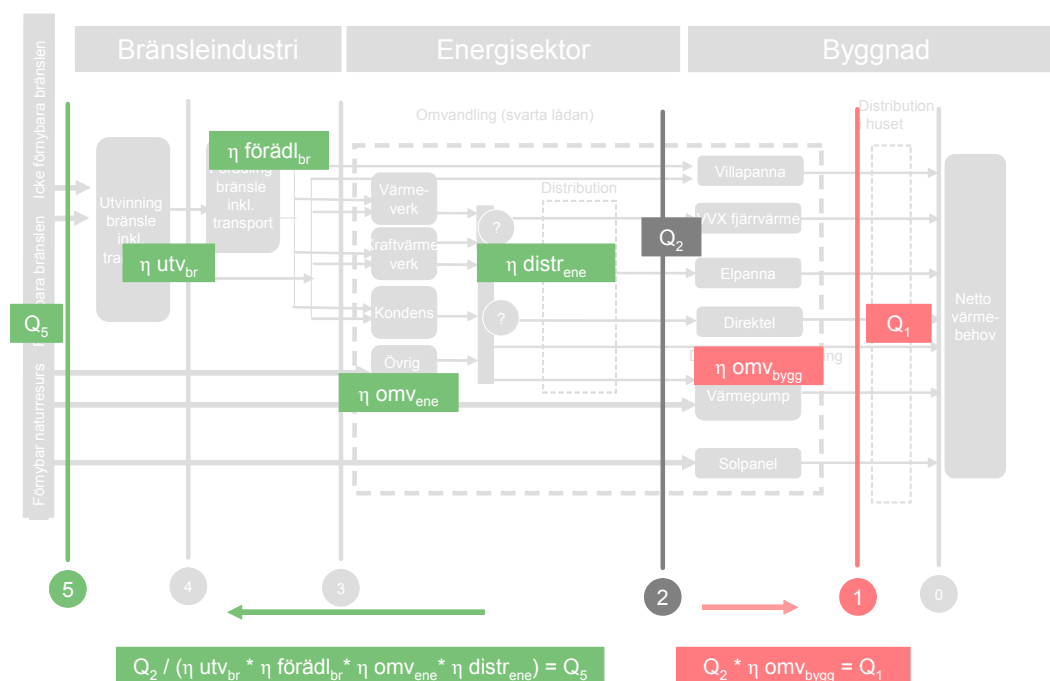
<sup>6</sup> Primärenergi definieras här som energi som finns som en naturresurs och som inte har genomgått någon omvandling av människan.

## 5 Metod för tillämpning av rekommenderad systemgräns

Det vanligaste sättet att beskriva hur stor andel av energin som går förlorad vid energiomvandling eller distribution är att ange ett delsystems verkningsgrad enligt Figur 10.

En omvandlingsfaktor definieras här som 1 genom verkningsgraden för ett delsystem. Omvandlingsfaktor för flera delsystem blir 1 dividerat med den sammanlagda verkningsgraden för de delsystem som ingår.

I arbetet med de CEN-standarder som skall stödja energitjänstedirektivet pågår diskussioner om så kallade primärenergifaktorer. Dessa primärenergifaktorer är samma typ av faktorer som de omvandlingsfaktorer som avses i detta kapitel. Primärenergifaktorer för olika bränslen anger hur mycket primärenergi som krävs för att få fram bränslet i användbar form till förbränningsanläggningen. Arbetsmaterialet från kommittéerna indikerar att det som kan sägas vara fritt flödande primärenergi som finns i oändlig mängd, såsom vind och sol, skall tilldelas primärenergifaktor 0. I arbetsmaterialet förekommer även andra intressanta förslag, såsom att avfall och biogas (så kallade regenerativa bränslen) också skall ha primärenergifaktor 0 och att spillvärme skall ha en faktor på 0,05.



**Figur 10:** Illustration av beräkningsgång vid beräkning av primärenergi samt nettovärmebehov utifrån tillförd energi till byggnaden. Källa: ÅF.

Beräkningsmässigt i vår modell motsvarar en primärenergifaktor lika med 0 en oändlig verkningsgrad. Avsikten är att illustrera att det inte går åt någon ändlig energiresurs för produktion av värme/el från denna källa. Verkningsgraden är därför ur ett termodynamiskt perspektiv ointressant. Därmed inte sagt att den är ointressant med hänsyn till andra aspekter, exempelvis ekonomiska. Det blir naturligtvis lättare att finna lönsamhet i en investering i vindkraft om verkningsgraden är högre. Inte på grund av minskade ”bränslekostnader” utan tack vare minskade kostnader för själva installationen och driften.

Systemgräns 2 speglar mängden inköpt energi och är rimligen utgångspunkten när primärenergianvändning (systemgräns 5) respektive nettovärmebehov inklusive distributionsförluster (systemgräns 1) skall beräknas med utgångspunkt från statistik eller inköpt mängd energi.

För att erhålla använd mängd primärenergi ( $Q_5$  i Figur 10) divideras den inköpta energimängden ( $Q_2$ ) med totalverkningsgraden för alla delsystem till vänster i Figur 10. Alternativt beräknar man en omvandlingsfaktor ( $1/\eta_{\text{tot}}$ ) och multiplicerar inköpt energi med denna faktor.

För att erhålla nettoenergiebehovet ( $Q_1$ ) multipliceras den inköpta energimängden ( $Q_2$ ) med totalverkningsgraden för alla delsystem till höger i Figur 10.

## 5.1 Tillämpning på olika uppvärmningsalternativ

I inledningen till detta kapitel beskrivs hur vårt energisystem utifrån inköpt energi (systemgräns 2) dels utvidgas till primärenergiebehov, dels minskas till att omfatta endast nettovärmebehovet. I uppdraget har ingått att jämföra ett tiotal identiska byggnader med samma konstanta nettovärmebehov på 20 000 kWh per år, men med olika uppvärmningssystem. I nedan redovisade exempel utgår vi därför från ett konstant nettovärmebehov, det vill säga vi utgår från systemgräns 1. Beroende på uppvärmningsform beräknas en totalverkningsgrad för alla delsystem som passeras när systemgränsen flyttas från nummer 1 till nummer 5. Nettovärmebehovet,  $Q_1$ , divideras med totalverkningsgraden enligt formeln nedan:

$$Q_1 / (\eta_{\text{utv}_{\text{br}}} * \eta_{\text{förädl}_{\text{br}}} * \eta_{\text{omv}_{\text{ene}}} * \eta_{\text{distr}_{\text{ene}}} * \eta_{\text{omv}_{\text{bygg}}}) = Q_5$$

$Q_1$  = Värmebehov vid systemgräns 1 (nettovärmebehov)

$\eta_{\text{utv}_{\text{br}}}$  = Verkningsgrad för utvinning av bränsle

$\eta_{\text{förädl}_{\text{br}}}$  = Verkningsgrad för förädling av bränsle

$\eta_{\text{omv}_{\text{ene}}}$  = Verkningsgrad för omvandling i energisektorn

$\eta_{\text{distr}_{\text{ene}}}$  = Verkningsgrad för distribution av energi i energisektorn

$\eta_{\text{omv}_{\text{bygg}}}$  = Verkningsgrad för omvandling i byggnaden

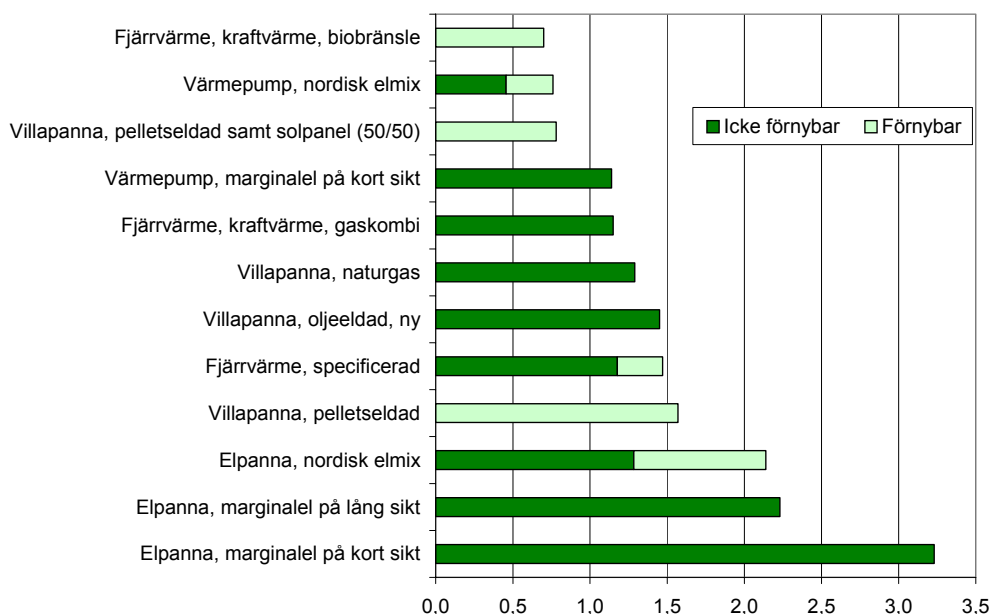
De omvandlingsfaktorer som utgör 1 dividerat med totalverkningsgraden för de olika uppvärmningsformerna redovisas i Tabell 1 tillsammans med den primärenergi som används för att tillgodose husen med värme:

**Tabell 1** Exempel på omvandlingsfaktorer för olika uppvärmningsalternativ.  
Källa: ÅF.

Uppvärmningsform	Omvandlingsfaktor	Primärenergibehov [kWh]
Elpanna, marginalet på kort sikt	3,23	65 000
Elpanna, marginalet på lång sikt	2,23	45 000
Elpanna, nordisk elmix	2,14	43 000
Villapanna, pelletseldad	1,57	31 000
Fjärrvärme, specificerad	1,47	29 000
Villapanna, oljeeldad, ny	1,45	29 000
Villapanna, naturgas	1,29	26 000
Värmepump, marginalet på kort sikt	1,14	23 000
Fjärrvärme, kraftvärme, gaskombi	1,15	23 000
Villapanna, pelletseldad med solpanel	0,78	16 000
Värmepump, nordisk elmix	0,76	15 000
Fjärrvärme, fliseldad kraftvärme	0,70	14 000

I enlighet med diskussionen i kapitel 4 är information om hur mycket primärenergi som används inte tillräckligt. I Figur 11 redovisas samma omvandlingsfaktorer som Tabell 1, men där illustreras också hur stor andel av mängden primärenergi som är förnybar respektive icke förnybar. Den fritt flödande primärenergi har omvandlingsfaktor (primärenergifaktor) lika med 0 och det ser därför ut som om denna energi ej används.

De verkningsgrader som använts i ovanstående exempel finns redovisade, tillsammans med flera andra, i Bilaga 1: Översikt verkningsgrader. En utförlig beskrivning av varje enskilt exempel ovan finns i Bilaga 2: Tolv exempel på olika uppvärmningsformers indirekta användning av primärenergi.



**Figur 11:** Omvandlingsfaktorer för olika uppvärmningsformer samt hur stor andel av mängden primärenergi som är icke flödande förnybar respektive icke förnybar.  
Källa: ÅF

## 5.2 Tillämpning på statistik i Energiläget

I Energimyndighetens statistikpublikation Energiläget 2003 redovisas energi-användningen i Sverige enligt Tabell 2. Underlaget till tabellen kommer från Statistiska Centralbyrån och består av uppgifter om inköpt energi till olika sek-torer. Omvandlingsförluster i energisektorn har aggregerats. Omvandlingsför-luster vid utvinning av bränslen ingår inte. Förluster vid förädling ingår endast för den energi som åtgår i raffinaderier och gas- och koksverk i Sverige. För sektorn bostäder och service tas ingen hänsyn till omvandlingsförluster inom byggnaden.

