

Produktutveckling inom byggnadsindustrin – koncept för energi- och miljöutvärdering

En studie av Ekomerkonceptet kontra
ett standardhuskoncept

Håkan Stripple Anna Jarnehammar
B1688
April 2006

Rapporten godkänd
2006-08-23



Lars-Gunnar Lindfors
Forskningschef

<p>Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB</p>	<p>Rapportsammanfattning</p>
<p>Adress Box 5302 400 14 Göteborg</p>	<p>Projekttitel Produktutveckling inom byggnadsindustrin – koncept för energi- och miljöutvärdering</p>
<p>Telefonnr 031-725 62 00</p>	<p>Anslagsgivare för projektet Karlson HusIndustrier AB och SIVL</p>
<p>Rapportförfattare Håkan Stripple och Anna Jarnehammar</p>	
<p>Rapporttitel och undertitel Produktutveckling inom byggnadsindustrin – koncept för energi- och miljöutvärdering. - En studie av Ekomerkonceptet kontra ett standardhuskoncept</p>	
<p>Sammanfattning</p> <p>Bostadssektorn utgör en betydande industriell sektor i Sverige och driften av våra bostäder står för en betydande del av samhällets energiresursanvändning. Utformningen av våra bostäder är därför en viktig samhällsangelägenhet och av strategisk betydelse för Sverige inte minst ur energisynpunkt. Fastigheter har en lång livslängd, ofta mer än 100 år. Produktionstekniken av fastigheter under 1800-talet och början av 1900-talet påverkar oss därför kraftigt idag. Likaså kommer dagens husprodukter att påverka situationen under de närmaste 100 åren. En viktig fråga är då hur morgondagens samhälle kommer att se ut och vilka krav som kommer att ställas på det framtida bostadsbeståndet. En utvecklingsverksamhet mot energisnåla och miljöeffektiva hus pågår på flera platser och olika koncept och inriktningar provas. En viktig aspekt är att, på ett objektivt sätt, kunna utvärdera olika koncept och eventuellt kunna jämföra dessa med en framtida kravprofil. Hur väl uppfyller ett koncept de framtida behoven? Vilka aspekter är viktiga och vilka aspekter kan försummas? Till vilka områden skall utvecklingsverksamheten riktas för att bli effektiva?</p> <p>Det föreliggande projektet har haft som mål att skapa ett verktyg för ovanstående analyser och att använda det framtagna verktyget på två typer av fastigheter – en standardvilla och ett nyutvecklat s.k. Ekomerhus med förbättrade ekologiska och energimässiga prestanda. Båda huskoncepten är från KarlsonHus. Analysmetodiken har baserats på ett systemtänkande. I projektet har en livscykelanalysmetodik använts där hela fastigheten analyserats från råvaruproduktion via byggnation och användning till avfallshanteringen. Metodiken som har använts baseras på en livscykelinventering (LCI) enligt riktlinjerna i ISO 14040 och ISO 14041.</p>	
<p>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Husbyggnation, energi, ekohus, miljö, uppvärmning, materialval.</p>	
<p>Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1688</p>	
<p>Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm</p>	

Förord

Föreliggande arbete utgör en del av arbetet med att skapa ett hållbart boende och ett hållbart byggande i Sverige. Rapporten behandlar i huvudsak en systemstudie av två olika koncept för husbyggnad nämligen ett traditionellt standardhus och ett s.k. Ekomer-hus där speciella åtgärder vidtagits för att förbättra husets miljö- och energiprestanda. Projektet ingår som en del i det samfinansierade projektet Trästad ett uthålligt koncept inom ramen för Stiftelsen IVL (SIVL). Denna del av projektet har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet i samarbete med Karlson HusIndustrier AB och har finansierats av Karlson HusIndustrier AB och Naturvårdsverket genom SIVL. Projektgruppen har haft följande sammansättning:

Håkan Stripple, IVL
Anna Jarnehammar, IVL
Simone Kreutzer, KarlsonHus
Carl-Gunnar Petersson, KarlsonHus

Göteborg 24 april 2006

Håkan Stripple

Sammanfattning

Bostadssektorn utgör en betydande industriell sektor i Sverige och driften av våra bostäder står för en betydande del av samhällets energiresursanvändning. Utformningen av våra bostäder är därför en viktig samhällsangelägenhet och av strategisk betydelse för Sverige inte minst ur energisynpunkt. Fastigheter har en lång livslängd, ofta mer än 100 år. Produktionstekniken av fastigheter under 1800-talet och början av 1900-talet påverkar oss därför kraftigt idag. Likaså kommer dagens husprodukter att påverka situationen under de närmaste 100 åren. En viktig fråga är då hur morgondagens samhälle kommer att se ut och vilka krav som kommer att ställas på det framtida bostadsbeståndet. En utvecklingsverksamhet mot energisnåla och miljöeffektiva hus pågår på flera platser och olika koncept och inriktningar provas. En viktig aspekt är att, på ett objektivt sätt, kunna utvärdera olika koncept och eventuellt kunna jämföra dessa med en framtida kravprofil. Hur väl uppfyller ett koncept de framtida behoven? Vilka aspekter är viktiga och vilka aspekter kan försummas? Till vilka områden skall utvecklingsverksamheten riktas för att bli effektiva?

Det föreliggande projekt har haft som mål att skapa ett verktyg för ovanstående analyser och att använda det framtagna verktyget på två typer av fastigheter – en standardvilla och ett nyutvecklat s.k. Ekomerhus med förbättrade ekologiska och energimässiga prestanda. Båda huskoncepten är från KarlsonHus. Analysmetodik har baserats på ett systemtänkande. I projektet har en livscykelanalysmetodik använts där hela fastigheten analyserats från råvaruproduktion via byggnation och användning till avfallshanteringen. Metodiken som har använts baseras på en livscykelinventering (LCI) enligt riktlinjerna i ISO 14040¹ och ISO 14041².

Det bör dock påpekas att en livscykelanalys är mycket komplex varför egentligen många olika parametrar bör vägas in vid en totalanalys. Metoder för viktning och värdering finns men dessa är långt ifrån kompletta. Processerna i modellen är emellertid relativt okomplicerade vad beträffar miljö- och energiaspekterna. Inga allvarliga miljöproblem med processerna har kunnat identifieras och många processer är direkt energi- och förbränningsrelaterade. Detta gör att man med fördel kan analysera totalresultatet med utgångspunkt från några få parametrar som t.ex. energianvändningen, CO₂-emissionen, NO_x- och SO₂-emissionen och resursanvändningen.

En byggnad hör till samhällets infrastruktur och är tänkt att användas under lång tid, ofta mer än 100 år. Det är därför viktigt att ta fasta på en långsiktig analys och jämföra denna med en trolig samhällsutveckling under samma tidsperiod. Vid analysen av energianvändningen under 100 år framgår, för båda huskoncepten, att energianvändningen vid tillverkningen av husen är liten i jämförelse med den energi som åtgår för driften av husen under 100 år. Det är alltså viktigare att se till att huset får låg energiförbrukning än att de material man använder har låg energiförbrukning vid tillverkningen så länge som materialen inte är direkt miljöstörande eller hälsovådliga. Det viktigaste för husmaterialen (t.ex. isoleringen) är att de ger huset en låg energiförbrukning och att de håller en hög teknisk kvalitet så att byggnationsarbetet inte måste göras om i förtid. En förväntad ökad brist på energi under den närmaste 100-årsperioden förstärker också dessa slutsatser.

Ekomerkonceptet ger här betydande reduktioner av energianvändningen. Detta koncept ger också en ökad andel av förnybara energiresurser (pellets) och därmed en minskning av CO₂-emissionerna. Detta medför dock också ökade NO_x- och SO₂-emissioner (och också andra emissioner som är relaterade till pelletsförbränning). Detta gäller dock under förutsättning att svenskproducerad el

¹ Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework., ISO 14040:1997.

² Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis., ISO 14041:1998.

används. Användningen av solfångare i Ekomerhuset är också positivt för att minska energiresursanvändningen (solenergin kan ses som en fri resurs). Användningen av olika uppvärmningssystem har visat sig vara en viktig aspekt för husets helhetsprestanda under 100 år. Likaså att välja ett system med hög verkningsgrad och låga emissioner. Att välja svenskproducerad el ger i dagsläget låga emissioner (vattenkraft och kärnkraft) men problemet är att tillgången på denna el är begränsad och marginalproducerad el med t.ex. kolkondenskraftverk ger mycket sämre miljö- och energiprestanda. Byte till biobränsle ger en minskning av de fossila CO₂-emissionerna och en ökad användning av förnybara energiresurser men kan ge ökade emissioner av t.ex. NO_x, SO₂ och kolväten. Slutligen ger en energiåtervinning av husets material efter livstidens slut, under de flesta förhållanden, en betydande minskning av både energiresursanvändningen och emissionerna.

Analysen av materialresursanvändningen visar också på att denna inte är någon kritisk aspekt vid tillverkningen och att materialresursanvändningen är relativt lika för de olika konstruktionskoncepten.

Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

1	Inledning.....	1
2	Analysmetodik	2
3	Systembeskrivning och modellstruktur.....	2
4	Datainsamling och inventering	5
5	Beskrivning av de undersökta husen samt scenariebeskrivning för datormodelleringen	6
6	Resultat och slutsatser	10
6.1	Inledning.....	10
6.2	Produktionen av husen samt materialhanteringen.....	10
6.2.1	Analys av energisystemet - 0 år	11
6.2.2	Analys av emissioner - 0 år.....	13
6.2.2.1	CO ₂ -emissioner.....	13
6.2.2.2	NO _x - och SO ₂ -emissioner	15
6.2.3	Analys av resursförbrukningen - 0 år	16
6.3	Totalresultat vid 100 års beräkningstid.....	18
6.3.1	Analys av energisystemet – 100 år	18
6.3.2	Analys av emissioner - 100 år	19
6.3.2.1	CO ₂ -emissioner.....	19
6.3.2.2	NO _x - och SO ₂ -emissioner	21
6.3.3	Analys av resursförbrukningen - 100 år.....	23
6.4	Totalresultat vid 10 års beräkningstid	25
6.4.1	Analys av energisystemet - 10 år	25
6.4.2	Analys av emissioner - 10 år	28
6.4.2.1	CO ₂ -emissioner.....	28
6.4.2.2	NO _x - och SO ₂ -emissioner	31
6.4.3	Analys av resursförbrukningen - 10 år	33
7	Sammanfattande diskussion och slutsatser	34
	Appendix 1: Total resultattabell för standardhuset under en 100 års beräkningsperiod.	36
	Appendix 2: Total resultattabell för ekomerhuset under en 100 års beräkningsperiod.....	44

1 Inledning

Bostäder är en av mänsklighetens mest primära behov och påverkar starkt vår livskvalitet både i form av boendekvaliteten och den omgivande livskvaliteten som berör människors hälsa och naturens välbefinnande. Bostadssektorn utgör en betydande industriell sektor i Sverige och driften av våra bostäder står för en betydande del av samhällets energiresursanvändning. Utformningen av våra bostäder är därför en viktig samhällsangelägenhet och av strategisk betydelse för Sverige inte minst ur energisynpunkt.

Tekniken att bygga bostäder har långa traditioner i alla länder. I alla tider har de yttre omständigheterna såsom tillgänglig teknik, tillgången på råmaterial och tillgången på energi styrt utformningen av bostäderna. Från ett mycket traditionellt byggande fram till mitten av 1900-talet har en stark utveckling skett inom bostadsbyggandet de senaste decennierna. Nya tekniker och nya material har utvecklats vilket har inneburit många utmaningar för byggnadsindustrin. Med starten i oljekrisen i början av 1970-talet har en ökad medvetenhet om energifrågorna också infunnit sig och med dem också en ökad miljömedvetenhet. Medvetenheten om problemens betydelse har ökat ytterligare och EU inför nu ett direktiv som innebär att de flesta byggnader ska energideklarerars med syftet att minska EU:s importberoende av fossila bränslen samtidigt som åtagandet inom Kyotoprotokollet att minska utsläppen av koldioxid ska klaras. Dessa problemområden är idag starka drivkrafter för den tekniska utvecklingen inom byggnadsindustrin.

Fastigheter har en lång livslängd, ofta mer än 100 år. Produktionstekniken av fastigheter under 1800-talet och början av 1900-talet påverkar oss därför kraftigt idag. Likaså kommer dagens husprodukter att påverka situationen under de närmaste 100 åren. En viktig fråga är då hur morgondagens samhälle kommer att se ut och vilka krav som kommer att ställas på det framtida bostadsbeståndet. Det är givetvis mycket svårt att säga hur samhället kommer att se ut om 100 år men några viktiga aspekter kan i alla fall utkristalliseras. Det är troligt att:

- tillgången på billig energi kommer att minska i framtiden.
- tillgången på råvaror kommer att minska.
- miljöfrågornas betydelse kommer att accentueras och inte minst klimatproblematiken kan få ökad aktualitet.
- hälsofrågorna framförallt kopplat till våra bostäder kommer också att bli allt viktigare. Vi tillbringar 90 % av vår tid inomhus. Därför är valet av material och tekniker som medför att våra byggnader får en god inomhusmiljö en viktig aspekt.

Flera av dessa aspekter påverkar vissa delar av bostadsbyggandet idag. En utvecklingsverksamhet mot energisnåla och miljöeffektiva hus pågår på flera platser och olika koncept och inriktningar provas. En viktig aspekt är att, på ett objektvt sätt, kunna utvärdera olika koncept utifrån ovanstående framtidskriterier. Hur väl uppfyller ett koncept de framtida behoven? Vilka aspekter är viktiga och vilka aspekter kan försummas? Till vilka områden skall utvecklingsverksamheten riktas för att bli effektiva?

Det föreliggande projekt har haft som mål att skapa ett verktyg för ovanstående analyser och att använda det framtagna verktyget på två typer av fastigheter – en standardvilla och ett nyutvecklat s.k. Ekomerhus med förbättrade ekologiska och energimässiga prestanda.

2 Analyismetodik

Utvecklingen av nya husbyggnadskoncept kan baseras på flera olika principer eller kombinationer av principer. Några olika utvecklingsprinciper listas medan:

- Minskat uppvärmningsbehov genom ett väl isolerat klimatskal med låga värmeförluster.
- Utnyttjande av passiva källor för uppvärmning, personers värmeutveckling, elapparatur m.m.
- Minskat elbehov genom val av effektiva installationer och elapparater.
- Förändrat uppvärmningssystem för fastigheten med ökad andel förnybara resurser.
- Förändrat materialval för huset till mera miljövänliga material t.ex. utfasning av särskilt farliga ämnen från byggnadsmaterial.
- Förändrade byggnationsmetoder.
- Effektivare underhållsmetoder för fastigheten som ger lång livslängd och låga kostnader.
- Byte till återvinningsbara material i huset följt av återvinning av dessa material vid rivning eller underhåll av fastigheten.

Som framgår av ovanstående förändringsprinciper täcker dessa många olika fysiska delar av själva fastigheten, aktiviteter i övriga samhället samt att de tidsmässigt sträcker sig över fastighetens hela livstid. Analyismetodiken måste således baseras på ett systemtänkande. I projektet har en livscykelanalysmetodik använts där hela fastigheten analyserats från råvaruproduktion via byggnation och användning till avfallshanteringen. Metodiken som har använts baseras på en livscykelinventering (LCI) enligt riktlinjerna i ISO 14040³ och ISO 14041⁴.

3 Systembeskrivning och modellstruktur

För att kunna beräkna och analysera konsekvenserna av olika utvecklingskoncept har en livscykelanalysmodell utvecklats i projektet. Modellen har utvecklats i LCA-programvaran KCL-ECO. En översikt av modellstrukturen visas i figur 1. Modellen omfattar hela livscykeln för en fastighet från materialproduktion till avfallshantering av den rivna fastigheten. Omfattningen av modellen kan delas upp i följande områden:

- Utvinning och produktion av material.
- Tillverkning av olika prefabricerade byggmaterial och byggelement.
- Tillverkning av uppvärmningssystem för fastigheten.
- Byggnation av fastigheten (både prefabricerat på fabrik och byggnation på byggplatsen)
- Olika typer av elproduktion.
- Transporter
- Driften av fastigheten (fokuserad på energianvändningen under husets hela livslängd).
- Produktion av olika bränslen.
- Underhållet av fastigheten under dess livstid.
- Avfallshanteringen vid rivning av fastigheten.












³ Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework., ISO 14040:1997.

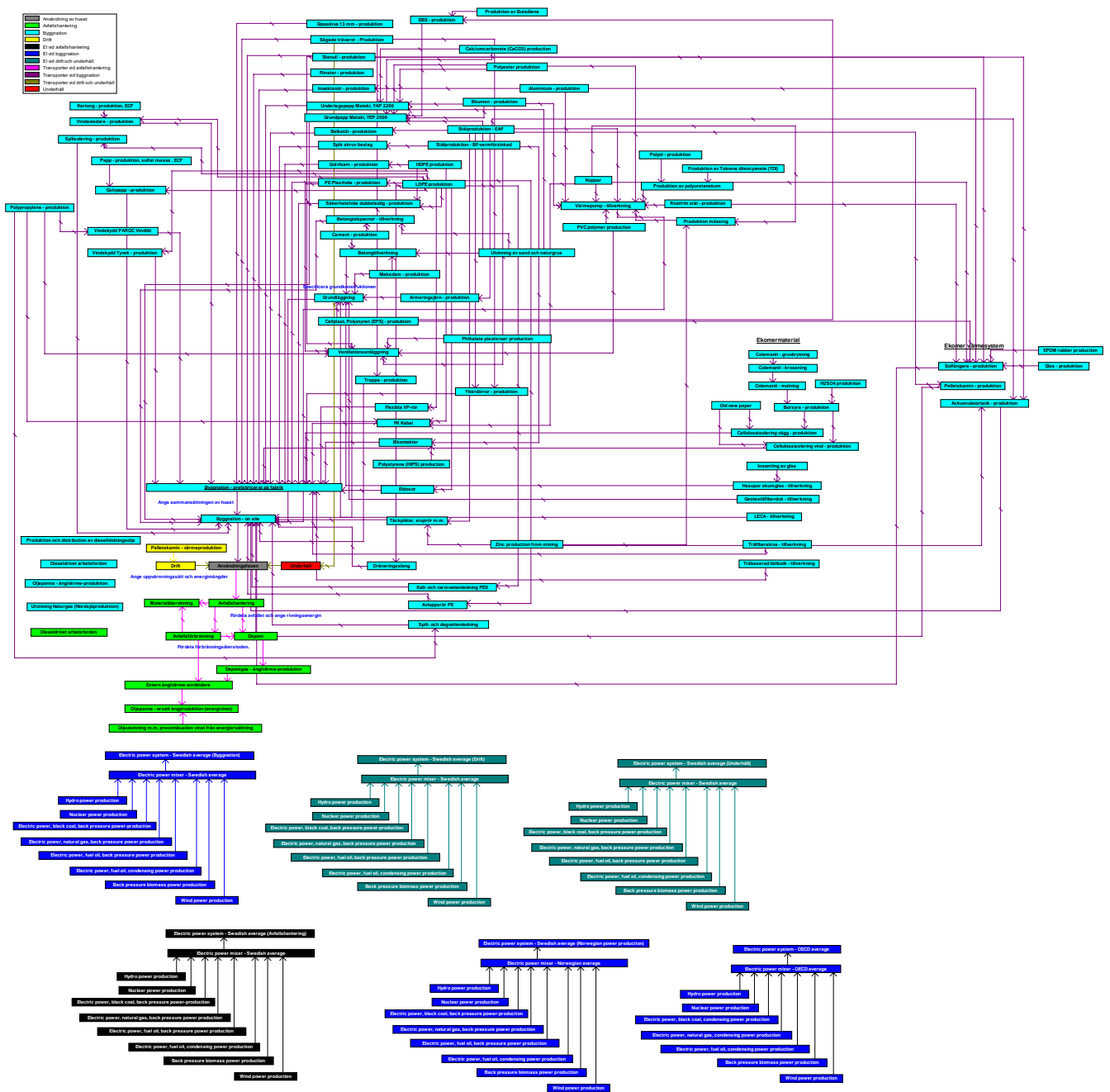
⁴ Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis., ISO 14041:1998.

