

Möjligheter till kvantifiering av mervärden för energieffektiva småhus



Möjligheter till kvantifiering av mervärden för energieffektiva småhus

Författare: Julia Wahtra, Jenny Wallström

Granskad av: Agneta Persson

Anthesis Enveco AB

2018-12-28

Rapport 2018:7

www.anthesis.se

INNEHÅLL

1	INLEDNING	4
2	SAMMANFATTANDE TABELL	6
3	ENERGIANVÄNDNING	9
3.1	Energibehovet för uppvärmning	9
3.2	Elanvändning.....	9
3.3	Vattenanvändning.....	9
3.4	Effektbehov.....	9
4	KLIMAT-OCH MILJÖPÅVERKAN.....	10
4.1	Växthusgasutsläpp från energianvändning	10
4.2	Växthusgasutsläpp från byggnadsmaterial och -produkter.....	11
4.3	Lokala utsläpp av luftföroreningar	11
5	ENERGIFÖRSÖRJNING OCH ENERGIPRIS	14
5.1	Beroende av externa energikällor eller egenproduktion av energi	14
5.2	Flexibilitet i val av energikälla	14
5.3	Känslighet för energiprishöjningar.....	15
6	BOENDEKOSTNAD OCH TILLGÅNGARS VÄRDE	16
6.1	Månatliga kostnader.....	16
6.2	Andrahandsvärdet av huset	16
6.3	Tidsåtgång för drift och underhåll.....	16
7	HÄLSA OCH VÄLMÅENDE	18
7.1	Boendekomfort.....	18
7.2	Boendes hälsa.....	18
7.3	Känsla för sitt boende	21
8	REKOMMENDATIONER.....	22
	BILAGA 1 EXEMPEL KEDJESAMBAND	23
	BILAGA 2.....	25
	REFERENSER	26

1 INLEDNING

Innovationsklustret *BeSmå* verkar för att småhussektorn ska bidra till omställningen till ett hållbart energisystem. Inom ramen för innovationsklustret drivs bland annat förstudier och projekt för effektivare energianvändning i befintliga och nya småhus. Ett av projekten är *Visualisering av mervärden av energieffektivisering för småhus*. I detta projekt ska en modell för att visualisera mervärden av energieffektivisering utvecklas som småhusägare och tillverkare av småhus och energieffektiva produkter kan använda. Monetära värden kan potentiellt användas som komplement till visualiseringen av mervärden.

Denna rapport redovisar en analys av möjligheterna att kvantifiera mervärden (i kronor) av energieffektiva småhus. Syftet är dels att ge kunskap om för vilka mervärden det redan finns monetära värderingar och dels att identifiera behov av ytterligare kunskap för att kunna värdera effekterna monetärt i framtiden. Frågorna som är aktuella att undersöka är de som ska ställas till användaren i verket. Dessa frågor är uppdelade under 5 olika mervärdeskategorier, nämligen följande:

Energianvändning

- Hur påverkar denna åtgärd energibehovet för uppvärmning?
- Hur påverkar denna åtgärd elanvändningen?
- Hur påverkar denna åtgärd vattenanvändningen?
- Hur påverkar denna åtgärd effektbehovet?

Klimat-och miljöpåverkan

- Hur påverkar denna åtgärd växthusgasutsläppen från energianvändningen?
- Hur påverkar denna åtgärd växthusgasutsläppen från byggnadsmaterial och -produkter?
- Hur påverkar denna åtgärd lokala utsläpp av luftföroreningar?

Energiförsörjning och energipris

- Hur påverkar denna åtgärd beroendet av externa energikällor och egenproduktion av energi?
- Hur påverkar denna åtgärd flexibiliteten i val av energikälla?
- Hur påverkar denna åtgärd känslighet för energiprishöjningar?

Boendekostnad och tillgångars värde

- Hur påverkar denna åtgärd de månatliga kostnaderna?
- Hur bidrar denna åtgärd till andrahandsvärdet av huset?
- Hur påverkar denna åtgärd tidsåtgången för drift och underhåll?