**Tabell 2** Sveriges energianvändning fördelat per sektor, utdrag ur ursprunglig tabell i Energiläget 2003. Källa: Energimyndigheten.

Sveriges totala energianvändning 1970–2002, TWh								
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002
Industri	154	160	148	140	140	146	153	152
Inrikes transporter	56	62	68	76	83	84	87	94
Bostäder, service m m	165	152	165	161	150	157	148	155
Omvandlings- och distributionsförluster,	49	55	84	154	171	180	154	178
varav förluster i kärnkraft <sup>1</sup>	0	24	53	114	134	137	111	132
Utrikes sjöfart och anv för icke energiändamål	33	34	25	23	31	33	38	37
Total användning	457	463	489	553	576	599	581	616
Total energy use								

<sup>1</sup> Enligt den metod som används av FN/ECE för att beräkna tillförseln från kärnkraften.



En del av uppdraget har varit att bearbeta uppgifterna i Tabell 2 så att det synliggörs vilka förluster som indirekt orsakas av energianvändningen för respektive sektor. Den metod som använts för denna indelning baseras på samma metodik som beskrivits i tidigare kapitel, tillsammans med verkningsgrader från Bilaga 1: Översikt verkningsgrader i den mån uppgifter funnits där. Vissa kompletterande antaganden har gjorts<sup>7</sup>. I Tabell 3 redovisas energianvändningen för varje sektor. För sektorn "Bostäder, service m m" har omvandlingsförlusterna för omvandlingsförluster i exempelvis villapannor beräknas och särredovisas. För övriga sektorer redovisas sektorns indirekta omvandlingsförluster i energisektorn samt för utvinning och förädling. Att notera är att den totala användningen av primärenergi enligt Tabell 3 är större än den totala energianvändningen enligt Tabell 2 eftersom förluster vid utvinning och förädling tillkommit. Energianvändningen i sektorn "Bostäder, service m m" är lägre i Tabell 3 än i Tabell 2 eftersom omvandlingsförluster i bygganden lyfts ut.

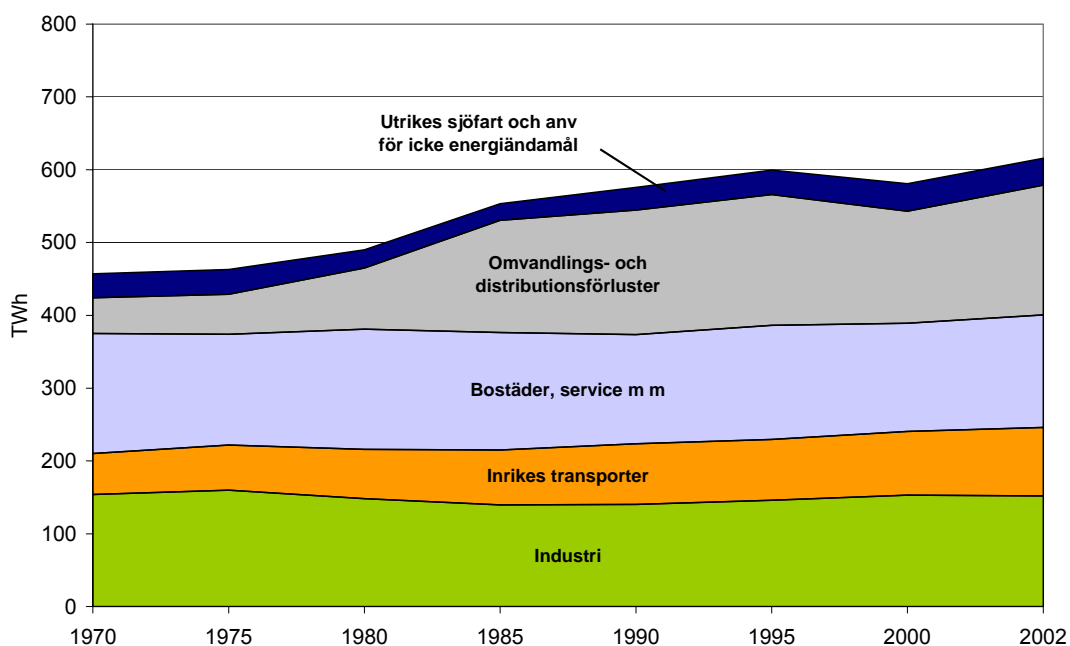
**Tabell 3** Energianvändning i Sverige fördelat på sektorer, där de indirekta förlusterna från utvinning, förädling och omvandling fördelats på respektive sektor.  
Källa: ÅF.

Sveriges totala energianvändning 1970–2002, TWh								
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002
<b>Industri</b>								
Energianvändning	154	160	148	140	141	147	154	152
Omvandlingsförluster i energisektor	28	28	38	56	64	63	70	79
Förluster vid utvinning/förädling	16	14	13	10	8	10	11	11
<b>Transporter</b>								
Energianvändning	56	62	68	76	83	83	87	94
Omvandlingsförluster i energisektor	2	1	2	3	3	3	4	3
Förluster vid utvinning/förädling	8	8	9	10	11	11	12	13
<b>Bostäder, service m m</b>								
Energianvändning	130	125	139	149	144	149	143	149
Omvandlingsförluster i energisektor	19	26	45	87	94	101	85	101
Omvandlingsförluster i byggnaden	34	27	26	17	14	13	10	9
Förluster vid utvinning/förädling	20	19	21	21	20	22	18	21
Utrikes sjöfart och anv för icke energändamål	33	34	25	23	31	33	38	37
<b>Totalt primärenergi</b>	<b>500</b>	<b>504</b>	<b>534</b>	<b>592</b>	<b>613</b>	<b>636</b>	<b>631</b>	<b>669</b>

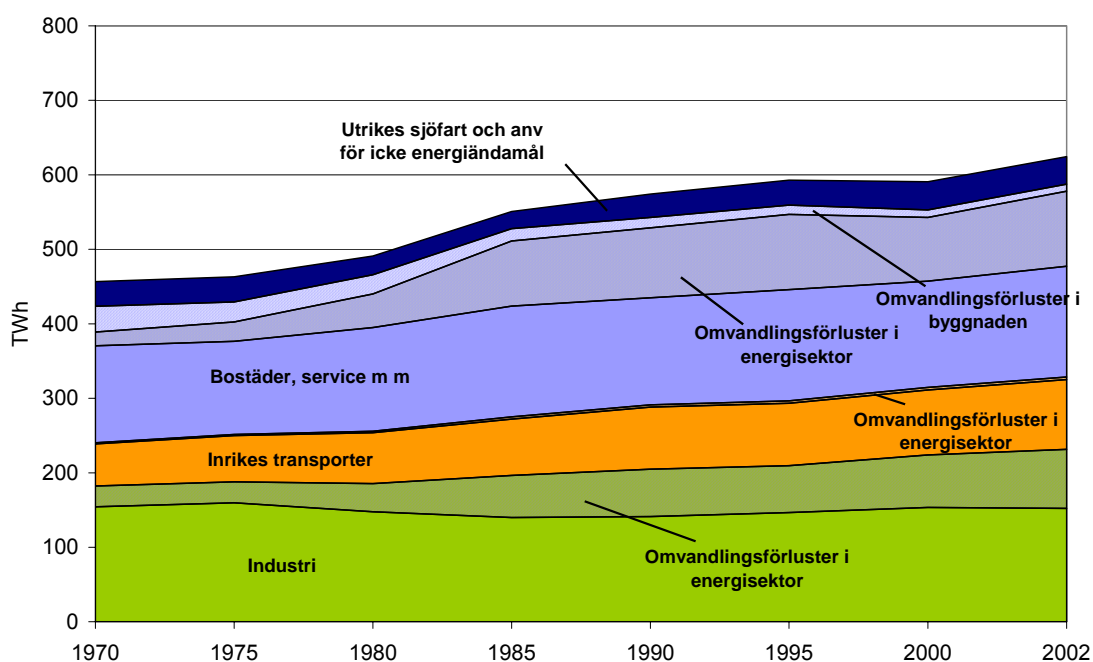
Om förluster vid utvinning och förädling räknas bort blir det en liten differens i förhållande till den ursprungliga tabellen, beroende på att omvandlingsfaktorerna inte är helt exakta. Differensen är relativt liten överstiger inte två procent för något enskilt år. Att observera är att förluster för utvinning och förädling ligger huvudsakligen utanför Sveriges gränser. I omvandlingsfaktorerna för utvinning och förädling av bränslen ingår energi för transporter, varvid en viss dubbelräkning sker för energi för transporter. Denna dubbelräkning är dock marginell.

<sup>7</sup> Verkningsgrader för oljepanna antas under perioden ha förbättrats från 70 till 80 procent under perioden. El som använts i värmepumpar och elpannor i i fjärrvärmen har lagts till sektorns elanvändning. Värmefaktorn för stora värmepumpar har antagits till 3. Relationen tillfört bränsle/producerad energi framgår i Energiläget för alla år från 1985 och framåt. För tidigare år har samma relation (1,6) antagits, utom för 1970 då 2,2 användes pga kärnkraften ännu inte fanns och det fanns ett större beroende av kondenskraft. För förluster vid utvinning och förädling av kärnbränsle har verkningsgraden antagits till 90 procent. Nettoexporten har antagits bestå av vattenkraft, medan nettoimporten har antagits vara kolkondens.

Energianvändningen i sektorn Bostäder, service mm uppgick år 1970 till 165 TWh enligt den ursprungliga tabellen. Inklusiv förluster enligt Tabell 3 uppgick energianvändningen för samma sektor till 183 TWh. För år 2002 var motsvarande energianvändning 155 TWh respektive 259 TWh.



**Figur 12** Sveriges totala energianvändning, exklusive nettoexport 1970-2002.  
Källa: Energiläget 2003.



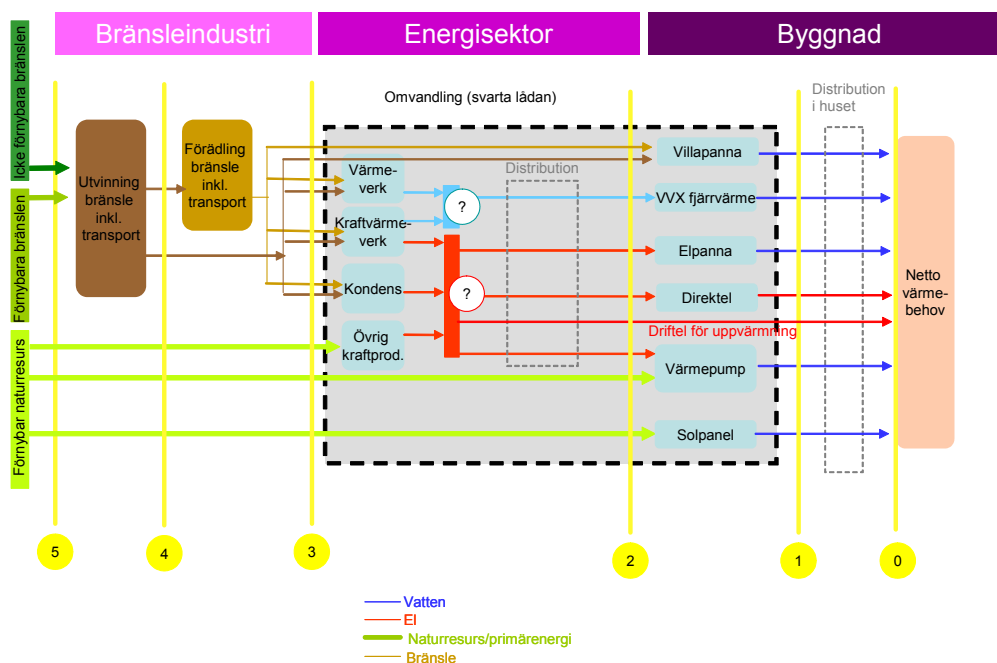
**Figur 13** Sveriges totala energianvändning, exklusive nettoexport 1970-2002.  
Källa: Uppgifter från energiläget 2003 bearbetade av ÄF.