Modellen har utvecklats för att vara så flexibel som möjligt och för att lätt kunna anpassas till olika fastighetstyper och olika driftskoncept. Modellen innehåller för närvarande många olika byggmaterial och olika konceptscenarier kan därför enkelt konstrueras i modellen. Olika transportsätt och distanser kan enkelt väljas. Modellen innehåller också olika möjligheter att välja/analysera avfallsscenarier. Tre grundavfallsscenarier finns med i modellen; deponi, avfallsförbränning och materialåtervinning. För deponi och avfallsförbränning finns beräkningar för emissioner och energianvändning/återvinning. I modellen har antagits att energin vid avfallsförbränningen används i ett fjärrvärmesystem för att ersätta olja. Detta redovisas i modellen som en separat vinst i fråga om både energi och emissioner. I resultatredovisningen framgår detta som en separat vinst kallad ”gain” efter engelskan namn på vinst. Vid deponi har också antagits att deponigasen utvinns och förbränns. Energin tas här tillvara på samma sätt som vid avfallsförbränningen. Modellen fokuserar också på själva husets prestanda. Delar som har direkt koppling till användningen d.v.s. beroende på hur huset används, antal boende etc. har utlämnats i modellen så att resultaten skall spegla driften av själva huset inklusive uppvärmning. Detta motsvarar då i princip normaldrift av ett tomt hus. Fastighetens livslängd (beräkningstiden) kan fritt varieras i modellen. Likaså kan antalet analyserade fastigheter varieras.

Den funktionella enheten för modellen är vald till ett hus (definierat i modellen med material och energianvändning) under den i modellen definierade livslängden (beräkningsperioden).

För att det skall vara enkelt att analysera olika delar av modellen har modellen delats upp i olika aggregerade sektioner. Dessa representeras av de olika färgerna i modellen (figur 1). Resultaten vid resultatredovisningen presenteras därför uppdelat på dessa aggregerade sektioner. Aggregeringen kan för övrigt väljas fritt i modellen. Nedanstående figur visar aggregeringsområdena med respektive färgkoder.

	Användning av huset
	Avfallshantering
	Byggnation
	Drift
	El vid avfallshantering
	El vid byggnation
	El vid drift och underhåll
	Transporter vid avfallshantering
	Transporter vid byggnation
	Transporter vid drift och underhåll
	Underhåll



Figur 1 Översikt bild över Husmodellen. Ljusblå färg indikerar moduler som ingår i byggnationen av huset. Gul färg indikerar driften av huset. Röd färg representerar underhållsdelen av modellen och grön färg visar avfalls- och återvinningsdelarna av huset. Nedan i bilden ses produktionsmodellerna för elkraft.⁵

⁵ Vid utskrift av rapporten blir innehållet i bilden svårsläst men man kan med fördel titta på detaljer i bilden genom att läsa pdf-filen på skärmen och förstora den i pdf-läsaren (Acrobat reader).

4 Datainsamling och inventering

Livscykeldata (inventeringsdata) för de olika modulerna i modellen har tagits fram i projektet. Data i modellerna utgår från en materialspecifikation av ett hus. Modellen är anpassad för en analys av två olika konstruktionskoncept för villor – en standardkonstruktion och en s.k. Ekonerkonstruktion. Materialen och processerna i modellen är således anpassade för att kunna hantera just dessa två huskonstruktioner men eftersom husbyggnation är relativt standardiserat så ger modellerna utrymme för ett bredare applikationsområde än just dessa hus. LCA data för respektive byggelement med tillhörande tillverkningsdata och materialdata har därefter tagits fram. I största möjliga utsträckning har befintliga LCA data använts från t.ex. materialtillverkare. Data för konstruktionsplaster har t.ex. tagits från PlasticsEurope och deras LCA databas. Ståldata kommer från IISI Life Cycle Inventory Study for Steel Industry Products. Modellen innehåller mer än 100 olika processer, produkter och material. I möjligaste mån har data för befintliga material och processer för KarlsonHus använts men många generella data har också använts.

Transporter har också inkluderats i modellen. Det kan många gånger vara svårt att ta fram exakta transportdata (transportslag och transportdistans) för ett objekt. Byggsplatsens geografiska placering varierar, leverantörer och tillverkning av olika material varierar etc. Ett standardiserat transportmönster har applicerats vilket skall ge en god approximation av transporterna. I båda husfallen har alla transporter antagits ske med lastbil. Endast några generella transportdistanser kompletterat med några specifika transportdistanser har använts. Dessa framgår nedan i tabell 1.

Tabell 1 Transportspecifikation för båda husmodellerna. Huvuddelen av transporterna redovisade.

Transportslag	Transport	Transportdistans enkel väg (km)	Tom returtransport?
Lastbil	Allmänt antaget transportavstånd för transporter i södra Sverige.	500	Nej
Lastbil	Allmänt antaget transportavstånd för transporter till/från norra Sverige och norra Europa.	1000	Nej
Lastbil	Avfall till deponi	20	Ja
Lastbil	Avfall till avfallsförbränning	40	Ja
Lastbil	Avfall till materialåtervinning	100	Ja
Lastbil	Avfallsförbränning till deponi	2	Ja
Lastbil	Insamling av tidningspapper till cellulosaisolering	10	Ja
Lastbil	Bitumendistribution i Sverige	200	Ja
Lastbil	Borsyratransport	2000	Nej
Lastbil	Fönstertransport	300	Nej
Lastbil	Glasinsamling	200	Ja
Lastbil	Transport gipsskivor	300	Nej
Lastbil	Makadamtransport	50	Ja
Lastbil	Sand och grustransporter	10-50	Ja

Avfallshanteringen är en annan viktig del som många gånger använd som scenarier för att utreda olika avfallshanteringsalternativ. I detta fall har ett grundscenari för avfallshanteringen tagits fram och detta har sedan använts för de båda huskoncepten. Avfallsmängderna skiljer sig dock åt mellan de båda huskoncepten så utfallet av avfallshanteringen blir olika för de olika alternativen. I tabell 2 nedan visas den framtagna avfallshanteringsstrategin.

Tabell 2 Avfallsscenario tillämpat på båda husmodellerna.

Material	Till deponi (%)	Till avfallsförbränning (%)	Till materialåtervinning (%)
Aluminium	40	10	50
Mässing	40	10	50
Betong	40	0	60
Bitumen	0	100	0
Glas	40	10	50
Gips	65	5	30
Koppar	15	5	80
Makadam/grus/sand	20	0	80
Mineralull	90	10	0
Papper/kartong	1	29	70
Polyester	0	100	0
Polyeten	0	100	0
Polypropen	0	100	0
Polystyren	0	100	0
Polyuretan	0	100	0
PVC mjukgjord	0	100	0
Stål/järn	10	10	80
Rostfritt stål	5	5	90
Trä	1	79	20

5 Beskrivning av de undersökta husen samt scenariebeskrivning för datormodelleringen

I studien har två olika husbyggnationskoncept jämförts – ett standardhus och ett mera miljö- och energieffektivt koncept benämnt Ekomer. Båda huskoncepten är från KarlsonHus och ingår i deras standardprodukter. De två jämförda husen är i det närmaste identiska i fråga om storlek och funktion. Husen skiljer sig dock åt genom att man i Ekomerhuset har försökt att skapa ett så miljövänligt alternativ som möjligt. Ett av syftena med studien har alltså varit att undersöka effekterna av de miljö- och energieffektivare konstruktionskoncepten.

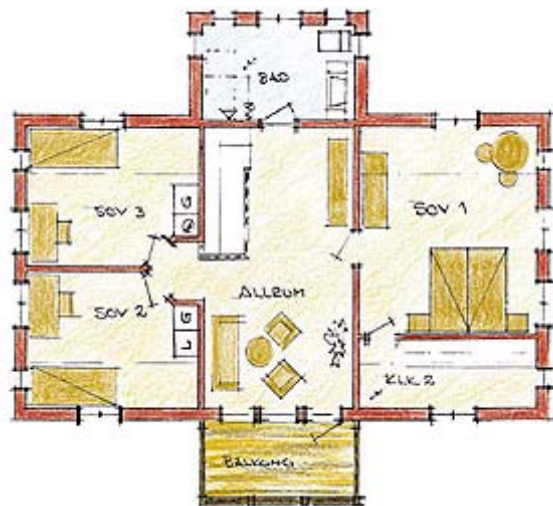
Hustypen som använts som modell i projektet har varit Mälhamra från KarlsonHus. Huset är en normal trävilla om totalt 177 m² boendeyta. Huset är byggt i två plan med 6 rum och kök. Huset har bärande stomme av trä och fasadbeklädnad av träpanel. Takbeklädnaden består av betongpannor. En bild av huset från utsidan visas i figur 2 och planlösningen återfinns i figur 3 och figur 4.



Figur 2 Huset Mälhamra från entrésidan.



Figur 3 Bottenvåningens planlösning för Mälhamra.



Figur 4 Övervåningens planlösning för Mälhamra.

Hustypen Mälhamra tillverkas i två versioner; en Standardmodell och Ekomermodellen. Modellerna skiljer sig åt både vad avser huskonstruktion och uppvärmningssystem.

Standardhuset har normalt träbjälklag och isolering av mineralull. Ytterväggarnas- och takets grundläggande konstruktioner visas i tabell 3 för att ge en bild av husets allmänna

isoleringsstandard. Huset har standard sidohängda Elitfönster av typ MF, 2-glas super isolerruta med argongas och U-värde 1,6 W/m²K för hela konstruktionen. Grundkonstruktionen är platta på mark. Plattan består av cellplastisolering (300 mm), plastfolier, armering och betong. Plattan läggs på en bädd av makadam. Uppvärmningssystemet består av en frånluftsvärmepump av typen Nibe fighter 310P med kompletterande elvärme från elpatron. All energitillförsel sker således med el.

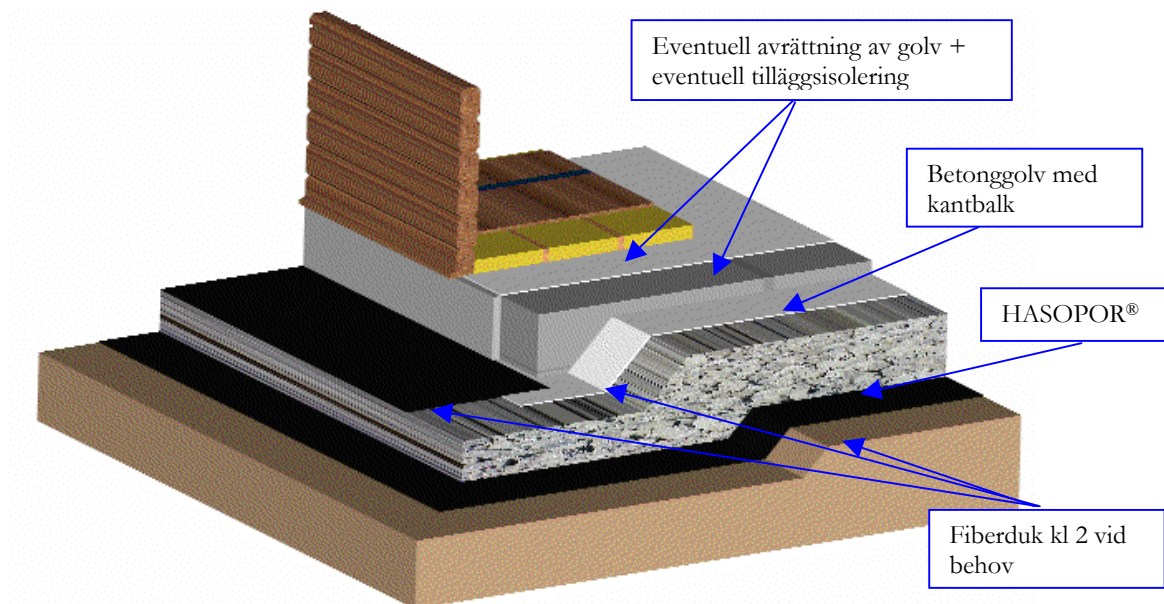
Tabell 3 Ytterväggs- och takkonstruktioner visande isolernivåer på standardhuset.

Ytterväggskonstruktion	Takkonstruktion
<p><i>Utvändig fasadbeklädnad</i> Lockläktad panel 17x45 mm läkt 21x170 mm träpanel 28x45 mm spikläkt Panel i omfattning enligt A-ritning. Panel vid långa panellängder kan i förekommande fall levereras lös för montering på byggsplatsen. <i>Regelstomme och isolering</i> Vindskyddspapp 170 mm regelstomme och mineralull 0,15 mm plastfolie 45 mm regelstomme och mineralull <i>Invärdig beklädnad</i> 15 mm råspont 13 mm gipsskiva</p>	<p>Vindsbjälklag <i>Bjälklag</i> 400 mm lösull Säkerhetsfolie 28x70 mm glespanel c/c 300 mm När innertaket understiger 60 kvm utbytes 400 mm lösull till 360 mm mineralull i skivor. Till gångbro på vind, bredd 600 mm, levereras 20 mm råspont i fallande längder. <i>Snedtak vid 1 1/2-planshus och mansardtak</i> Luftspalt 170 mm mineralull mellan överramar 0,20 mm plastfolie 45x45 mm reglar och mineralull c/c 300 mm <i>Innertak</i> 13 mm gipsskiva</p>

I Ekomerversionen av huset har förändringar gjorts i husets konstruktion, grundkonstruktionen samt i uppvärmningssystemet. En jämförande konstruktionstabell mellan standardhuset och Ekomerhuset återfinns i tabell 4. Träbjälklaget har bytts ut mot en konstruktionsbalk i trä. Balken är en I-balk med över och underliggare av massivt trä och en skivkonstruktion mellan över och underliggaren. Mineralullsisoleringen har bytts ut mot en cellulosaisolering. Cellulosaisoleringen tillverkas av återvunnet tidningspapper med en inblandning av ca 5 % borsyra. Tjockleken på isoleringen har ökat till 300 mm i väggarna. Fönster med ytterligare förbättringar i isolering; U-värde 1,3 W/m²K (H-fönster från Elite) har installerats. Uppvärmningssystemet är mera differentierat. Uppvärmningen sker här med solfångare, pelletskamin och frånluftsvärmeväxlare. Systemet har också en ackumulatortank med kompletterande elpatron. Grundkonstruktionen har också förändrats. Grundkonstruktionen är fortfarande platta på mark men isolermaterialet har bytts ut till HASOPOR®. Hasopor är ett lättfyllnadsmaterial som tillverkas av återvunnet glas. Det återvunna glaset mals och blandas med en skumningsaktivator. Glasmaterialet smälts varvid de expanderar ca 4-5 gånger genom skumbildning. Ett stabilt skumglas med värmeisolerande egenskaper bildas därvid. Detta krossas till lämplig storleksfraktion och kan användas som ett lättfyllnadsmaterial i stället för en grusbädd men har då värmeisolerande egenskaper. Figur 5 visar en schematisk grundkonstruktion av platta på mark där Hasopor används.

Tabell 4 Jämförande konstruktionstabell mellan standardhuset och Ekomerhuset.

Standardhuset	Ekomerhuset
<ul style="list-style-type: none"> • Grund: platta på mark med 200 mm EPS (polystyren) och armerad betong. • Mineralullsisolering (vägg 215 mm) • Träbjälklag • Eluppvärmning+teknisk el • Frånluftsvärmepump av typen Nibe fighter 310P 	<ul style="list-style-type: none"> • Grund: Hasopor fyllning (expanderat återvinningsglas) och armerad betong • Ökad isolerstandard • Cellulosaisolering (vägg 300 mm) • Träbjälklaget har bytts ut mot en konstruktionsbalk i trä • Ökad användning av trä p.g.a. ökad isolerstandard • Solfångare (Viessman, typ Vitosol 100, platt glastäckt) • Pellets-kamin (Fabrikat Palazzetti) • Frånluftsvärmeväxlare • Eluppvärmning komplement+teknisk el • Ackumulatortank



Figur 5 Schematisk bild visande konstruktionen av en grundplatta med Hasopor⁶.

Som framgått har de båda huskoncepten olika konstruktion, vilket medför förändringar i energiförbrukning. Dessutom sker uppvärmningen av husen på olika sätt. Energiberäkningar har gjorts för de båda konstruktionskoncepten⁷. Energidata är datormodellerade värden som bygger på en ingående specifikation av husets konstruktion/prestanda och klimatförhållanden. Modellerade energidata kan givetvis variera något mellan olika datormodeller. Ur ett LCA-perspektiv är dock inte de absoluta värdena det viktigaste då dessa kan variera mellan olika husapplikationer utan att studera förhållandena vid en viss vald och specificerad energianvändningsnivå och att vid denna nivå studera skillnaderna mellan olika koncept. En ytterligare viktig faktor är den relativa skillnaden i energianvändning mellan de båda huskoncepten. Denna skillnad är bättre säkerställd än den absoluta energianvändningsnivån då samma beräkningsätt används för de båda huskoncepten. En översikt över energidata för de båda huskoncepten visas i tabell 5. Dessa energivärden har använts vid LCA-modellberäkningarna. Som en jämförelse kan sägas att ett typvärde för en villa i Sverige kan vara ca 120 kWh/m² och år vilket ger en energianvändning om 21240 kWh/år för en villa på 177 m².

⁶ Bilden är från tillverkarens (Miljøtek Hasopor AS, Norge) datablad.

⁷ Energiberäkningarna har modellerats av dipl. ing. Stefan Sieckendieck, Bremen, Tyskland.

Tabell 5 Grundläggande energidata för de båda huskoncepten.

	Standardhuset	Enhet
El till frånluftsvärmepump	2 455	kWh/år
Värme från frånluftsvärmepumpen till huset	7 365	kWh/år
El till elpatron	4 443	kWh/år
Teknisk el	742	kWh/år
Tillförd elenergi till huset, totalt	7 640	kWh/år
Standardhusets netto energibehov inkl. teknisk el	12 550	kWh/år
Standardhusets netto energibehov inkl. teknisk el per m ²	70,9	kWh/m ² år
	Ekomerhuset	Enhet
Energivärde pellets till huset	5 742	kWh/år
Värmeenergi från pelletskaminen till huset	3 854	kWh/år
Solenergi tillförd till huset genom solfångaren	2 178	kWh/år
El till elpatron	343	kWh/år
Teknisk el	1 306	kWh/år
Tillförd elenergi till huset, totalt	1 649	kWh/år
Ekomerhusets netto energibehov inkl. teknisk el	7 681	kWh/år
Ekomerhusets netto energibehov inkl. teknisk el per m ²	43,4	kWh/m ² år

6 Resultat och slutsatser

6.1 Inledning

I studien har, som tidigare framgått, en jämförelse gjorts av två huskoncept. I detta avsnitt presenteras resultaten från modellkörningarna av de båda huskoncepten. Resultaten analyseras och diskuteras också i detta avsnitt. Modelleringen har gjorts med varierande drifttid på huset. Husets miljöpåverkan kan grovt indelas i husbyggnationen, användning av huset under dess livslängd (användningsperiod) samt avfallshanteringen efter livstidens slut. Längden på beräkningsperioden har en stark inverkan på resultaten. Ju längre beräkningsperiod som används desto mer dominerande blir driftsförhållandena för huset medan byggnationsfasens andel minskar. Vid en analys är dock både byggnationens inverkan och driftens inverkan viktig att beakta. Analysen har därför delats upp i några olika delar. Först analyseras byggnationsfasen och avfallsfasen separat d.v.s. vid noll års drifttid. Därefter analyseras systemet med två olika beräkningstider, 100 år och 10 år. Dessa representerar livslängden för ett typiskt hus respektive en normal ägandetid för ett hus.

Ett urval av parametrar har använts vid analysen. Systemmodellerna är dock mycket omfattande och innehåller många olika parametrar. Några exempel på fullständiga analysresultat presenteras i tabellform i appendix 1 och 2.