## 6 Icke termodynamiska aspekter

I uppdraget ingick att kort nämna hur val av systemgräns beror av vilka aspekter som studeras. I nedanstående avsnitt kommer vi att diskutera systemgränser med hänsyn till:

- Ekonomiaspekter
- Miljöaspekter
- Exergi
- Sociotekniska aspekter

En återkoppling kommer i dessa korta diskussioner att ske till systemgränserna i Figur 14.



**Figur 14:** Illustration av energivarans flöde för olika uppvärmningsformer, samt möjliga alternativa systemgränser. Källa: ÅF.

## 6.1 Ekonomiska aspekter

Vid analys av ekonomiska aspekter förknippas systemgränserna företrädesvis med vem som äger respektive delsystem. Till exempel krävs enligt svensk lag en juridisk separation av elnät och elproduktion, varför en systemgräns 2 ½ ur ett företagsekonomiskt perspektiv skulle vara lämpligt. Delsystemet mellan systemgräns 2 och 2 ½ kan även sägas illustrera omsättningen på den svenska elmarknaden, beroende på vilka antaganden som görs för elproduktionen. För denna studies huvudsakliga syfte att analysera termodynamiska systemgränser för energibehovet för en byggnads uppvärmning finns det inget direkt skäl för en sådan systemgräns.

Det privatekonomiska perspektivet kan illustreras i delsystem med systemgräns 1 och systemgräns 0. Energikostnaden vid systemgräns 1 är av stor betydelse, men byggnadens energibehov i systemgräns 1 kan ge information om huruvida det kan vara lönsamt att till exempel installera treglasfönster eller frånluftsåtervinning.

Det framgår ovan att ur ett privatekonomiskt och företagsekonomiskt perspektiv är analys av enskilda delsystem mer intressant än en analys av hela det system som illustreras i Figur 14 med systemgräns 5. Kostnader för utvinning, förädling, distribution med mera ackumuleras ju ändå allt eftersom energivaran närmar sig punkten för leverans till slutanvändaren. Ägaren av varje föregående delsystem ser till att få täckning för sina egna kostnader, med visst påslag för vinst. Men om man ser till nationalekonomi och samhällsekonomi samt miljöekonomi kan slutsatsen bli annorlunda och andra systemgränser då lämpa sig bättre.

## 6.2 Miljömässiga aspekter

De miljömässiga aspekterna kan betraktas ur flera möjliga perspektiv. Där kan från höger till vänster i Figur 14 relateras till allt från krav på behagligt inneklimat, en stofffri närmiljö, nationella och internationella miljömål.

Miljöaspekter ackumuleras inte på samma sätt som de ekonomiska aspekterna i en gemensam enhet, utan helt olika miljöeffekter uppstår i de olika leden. En svårighet som framgår tydligt är att ett val av uppvärmningsform som framstår som mycket ren för närmiljö och som ger god komfort, kan ge helt andra effekter om man vidgar perspektivet till att omfatta även nationell och global miljö. Direktel för uppvärmning är ett sådant exempel. Viljan att betala mer för renare teknik och bättre miljö kan kopplas till hur tydligt det är för konsumenten att det aktiva valet verkligen gör skillnad.

### 6.3 Exergi

I vissa typer av analys kan det vara otillräckligt att enbart ta hänsyn till termodynamiken. Det termodynamiska perspektivet tar inte hänsyn till energins kvalitetsförsämring vid omvandling mellan olika energibärare. Omvandling från el till värme med hundra procents verkningsgrad saknar helt förluster ur ett termodynamiska perspektiv, men 1 kWh värme kan ju till exempel utföra mindre arbete än 1 kWh el. För att kunna värdera denna "arbetskapacitet" används begreppet exergi.

Exergi är till skillnad mot energi irreversibelt, det vill säga den kan förbrukas. Exergiinnehållet hos energiflödet i Figur 14 minskar från primärenergins höga exergiinnehåll vid systemgräns 5 till att vara nästan helt förbrukad vid systemgräns 0. Den potential att utföra arbete som finns hos primärenergien under alla omvandlings- och distributionssteg förbrukas och energin återfinns i slutändan som värme vid omgivningstemperatur. Denna energi kan inte användas för att utföra något arbete alls.

Eftersom exergi förbrukas i varje omvandlingssteg, kan det ur ett resurshushållningsperspektiv vara viktigt att inte använda energi med onödigt hög kvalitet för ett syfte som inte kräver denna kvalitet. Uppvärmning är en tillämpning som inte kräver så stor exergi, medan belysning är en tillämpning där man inte kan använda "sämre" energibärare än bränsle/el. Av detta skäl betraktas el för uppvärmning många gånger som slöseri med energi av god kvalitet.

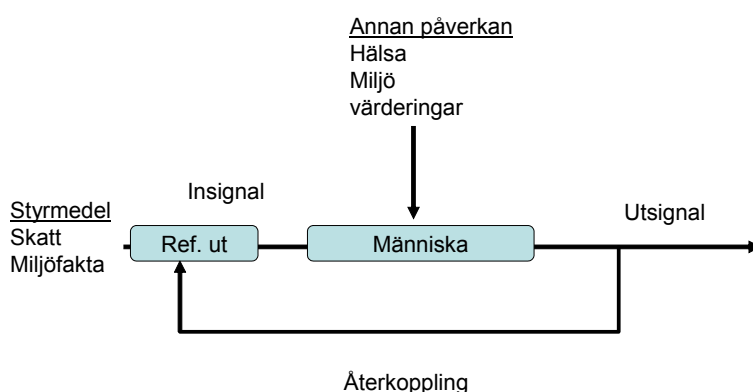
### 6.4 Sociotekniska aspekter

Ur systemgränsperspektiv sammanfaller de sociotekniska aspekterna med systemgränserna som avser grind till grind, eftersom vi beslutar över det vi äger. Våra beslut styrs inte bara av ekonomiska och miljömässiga ställningstaganden. Kunskap om hur vi påverkas av människor i vår omgivning, samhället och våra sociala beteendemönster är av stor vikt vid utformning av styrmedel i avsikt att ge energiproducenter och fastighetsägare ekonomiska incitament för att välja det ut miljösynpunkt bästa alternativet. Sociotekniska systemstudier innebär att man studerar människans samverkan med tekniken, det vill säga hur vi använder tekniken och hur tekniken har organiserats (inklusive såväl organisationer och företag som lagstiftning och praxis).

Även om vi väljer "rätt" teknik ur ett miljömässigt och/eller ekonomiskt perspektiv så är det inte säkert att valet leder till avsedda effekter. En fastighetsägare kan till exempel välja att installera en värmepump för att minska uppvärmningskostnaderna. Värmepumpen har så låga driftkostnader att man, under förvändning att energikostnaderna är låga, ökar värmen i huset och vädrar mer än tidigare. Ett annat exempel att man väljer miljömärkt el för att visa sitt ställningstagande för en bättre miljö. Som "miljömedveten medborgare" kan man

sedan utan dåligt samvete värma utomhuspoolen året om med den miljömärkta elen. Tekniken kan också vara så krånglig att använda eller underhålla att de förväntade effekterna inte uppnås.

En vetenskaplig definition av hur våra beslut påverkas av omgivningens signaler har definierats av Norbert Wiener (1894-1964) [Ingelstam, 2002]. Effekterna av olika ”störsignaler” kan, enligt Wiener, matematiskt kvantifieras med hjälp av sannolikhetsbedömning.



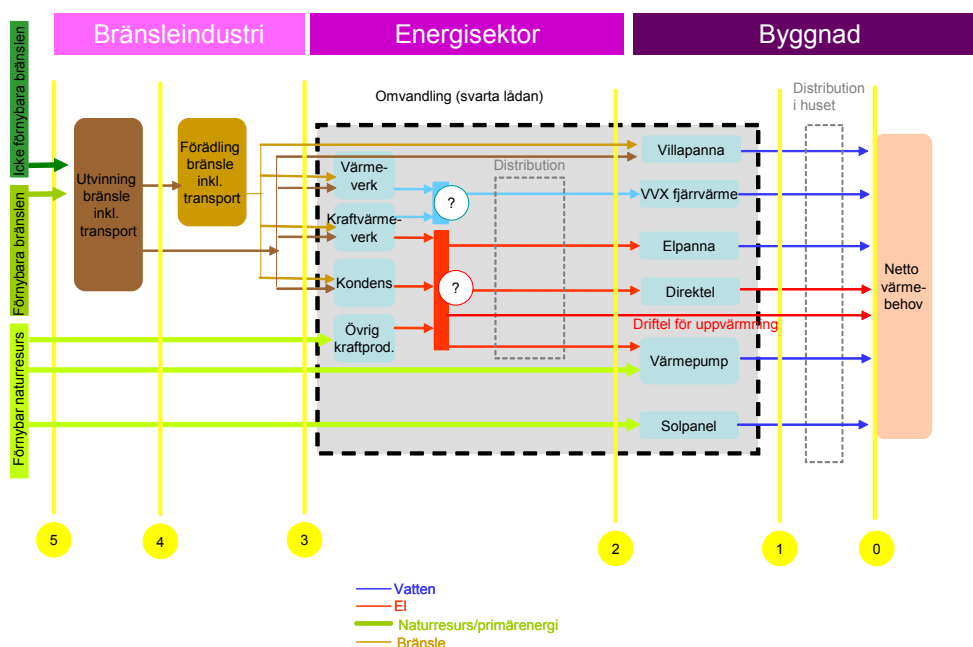
**Figur 15:** Grundstrukturen i en återkoppling enligt Wiener. Källa: Ingelstam

Det finns flera metoder för att ta hänsyn till sociotekniska aspekter vid utveckling av nya tekniska lösningar och planering av styrmedel. I Göteborg använder man sig av den så kallade backcasting-metoden vid utveckling av ”visionen om solstad Göteborg 2050”. [ [www.goteborg2050.nu](http://www.goteborg2050.nu) ]. Arkitekt Hans Eek, Göteborg Energi, och teknisk doktor Johan Swahn, institutet för Fysisk resursteori på Chalmers, ansvarar för detta samarbetsprojekt mellan Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Universitet, Göteborgs Stad och Göteborg Energi AB. Hans Eek är också upphovsman till det energieffektiva radhusområdet som uppfördes 2001 i Lindås söder om Göteborg. Husen är exempel på passiva system, de är mycket välisolerade och saknar konventionellt värmesystem. En viktig aspekt vid utvärdering av projektet har varit de sociotekniska aspekterna.

## 7 Slutsatser

Med hänsyn till syftet med denna rapport rekommenderar vi att hänsyn tas till antingen ”allt eller inget”, det vill säga vi rekommenderar att två olika systemgränser (systemgräns 1 och/eller systemgräns 5 enligt Figur 16) tillämpas:

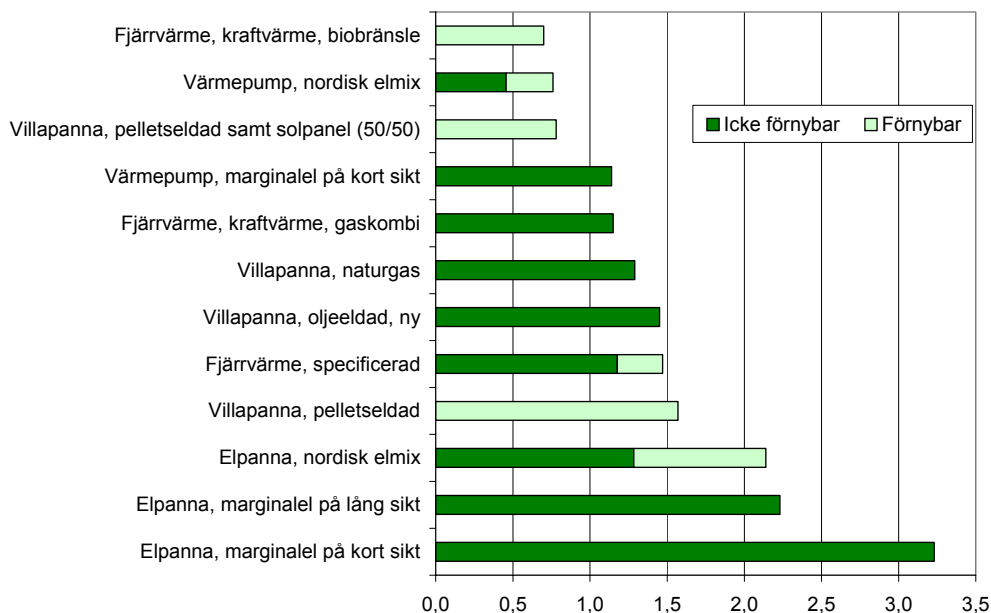
- Systemgräns 1 bör vara utgångspunkt för jämförelser av byggnaders energiprestanda, det vill säga kvaliteten på deras klimatskärmar.
- Systemgräns 5 bör tillämpas parallellt i statistiken för att illustrera hur användningen av primärenergi påverkas av att en viss uppvärmningsform används.



**Figur 16** Illustration av energivarans flöde för olika uppvärmningsformer, samt möjliga alternativa systemgränser. Källa: ÅF.

I uppdraget har ingått att jämföra användningen av primärenergi för ett tiotal identiska byggnader med samma konstanta nettovärmebehov på 20 000 kWh per år, men med olika uppvärmningssystem. Detta deluppdrag redovisas i Figur 17. I figuren framgår även hur stor andel primärenergi som är förnybar respektive icke-förnybar.





**Figur 17:** Omvandlingsfaktorer för olika uppvärmningsformer samt hur stor andel av mängden primäre energi som är icke flödande förnybar respektive icke förnybar.  
Källa: ÅF

I Energimyndighetens statistikpublikation Energiläget 2003 har omvandlingsförluster i energisektorn aggregerats. Omvandlingsförluster vid utvinning och förädling av bränslen ingår inte alls. För sektorn bostäder och service tas ingen hänsyn till omvandlingsförluster inom byggnaden. I Tabell 4 har vi tillämpat de systemgränser som rekommenderas i denna studie, och redovisar energianvändningen för varje sektor då förlusterna för slutanvändningen av energi följs upp ända till primärenergiledet. För att illustrera nettovärmebehovet i tabellen har omvandlingsförlusterna i exempelvis villapannor beräknats och särredovisats för sektorn ”Bostäder, service m m”.

Ur Tabell 4 kan vi tydligt se vissa trender för sektorn ”Bostäder, service m m”. Som en följd av ökad el- och fjärrvärmeanvändning har sektorns del av omvandlingsförlusterna i energisektorn ökat från omkring 20 TWh till 100 TWh på 30 år. Uppvärmning står för en del av denna ökade elanvändning, men även annan elanvändning ingår i uppgiften. Omvandlingsförlusterna i byggnaden har av samma skäl minskat från cirka 20 TWh till 10 TWh. Om vi tar hänsyn till energiförluster vid utvinning och förädling av bränslen, använder sektorn drygt 10 procent mer energi än vad som framgår i Energiläget 2003. För den industriella energianvändningen ser vi att användningen av köpt energi varit relativt konstant under de senaste 30 åren. Under samma tidsperiod har dock energisektorns omvandlingsförluster ökat från knappt 30 TWh till 80 TWh för den energi som levererats till industrin.



**Tabell 4** Energianvändning i Sverige fördelat på sektorer, där de indirekta förlusterna från utvinning, förädling och omvandling fördelats på respektive sektor.  
Källa: ÅF.

**Sveriges totala energianvändning 1970–2002, TWh**

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002
<b>Industri</b>								
Energianvändning	154	160	148	140	141	147	154	152
Omvandlingsförluster i energisektor	28	28	38	56	64	63	70	79
Förluster vid utvinning/förädling	16	14	13	10	8	10	11	11
<b>Transporter</b>								
Energianvändning	56	62	68	76	83	83	87	94
Omvandlingsförluster i energisektor	2	1	2	3	3	3	4	3
Förluster vid utvinning/förädling	8	8	9	10	11	11	12	13
<b>Bostäder, service m m</b>								
Energianvändning	130	125	139	149	144	149	143	149
Omvandlingsförluster i energisektor	19	26	45	87	94	101	85	101
Omvandlingsförluster i byggnaden	34	27	26	17	14	13	10	9
Förluster vid utvinning/förädling	20	19	21	21	20	22	18	21
Utrikes sjöfart och anv för icke energiändamål	33	34	25	23	31	33	38	37
<b>Totalt primärenergi</b>	<b>500</b>	<b>504</b>	<b>534</b>	<b>592</b>	<b>613</b>	<b>636</b>	<b>631</b>	<b>669</b>

## 8 Referenser

### 8.1 Litteraturförteckning

Byggnadsdeklarationsutredningen (SOU 2004:78).

Methodological guidelines. Final Report. ECLIPSE Environmental and Ecological Life Cycle Inventories for present and future Power Systems in Europe. Vattenfall (2004).

Några data om Sverige och energin. Fickfolder från Svensk Energi 2004.

The Importance of ISO and IEC International Energy Standards and a new Total Approach to Energy Statistics & Forecasting, International Sustainable Energy Organization for Renewable Energy and Energy Efficiency. On-line: <http://www.uniseo.org/implementation.html> (hämtad 2004-09-04).

Bärring, M, Nyström, O Nilsson, P-A, Olsson, F, Egard, M, Jonsson, P, El från nya anläggningar 2003, Elforsk rapportnummer: 03:14.

EN16, Statistiska centralbyrån samt Energiläget 2003, Statens energimyndighet.

Gullberg, Persson, Forsberg, Åsell, Toll (2003). Litteraturstudie: Energianvändning i byggnader – Statistik, kunskap och effektiviseringsåtgärder. Statens energimyndighet.

IVL (2003), Miljöanpassade byggnader: Generella inventeringsregler för produkter och processer. i syfte att erhålla naturvetenskapligt adderbara miljödata med hänsyn till krav i ISO 14041 Miljöanpassade byggnader. B1507.

Nässén, J, Holmberg, J (2003). Energy efficiency – a forgotten goal in the Swedish building sector. Chalmers Tekniska Högskola, Paper to be submitted to Energy Policy.

Proposal for a directive of the European parliament and of the council on energy end-use efficiency and energy services. Presented by the European Commission, Brussels, 10.12.2003. COM(2003) 739 final.

Redovisning av uppdrag att förbättra statistik- och kunskapsunderlaget om bebyggelsen energianvändning, etapp 1 (2003). Energimyndigheten DNR 00-03-3808.

Schultz, Linda (2003), Energicertifiering. EU-direktiv om byggnaders energiprestanda. EFFEKTIV Rapp 2003:02. ISBN 91-7848-937-7.

Sundlöf, C, Ringmar, D, (2003) Miljönyckeltal för energianvändning, Energi-  
ledarGruppen Nätverk Sverige.

Ingelstam (2002). System - tankar över samhälle och teknik, EB 1:2002, ISBN  
91-89184-24-6.

ISO 13601 Technical energy systems - Structure for analysis -- Energyware  
supply and demand sectors.

ISO 13602-1 Technical energy systems - Methods for analysis.

IVL (2002), Miljöindikatorer för näringslivet - utveckling och användning inom  
grafisk medieindustri, verkstadsindustri, livsmedelsindustri och trävaruindustri.,  
B 1450.

Marginal elproduktion och CO2-utsläpp i Sverige, ER14:2002, Statens energi-  
myndighet.

Nyckeltal för energianvändning i byggnader, del 2 (2002). Boverket. ISBN 91-  
7147-729-2.

Energy-Related Environmental Impact of Buildings (2001). Environmental  
framework, Annex 31.

Fjärrvärme från Göteborg Energi 2001, En certifierad miljövarudeklaration.  
Göteborg Energi 2001.

Johansson, P, Storm, M (2001). Nyckeltal för energianvändning i byggnader.  
Boverket 10127-1564/2001.

Statens energimyndighet (2001) Minska energikostnaderna i ditt hus, ET  
19:2001, Energimyndigheten.

Söderberg, Landfors, Westerlund (2001) Småhus med kombipanna. En studie av  
hur småhus med kombipanna kan förändra sin användning av energi för upp-  
värmning.

Wahlström, Olsson-Jonsson, Ekberg (2001) Miljöpåverkan från byggnaders  
uppvärmningssystem, EFFEKTIV. ISBN 91-7848-824-9.

Wahlström, Olsson-Jonsson, (2001) Miljöpåverkan från byggnaders uppvärm-  
ningssystem Etapp 2, EFFEKTIV. ISBN 91-7848-902-4.

Adalberth, Karin. *Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Byggnadsfysik, (2000). Rapport TVBH-1012, ISBN 91- 88722-20-1.

Produktspecifika regler för certifierade miljövarudeklarationer för el- och fjärrvärmeproduktion (2000). PSR 1998:1 revision 1. Miljöstyrningsrådet.

Nakienovi, Nebojasa. *Global energy perspectives*. Cambridge Univ.Press, 1998. ISBN 0-521-64200-0.

Kotas, T.J. (1995), The exergy method of thermal plant analysis, Butterworths.

Miser, H.J, Quade, E.S, (1995) Handbook of System Analysis, volume one. John Wiley & Sons, England. ISBN 0-471-90743-X.

Wene C.-O (1989)., Using a comprehensive model for community energy planning, in: L. Lundqvist *et al.* (eds.), Spatial Energy Analysis, pp. 271-295, Avebury Gower Publishing Company, Great Britain.

Quade, E.S (1989), Analysis for public decisions, 3<sup>rd</sup> edition. New York. Elsevier. ISBN 0-444-01471-3.