6.2 Produktionen av husen samt materialhanteringen

I detta avsnitt analyseras själva produktionen av huset ur ett LCA-perspektiv. En utveckling från ett standardhuskoncept till ett Ekomerkoncept innebär förändringar av huskonstruktionen och av de ingående materialen i huset. Detta kan medföra både positiva och negativa effekter vid den totala analysen. Generellt kan man säga att valet av mera miljövänliga material borde innebära en positiv miljöutveckling vad beträffar byggnationen. Däremot kan en ökad användning av material till följd

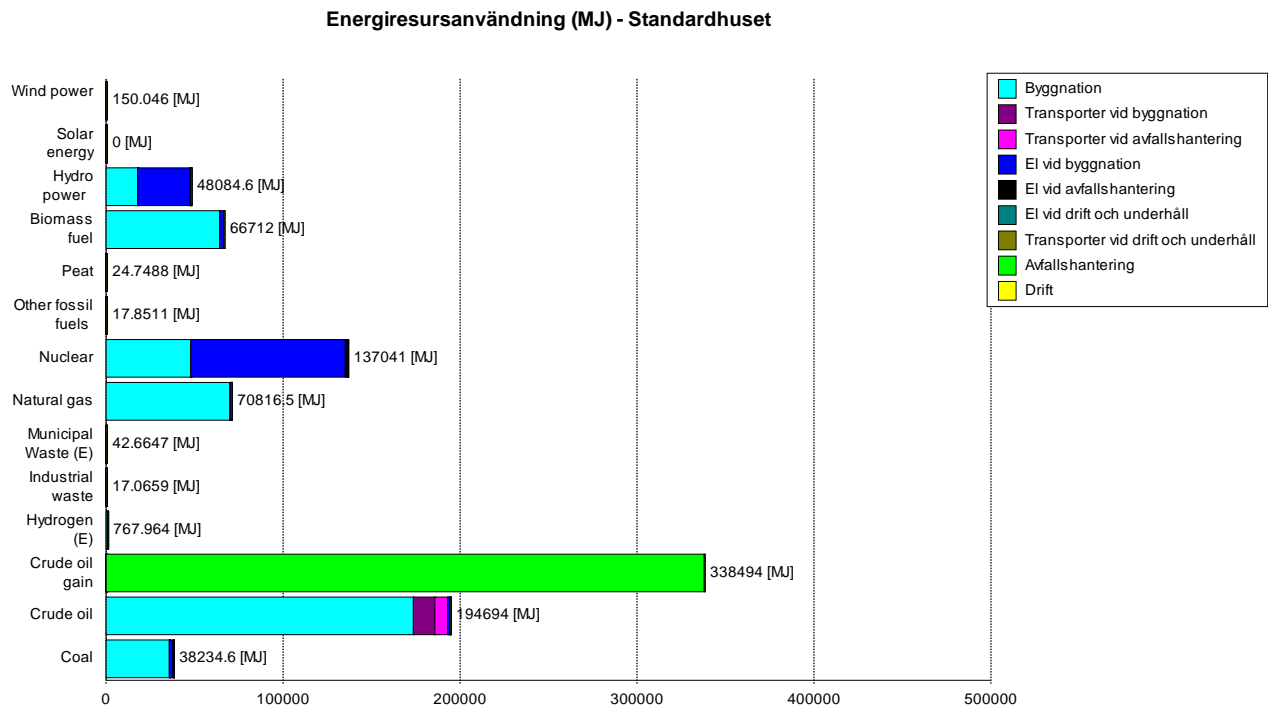
av en ökad isoleringsstandard ge en ökad miljöbelastning i denna del. Detta skall ju dock uppvägas av en minskad energiförbrukning under drifttiden. I denna analysdel har även medtagits återvinningen av materialen då dessa hänger intimt samman med materialflödena i byggnationsprocessen.

6.2.1 Analys av energisystemet - 0 år

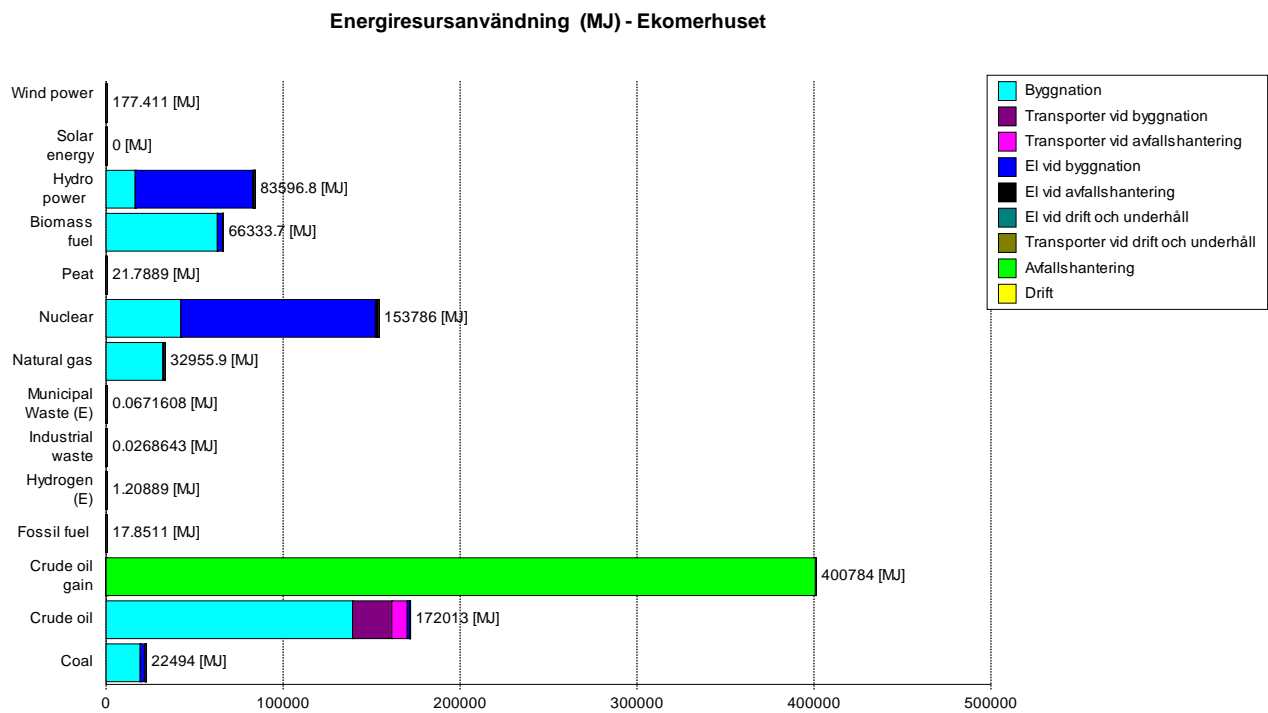
I figur 6 och figur 7 visas en översikt över användningen av energiresurser för standardhuset respektive ekomerhuset. Som framgår av figurerna visar ekomerhuset på en något högre energiresursanvändning än standardhuset i byggnationsfasen. Däremot finns en större potential för energiåtervinning av ekomerhuset p.g.a. dess högre innehåll av brännbart material. Detta framgår av den gröna stapeln "Crude oil gain" vilket visar hur mycket olja som sparas om energinnehållet i huset används till att ersätta olja t.ex. i ett fjärrvärmenät genom avfallsförbränning. Det är framför allt den ökade användningen av trä i konstruktionen och användningen av cellulosafibrer i isoleringen som ger denna effekt. Generellt kan också sägas att transporterens inverkan på energianvändningen är mycket liten för båda huskoncepten.

Den ökade energiförbrukningen under byggnationsfasen är att hänföra till den ökade materialmängden och förändringen i materialsammansättning. Några olika delar kan speciellt urskiljas.

- En ökad användning av trä: Detta ger enligt modellanalyserna en ökning av den totala energiresursförbrukningen från ca 88000 MJ till 90800 MJ. Mängden utnyttjad träresurs ökar från 38270 kg till 39820 kg.
- Övergång från cellplast (EPS, polystyren) till Hasopor i grunden: Detta ger en minskad energiförbrukning vid byggnation p.g.a. en lägre energi förbrukning vid tillverkningen. Övergången innebär en minskning av den totala energiresursanvändningen från ca 76800 MJ till 30100 MJ. Eftersom Hasopor tillverkas i Norge och processen till stora delar använder el så blir också emissionerna från den nya energianvändningen låga.
- Övergång från mineralull till cellulosaisolering samt ökning av mängden isolering: Detta leder till en minskning av den totala energiresursanvändningen från ca 52000 till 19000 MJ. Merparten av cellulosaisoleringens energiförbrukning kan hänföras till el.
- I övrigt finns en del material och utrustning i ekomerhuset som inte finns i standardhuset, som t.ex. energiutrustning, vilka också kan bidra till en ökad energianvändning.



Figur 6 Energiresursanvändningen för standardhuset. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshanteringen efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid.

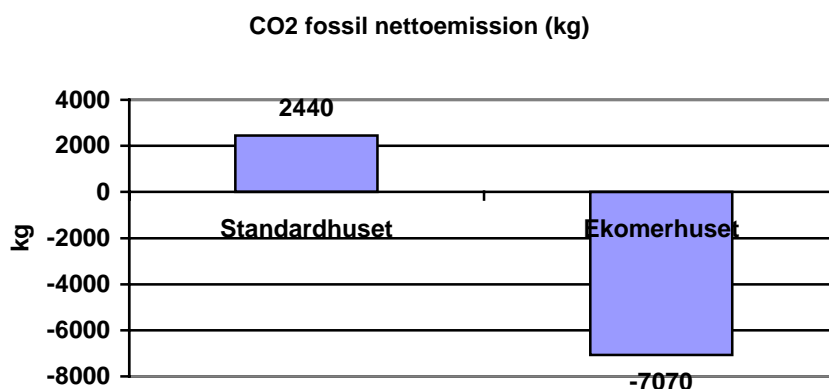


Figur 7 Energiresursanvändningen för ekonerhuset. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshanteringen efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid.

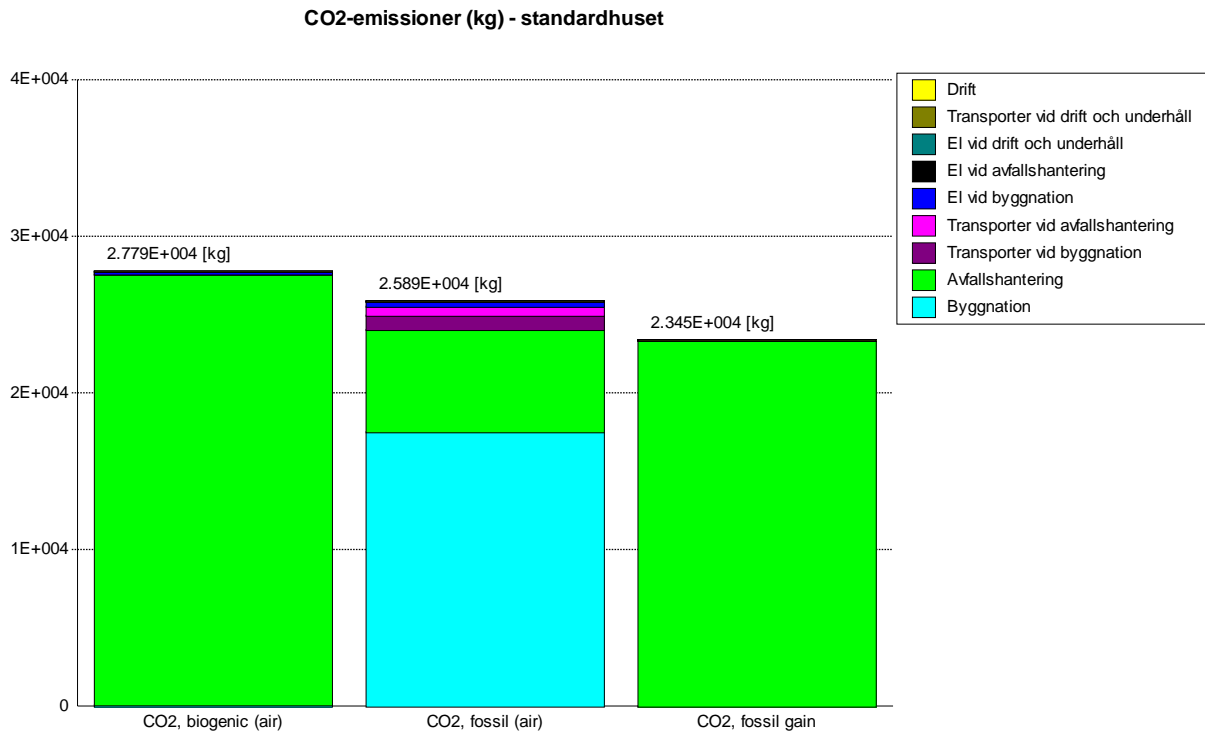
6.2.2 Analys av emissioner - 0 år

6.2.2.1 CO₂-emissioner

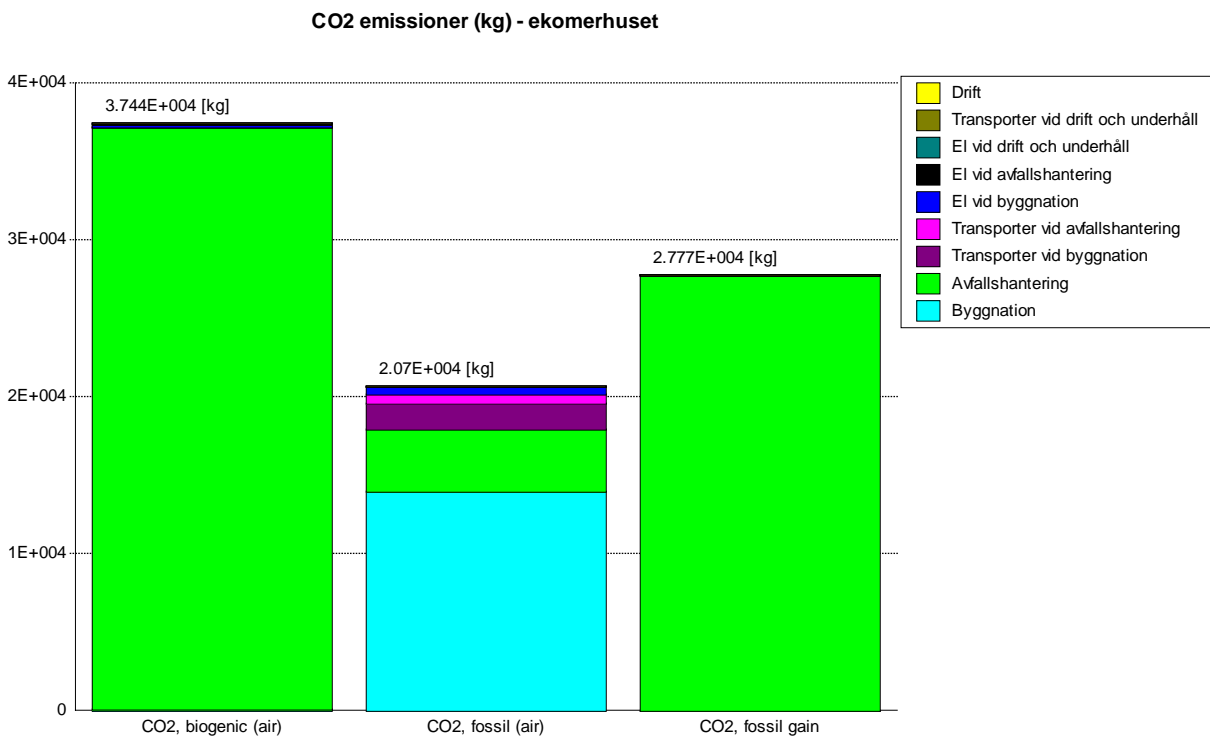
Emissionerna av koldioxid (CO₂) hänger normalt samman med energianvändningen. CO₂ bildas normalt vid förbränning. Användning och produktion av elenergi har också stor betydelse för emissionen av CO₂. I Sverige produceras huvuddelen av elkraften med vattenkraft och kärnkraft vilka båda ger upphov till låga CO₂-emissioner per producerad mängd elenergi. CO₂-emissionen kan också härröra från biogenbaserade källor (t.ex. förbränning av biobränslen) eller från fossila källor (t.ex. förbränning av petroleumolja, kol, naturgas). För de biogena källorna tänker man sig att det växande biomaterialet tar upp motsvarande mängd CO₂ som släpps ut vid förbränningen. Detta leder till att man inte får något nettotillskott av CO₂ till atmosfären från biobränslen. Vid klimatberäkningar (som t.ex. i Kyotoavtalet) brukar man därför sätta CO₂-emissionen till noll från biobränslen även om dessa givetvis ger upphov till en CO₂-emission från rökgaserna. I figur 9 och figur 10 visas CO₂-emissionerna från standardhuset respektive ekomerhuset uppdelat på biogen och fossil CO₂-emission. Stapeln ”CO₂ fossil, gain” visar den mängd CO₂ som man kan spara genom att använda spillvärmerna från det energiåtervunna materialet i huset då huset rivs. Som framgår av figurerna ger standardhuset upphov till en något högre fossilbaserad CO₂-emission än ekomerhuset. Möjligheten till CO₂-besparing genom energiåtervinning är också större för ekomerhuset. En fossilbaserad nettoemission av CO₂ kan beräknas för de båda huskoncepten med antagandet att all tillgänglig återvinningsbar spillvärme utnyttjas. Resultaten från denna beräkning presenteras i figur 8. Ekomerhuset visar här t.o.m. på en negativ CO₂-emission d.v.s. man sparar mer CO₂ genom energiåtervinningen än den fossila CO₂ som bildades under byggnationsfasen. Som framgår av figur 9 och figur 10 så uppkommer huvuddelen av CO₂-emissionerna i avfallshanteringen och i byggnationsfasen. I byggnationsfasen är det framför allt tillverkningen av olika material som inverkar.



Figur 8 Fossilbaserad nettoemission av koldioxid från de båda huskoncepten vid 0 års drifttid och utnyttjande av all befintlig spillvärmekapacitet från energiåtervinning av materialen i husen. Som en jämförelse kan anges att förbränning av 1 liter eldningsolja ger upphov till ca 2,7 kg CO₂.



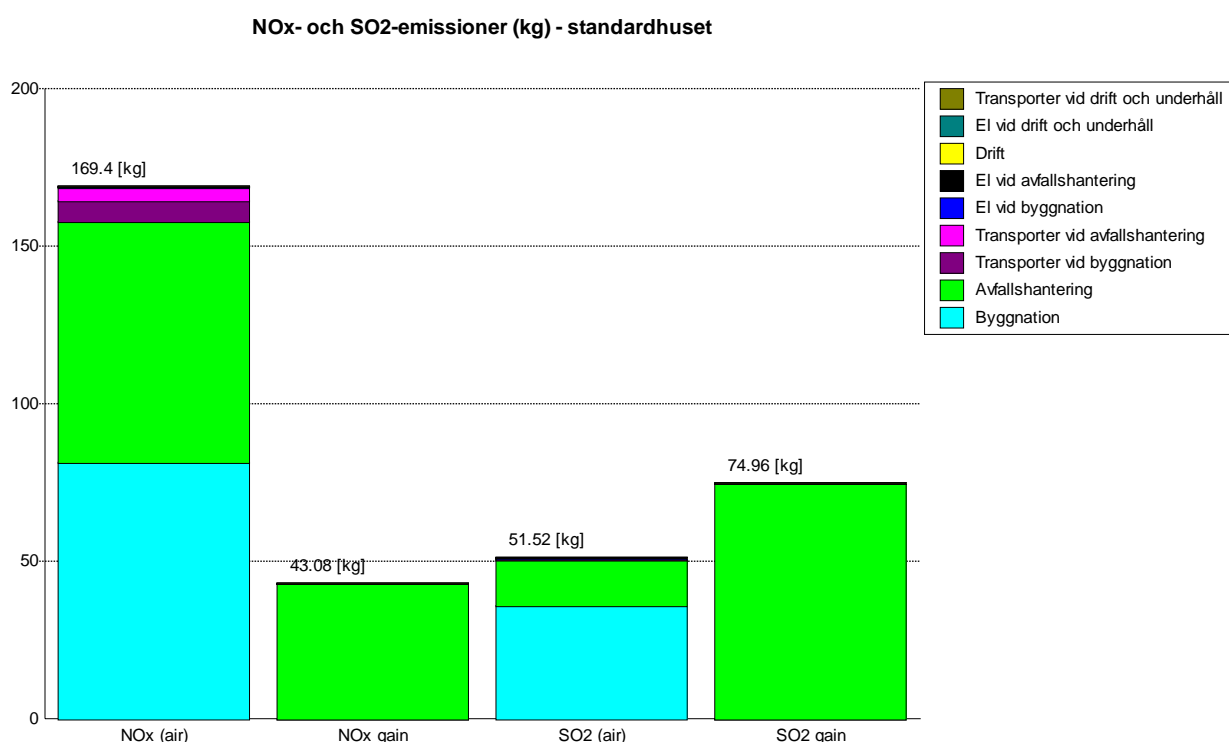
Figur 9 Emissioner av CO₂ från standardhusmodellen. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshanteringen efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid.



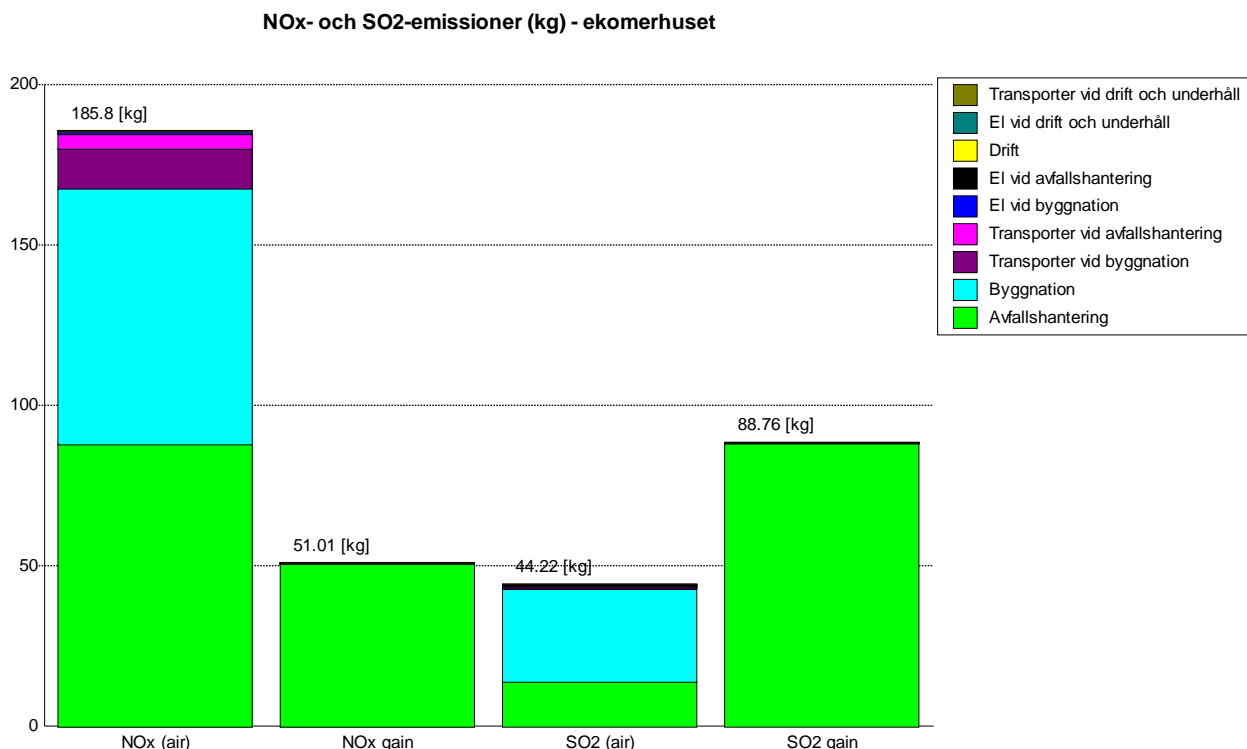
Figur 10 Emissioner av CO₂ från ekomerhusmodellen. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshanteringen efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid.

6.2.2.2 NO_x- och SO₂-emissioner

NO_x- och SO₂-emissionerna uppvisar för detta fall ungefär samma mönster, figur 11 och figur 12. Emissionen av NO_x är något större medan emissionen av SO₂ är något mindre för ekomerkonceptet. Emissionerna härrör i båda fallen till stor del från avfallsförbränningen och från produktionen av olika byggmaterial. Möjligheten att reducera emissionerna genom att använda spillvärmen och på så sätt minska en tänkt oljeförbränning är goda för båda koncepten. Reduktionsmöjligheten av SO₂-emission beror givetvis på svavelhalten i den olja som spillvärmen är tänkt att ersätta. I detta fall har en svavelhalt om 0,5 % antagits. För NO_x-emissionen kan man nu också se en viss inverkan från transporterna. Den är dock fortfarande liten i förhållande till övriga källor.



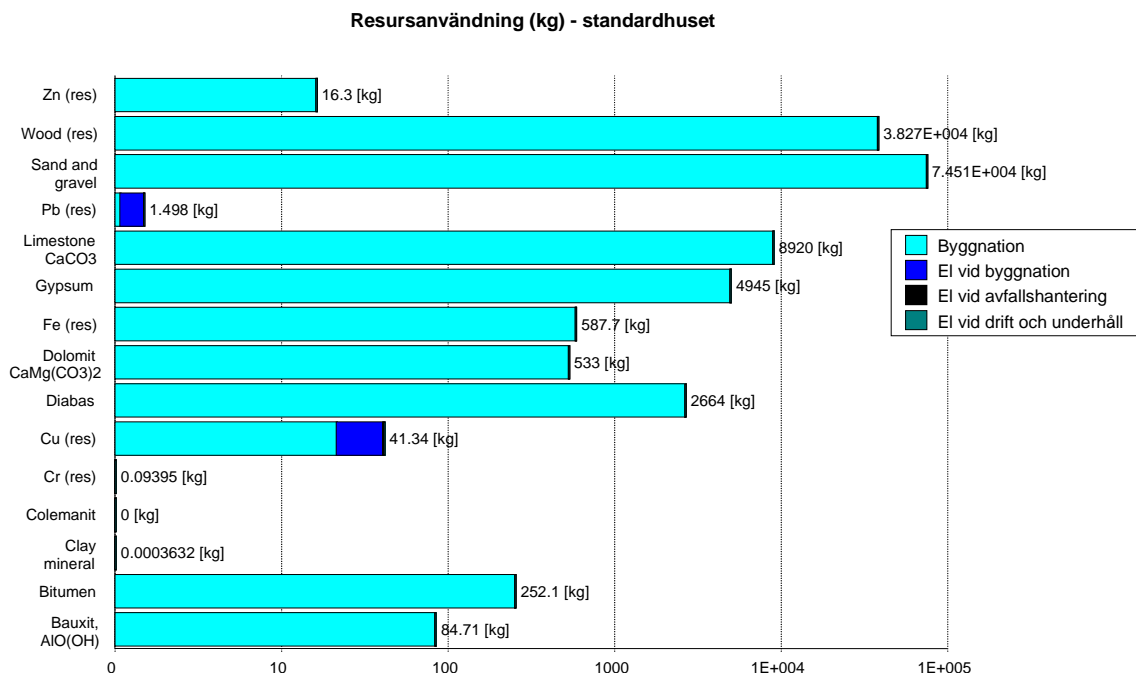
Figur 11 Emissioner av NO_x och SO₂ från standardhusmodellen. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshanteringen efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid.



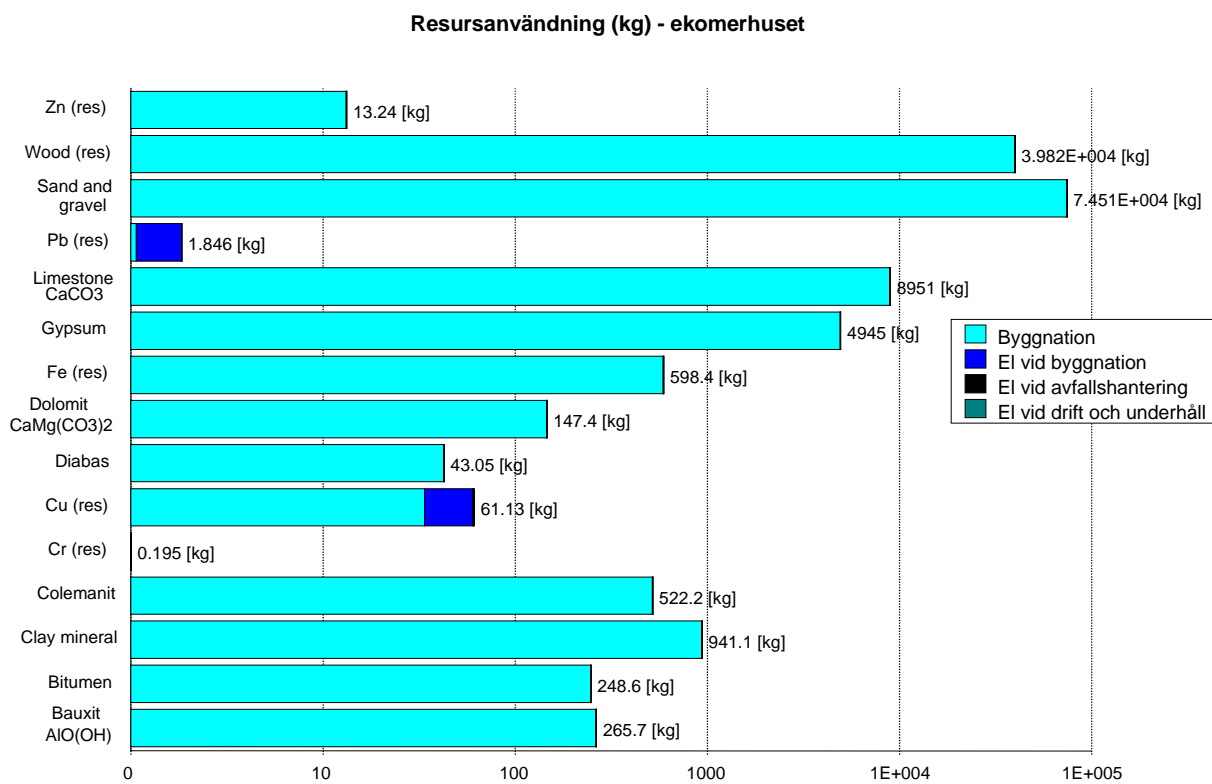
Figur 12 Emissioner av NO_x och SO₂ från ekomerhusmodellen. Figuren visar endast byggnationen av huset samt avfallshantering efter livstidens slut d.v.s. vid 0 års drifttid

6.2.3 Analys av resursförbrukningen - 0 år

Användningen av materialresurser är en annan viktig aspekt vid en systemanalys. Användningen av olika material och därmed olika resurser är givetvis mycket stort vid tillverkningen av ett hus om man tar hänsyn till tillverkningen av alla olika material. Vissa resurser är dock kvantitativt dominerande och mängderna varierar kraftigt mellan de olika resurserna. En resurs kan också vara förnybar som t.ex. trä eller icke-förnybar som t.ex. koppar. Det är dock emellertid inte storleken på resursförbrukningen som är viktigast utan storleken i förhållande till den totala tillgängliga resursen på jorden. Ett urval av de viktigaste resurserna som använts för de båda huskoncepten framgår av figur 13 och figur 14. Observera att figurerna har logaritmisk skala för att kunna illustrera de stora kvantitetsskillnaderna. Som framgår dominerar resursförbrukningen helt av byggnationsprocessen. Vissa material som t.ex. trä, sand och grus, kalksten och gips förbrukas i relativt stora mängder men dessa finns också i stora mängder på jorden och utgör därför inget större problem ur resurssynpunkt. En något högre resursförbrukning av trä föreligger också för ekomerhuset. Ingen direkt alarmerande resursförbrukning har hittats vid analysen. Mineralet colemanite används vid tillverkningen av borsyra som används vid tillverkningen av cellulosaisoleringen. Detta mineral föreligger ofta i samband med avdunstade saltavlagringar. Förbrukning av detta mineral föreligger således endast för ekomerhuset.



Figur 13 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för standardhuset vid 0 års drifttid. Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.



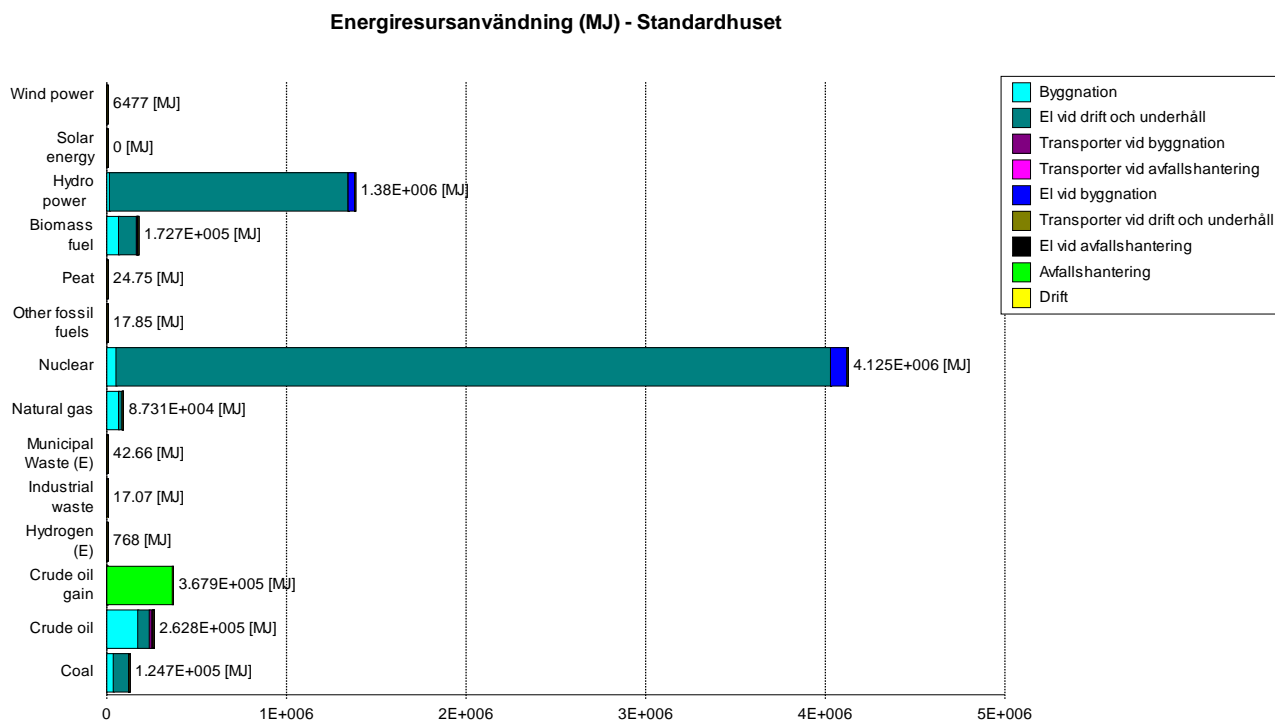
Figur 14 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för ekomerhuset vid 0 års drifttid. Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.

6.3 Totalresultat vid 100 års beräkningstid

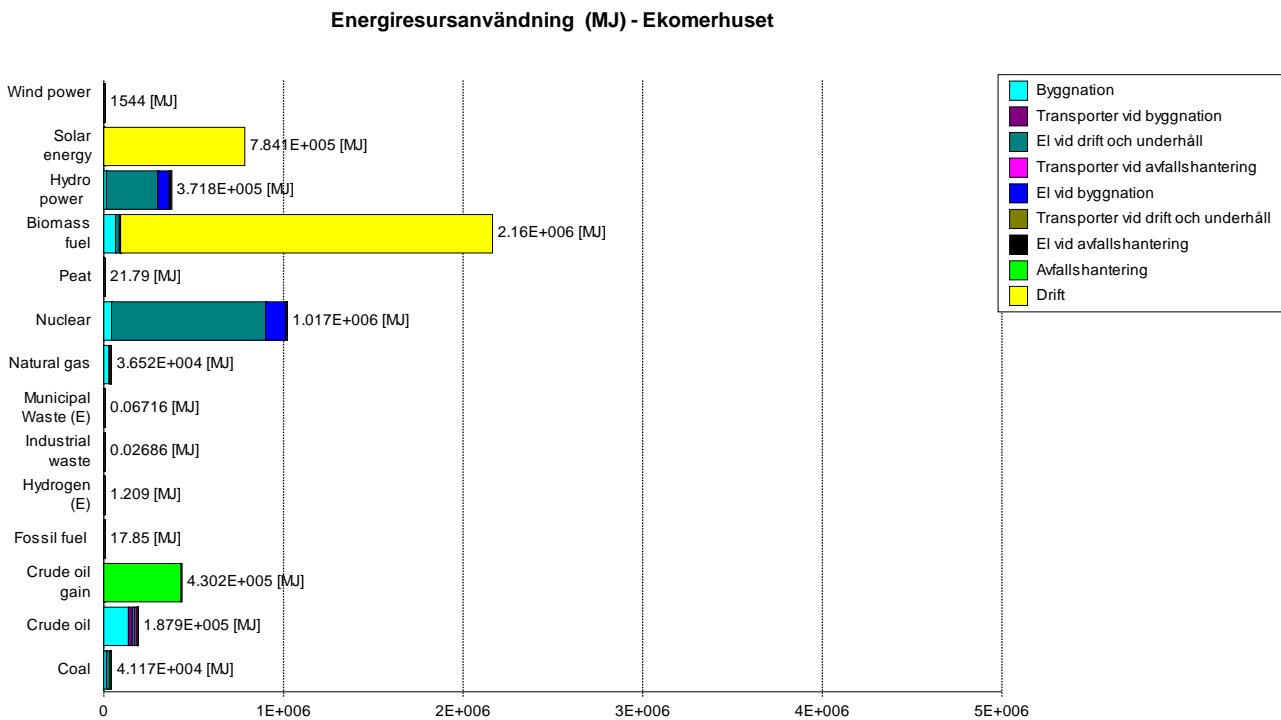
6.3.1 Analys av energisystemet – 100 år

100 år kan antas vara en normal approximation för livslängden på ett hus av den här typen även om många hus troligen kommer att användas betydligt längre än så. Modellberäkningar har här gjorts av energiresursanvändningen för de båda huskoncepten. Resultaten av beräkningarna presenteras i figur 15 och figur 16. Som framgår av figurerna domineras nu energiresursförbrukningen av driften av huset (energi för uppvärmning). Byggnationens andel av den totala energiresursförbrukningen är nu nästan försumbart liten. En uppenbar slutsats som man kan dra av detta är givetvis att det är väl värt att lägga resurser på att bygga ett bra kvalitetshus med låg driftenergiförbrukning även om detta är något mera kostsamt energimässigt i form av ökad materialanvändning etc.

Som framgår av figurerna uppvisar standardhuset en högre total energiresursanvändning. Energiresursfördelningen är också olika. Standardhuset drivs helt med el så här dominerar användningen av vattenkraft och kärnkraft då en svensk elproduktionsmix har använts. Om huset ligger i något annat land blir givetvis energibilden annorlunda. Kärnkraftsdelen är proportionellt större än vattenkraftsdelen med tanke på den svenska elmixen. Detta beror på att en verkningsgrad på ca 30 % har lagts på kärnkraften. Detta representerar verkningsgraden på kärnkraftverken då man inte använder spillvärmern som bildas vid kärnkraftproduktionen. Ekomerhuset drivs inte enbart med el utan biobränsle (pellets) och solenergi ger ett mycket stort bidrag vilket framgår av figur 16. Solenergin är ju i princip gratis ur energisynpunkt. Energin för byggnation av solfångarna är inkluderad i byggnationen av huset och är således försumbart liten.



Figur 15 Energiresursanvändningen för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshandlingen efter livstidens slut.