### World wide web

Standardiseringskommissionen, CEN. <http://www.cenorm.be/>

Energimyndigheten. <http://www.stem.se/>

Projekt Göteborg 2050. <http://www.goteborg2050.nu/>

Svensk Fjärrvärme. <http://www.fjarrvarme.org>

## 8.2 Kontakter

Anders Göransson, Profu AB

Mikael Rantil, Energiprestandautredningen

Inger Munkhammar, Statistiska Centralbyrån

Peter Johansson, Boverket

Mats Lundström, Boverket

John Rune Nielsen, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Mikael Gustafsson, Svensk Fjärrvärme

## 8.3 Mer läsning

Boström, Glad, Isaksson, Karlsson, Persson, Werner (2003). Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen I Lindås Park, Göteborg. ISSN 1403-8307.

Bodlund, B. and Ribbenhed, M (2002), Comparing the comparable in technical energy systems, *ISO BULLETIN*, 2002, pp. 12-13.

Frick, Gabrielsson (2002). Miljöpåverkan för olika slag av energiproduktion ur ett livscykelperspektiv. Examensarbete högskoleingenjörsutbildningen, KTH.

Evaluering av energimaerkningsordningen (2001), Danska Energistyrelsen.

Lundqvist, P, System Analysis and Change of Perspective – A method for studies of technical, economical and environmental constraints for energy systems. The Vallentuna Heat Pump case. Presentationsmaterial

Vattenfall's life cycle studies of electricity, Vattenfall AB and Explicare AB, 1999.

Byman K, Sundlöf C, Josefsson L. Energitekniska samband. En faktabeskrivning av olika energislag samt komponenter, anläggningar och system för energi-användning i Sverige. 1999.

Att bygga om Sverige, en antologi om boendemiljö (1998). Boinstitutet. ISBN 91-89252-02-0.

Environmentally-Adapted Local Energy Systems (1997). NUTEK B 1997:5, Naturvårdsverket Report 4733.

Olerup, Brita (1994), Good Energy Deeds. Renewable Sources Efficient Use, Lunds Universitet. ISBN 91-88360-17-2.

Ryden, Bo, Wene, Clas-Otto (1987), A systems concept for energy and environment, Chalmers tekniska högskola, Report A 87-162.

## 8.4 Förkortningar

BBR: Boverkets byggregler  
CEN: Comité Européen de Normalisation  
EPD: Environmental Product Declaration  
IVL: Svenska Miljöinstitutet  
LCA: Livscykelanalys  
LCC: Livscykelkostnad  
SCB: Statistiska Centralbyrån

## Bilaga 1: Översikt verkningsgrader

I följande avsnitt listas verkningsgrader för olika delsystemen utvinning av bränsle, bränsleförädling, energiomvandling och energidistribution. Beteckningarna i tabellen hör samman med beteckningarna i Figur 6.

**Tabell 5** Verkningsgrader för energiomvandling i byggnaden. Sammanställning av ÅF.  
För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta_{\text{omv}_{\text{bygg}}}$ Verkningsgrader för energiomvandling i byggnaden			
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Solpanel	Solenergi	$\infty$	CEN <sup>8</sup>
Abbonnentcentral	Fjärrvärme	0,99	Typhusstudien
Värmepump	Bergvärme/el	2,8	EFFEKTIV <sup>9</sup>
Blockcentral	Olja	0,8	Energimyndigheten <sup>10</sup>
Panna småhus	Ved, med ack, ny	0,8	
	Ved, med ack, äldre	0,6	
	Ved, utan ack, ny	0,6	
	Ved, utan ack, äldre	0,5	
	Ved, med ack	0,57	
	Pellets	0,75	
	Pellets	0,59	
	Naturgas	0,9	
	Naturgas	0,85	
	Olja	0,82	
	Olja, ny	0,8	
	Olja, äldre	0,7	
	Kombipanna med Olja/Pellets och el	Bränsle: 0,75-0,85 El: 0,9-0,97	Typhusstudien <sup>11</sup>
	El	0,95-0,99	

**Tabell 6** Verkningsgrader för distribution i energisektorn. Sammanställning av ÅF.  
För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta_{\text{distr}_{\text{ene}}}$ Verkningsgrader för distribution i energisektorn			
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Elnät	El	0,94	EFFEKTIV
	El	0,92	Svenska Kraftnät
Gasnät	Naturgas (från Norge)	0,95	ÅF
Fjärrvärmenät	Fjärrvärme	0,88	EFFEKTIV
	Fjärrvärme	0,85-0,95	Svensk Fjärrvärme

<sup>8</sup> Arbetsmaterial från CEN/TC 228 WG4

<sup>9</sup> Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem, rapport inom projektet EFFEKTIV

<sup>10</sup> Miljöanpassad effektiv uppvärmning

<sup>11</sup> Småhus med kombipanna. En studie av hur småhus med kombipanna kan förändra sin användning av energi för uppvärmning. K-Konsult Energi Stockholm AB, 2001.

**Tabell 7** Verkningsgrader för energiomvandling i energisektorn, Värmeproduktion. Sammanställning av ÅF. För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta_{\text{omv}_{\text{ene}}}$		Verkningsgrader för energiomvandling i energisektor			
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa	Produkt	
Hetvattenpanna	Biobränsle	0,9	PSR 1998:1 <sup>12</sup>	Värme	
	Avfall	0,9			
	Stenkol	0,9			
	Naturgas	0,9			
	Olja	0,9			
Hetvattenpanna, rökgaskondensering	Biobränsle	1,1			
	Avfall	1,0			
	Naturgas	1,05			
Ångcykel, kraftvärme	Biobränsle (ny) med rgk	1,70			Elforsk <sup>13</sup> Allokering enligt PSR
	Avfall (ny)	1,31			
	Stenkol (ny)	1,22			
Kombicykel, kraftvärme	Naturgas	1,16			
Svensk fjärrvärmeproduktion <sup>14</sup>	Mix år 2002	0,9	Egna beräkningar Svensk Fjärrvärme Allokering enligt PSR		

**Tabell 8** Verkningsgrader för energiomvandling i energisektorn, Elproduktion. Sammanställning av ÅF. För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta_{\text{omv}_{\text{ene}}}$	Verkningsgrader för energiomvandling i energisektor			EI
Ångcykel, kondens	Kärnkraft	0,33	Energitekniska samband	
Ångcykel, kondens	Biobränsle	0,38	PSR 1998:1	
	Avfall	0,35		
	Stenkol	0,46		
	Naturgas	0,47		
	Olja	0,46		
Kombicykel, kondens	Naturgas	0,58		
Vattenkraft	Rörelseenergi	0,85	Energitekniska samband <sup>15</sup>	
Vindkraft	Rörelseenergi	∞	(CEN TC 89)	
Solceller	Solenergi	∞		
Ångcykel, kraftvärme	Biobränsle (ny) med rgk	0,59	Elforsk Allokering enligt PSR	
	Avfall (ny)	0,51		
	Stenkol (ny)	0,62		
Kombicykel, kraftvärme	Naturgas	0,75		

<sup>12</sup> Produktspecifika regler för certifierade miljövarudeklarationer för el- och fjärrvärmeproduktion.

<sup>13</sup> El från nya anläggningar 2003, Elforsk

<sup>14</sup> Varav 43 procent är icke förnybara bränslen, 40 procent är förnybara bränslen och 17 procent är flödande förnybar energi.

<sup>15</sup> Energitekniska samband. ÅF-Energikonsult 1999.



Svensk elproduktion <sup>16</sup>	Mix 2003 exkl import	0,48	Egna beräkningar Nordel statistik Allokering enligt PSR	
Svensk elproduktion	Mix 2003 inkl import	0,47		
Nordisk elproduktion <sup>17</sup>	Mix 2003 exkl import	0,57		
Nordisk elproduktion	Mix 2003 inkl import	0,56		
Marginalproduktion, på kort sikt	Kolkondens	0,4	Energimyndigheten	
Marginalproduktion, på lång sikt	Naturgaskombi	0,58	Energimyndigheten	

**Tabell 9** Verkningsgrader för bränsleförädling. Sammanställning av ÅF.  
För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta$ förädl <sub>br</sub>	Verkningsgrader för bränsleförädling		
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Raffinering	Olja, beroende på kvalitet	0,91-0,96	NUTEK <sup>18</sup>

**Tabell 10** Verkningsgrader för bränsleförädling. Sammanställning av ÅF.  
För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta$ trans <sub>br</sub>	Verkningsgrader för bränsletransporter		
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Från utvinning till raffinaderi	Olja	0,995	NUTEK
Från raffinaderi till konsument	Olja	0,995	

**Tabell 11** Verkningsgrader för bränsleutvinning. Sammanställning av ÅF.  
För källor se högra kolumnen och fotnoter.

$\eta$ utv <sub>br</sub>	Verkningsgrader utvinning av bränsle		
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Flaring gases	Olja	0,94	NUTEK

<sup>16</sup> Varav 74 procent är icke förnybara bränslen, 3 procent är förnybara bränslen och 24 procent är flödande förnybar energi.

<sup>17</sup> Varav 59 procent är icke förnybara bränslen, 6 procent är förnybara bränslen och 35 procent är flödande förnybar energi.

<sup>18</sup> Environmentally-Adapted Local Energy Systems, NUTEK 1997

**Tabell 12** Verkningsgrader för hela kedjor som omfattar fler än ett omvandlings-/distributionssteg. Sammanställning av ÅF. För källor se högra kolumnen och fotnoter.

Förkommande verkningsgrader för hela kedjor			
Objekt	Energivara	Verkningsgrad	Källa
Från utvinning till konsument, inklusive transporter	Olja	0,86	NUTEK
	Naturgas	0,86	
	Propan	0,84	
	Träflis/Ved	0,96	
	Träpellets	0,85-0,9	
Från utvinning till värme hos konsument (villapanna)	Olja	0,71	EPD <sup>19</sup>
Från utvinning av bränsle till Fjärrvärme, Göteborg	Mix	0,78	

**Tabell 13** Verkningsgrader för hela kedjor som omfattar fler än ett omvandlings-/distributionssteg. Sammanställning av ÅF. För källor se högra kolumnen och fotnoter.

Förkommande <b>primärenergifaktorer</b> för hela kedjor			
Objekt	Energivara	Primärenergifaktor	Källa
Från utvinning till förbränningsanläggning	Kol	1,2-1,3	CEN
	Olja	1,1	
	Naturgas	1,1	
	Spillvärme	0,05	
	Trädbränslen	0,1	
	Avfall	0,0	

<sup>19</sup> Fjärrvärme från Göteborg Energi 2001, en certifierad miljövarudeklaration.