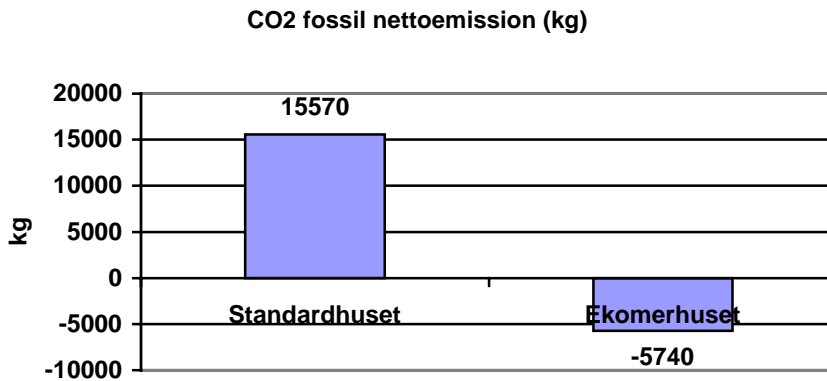


Figur 16 Energiresursanvändningen för ekomerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

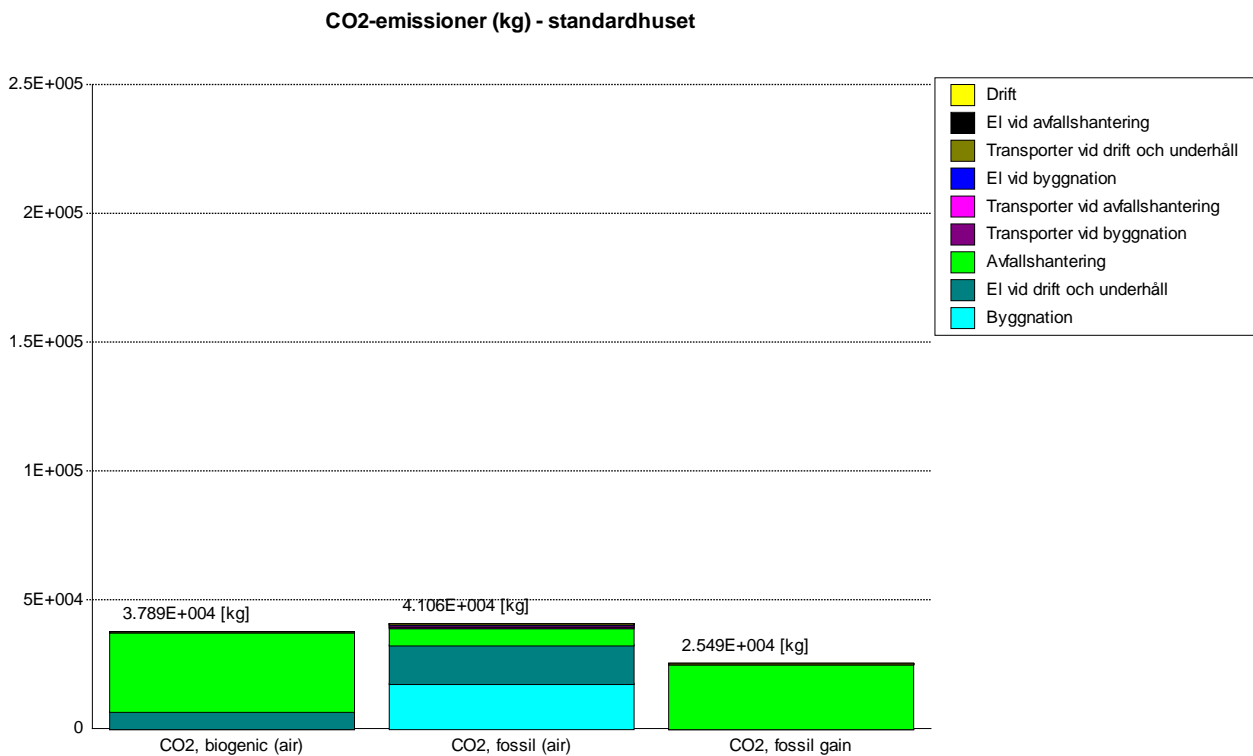
6.3.2 Analys av emissioner - 100 år

6.3.2.1 CO₂-emissioner

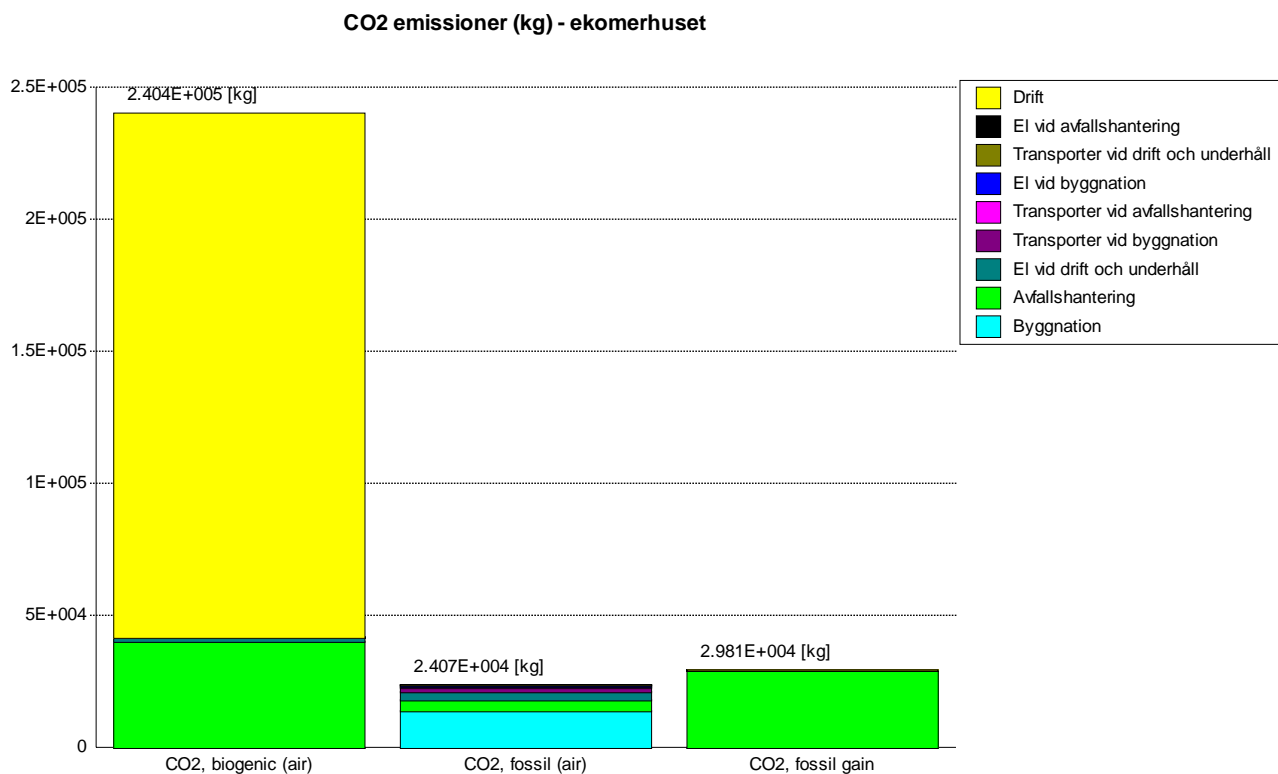
Koldioxidemissionen vid 100 års drifttid i modellerna framgår av figur 18 och figur 19. Den mest påfallande förändringen ligger i en kraftig ökning av den biogena CO₂-emissionen. Detta beror på att man bytt uppvärmningssystem från el till pellets. Emissionen härrör således från förbränningen av pellets i pelletskaminen. Denna räknas dock som noll i klimatsammanhang som tidigare påpekats. I övrigt är det bidragen från byggnationen, el för driften och avfallshanteringen som dominerar CO₂-emissionen. En CO₂ fossil nettoemission har även räknats fram för 100 års fallet, figur 17. Ekomerhuset visar även här på en bättre prestanda än standardhuset och netto CO₂ är negativ för ekomerhuset liksom i 0 årsdriftsfallet.



Figur 17 Fossilbaserad nettoemission av koldioxid från de båda huskoncepten vid 100 års drifttid och utnyttjande av all befintlig spillvärmekapacitet från energiåtervinning av materialen i husen. Som en jämförelse kan anges att förbränning av 1 liter eldningsolja ger upphov till ca 2,7 kg CO₂.



Figur 18 CO₂-emissioner för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

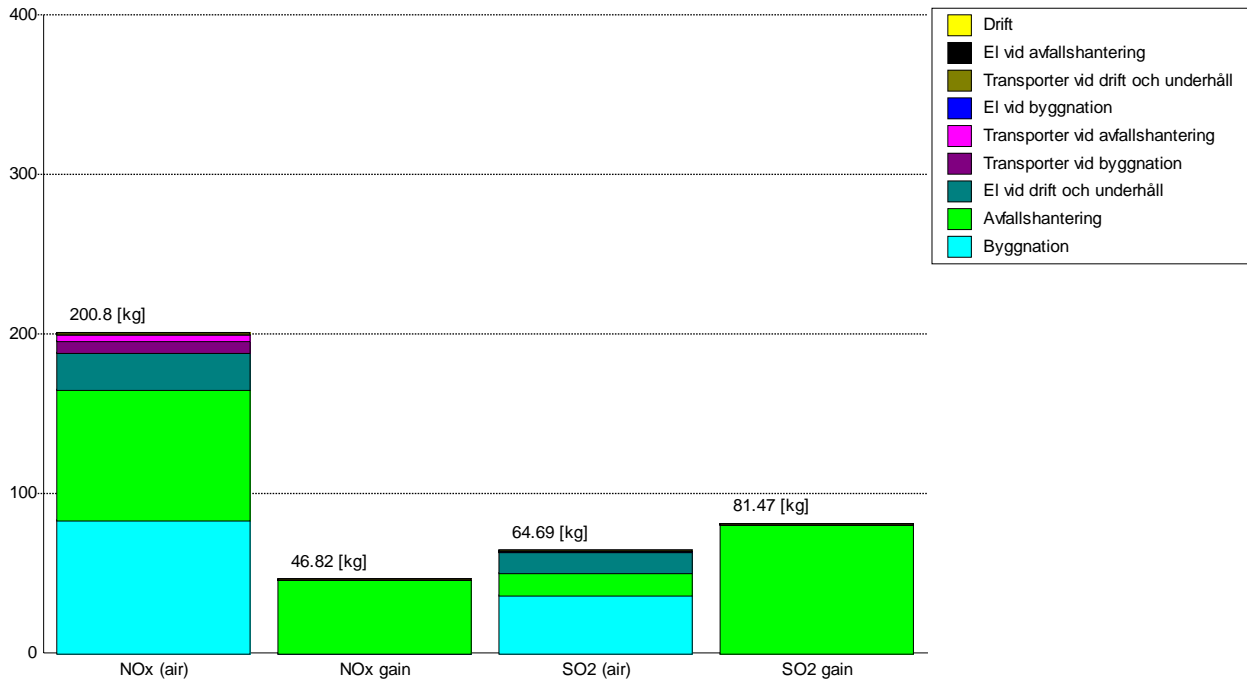


Figur 19 CO₂-emissioner för ekomerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

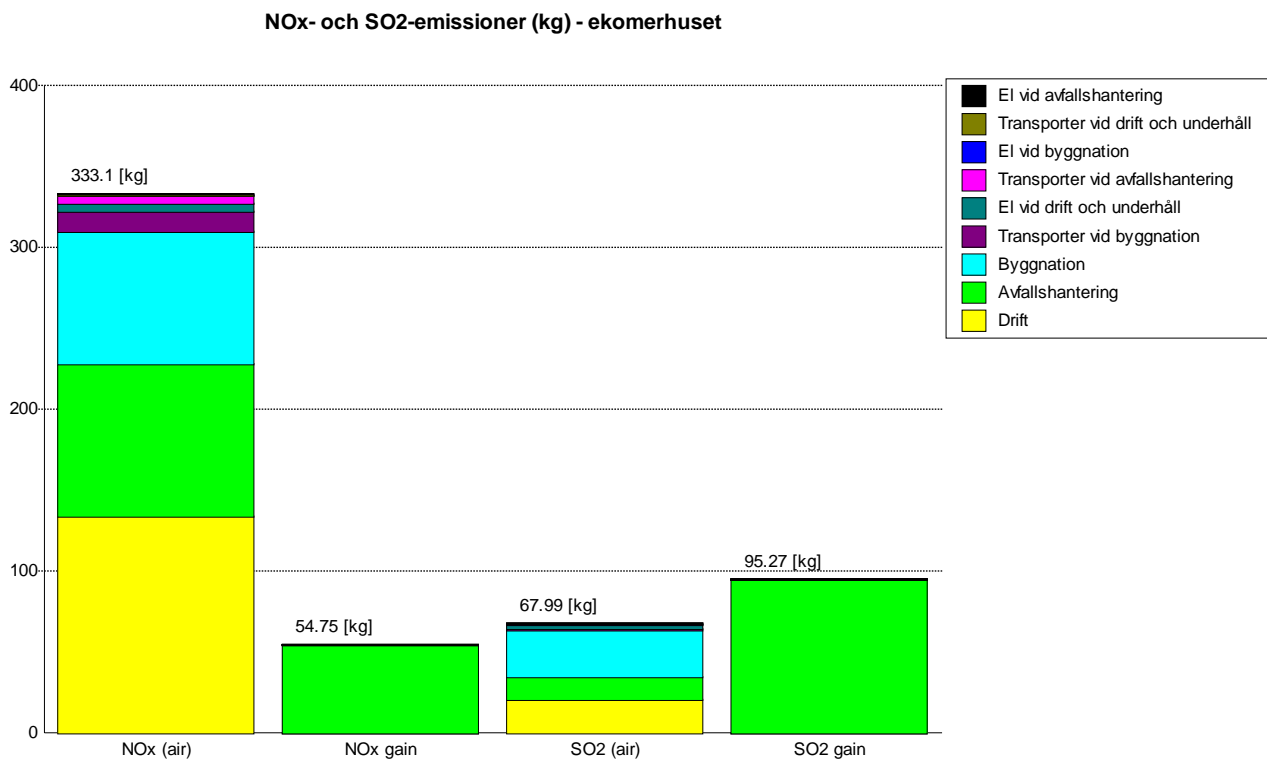
6.3.2.2 NO_x- och SO₂-emissioner

När driften under 100 år också tas med i analysen förändras förhållandena också mellan de båda koncepten, figur 20 och figur 21. Både NO_x och SO₂-emissionerna ökar nu väsentligt för ekomerkonceptet medan standardhuskoncepten endast uppvisar en svag ökning. Detta förhållande beror till största delen på bytet av uppvärmningssystem från el till pelletsuppvärmning. Den svenska elproduktionen sker till största delen med vattenkraft och kärnkraft vilka båda ger upphov till låga emissioner av NO_x och SO₂. Förbränning av pellets i pelletskaminer ger däremot upphov till vissa emissioner av NO_x och SO₂. Dessa är dock relativt måttliga i jämförelse med andra bränslen som t.ex. olja men är ändå höga i jämförelse med elproduktionens låga emissioner.

NOx- och SO2-emissioner (kg) - standardhuset



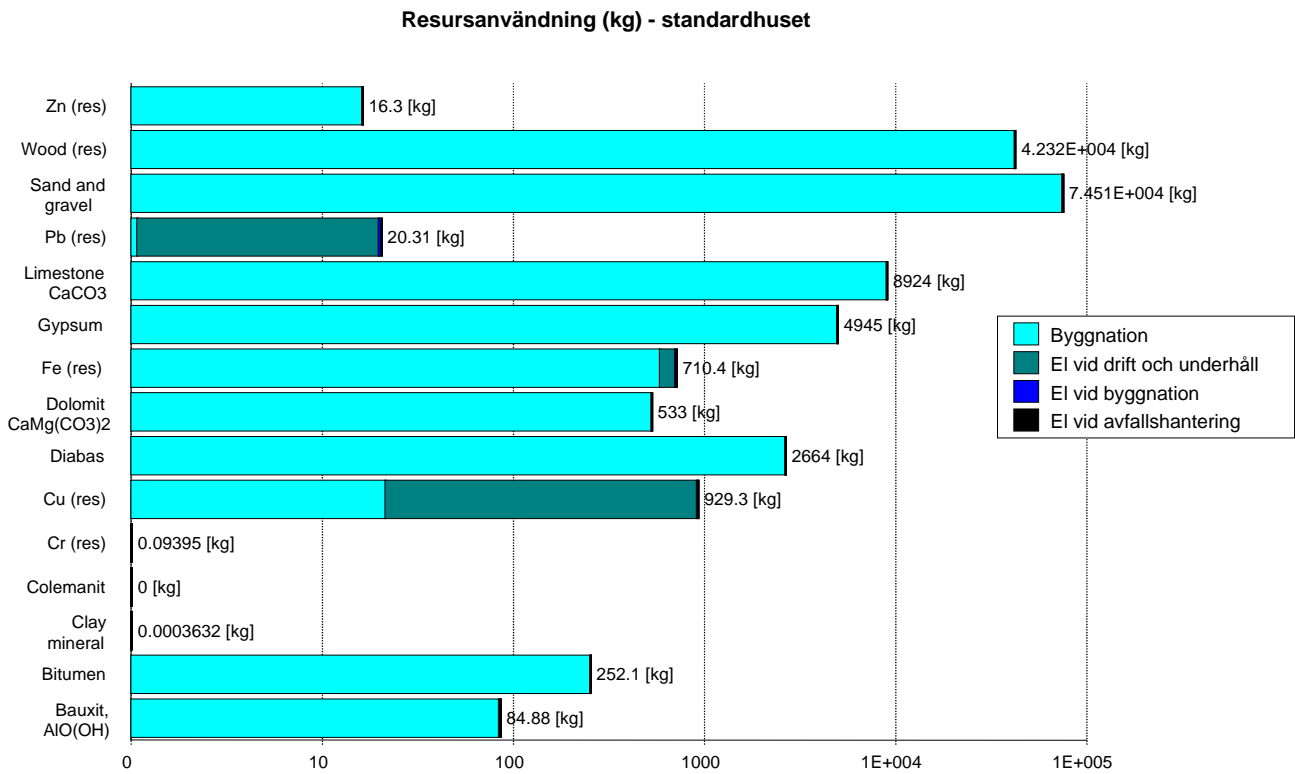
Figur 20 NO_x- och SO₂-emissioner för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.



Figur 21 NO_x- och SO₂-emissioner för ekomerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 100 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

6.3.3 Analys av resursförbrukningen - 100 år

För resursförbrukningen vid 100 års drift tillkommer främst den resursförbrukning som sammanhänger med elproduktionen under 100 år. Eftersom elförbrukningen är lägre för ekomerhuset blir också motsvarande resursförbrukning lägre vilket framgår av figur 22 och figur 23.



Figur 22 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för standardhuset vid 100 års drifttid. Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.

Resursanvändning (kg) - ekomerhuset



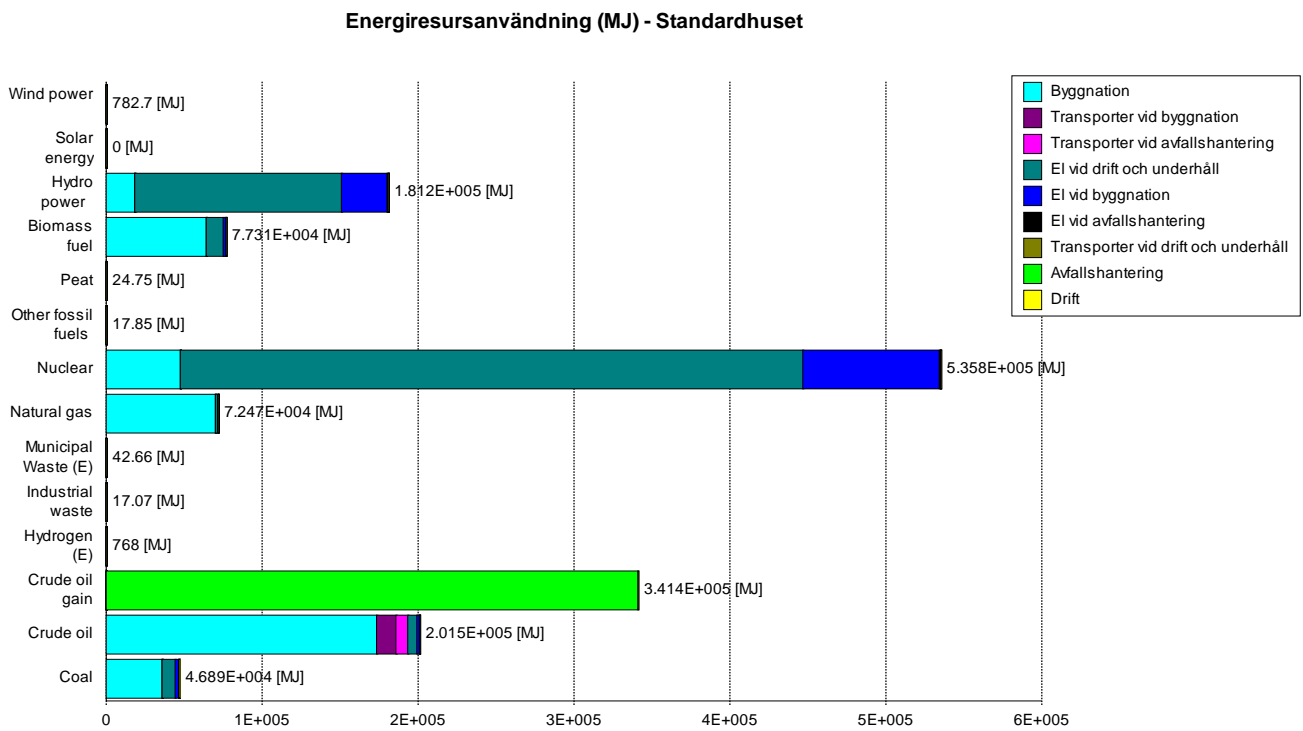
Figur 23 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för ekomerhuset vid 100 års drifttid.

Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.

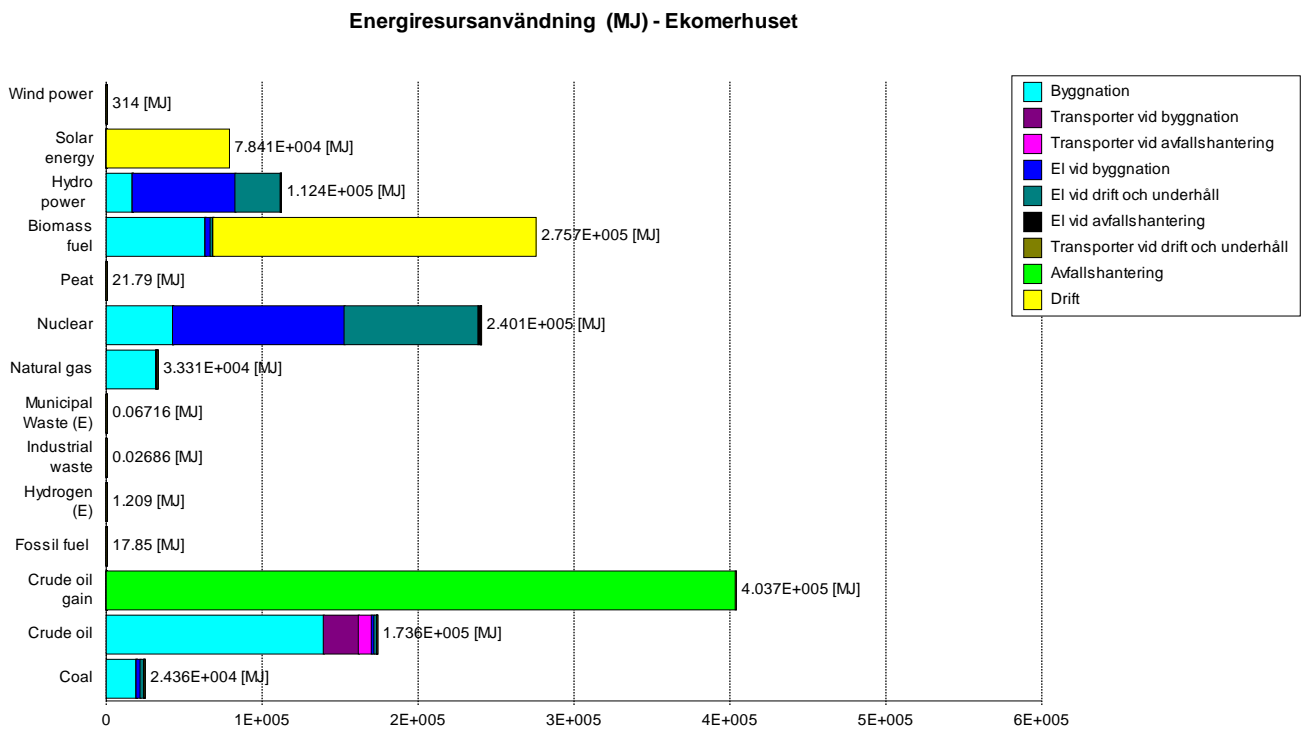
6.4 Totalresultat vid 10 års beräkningstid

6.4.1 Analys av energisystemet - 10 år

En beräkningsperiod om 10 år kan sägas representera en normal ägandeperiod av ett hus. Denna period kan således ha viss betydelse för de investeringsbeslut som tas av en byggherre (ägare/köpare). Vi har tidigare sett från den 100-åriga beräkningsperioden att det ur energi- och samhällsekonomisk synpunkt torde vara lönsamt att investera i hus med låg energiresursanvändning på lång sikt. Den 10-åriga beräkningsperioden intar här en mellanställning där byggnationsdelarna fortfarande spelar en avgörande roll. Figur 24 och figur 25 visar modellresultaten för huskoncepten vid den 10-åriga beräkningsperioden. Som framgår av figurerna är, vid denna beräkningsperiod, energiresursanvändningen ungefär lika mellan byggnationsfasen och användningsfasen. Investeringarna i byggnationsfasen är dock betydligt högre än motsvarande energikostnader under 10-årsperioden. Det kan således bli svårt för köparen att motivera den högre investeringskostanden vid byggnationen om han inte kan tillgodoräkna sig den framtida energibesparingspotentialen.



Figur 24 Energiresursanvändningen för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

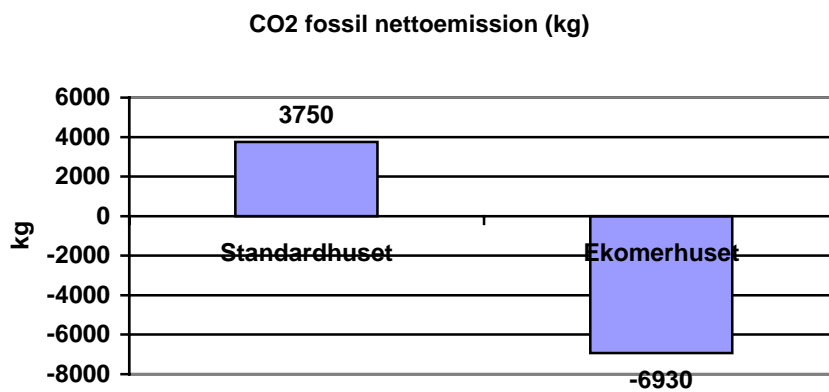


Figur 25 Energiresursanvändningen för ekonerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshantering efter livstidens slut.

6.4.2 Analys av emissioner - 10 år

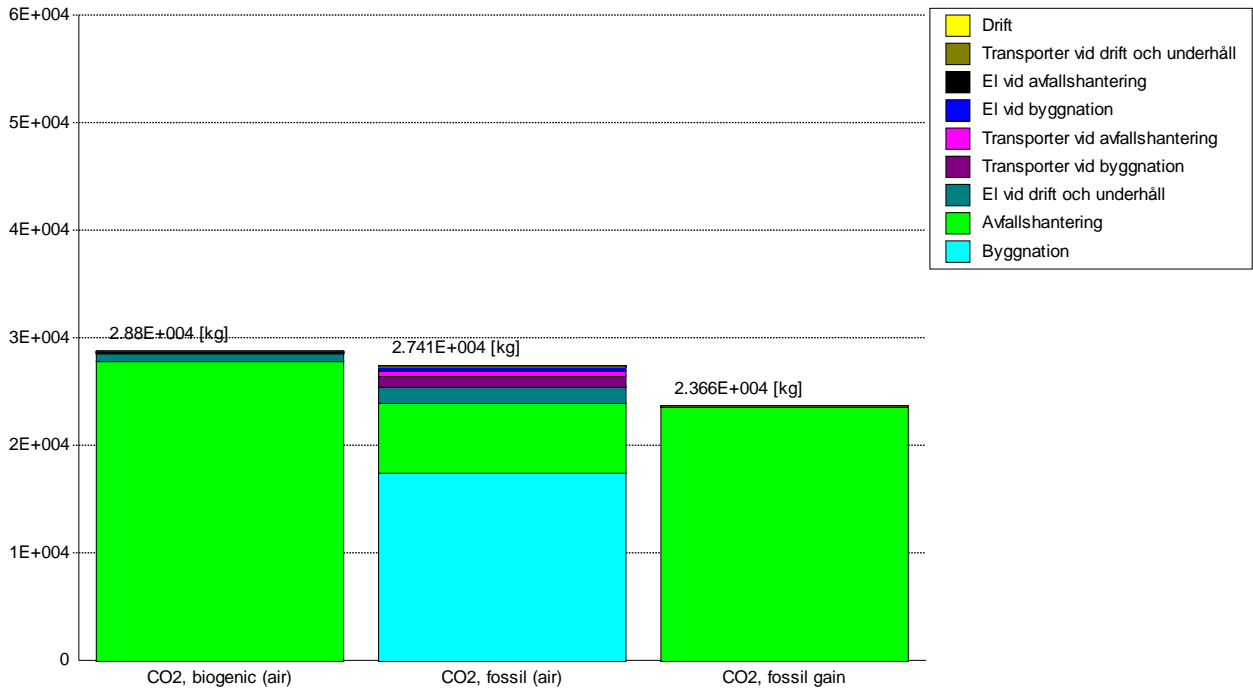
6.4.2.1 CO₂-emissioner

Koldioxidemissionerna från 10 års fallet visar på samma mönster som 100 års fallet men med lägre CO₂-emissioner från driften, figur 27 och figur 28. En CO₂ fossil nettoemission har även här beräknats och den visar på en övervägande fördel för ekomerhuset, figur 26.

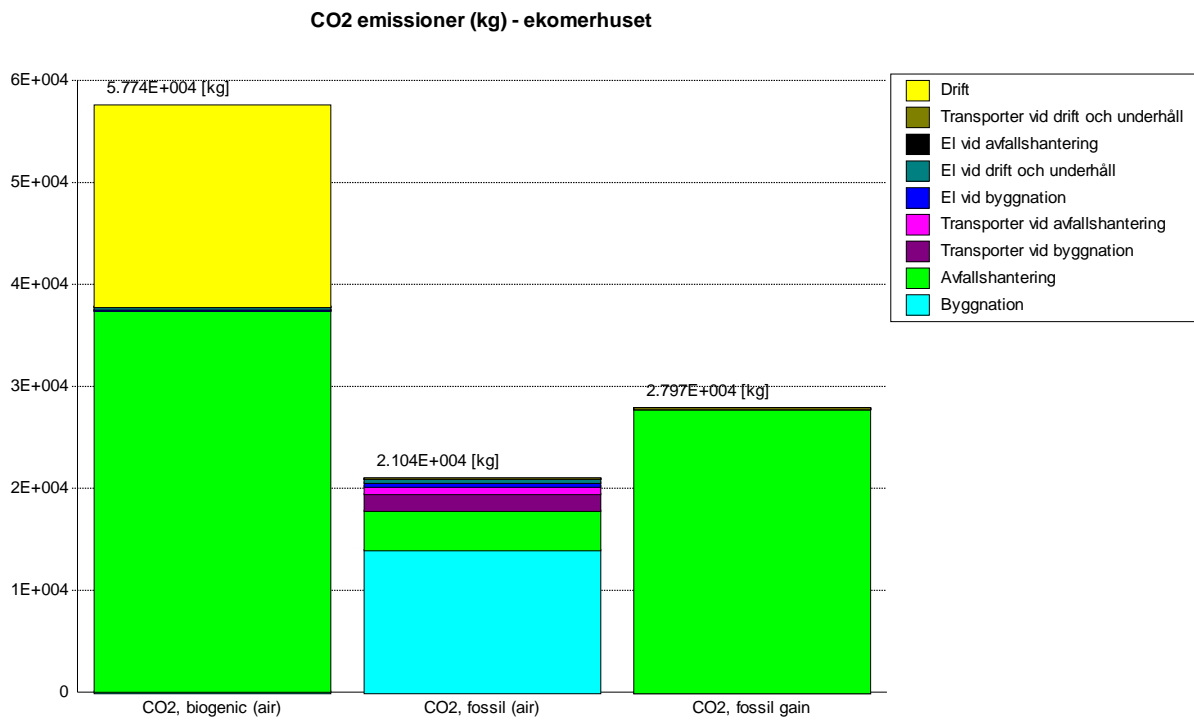


Figur 26 Fossilbaserad nettoemission av koldioxid från de båda huskoncepten vid 10 års drifttid och utnyttjande av all befintlig spillvärmekapacitet från energiåtervinning av materialen i husen. Som en jämförelse kan anges att förbränning av 1 liter eldningsolja ger upphov till ca 2,7 kg CO₂.

CO₂-emissioner (kg) - standardhuset



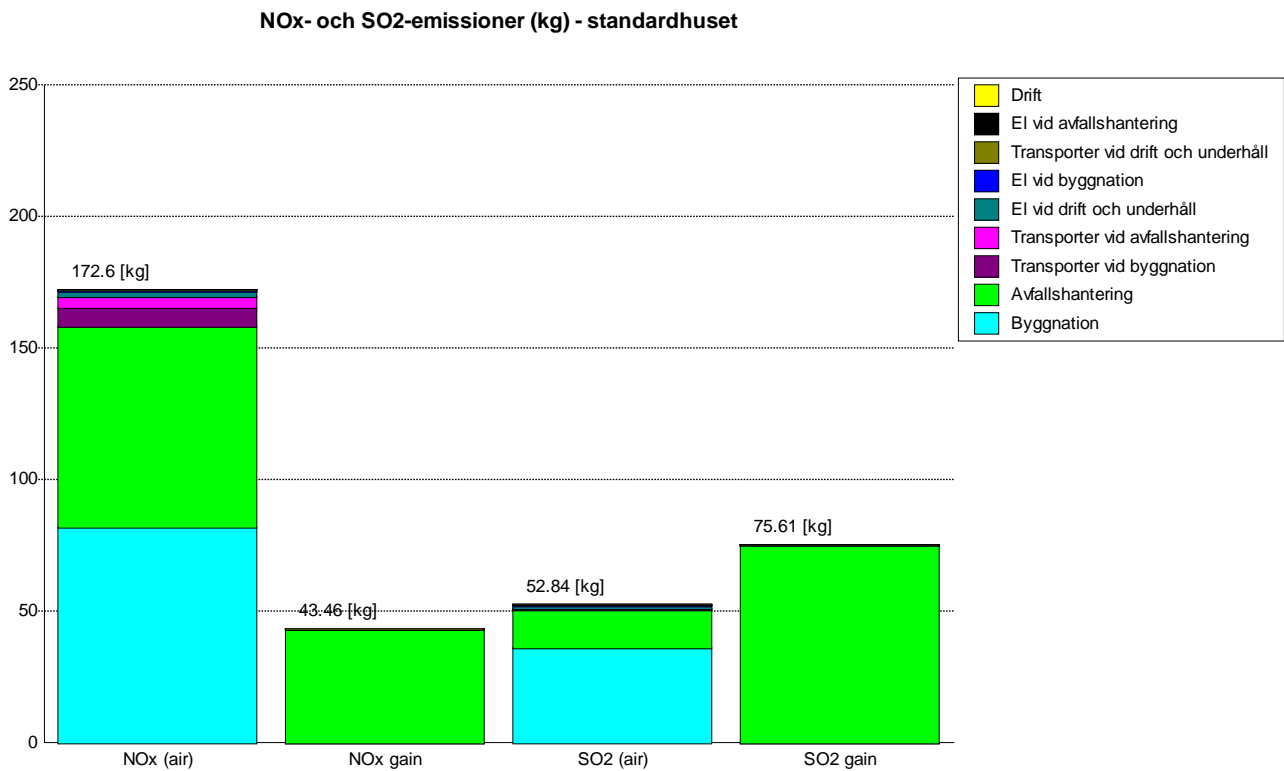
Figur 27 CO₂-emissioner för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshantering efter livstidens slut.



Figur 28 CO₂-emissioner för ekomerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

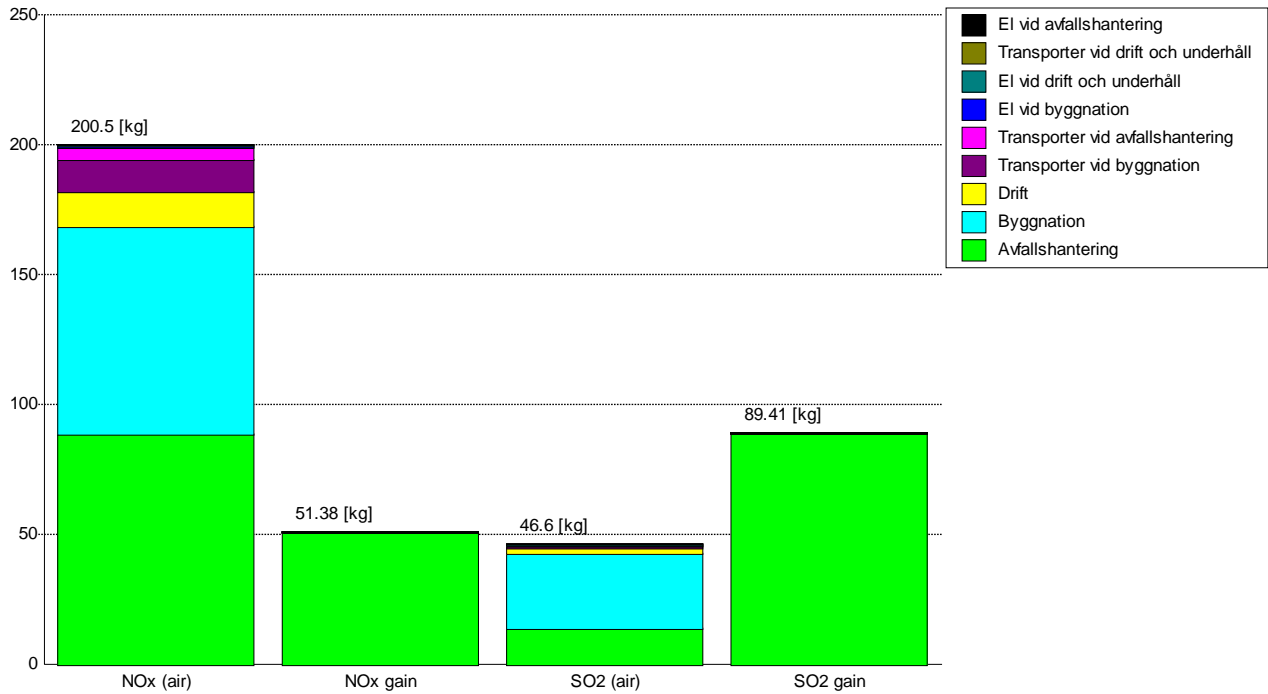
6.4.2.2 NO_x- och SO₂-emissioner

Under en så pass kort tid som en 10 årsperiod hinner inte driftdelarna bli dominerande för totalemisionerna vilket framgår av figur 29 och figur 30. Endast mindre skillnader finns därför mellan de båda huskoncepten.



Figur 29 NO_x- och SO₂-emissioner för standardhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshantering efter livstidens slut.

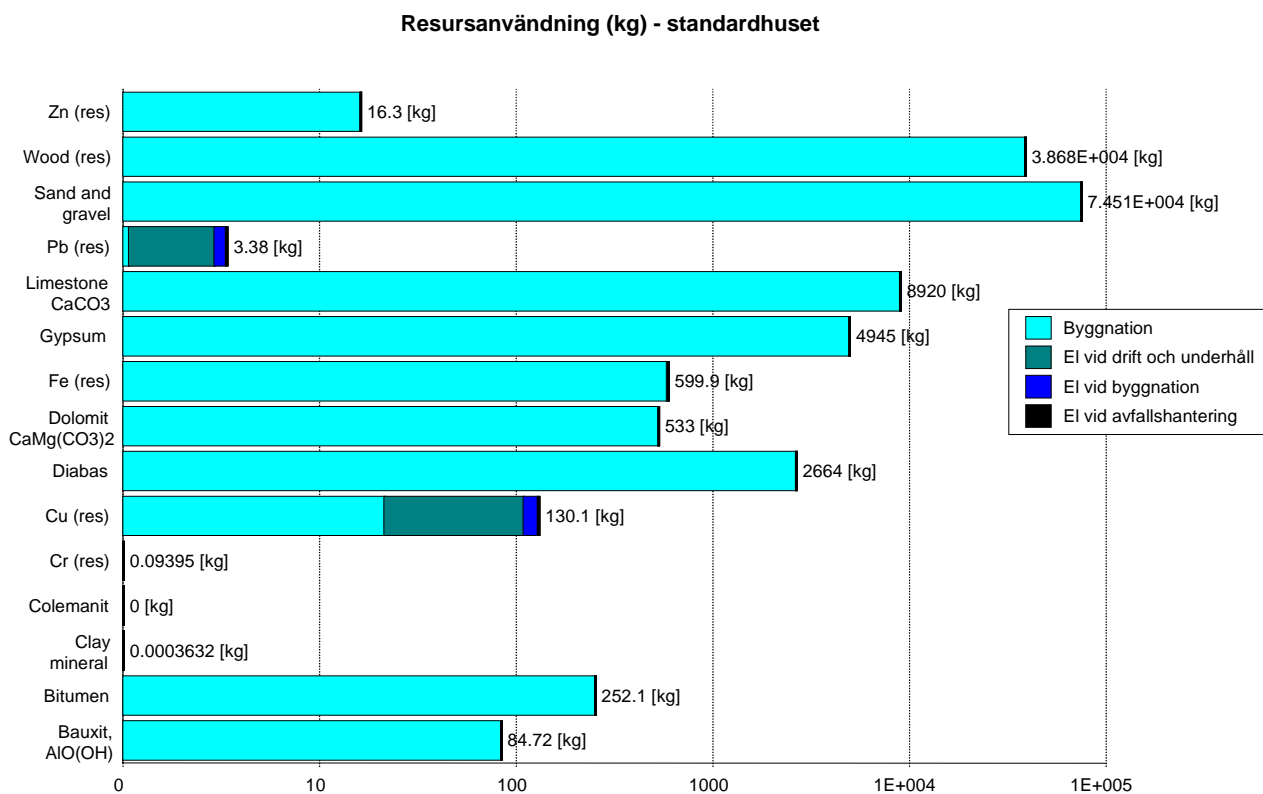
NOx- och SO2-emissioner (kg) - ekomerhuset



Figur 30 NO_x- och SO₂-emissioner för ekomerhuset. Figuren visar byggnationen av huset, driften av huset under 10 år samt avfallshanteringen efter livstidens slut.