## **Bilaga 2:**

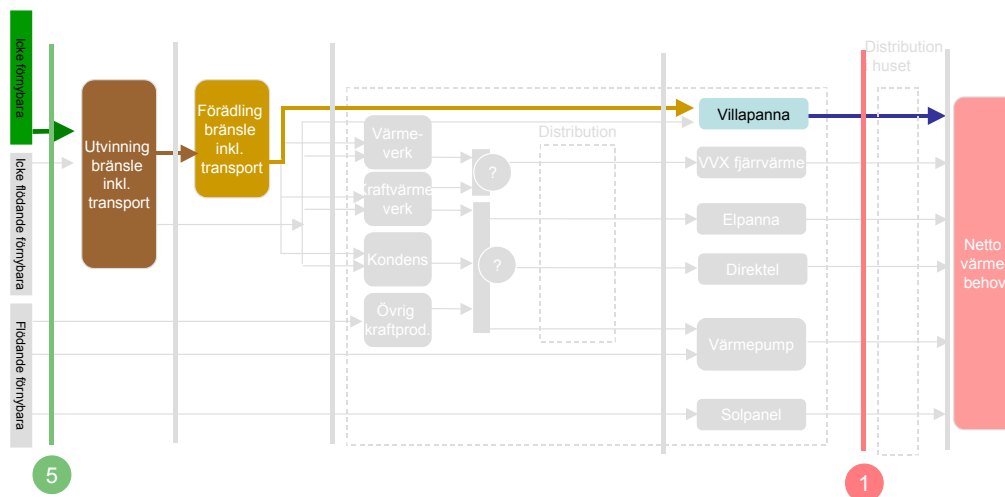
### **Tolv exempel på olika uppvärmningsformers indirekta användning av primärenergi**

I bilaga 2 redovisas beräkningar av använd mängd primärenergi för en byggnads uppvärmningsbehov. Utgångspunkten är ett nettobehov på 20 000 kWh per år. Byggnaderna är identiska med undantag för vilken typ av uppvärmning som används. De exempel som redovisas är:

- Elpanna, marginalet på kort sikt
- Elpanna, marginalet på lång sikt
- Elpanna, nordisk elmix
  
- Fjärrvärme, biobränslebaserad kraftvärme
- Fjärrvärme, kraftvärme, gaskombi
- Fjärrvärme, specificerad
  
- Villapanna, oljeeldad, ny
- Villapanna, pelletseldad
- Villapanna, pelletseldad kombinerat med solpanel
- Villapanna, naturgas
  
- Värmepump, marginalet på kort sikt
- Värmepump, nordisk elmix

Vid beräkning av exemplen har företrädesvis verkningsgrader enligt Bilaga 1: Översikt verkningsgrader med Statens energimyndighet som källa använts.

## Villapanna - olja



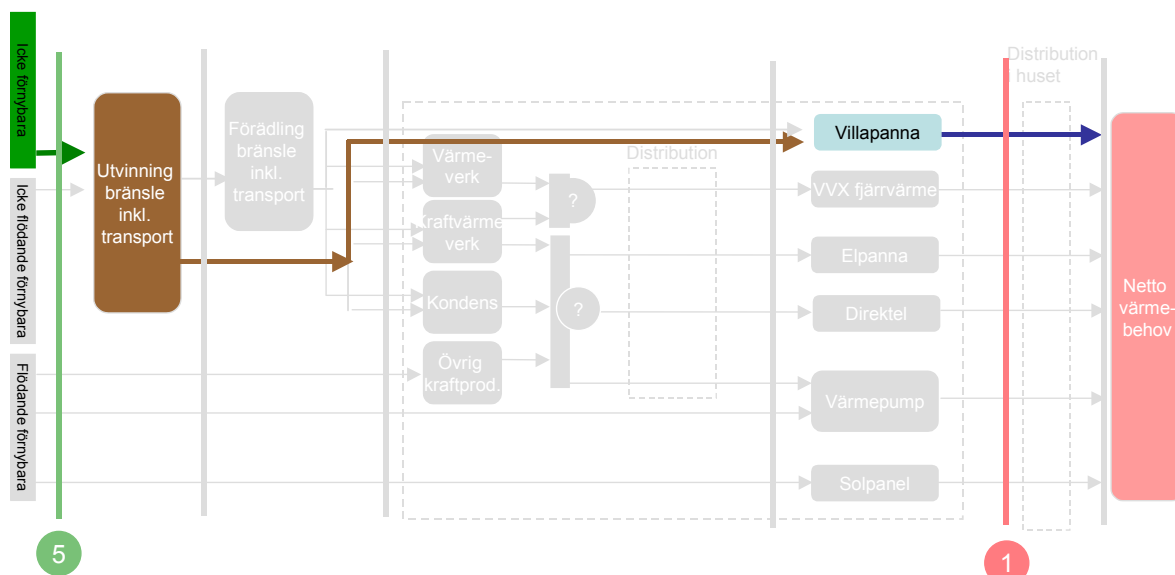
En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en oljeeldad villapanna har inga förluster inom energisektorn. Dock uppstår förluster vid utvinning och förädling av bränslet, samt att det går åt energi vid nödvändiga transporter. Omvandlingsförluster uppstår även i villapannan, som har en lägre verkningsgrad än storskaliga anläggningar. I exemplet har antagits att villapannan är relativt ny. Den totala verkningsgraden beräknas enligt följande:

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,86
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	1,0
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	1,0
Verkningsgrad omvandling i villapannan:	0,8
Totalverkningsgrad:	0,69

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 1,45.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en oljepanna medför alltså en indirekt primärenergianvändning på 29 000 kWh icke förnybar energi.

## Villapanna - naturgas



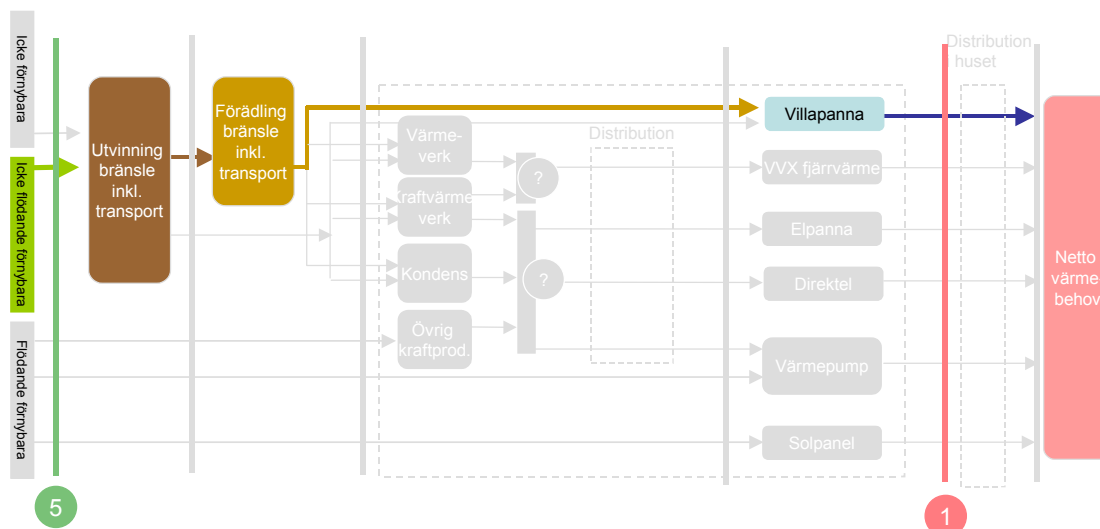
En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en gaseldad villapanna har inga förluster inom energisektorn. Dock uppstår förluster vid utvinning och förädling av bränslet, samt att det går åt energi vid nödvändiga transporter. Omvandlingsförluster uppstår även i villapannan, som vid gaseldning ändå har en relativt hög verkningsgrad jämfört med andra villapannor. Den totala verkningsgraden beräknas enligt följande:

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,86
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	1,0
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	1,0
Verkningsgrad omvandling i villapannan:	0,9
Totalverkningsgrad:	0,77

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 1,29.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en gaseldad villapanna medför alltså en indirekt primärenergianvändning på 26 000 kWh icke förnybar energi.

## Villapanna - pellets



En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en pelletseldad villapanna har inga förluster inom energisektorn. Dock uppstår förluster vid utvinning och förädling av bränslet, samt att det går åt energi vid nödvändiga transporter. Omvandlingsförluster uppstår även i villapannan. Den totala verkningsgraden beräknas enligt följande:

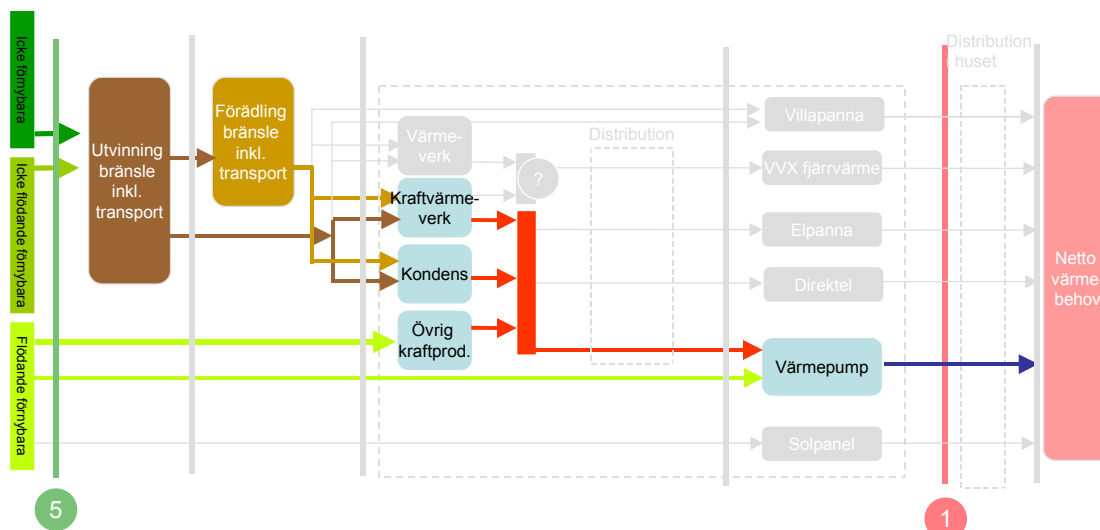
Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,85
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	1,0
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	1,0
<u>Verkningsgrad omvandling i villapannan:</u>	<u>0,75</u>
Totalverkningsgrad:	0,64

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 1,57.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en pelletseldad villapanna medför alltså en indirekt primärenergianvändning på 31 000 kWh förnybar energi.



## Värmepump – nordisk mix



En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en bergvärmepump använder el förutom bergvärme med omvandlingsfaktor 0. Eftersom värmepumpen har en värmefaktor på 2,8 kan uppvärmningssystemet kan därför betraktas som en elpanna med 280 procents verkningsgrad. Elen antas i detta fall utgöras av nordisk elmix. För förluster i leden utvinning och förädling antas förenklat att 2/3 av elproduktionen sker med bränslen och 1/3 med vattenkraft. Verkningsgrad för utvinning, förädling tillämpas endast för bränsledelen. Verkningsgrad beräknas för energiflödet med och utan förluster för utvinning och den totala verkningsgraden blir det viktade medelvärde. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,85 eller 1,0
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	0,57
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,92
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	2,8
Totalverkningsgrad:	$1,32^{20}$

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 0,76.

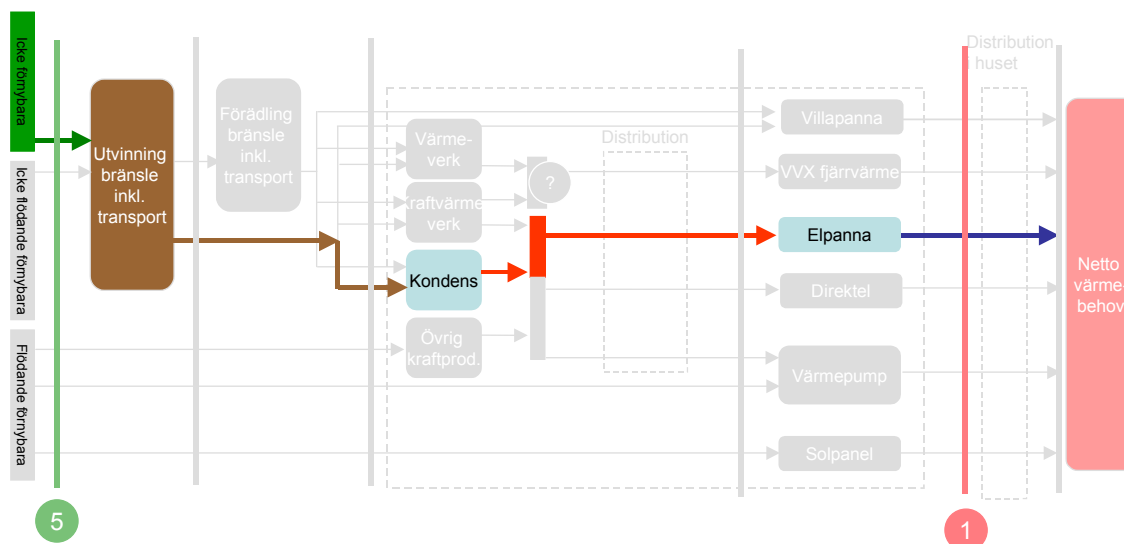
En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en värmepump som drivs av el beräknat som den nordiska elmixen använder indirekt 15 000 kWh primäreenergi. Omkring 40 procent av primärenergien som använts för produktionen av el är förnybar.