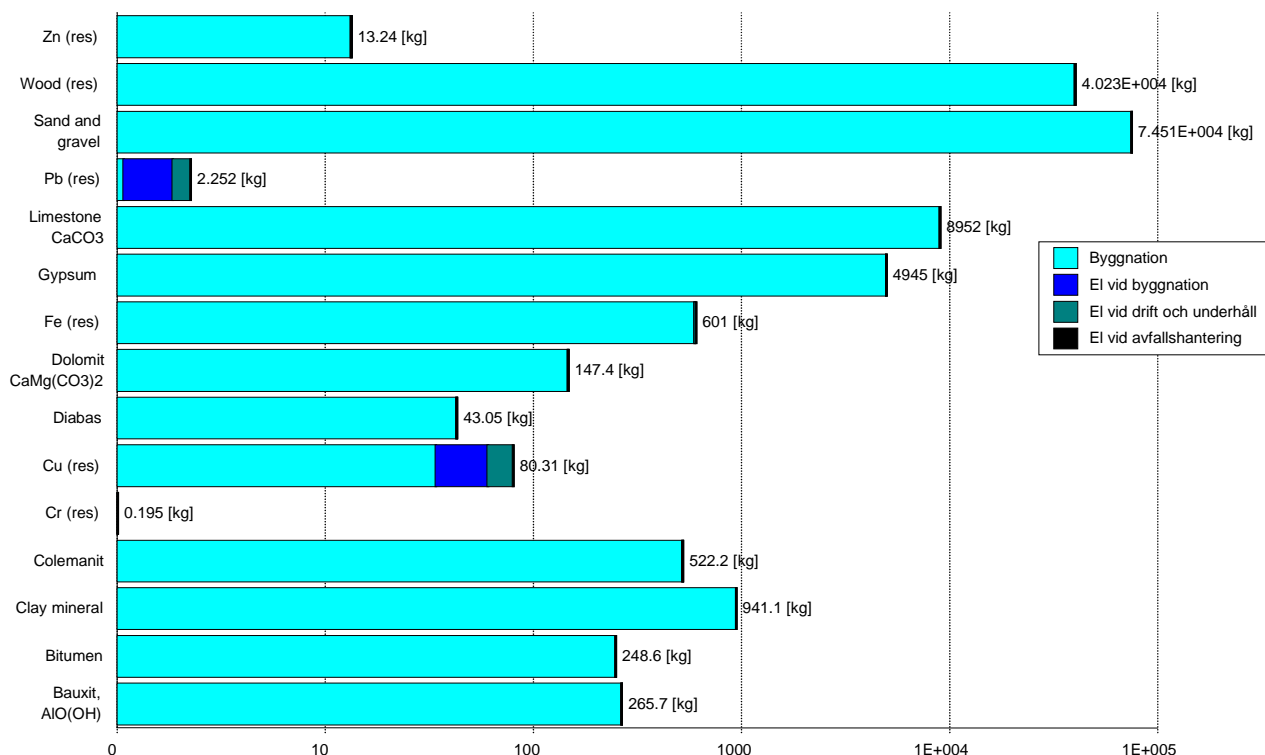
6.4.3 Analys av resursförbrukningen - 10 år

Resursförbrukningen för motsvarande 10 års drift visas i figur 31 och figur 32. Som framgår är driftens bidrag här ännu litet men skillnaden mot den rena byggnationsfasen framgår ändå klart.



Figur 31 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för standardhuset vid 10 års drifttid. Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.

Resursanvändning (kg) - ekomerhuset



Figur 32 Urval av parametrar beskrivande resursförbrukningen för ekomerhuset vid 10 års drifttid. Observera att skalan i figuren är logaritmisk för att kunna visa den stora variationen i förbrukad mängd för de olika parametrarna.

7 Sammanfattande diskussion och slutsatser

I studien har flera olika metoder för att förbättra en huskonstruktions miljö- och energiprestanda studerats. Grundkoncepten för förbättringsarbetet har presenterats i kapitel 2 och resultaten från analyserna har visats i kapitel 6. Vilka slutsatser kan man då dra av analysresultaten och hur kan resultaten användas i det praktiska utvecklingsarbetet?

Det bör dock först påpekas att en livscykelanalys är mycket komplex, vilket framgår av totalresultaten i appendix, varför egentligen alla dessa parametrar bör vägas in vid en totalanalys. Metoder för viktning och värdering finns men dessa är långt ifrån kompletta. Processerna i modellen är emellertid relativt okomplicerade vad beträffar miljö- och energiaspekterna. Inga allvarliga miljöproblem med processerna har kunnat identifieras och många processer är direkt energi- och förbränningsrelaterade. Detta gör att man med fördel kan analysera totalresultatet med utgångspunkt från några få parametrar som t.ex. energianvändningen, CO₂-emissionen, NO_x- och SO₂-emissionen och resursanvändningen.

En byggnad hör till samhällets infrastruktur och är tänkt att användas under lång tid, ofta mer än 100 år. Dess konstruktion kommer därför att påverka samhället under byggnadens livstid d.v.s. de närmaste 100 åren. Det är därför viktigt att ta fasta på en långsiktig analys och jämföra denna med

en trolig samhällsutveckling under samma tidsperiod. Vid analysen av energianvändningen under 100 år framgår, för båda huskoncepten, att energianvändningen vid tillverkningen av husen är liten i jämförelse med den energi som åtgår för driften av husen under 100 år. Det är alltså viktigare att se till att huset får låg energiförbrukning än att de material man använder har låg energiförbrukning vid tillverkningen så länge som materialen inte är direkt miljöstörande eller hälsovådliga. Det viktigaste för husmaterialen (t.ex. isoleringen) är att de ger huset en låg energiförbrukning och att de håller en hög teknisk kvalitet så att byggnationsarbetet inte måste göras om i förtid. En förväntad ökad brist på energi under den närmaste 100-årsperioden förstärker också dessa slutsatser.

Ekomerkonceptet ger här betydande reduktioner av energianvändningen. Detta koncept ger också en ökad andel av förnybara energiresurser (pellets) och därmed en minskning av CO₂-emissionerna. Detta medför dock också ökade NO_x- och SO₂-emissioner (och också andra emissioner som är relaterade till pelletsförbränning). Detta gäller dock under förutsättning att svenskproducerad el används. Användningen av solfångare i Ekomerhuset är också positivt för att minska energiresursanvändningen (solenergin kan ses som en fri resurs). Användningen av olika uppvärmningssystem har visat sig vara en viktig aspekt för husets helhetsprestanda under 100 år. Likaså att välja ett system med hög verkningsgrad och låga emissioner. Att välja svenskproducerad el ger i dagsläget låga emissioner (vattenkraft och kärnkraft) men problemet är att tillgången på denna el är begränsad och marginalproducerad el med t.ex. kolkondenskraftverk ger mycket sämre miljö- och energiprestanda. Byte till bibränsle ger en minskning av de fossila CO₂-emissionerna och en ökad användning av förnybara energiresurser men kan ge ökade emissioner av t.ex. NO_x, SO₂ och kolväten. Slutligen ger en energiåtervinning av husets material efter livstidens slut, under de flesta förhållanden, en betydande minskning av både energiresursanvändningen och emissionerna.

Analysen av materialresursanvändningen visar också på att denna inte är någon kritisk aspekt vid tillverkningen och att materialresursanvändningen är relativt lika för de olika konstruktionskoncepten.

Föreliggande studie har varit en ren teknisk studie där de miljö- och energimässiga förhållandena har utretts. Bostadsbyggandet i Sverige har dock, under lång tid, präglats av ekonomiska överväganden. De ekonomiska aspekterna vid husinvesteringar är alltså en mycket viktig drivkraft. De ekonomiska övervägandena speglar emellertid starkt den rådande situationen vid investeringstillfället och tar mycket liten hänsyn till framtida levnadsförhållanden. Ur ett nationellt och samhällsekonomiskt perspektiv är emellertid dessa frågor av mycket stort intresse. Det kan således finnas en diskrepans mellan den rådande ekonomiska kalkylmodellen och den verkliga situationen för ett hus livstid de närmaste 100 åren. Detta kan utgöra ett problem vid förverkligandet av ovanstående teorier.

Appendix 1: Total resultattabell för standardhuset under en 100 års beräkningsperiod.

SUMMARY OF Entire system			
Values calculated per 1 st of Hus			
Variable:	Inputs:	Outputs:	Unit:
<Calculation variables>			
House year		200	st
X Polyethene		35	kg
<Chemicals>			
(2NH4[Fe3(SO4)2(OH)6]) (chem)		5.08568	kg
Activator (chem)	0		kg
Al2(SO4)3 (chem)	0.0426518	0.0426518	kg
Ar (chem)	0		kg
As2O3 (chem)	0		kg
CaO (chem)	34.9082		kg
CaSO4	0		kg
CaSO4 (chem)	0.00309891	0	kg
Cl (chem)		0.374035	kg
CO2 (chem)	0.124801		kg
Cyklohexylamine	0.00829695		kg
Foam agent	0.00644971		kg
Gypsum, residual product	93.6247		kg
H2O (chem)	3.71473	1.14188	kg
H2O2 (chem)	0.076185		kg
H2SO4 (chem)	75.2031	17.9447	kg
H2SO4 balance	4.50522		kg
HCl (chem)	4.95E-06		kg
HNO3 (chem)	9.35248		kg
Hydrazine, N2H4 (chem)	0.0414848		kg
Ion exchange resin	0.33264		kg
Iron oxid	0		kg
KCl (chem)	0.0978559		kg
Methanol (chem)	0.09011		kg
MgSO4 (chem)	0.117197	0.0426518	kg
MnSO4 (chem)	0.0639662	0.0639662	kg
Moth agent	0.874454		kg
N2 (chem)	0.160904		kg
NaCl	0		kg
NaCl (chem)	0.324431		kg
NaClO3 (chem)	1.06492		kg
NaOH (chem)	0.9011	0.00433096	kg
NH3 (chem)	6.99682		kg
O2 (chem)	405.518	3.32237	kg
Pb(NO3)2 (chem)	0.0644971		kg
Potassium amyl xanthate	0.042998		kg
S (chem)	0		kg
SiO2 (chem)		0.426518	kg
Slag, blast furnace	12.4833		kg
SO2 (chem)	0.06062		kg
Sulphur, S	0.015269		kg
Trace substances (chem)		1.06618	kg

ZnSO4 JAROSITE (chem)		5.13068	kg
ZnSO4 NL (chem)		25.9304	kg
<Costs for energy>			
Operation cost El power	764611	764611	SEK
Operation cost pellets	0	0	SEK
Operation cost solar	0	0	SEK
<Emissions>			
Aluminium (emiss)		0.146035	kg
TCDD eqv. (emiss)		3.76E-11	kg
Zinc (emiss)		0.0842	kg
<Emissions to air>			
Aldehydes (air)		3.64E-05	kg
As (air)		0.000126432	kg
B2O3 (air)		0	kg
Benzene (air)		0.014506	kg
Cd (air)		0.000495625	kg
CFC/HCFC (air)		0.00661198	kg
CH4 (air)		112.901	kg
CH4 gain		0.692335	kg
Chromtrioxid (air)		1.07E-07	kg
Cl2 (air)		0.000961995	kg
CO (air)		130.555	kg
CO gain		34.0147	kg
Co, metal (air)		0	kg
CO2, biogenic (air)		37894.3	kg
CO2, fossil (air)		41063.6	kg
CO2, fossil gain		25492.7	kg
Cr (air)		0.00310006	kg
CS2 (air)		6.75E-06	kg
Cu (air)		0.00201048	kg
Dimethylether (air)		0.0061944	kg
Ethylbenzene (air)		0.00426647	kg
Ethylene (air)		0.00511976	kg
F2 (air)		3.18E-05	kg
Fluorides, gas (air)		0.00281	kg
Fluorides, particles (air)		0.0025852	kg
Formaldehyd (air)		0.041296	kg
H2 (air)		0.00647059	kg
H2S (air)		0.0216474	kg
H2SO4 (air)		0.000609108	kg
HC (air)		23.4113	kg
HC (air) gain		0.0116393	kg
HC aromatic (air)		0.0517398	kg
HC chlorinated (air)		0.00104234	kg
HCl (air)		0.142397	kg
HCN (air)		3.19E-05	kg
HF (air)		0.00400506	kg
Hg (air)		0.000709761	kg
Metals (air)		0.00376907	kg
Methanol (air)		0.0020648	kg
Mn (air)		0	kg
Mo (air)		5.90E-06	kg
N2O (air)		0.489481	kg
N2O gain		0.0101342	kg

NH3 (air)		2.27457	kg
NH4NO3 (air)		0.00207432	kg
Ni (air)		0.00510607	kg
NMVOOC (air)		5.72404	kg
NOx (air)		200.844	kg
NOx gain		46.8246	kg
Organic acids (air)		9.20E-06	kg
organics (air)		0.187725	kg
Other organics		0.0871712	kg
PAH (air)		0.00608046	kg
Particles (air)		22.0846	kg
Particles gain		16.726	kg
Pb (air)		0.00238914	kg
Phenol (air)		0.0020648	kg
Phthalate esters (air)		3.55E-10	kg
Phthalic anhydride (air)		3.00E-07	kg
Propylene (air)		0.00426647	kg
Radioactive emiss.		3.54E+10	Bq
Radioactive emissions		4.72E+07	kBq
Rn-222		41819	Bq
Sb (air)		0	kg
Se (air)		0	kg
SeO2 (air)		2.15E-06	kg
Sn (air)		0	kg
SO2 (air)		64.6885	kg
SO2 gain		81.4748	kg
SO3 (air)		0.000605735	kg
Styrene (air)		0.0307186	kg
TCDD eqv. (air)		2.26E-09	kg
Terpener		0.724479	kg
Ti (air)		0	kg
Tl		0.000179759	kg
TOC (air)		0	kg
Toluene (air)		0.00170659	kg
TSP		0.033587	kg
Urea (air)		0.289072	kg
V (air)		0	kg
Vinyl chloride monomer		3.37E-06	kg
VOC (air)		31.1826	kg
Xylenes (air)		0.000853293	kg
Zn (air)		0.00228516	kg
<Emissions to water>			
Acids as H ion (aq)		0.0244127	kg
Al (aq)		7.17031	kg
AOX (aq)		0.020479	kg
As (aq)		0.000243267	kg
B2O3 (aq)		0	kg
Benzene (aq)		0.00170659	kg
Bevattningsvatten		40.248	m3
BOD (aq)		1.75354	kg
Ca (aq)		0.467552	kg
Carbonate ions (aq)		0.027718	kg
Cd (aq)		0.0013848	kg
Chromtrioxid (aq)		0.000266527	kg

Cl ions (aq)		17.4153	kg
Cl2 (aq)		8.04E-09	kg
ClO3-- (aq)		0.000853293	kg
CN ions (aq)		0.000541807	kg
Co (aq)		2.83E-05	kg
COD (aq)		52.2387	kg
COD gain		0.00154521	kg
Cr (aq)		0.00172087	kg
Cu (aq)		7.84721	kg
Detergent/oil (aq)		0.0433571	kg
Dissolved Cl2		4.39E-05	kg
Dissolved organics		0	kg
Dissolved organics (aq)		0.084322	kg
Dissolved organics (non-hydrocarbon) (aq)		0.00853293	kg
Dissolved solids		0	kg
Dissolved solids (aq)		0.200011	kg
Dissolved solids not specified elsewhere (aq)		1.27994	kg
F (aq)		0.0176778	kg
Fe (aq)		0.00942482	kg
H2S (aq)		3.63E-06	kg
H2SO4 (aq)		0.004496	kg
H3BO3 (aq)		0	kg
HC (aq)		0.0208199	kg
HC aromatic (aq)		0.00041296	kg
HC chlorinated (aq)		1.00E-05	kg
HCl (aq)		0	kg
Hg (aq)		0.00136424	kg
HNO3 (aq)		0.000104118	kg
Magnesium Mg (aq)		0.000708435	kg
Metals (aq)		0.302519	kg
Mineral salts (aq)		0.0199149	kg
Mn (aq)		6.44E-06	kg
Mo (aq)		2.68E-06	kg
N, excl. NH3 (aq)		-0.00193619	kg
N, total (aq)		1.19738	kg
N, total (aq) gain		0.000292654	kg
Na (aq)		2.18765	kg
NaCl (aq)		0.000326424	kg
NH3/NH4 (aq)		0.550069	kg
NH4NO3 (aq)		0.0075978	kg
Ni (aq)		0.000301222	kg
Nitrate (aq)		1.37441	kg
Oil, unspec. (aq)		0.744978	kg
Oil, unspec. (aq) gain		0.133785	kg
Organics (aq)		0.355524	kg
Other organics (aq)		3.52E-06	kg
other organics not specified elsewhere (aq)		0.000853293	kg
P as P2O5 (aq)		0.00969428	kg
P, total (aq)		0.137437	kg
PAH (aq)		0.0001124	kg
Pb (aq)		0.00121539	kg
Phenol (aq)		0.00348769	kg
Phenol (aq) gain		0.00157866	kg
Phosphate (aq)		0.00110664	kg

Phosphate as P2O5 (aq)		0.00336731	kg
Phthalate		0	kg
Potassium K (aq)		0.00138343	kg
Radioactive emissions (aq)		445653	kBq
S, total (aq)		0.00160038	kg
Sb (aq)		3.98E-07	kg
SiO2 (aq)		0.000371943	kg
Sn (aq)		0.0310899	kg
SO3 ions (aq)		0.0555554	kg
SO4 ions (aq)		8.57618	kg
Sulphides (aq)		0.0546383	kg
Suspended solids (aq)		2.1432	kg
TOC (aq)		0.0386423	kg
V (aq)		9.30E-05	kg
Zn (aq)		1.56271	kg
<Energy>			
Heat of combustion		352753	MJ
<Energy carriers>			
CH4 fuel mass		49.1795	kg
Energy steam/heat		44.0713	MJ
Hydrogen	32.0587	0.0124055	MJ
Recovered energy		14.0316	MJ
<Energy Reminder>			
ER Electricity	330.456		MJ
<Energy resources>			
Coal	124743		MJ
Crude oil	262786		MJ
Crude oil gain	367908		MJ
Energy unspecified	-682.663		MJ
Hydrogen (E)	767.964		MJ
Industrial waste	17.0659		MJ
Municipal Waste (E)	42.6647		MJ
Natural gas	87309		MJ
Nuclear	4.12E+06		MJ
Other fossil fuels	17.8511		MJ
Peat	24.7488		MJ
Recovered energy (E)	-2867.07		MJ
Sulphur	0.279289		MJ
<Energy resources - renewables>			
Biomass fuel	172691		MJ
Hydro power	1.38E+06		MJ
Solar energy	0		MJ
Wind power	6476.79		MJ
<Materials/Products>			
Badkar	1		st
Betong m3		12.7826	m3
Diskbänk	1		st
Duschkabin	1		st
Emulgeringsmedel	0.0402		kg
Ferrous scraps	1189.06		kg
Fönster Elit 12x12 M		28.9792	st
Gips, återvunnen	901.351		kg
Gipsskiva		6009.01	kg
Glass	16		kg

Glass fibre	0.337643		kg
Grund		1	st
Handfat	2		st
Hasopor kg		0	kg
Hus	2	4	st
Kopparskrot	8.04		kg
Kyl Sval skåp	1		st
Lead, Pb	4.81E-06		kg
LECA kg		0	kg
limestone	0.110362		kg
Lubricating oil	0.000692104		kg
Mataki YAP2200 kg		492.341	kg
Mataki YEP2500 kg		16.6696	kg
Metals (co prod)		0	kg
Målarfärg	200		kg
Rock wool	2.84491		kg
Sekundär aska	2.412		kg
Skrot, Fe	23.256		kg
Spis	1		st
Stainless steel scrap 304	0.863041		kg
Steel scrap	0.0575933		kg
Mineralullsisolering m3	0		m3
Stärkelse	18.027		kg
Toalettstol	2		st
Torkskåp	0		st
Torktumlare	1		st
Trävaror sågade kg		19676.8	kg
Tvättbänk	1		st
Tvättmaskin	1		st
Värmepump kg		195	kg
Wood	466.451		kg
<Miscellaneous>			
Max CH4, biogenic		140.513	kg
Max CH4, fossil		0	kg
Max CO2, biogenic		386.436	kg
Max CO2, fossil		0	kg
Total org. combustible	17569.6		kg
Total waste mass	18291.5		kg
<Resources>			
Anhydrite	9.36247		kg
Baryte BaSO4	0.00178722		kg
Bauxit, AlO(OH)	84.8771		kg
Bentonite	0.104791		kg
Biomass (including water) (res)	9.38623		kg
birch	34.3253		kg
Bitumen	252.088		kg
Calcium sulphate CaSO4	0.00685407		kg
Caliche	6.432		kg
Clay mineral	0.000363239		kg
Colemanit	0		kg
Cr (res)	0.0939529	9.67E-05	kg
Cu (res)	929.344		kg
Diabas	2663.59		kg
Dolomit CaMg(CO3)2	533.008		kg

Fe (res)	710.442		kg
Feldspar	0.00259759		kg
Ferromanganese	1.34E-05		kg
Fluorspar CaF2	0.0133173		kg
Fältspat	0.00195774		kg
Gravel	0.00134488		kg
Gypsum	4944.52		kg
Hg (res)	0.000853293		kg
Iron sulphate	21.8458		kg
Iron, Fe (ore)	0		kg
KCl (res)	0.00699242		kg
Land	14698.3		m2
Land use	0.000109853		kg
Limestone CaCO3	8923.7		kg
Mn (res)	0.005577		kg
Mo (res)	0.00117975		kg
Na2SO4	0.06834		kg
NaCl (res)	10.5819		kg
Ni (res)	0.0404134		kg
Olivine (Mg,Fe)2SiO4	0.00363877		kg
Pb (res)	20.3102		kg
Phosphate as P2O5	0.00891054		kg
pine	35.4685		kg
Potassium chloride, KCl	0		kg
Quartz, SiO2	0		kg
Rutile, TiO2	0.000288563		kg
Sand and gravel	74509.2		kg
Shale	0.0289419		kg
Soda	0.00618276		kg
Sulphur (bonded)	0.0158242		kg
Sulphur (elemental)	0.0320195		kg
Water	11868.3	0.00121747	kg
Wood (res)	42322		kg
Zn (res)	16.2993		kg
<Resources/Products>			
Barium carbonate, BaCO3	0		kg
Sodium carbonate, Na2CO3	0		kg
<Wastes, liquid>			
HCl (liq waste)		0.00425711	kg
HF (liq waste)		0.00425711	kg
SeO2 (liq waste)		0.000212913	kg
Waste oil		0.0017723	kg
<Wastes, solid>			
Chlorinated rubber		1.25E-07	dm3
EAF slag compl prod		81.8233	kg
Hg2Cl2 (waste)		0.0506144	kg
High radioactive		26.2873	kg
Low radioactive		9480.86	dm3
Medium radioactive		4.14866	dm3
Metals (W)		0.00170659	kg
Municipal solid waste (W)		-2.81587	kg
Old new paper	0		kg
Paper (W)		0.20479	kg
Plastics (W)		1.79192	kg

Putrescibles (W)		0.000853293	kg
Radioaktivt avfall, hög (mass)		7.36E-07	kg
Radioaktivt avfall, medel och låg (mass)		0.026733	kg
Regulated chemicals		0	kg
Slag and Ash		17493.6	kg
Tailings (W)		6.65569	kg
Waste to incineration		1003.38	kg
Waste to landfill		81.0634	kg
Waste to recycling		82.6334	kg
Waste, construction		24.1785	kg
Waste, demolition (inactive)		0.0283059	kg
Waste, glass	0		kg
Waste, hazardous		33.6626	kg
Waste, highly radioactive		0.0200419	kg
Waste, industrial		58439.9	kg
Waste, mineral		1091.56	kg
Waste, other		44.8774	kg
Waste, plastics		0.251108	kg
waste, radioactive		0.192754	kg
Waste, reg. chem.		419.306	kg
Waste, unreg. chem.		11.5427	kg
waste, unspecified		0.00245005	kg
Waste, Zn mining neutral leach		5.51266	kg
Wood waste		0	kg
Wood waste (W)		0.0853293	kg
Wooden pallets (W)		0.0486377	kg

Appendix 2: Total resultattabell för ekomerhuset under en 100 års beräkningsperiod.

SUMMARY OF Entire system			
Values calculated per 1 st of Hus			
Variable:	Inputs:	Outputs:	Unit:
<Calculation variables>			
House year		200	st
X Polyethene		35	kg
<Chemicals>			
(2NH4[Fe3(SO4)2(OH)6]) (chem)		4.37174	kg
Activator (chem)	228.375		kg
Al2(SO4)3 (chem)	0.0366643	0.0366643	kg
Ar (chem)	4.437		kg
As2O3 (chem)	0		kg
CaO (chem)	8.53507		kg
CaSO4	8.03E-06		kg
CaSO4 (chem)	0.00329665	378.58	kg
Cl (chem)		0.0478	kg
CO2 (chem)	4.45E-07		kg
Cyklohexylamine	0.00197817		kg
Foam agent	0.00554429		kg
Gypsum, residual product	93.6247		kg
H2O (chem)	154.179	0.981584	kg
H2O2 (chem)	0.076185		kg
H2SO4 (chem)	28.8143	15.4256	kg
H2SO4 balance	3.87277		kg
HCl (chem)	4.25E-06		kg
HNO3 (chem)	2.37052		kg
Hydrazine, N2H4 (chem)	0.00989083		kg
Ion exchange resin	0.0793233		kg
Iron oxid	2.208		kg
KCl (chem)	0.00858635		kg
Methanol (chem)	0.09011		kg
MgSO4 (chem)	0.111209	0.0366643	kg
MnSO4 (chem)	0.0549866	0.0549866	kg
Moth agent	0.874454		kg
N2 (chem)	0.140039		kg
NaCl	1.84475		kg
NaCl (chem)	0.330789		kg
NaClO3 (chem)	1.06492		kg
NaOH (chem)	0.9011	0.00372298	kg
NH3 (chem)	1.70581		kg
O2 (chem)	233.161	2.85597	kg
Pb(NO3)2 (chem)	0.0554429		kg
Potassium amyl xanthate	0.0369619		kg
S (chem)	89.3423		kg
SiO2 (chem)		0.366643	kg
Slag, blast furnace	12.4833		kg
SO2 (chem)	0.06062		kg
Sulphur, S	0.001619		kg
Trace substances (chem)		0.916509	kg

ZnSO4 JAROSITE (chem)		4.41043	kg
ZnSO4 NL (chem)		22.2902	kg
<Costs for energy>			
Operation cost El power	165032	165032	SEK
Operation cost pellets	229459	229459	SEK
Operation cost solar	0	0	SEK
<Emissions>			
Aluminium (emiss)		0.639835	kg
TCDD eqv. (emiss)		4.80E-12	kg
Zinc (emiss)		0.0992	kg
<Emissions to air>			
Aldehydes (air)		3.27E-05	kg
As (air)		0.00021253	kg
B2O3 (air)		8.29209	kg
Benzene (air)		2.28E-05	kg
Cd (air)		0.00675204	kg
CFC/HCFC (air)		0.0251968	kg
CH4 (air)		117.488	kg
CH4 gain		0.809555	kg
Chromtrioxid (air)		2.25E-07	kg
Cl2 (air)		0.000138824	kg
CO (air)		765.661	kg
CO gain		39.7738	kg
Co, metal (air)		1.69E-05	kg
CO2, biogenic (air)		240420	kg
CO2, fossil (air)		24073.5	kg
CO2, fossil gain		29808.8	kg
Cr (air)		0.00689771	kg
CS2 (air)		0	kg
Cu (air)		0.0130736	kg
Dimethylether (air)		0.000100125	kg
Ethylbenzene (air)		6.72E-06	kg
Ethylene (air)		8.06E-06	kg
F2 (air)		3.07E-05	kg
Fluorides, gas (air)		0.0275	kg
Fluorides, particles (air)		0.0253	kg
Formaldehyd (air)		0.92145	kg
H2 (air)		0	kg
H2S (air)		0.00047334	kg
H2SO4 (air)		0.00871724	kg
HC (air)		15.1726	kg
HC (air) gain		0.0136099	kg
HC aromatic (air)		0.0305893	kg
HC chlorinated (air)		3.76E-05	kg
HCl (air)		0.132199	kg
HCN (air)		3.08E-05	kg
HF (air)		0.00304833	kg
Hg (air)		0.00174744	kg
Metals (air)		0.00119777	kg
Methanol (air)		3.34E-05	kg
Mn (air)		1.69E-05	kg
Mo (air)		1.24E-05	kg
N2O (air)		10.5885	kg
N2O gain		0.01185	kg

NH3 (air)		4.17663	kg
NH4NO3 (air)		0.0032895	kg
Ni (air)		0.00606145	kg
NMVOOC (air)		17.802	kg
NOx (air)		333.092	kg
NOx gain		54.7525	kg
Organic acids (air)		2.13516	kg
organics (air)		0.000295508	kg
Other organics		0.082926	kg
PAH (air)		0.614937	kg
Particles (air)		92.9376	kg
Particles gain		19.5579	kg
Pb (air)		0.0344859	kg
Phenol (air)		3.34E-05	kg
Phthalate esters (air)		3.55E-10	kg
Phthalic anhydride (air)		3.00E-07	kg
Propylene (air)		6.72E-06	kg
Radioactive emiss.		8.44E+09	Bq
Radioactive emissions		4.72E+07	kBq
Rn-222		41819	Bq
Sb (air)		1.69E-05	kg
Se (air)		0.00454785	kg
SeO2 (air)		1.85E-06	kg
Sn (air)		1.69E-05	kg
SO2 (air)		67.9862	kg
SO2 gain		95.2693	kg
SO3 (air)		0.00871724	kg
Styrene (air)		4.84E-05	kg
TCDD eqv. (air)		1.81E-07	kg
Terpener		0.724479	kg
Ti (air)		8.43E-06	kg
Tl		0.000179759	kg
TOC (air)		0.00337342	kg
Toluene (air)		2.69E-06	kg
TSP		0.033587	kg
Urea (air)		0.0046725	kg
V (air)		1.69E-05	kg
Vinyl chloride monomer		0	kg
VOC (air)		32.0766	kg
Xylenes (air)		1.34E-06	kg
Zn (air)		0.829616	kg
<Emissions to water>			
Acids as H ion (aq)		0.0164584	kg
Al (aq)		31.3665	kg
AOX (aq)		0.020479	kg
As (aq)		0.000350387	kg
B2O3 (aq)		267.898	kg
Benzene (aq)		2.69E-06	kg
Bevattningsvatten		38.664	m3
BOD (aq)		27.4254	kg
Ca (aq)		0.000122853	kg
Carbonate ions (aq)		0.021212	kg
Cd (aq)		0.00056266	kg
Chromtrioxid (aq)		0.000233218	kg

Cl ions (aq)		13.1554	kg
Cl2 (aq)		1.28E-08	kg
ClO3-- (aq)		1.34E-06	kg
CN ions (aq)		0.000537805	kg
Co (aq)		2.83E-05	kg
COD (aq)		110.742	kg
COD gain		0.00180683	kg
Cr (aq)		0.000929219	kg
Cu (aq)		9.88213	kg
Detergent/oil (aq)		0.0086391	kg
Dissolved Cl2		0	kg
Dissolved organics		1.27E-05	kg
Dissolved organics (aq)		0.0812099	kg
Dissolved organics (non-hydrocarbon) (aq)		1.34E-05	kg
Dissolved solids		3.11E-05	kg
Dissolved solids (aq)		0.108515	kg
Dissolved solids not specified elsewhere (aq)		0.00201482	kg
F (aq)		0.0194405	kg
Fe (aq)		0.00991582	kg
H2S (aq)		3.63E-06	kg
H2SO4 (aq)		0.044	kg
H3BO3 (aq)		25.824	kg
HC (aq)		0.00776582	kg
HC aromatic (aq)		6.68E-06	kg
HC chlorinated (aq)		4.55E-07	kg
HCl (aq)		0	kg
Hg (aq)		0.000554679	kg
HNO3 (aq)		0.000165113	kg
Magnesium Mg (aq)		0	kg
Metals (aq)		0.153007	kg
Mineral salts (aq)		0.0196376	kg
Mn (aq)		1.35E-05	kg
Mo (aq)		5.63E-06	kg
N, excl. NH3 (aq)		-0.00222634	kg
N, total (aq)		0.48745	kg
N, total (aq) gain		0.000342203	kg
Na (aq)		0.0810917	kg
NaCl (aq)		0.00051765	kg
NH3/NH4 (aq)		0.269233	kg
NH4NO3 (aq)		0.0120488	kg
Ni (aq)		0.000324952	kg
Nitrate (aq)		0.347251	kg
Oil, unspec. (aq)		0.706781	kg
Oil, unspec. (aq) gain		0.156436	kg
Organics (aq)		0.355524	kg
Other organics (aq)		3.52E-06	kg
other organics not specified elsewhere (aq)		1.34E-06	kg
P as P2O5 (aq)		0.0121019	kg
P, total (aq)		0.126409	kg
PAH (aq)		0.0011	kg
Pb (aq)		0.00036598	kg
Phenol (aq)		0.0435772	kg
Phenol (aq) gain		0.00184594	kg
Phosphate (aq)		0.00110664	kg

Phosphate as P2O5 (aq)		0.000122853	kg
Phthalate		0	kg
Potassium K (aq)		2.93E-07	kg
Radioactive emissions (aq)		445653	kBq
S, total (aq)		0.00335745	kg
Sb (aq)		3.98E-07	kg
SiO2 (aq)		0.0007803	kg
Sn (aq)		0.0310903	kg
SO3 ions (aq)		0.0132456	kg
SO4 ions (aq)		1.41995	kg
Sulphides (aq)		0.0513127	kg
Suspended solids (aq)		0.786925	kg
TOC (aq)		0.0401008	kg
V (aq)		9.30E-05	kg
Zn (aq)		0.00303278	kg
<Energy>			
Heat of combustion		412105	MJ
<Energy carriers>			
CH4 fuel mass		64.51	kg
Energy steam/heat		720.929	MJ
Hydrogen	26.4135	0.010664	MJ
Recovered energy		5.5284	MJ
<Energy Reminder>			
ER Electricity	3234		MJ
<Energy resources>			
Coal	41174.6		MJ
Crude oil	187882		MJ
Crude oil gain	430198		MJ
Energy unspecified	-758.771		MJ
Fossil fuel	17.8511		MJ
Hydrogen (E)	1.20889		MJ
Industrial waste	0.0268643		MJ
Municipal Waste (E)	0.0671608		MJ
Natural gas	36517.3		MJ
Nuclear	1.02E+06		MJ
Peat	21.7889		MJ
Recovered energy (E)	-4.51321		MJ
Sulphur	0		MJ
<Energy resources - renewables>			
Biomass fuel	2.16E+06		MJ
Hydro power	371812		MJ
Solar energy	784130		MJ
Wind power	1543.61		MJ
<Materials/Products>			
Badkar	1		st
Betong m3		12.7826	m3
Diskbänk	1		st
Duschkabin	1		st
Emulgeringsmedel	0.06375		kg
Ferrous scraps	1367.25		kg
Fönster Elit 12x12 M		28.9792	st
Gips, återvunnen	901.351		kg
Gipsskiva		6009.01	kg
Glass	16		kg

Glass fibre	0.0805756		kg
Grund		1	st
Handfat	2		st
Hasopor kg		13050	kg
Hus	2	4	st
Kopparskrot	12.75		kg
Kyl Sval skåp	1		st
Lead, Pb	0		kg
LECA kg		967.51	kg
limestone	0.117692		kg
Lubricating oil	0.000165165		kg
Mataki YAP2200 kg		492.341	kg
Mataki YEP2500 kg		16.6696	kg
Metals (co prod)		265.306	kg
Målarfärg	200		kg
Rock wool	0.678285		kg
Sekundär aska	3.825		kg
Skrot, Fe	23.256		kg
Spis	1		st
Stainless steel scrap 304	1.81058		kg
Steel scrap	0.120825		kg
Mineralullsisolering m3	0.4		m3
Stärkelse	18.027		kg
Toalettstol	2		st
Torkskåp	0		st
Torktumlare	1		st
Trävaror sågade kg		18902.4	kg
Tvättbänk	1		st
Tvättmaskin	1		st
Värmepump kg		0	kg
Wood	121.082		kg
<Miscellaneous>			
Max CH4, biogenic		184.314	kg
Max CH4, fossil		0	kg
Max CO2, biogenic		506.898	kg
Max CO2, fossil		0	kg
Total org. combustible	21761		kg
Total waste mass	23617.3		kg
<Resources>			
Anhydrite	9.36247		kg
Baryte BaSO4	0.000138147		kg
Bauxit, AlO(OH)	265.717		kg
Bentonite	0.03561		kg
Biomass (including water) (res)	0.0147754		kg
birch	34.3253		kg
Bitumen	248.578		kg
Calcium sulphate CaSO4	1.49E-05		kg
Caliche	10.2		kg
Clay mineral	941.097		kg
Colemanit	522.161		kg
Cr (res)	0.195036	9.67E-05	kg
Cu (res)	252.886		kg
Diabas	43.0538		kg
Dolomit CaMg(CO3)2	147.405		kg

Fe (res)	624.898		kg
Feldspar	0		kg
Ferromanganese	1.00E-05		kg
Fluorspar CaF2	0.00042588		kg
Fältspat	0.00310462		kg
Gravel	0.000499916		kg
Gypsum	4944.52		kg
Hg (res)	1.34E-06		kg
Iron sulphate	21.8458		kg
Iron, Fe (ore)	0.000300375		kg
KCl (res)	0.0019458		kg
Land	3507.35		m2
Land use	0.000109853		kg
Limestone CaCO3	8952.33		kg
Mn (res)	0.0117		kg
Mo (res)	0.002475		kg
Na2SO4	0.108375		kg
NaCl (res)	3.3796		kg
Ni (res)	0.0364863		kg
Olivine (Mg,Fe)2SiO4	0.00112708		kg
Pb (res)	5.90781		kg
Phosphate as P2O5	0.0004607		kg
pine	35.4685		kg
Potassium chloride, KCl	4.05E-06		kg
Quartz, SiO2	51.1742		kg
Rutile, TiO2	0.000361185		kg
Sand and gravel	74508.7		kg
Shale	0.00899618		kg
Soda	0.00980475		kg
Sulphur (bonded)	0.0016393		kg
Sulphur (elemental)	0.0034826		kg
Water	12139.4	19.24	kg
Wood (res)	43874		kg
Zn (res)	13.2437		kg
<Resources/Products>			
Barium carbonate, BaCO3	9.27765		kg
Sodium carbonate, Na2CO3	11.3685		kg
<Wastes, liquid>			
HCl (liq waste)		0.00365949	kg
HF (liq waste)		0.00365949	kg
SeO2 (liq waste)		0.000183024	kg
Waste oil		0.000422945	kg
<Wastes, solid>			
Chlorinated rubber		1.08E-07	dm3
EAF slag compl prod		94.0849	kg
Hg2Cl2 (waste)		0.0435091	kg
High radioactive		6.26862	kg
Low radioactive		2260.86	dm3
Medium radioactive		0.989313	dm3
Metals (W)		2.69E-06	kg
Municipal solid waste (W)		-0.00443261	kg
Old new paper	3945.31		kg
Paper (W)		0.000322372	kg
Plastics (W)		0.00282075	kg

Putrescibles (W)		1.34E-06	kg
Radioaktivt avfall, hög (mass)		1.17E-06	kg
Radioaktivt avfall, medel och låg (mass)		0.0423938	kg
Regulated chemicals		0.00253125	kg
Slag and Ash		22677.8	kg
Tailings (W)		0.0104771	kg
Waste to incineration		981.141	kg
Waste to landfill		79.4924	kg
Waste to recycling		80.516	kg
Waste, construction		5.76465	kg
Waste, demolition (inactive)		0.0283059	kg
Waste, glass	13050		kg
Waste, hazardous		34.9374	kg
Waste, highly radioactive		0.0200419	kg
Waste, industrial		66759.5	kg
Waste, mineral		313.379	kg
Waste, other		44.8774	kg
Waste, plastics		0.242635	kg
waste, radioactive		0.192754	kg
Waste, reg. chem.		1.75883	kg
Waste, unreg. chem.		0.234765	kg
waste, unspecified		0.00202708	kg
Waste, Zn mining neutral leach		4.73878	kg
Wood waste		6.67234	kg
Wood waste (W)		0.000134322	kg
Wooden pallets (W)		7.66E-05	kg