<sup>20</sup> Beräknat enligt följande:  $2/3 * (0,85 * 0,57 * 0,92 * 2,8) + 1/3 (1 * 0,57 * 0,92 * 2,8) = 1,32$





## Villapanna – el, marginal kort sikt



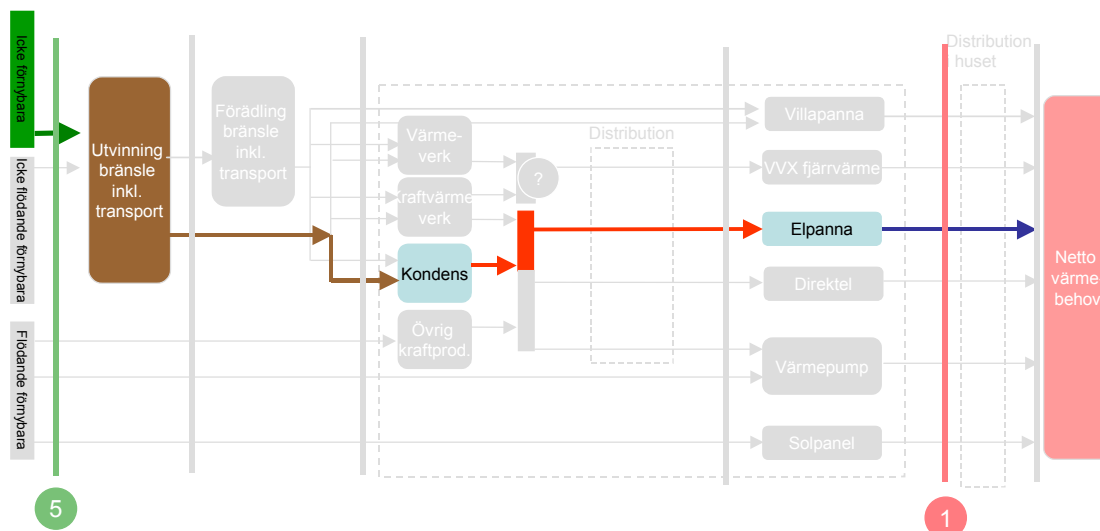
En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en villapanna utgör ett uppvärmningssystem med hög verkningsgrad för energiomvandlingen i byggnaden. Den primärenergi som används beror främst att hur elen antas ha producerats. I detta fall utgår vi från marginalet på kort sikt. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,85
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	0,4
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,92
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	0,99
Totalverkningsgrad:	0,31

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 3,23.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en villapanna som drivs av el beräknat som marginalet på kort sikt använder indirekt 65 000 kWh icke förnybar primärenergi.

## Villapanna – el, marginal lång sikt



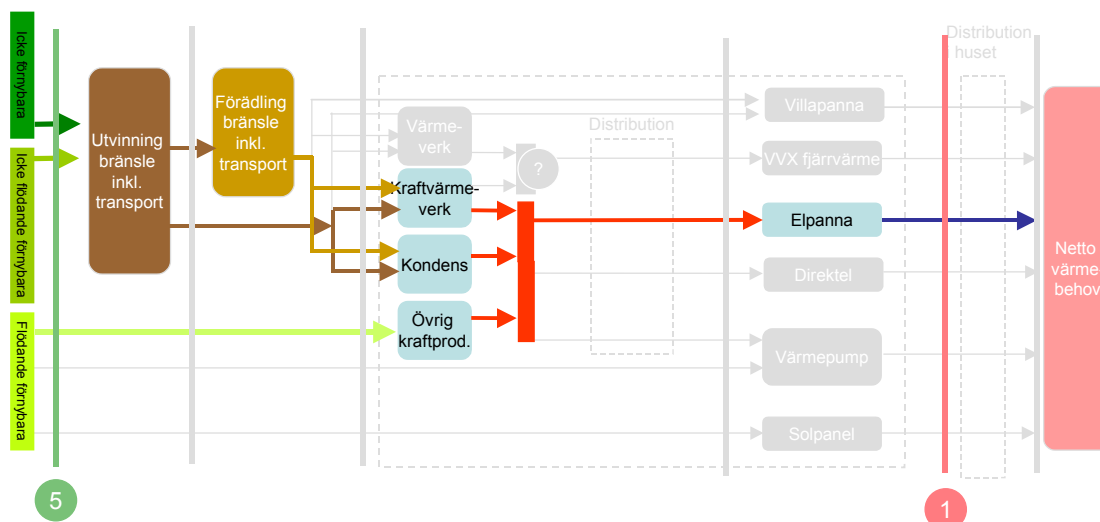
En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en villapanna utgör ett uppvärmningssystem med hög verkningsgrad för energiomvandlingen i byggnaden. Den primärenergi som används beror främst att hur elen antas ha producerats. I detta fall utgår vi från marginalet på lång sikt. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,85
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	0,58
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,92
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	0,99
Totalverkningsgrad:	0,45

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 2,23.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med en villapanna som drivs av el beräknat som marginalet på lång sikt använder indirekt 45 000 kWh icke förnybar primärenergi.

## Villapanna – el, nordisk mix



En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av en elpanna utgör ett uppvärmningssystem med hög verkningsgrad för energiomvandlingen i byggnaden. Den primärenergi som används beror främst att hur elen antas ha producerats. I detta fall utgår vi från nordisk elmix. För förluster i leden utvinning och förädling antas förenklat att 2/3 av elproduktionen sker med bränslen och 1/3 med vattenkraft. Verkningsgrad för utvinning, förädling tillämpas endast för bränsledelen. Verkningsgrad beräknas för energiflödet med och utan förluster för utvinning och den totala verkningsgraden blir det viktade medelvärde. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

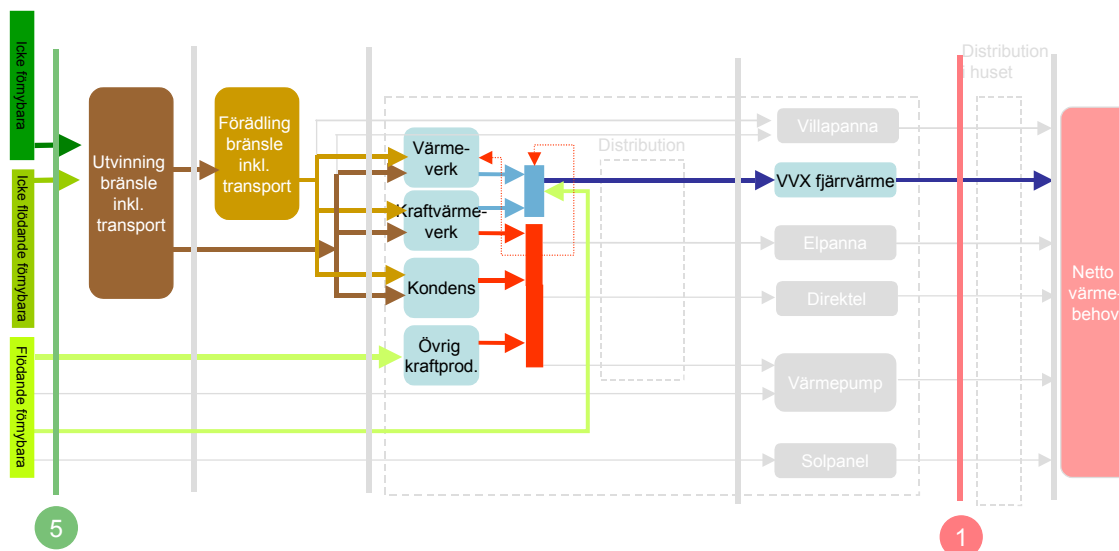
Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,85 eller 1
Verkningsgrad omvandling i energisektorn:	0,57
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,92
<u>Verkningsgrad omvandling i byggnaden:</u>	<u>0,99</u>
Totalverkningsgrad:	0,47 <sup>21</sup>

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 2,1.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser hälften av detta med en villapanna som drivs av el beräknat som nordisk elmix använder indirekt 43 000 kWh primärenergi. Omkring 40 procent av primärenergin som använts är förnybar.

<sup>21</sup> Beräknat enligt följande:  $2/3 * (0,85 * 0,57 * 0,92 * 0,99) + 1/3 (1 * 0,57 * 0,92 * 0,99) = 0,47$

## Fjärrvärme – specificerad, Göteborg, nordisk elmix



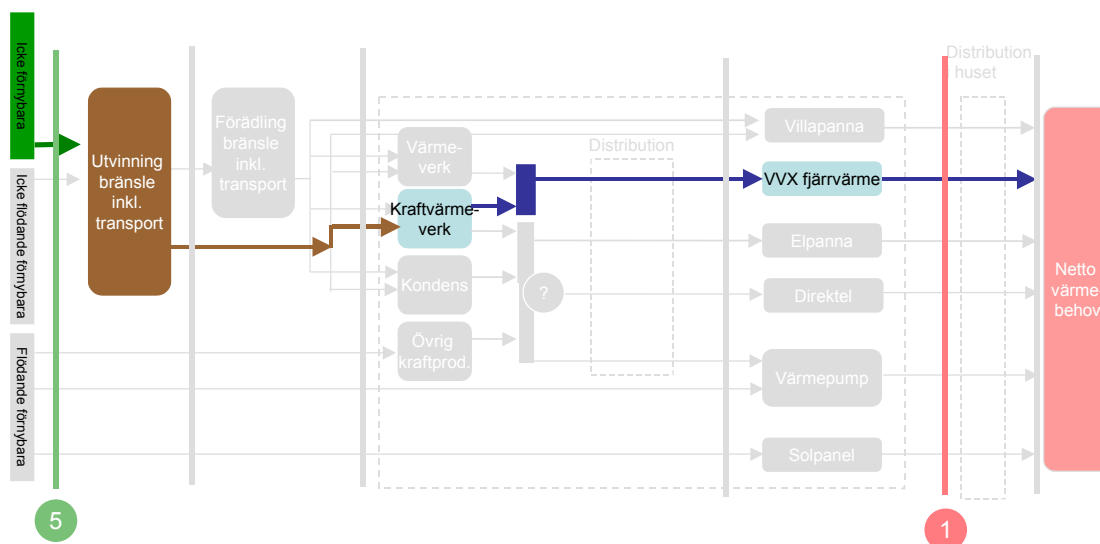
En villa vars uppvärmningsbehov tillgodoses av fjärrvärme i Göteborg använder energi från en mycket diversifierad produktionsmix. Användningen av energivärden för produktion av fjärrvärme har beräknats utifrån uppgifter som anges i företagets miljövarudeklaration. I Miljövarudeklarationen har förbrukade energiresurser för produktion av en kWh fjärrvärme beräknats utifrån ett livscykelperspektiv både för energiresursen som används vid drift av anläggningen och de energiresurser som har gått åt respektive kommer att gå åt vid byggnation/rivning av energianläggningarna. En mer detaljerad beskrivning av beräkningen framgår ur bilaga 4. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning, förädling och omvandling:	0,78
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,88
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	0,99
Totalverkningsgrad:	0,68

Denna totalverkningsgrad ger en omvandlingsfaktor på 1,47.

En villa i Göteborg som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med fjärrvärme använder indirekt 29 000 kWh primäreenergi. En femtedel av primärenergien är förnybar.

## Fjärrvärme – naturgaskombi, kraftvärme



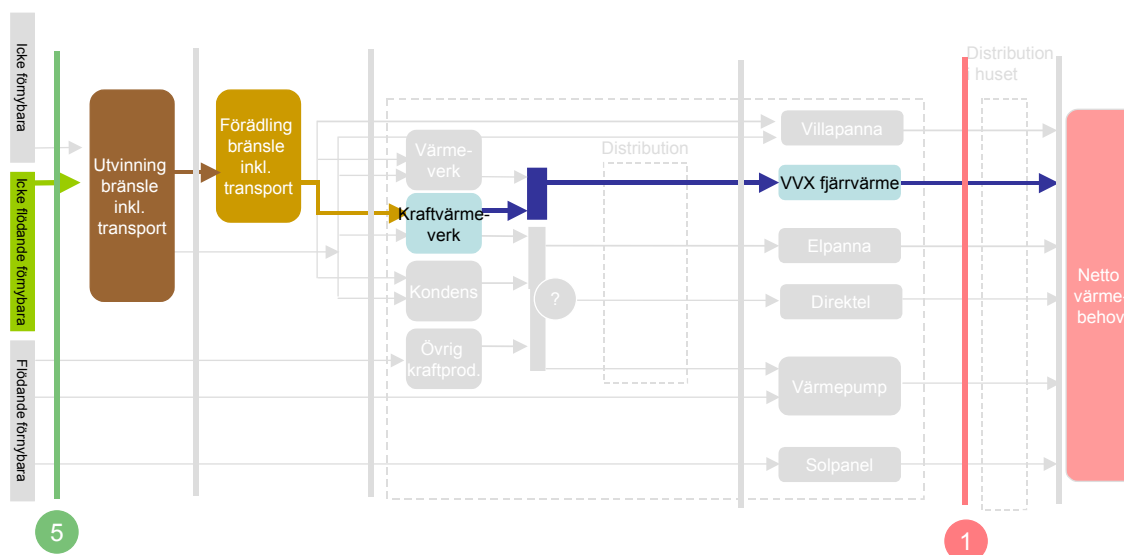
Produktion av fjärrvärme sker oftast i en kombination av flera anläggningar som fyller olika syften i fjärrvärmesystemet. I detta exempel antas ändå att en villa värms upp med fjärrvärme som producerad i en gaskombianläggning eldad med naturgas. Anläggningen går i kraftvärmedrift och alternativproduktionsmetoden har använts för att fördela förlusterna på värme respektive el. En beskrivning av alternativproduktionsmetoden finns i bilaga 6. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,86
Verkningsgrad omvandling:	1,16
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,88
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	0,99
Totalverkningsgrad:	0,87

Totalverkningsgraden för hela uppvärmningssystemet ger en omvandlingsfaktor på 1,15.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med fjärrvärme från en naturgaskombi i kraftvärmedrift använder indirekt 23 000 kWh icke förnybar primäre energi.

## Fjärrvärme – biobränsle, kraftvärme



Produktion av fjärrvärme sker ofta i en kombination av flera anläggningar som fyller olika syften i fjärrvärmesystemet. I detta exempel antas ändå att en villa värms upp med fjärrvärme som producerad i en kraftvärmeanläggning (ångcykel) eldad med skogsflis. Alternativproduktionsmetoden har använts för att fördela förlusterna på värme respektive el. En beskrivning av alternativproduktionsmetoden finns i bilaga 6. Den totala verkningsgraden för värmeförsörjningen framgår nedan.

Verkningsgrad utvinning och förädling:	0,96
Verkningsgrad omvandling:	1,70
Verkningsgrad distribution i energisektorn:	0,88
Verkningsgrad omvandling i byggnaden:	0,99
Totalverkningsgrad:	1,42

Totalverkningsgraden för hela uppvärmningssystemet ger en omvandlingsfaktor på 0,7.

En villa som årligen använder 20 000 kWh värme netto och tillgodoser detta med fjärrvärme från ett fliseldat kraftvärmeverk använder indirekt 14 000 kWh förnybar primäre energi.

## Bilaga 3: Beräkning av omvandlingsfaktorer för svensk och nordisk elmix

Uppgifterna nedan kommer från Nordel. Generella omvandlingsfaktorer har använts för el från kraftvärme och kondenskraft, oavsett bränsle.

Elproduktion 2003, GWh	Levererad el		Omvandlingsfaktor <sup>22</sup>	Tillförd energi för omvandling	
	Sverige	Nordel		Sverige	Nordel
Vattenkraft	52 976	168 303	1,18	62 512	198 598
Kärnkraft	65 458	87 277	2,9	189 828	253 103
Övrig värmekraft – kondens	1 697	21 884	2,5	4 243	54 710
Övrig värmekraft – kraftvärme	6 406	58 220	1,7	10 890	98 974
Övrig värmekraft – ind. mottryck	5 254	20 652	1,7	8 932	35 108
Övrig värmekraft – gasturbiner etc.	125	445	2,8	350	1 246
Vindkraft	631	6 497	0	-	-
<b>Summa exkl import</b>	<b>132 547</b>	<b>363 278</b>		276 754	641 739
Sammanvägd omvandlingsfaktor, exkl import				<b>2,1</b>	<b>1,8</b>
Net imports condensing power	12 900	17 100	2,5	32 250	42 750
<b>Summa inkl import</b>	<b>145 447</b>	<b>380 378</b>		<b>309 004</b>	<b>684 489</b>
Sammanvägd omvandlingsfaktor, inkl import				<b>2,1</b>	<b>1,8</b>

Värmekraften kan delas upp på förnybara bränslen respektive icke förnybara bränslen enligt nedan. Avfall har antagits utgöra förnybart bränsle. Torv har antagits utgöra icke förnybart bränsle.

<b>Andel förnybara bränslen för värmekraftproduktion år 2003:</b>
Sverige: 26 procent
Nordel: 38 procent

<sup>22</sup> Beräknade utifrån uppgifter om verkningsgrader i Tabell 8 i Bilaga 1: Översikt verkningsgrader.



## Bilaga 4: Beräkning av omvandlingsfaktorer för specificerad fjärrvärme, Göteborg

I den miljövarudeklaration som gjorts för Göteborg Energis fjärrvärmemix redovisas användning av energiresurser som g/kWh fjärrvärme. Redovisningen tar förutom resursanvändning i driftsskedet även hänsyn till resursanvändning för byggnation och rivning etc. De har alltså antagit ett livscykelperspektiv. Den beräknade omvandlingsfaktorn anger energimängd i kWh som tillförts energisektorn per kWh fjärrvärme levererad. Omvandlingsfaktorn har beräknats till 1,28 varav 80 procent är icke förnybart.

Energivara	Använd energiresurs [g/kWh fjv]	Energiinnehåll [kWh/kg]	kWh tillfört per kWh fjv
Uranmalm	0,0038	140000	0,53
Kol	0,42	7,56	0,00
Naturgas	27	14,4	0,39
Råolja	5,6	11,8	0,07
Tallbecksolja	2,3	10,7	0,02
Vattenkraft, kWh	0,0071		0,01
Avfall förnybart	78	2,8	0,22
Avfall icke förnybart	14	2,8	0,04
<b>Omvandlingsfaktor</b>			<b>1,28</b>

## Bilaga 5: Beräkning av svensk fjärrvärmemix

Nedanstående redovisning visar beräkning av omvandlingsfaktor för den svenska fjärrvärmemixen år 2002. Uppgifterna kommer från Svensk fjärrvärmes årsstatistik. Omvandlingsfaktorn omfattar stegen från tillfört bränsle till energisektorn till levererad värme till fjärrvärmenätet. Distributionsförlusterna ingår inte. Elanvändning har antagits bestå av nordisk elmix år 2003. Verkningsgraden för värmeproduktion i kraftvärmeverk har antagits till 1,3 utgående från olika anläggningars verkningsgrader enligt Bilaga 6.

	Tillfört	Verkningsgrad omvandling	Efter omvandlings- förluster
Bränsle i värmeverk	43	0,9	39
Bränsle i kraftvärmeverk	4,0	1,3	5,2
Spillvärme	3,7	1	3,7
Tillförd energi för elproduktion	5,3	0,60	3,2
Gratisvärme	4,4	1	4,4
<b>Totalt tillfört</b>	<b>60,7</b>		<b>55</b>

Omvandlingsfaktorn blir förhållandet mellan tillförd energi och levererad energi: 1,1.

Andel förnybar energi år 2002:	
Förnybara bränslen	57

## Bilaga 6: Beräkning av allokeringsfaktorer för el och värme vid kraftvärmeproduktion

Uppgifterna om olika anläggningars verkningsgrad och alfavärde nedan kommer från Elforsks rapport Elproduktion från nya anläggningar.

		Verkningsgrad, kraftvärme	Alfa-värde	Input		Output		Alternativ-verkningsgrad		Input alternativ produktion			Bränsle-fördelning %		Verkningsgrad %	
				Totalt	Totalt	Varav el	Varav värme	El	Värme	El	Värme	Totalt	El	Värme	El	Värme
Ångcykel	Biobränsle	1,1	0,4 <sup>23</sup>	100	110	31	79	0,38	1,1	83	71	154	54	46	59	170
	Avfall	0,95	0,32	100	95	23	72	0,35	0,9	66	80	146	45	55	51	131
	Stenkol	0,89	0,62	100	89	34	55	0,46	0,9	74	61	135	55	45	62	122
Kombi	Naturgas	0,9	1,1 <sup>24</sup>	100	90	47	43	0,58	0,9	81	48	129	63	37	75	116

Resonemang enligt följande exempel:

- Verkningsgraden för kraftvärmeproduktion i en ångcykel eldad med avfall är 95 procent. Av 100 enheter inmatad energi erhålls 72 enheter värme och 23 enheter el.
- Vid alternativproduktion hade det åtgått totalt 146 enheter energi:
  - 80 enheter för värmeproduktion (55 procent)
  - 66 enheter energi för elproduktion (45 procent)
- Bränsleförbrukningen vid kraftvärmedrift, 100 enheter, fördelas efter samma proportion som vid separat produktion ovan, dvs
  - 55 enheter på värmeproduktion
  - 45 enheter på elproduktion
- Verkningsgraden för el respektive värme beräknas som producerad mängd genom beräknad fördelning för bränsleförbrukning
  - för värmeproduktion  $72/55 = 131$  procent
  - för elproduktionen  $23/45 = 51$  procent

<sup>23</sup> Intervall mellan 0,32 och 0,46.

<sup>24</sup> Intervall mellan 1,05 och 1,2