Hälsa och välmående

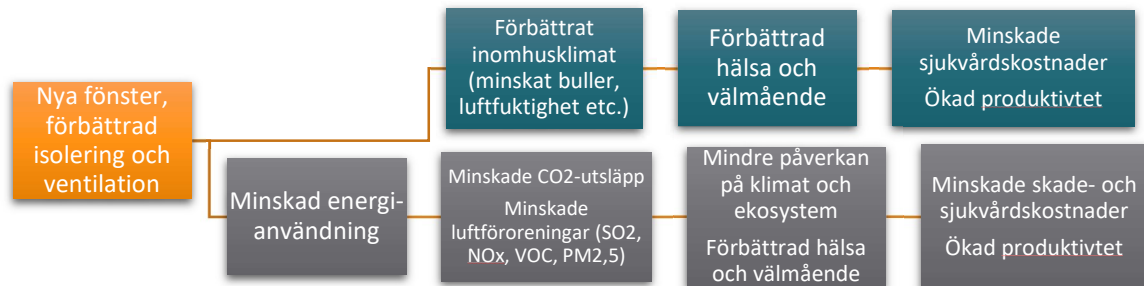
- Hur påverkar denna åtgärd upplevelsen av boendekomfort?

- Hur påverkar denna åtgärd de boendes hälsa?
- Hur påverkar denna åtgärd din känsla för ditt boende?

Det finns olika sätt att värdera hälso- och miljöeffekter, men en bra utgångspunkt är att så långt som möjligt använda den så kallade skadekostnadsansatsen. Det innebär att den faktiska påverkan på människors välbefinnande värderas via olika hälso- och miljöeffekter. Skadekostnadsansatsen förutsätter att det finns kunskap om kedjesamband, dvs. åtgärd → belastning → hälso- och miljöeffekter → ekonomisk värdering av hälso- och miljöeffekter genom de skadekostnader som effekterna resulterar i.

Figur 1 visar ett exempel på en effektkedja som börjar med en energieffektiviserande åtgärd (nya fönster, förbättrad isolering och ventilation). Det leder dels till förbättrat inomhusklimat och förbättrad hälsa för de boende, vilket kan värderas genom t.ex. minskade sjukvårdskostnader (blå rutor). Men det leder också till minskad energianvändning, som i sin tur – beroende på energikälla – leder till minskade utsläpp och påverkar samhället – både miljön och andra människor (grå rutor). De här effekterna kan värderas genom olika metoder, t.ex. sjukvårdskostnader, värdet av ett statistiskt liv eller betalningsviljan för olika ekosystemtjänster.

Ytterligare ett exempel på en effektkedja finns i Bilaga 1. Den visar de mervärden som kan fås av att minska energianvändningen i sitt småhus med 12 500 kWh/år genom olika energieffektiviserande åtgärder. En ansats att värdera några av dessa mervärden ekonomiskt har även gjorts.



Figur 1. Kedjesamband, effekter av energieffektiviserande åtgärder

2 SAMMANFATTANDE TABELL

I tabell 1 beskrivs belastningar, effekter och ekonomiska värderingar som kan kopplas till de olika mervärdeskategorierna. Tabellen är en sammanfattning av rapporten och redovisar möjligheterna att kvantifiera mervärden av energieffektiva småhus. I första kolumnen anges vilken fråga i verktyget som berörs och i andra kolumnen anges vilka olika typer av belastningar som frågan berör. I kolumn tre beskrivs effekterna av dessa belastningar på hälsa och miljö och i sista kolumnen beskrivs hur dessa kan värderas monetärt samt vilket ekonomiskt värde som föreslås. Rutor markerade med grön färg betyder att data finns (t.ex. att effekterna av belastningarna är kända eller att det finns schablonvärden att tillgå), röda rutor innebär att data saknas och gråa rutor betyder ej relevant (se tabell 2). Den här sammanfattningen är inte helt uttömmande, utan bör betraktas som ett första försök till att kartlägga för vilka mervärden det redan finns monetära värderingar och identifiera behov av ytterligare kunskap för att kunna värdera effekterna monetärt i framtiden.

Tabell 1. Sammanställning av belastningar, effekter och ekonomiska värderingar av energieffektivisering av småhus.

Kategori / fråga	Belastning	Effekter (hälsa och miljö)	Ekonomisk värdering
Energianvändning			
Hur påverkar denna åtgärd energibehovet för uppvärmning?	Uppvärmningskostnader		Marknadspris/kWh
Hur påverkar denna åtgärd elanvändningen?	Elkostnader		Marknadspris/kWh
Hur påverkar denna åtgärd vattenanvändningen?	Vattenkostnader		Marknadspris/m ³ vatten
Hur påverkar denna åtgärd effektbehovet?			Marknadspris/kWh
Klimat-och miljöpåverkan			
Hur påverkar denna åtgärd växthusgasutsläppen från energianvändningen?	Utsläpp av växthusgaser	Globala skadeverkningar av climateffekter	5,74 SEK/kg CO ₂ e
Hur påverkar denna åtgärd växthusgasutsläppen från byggnadsmaterial och -produkter?	Utsläpp av växthusgaser	Globala skadeverkningar av climateffekter	5,74 SEK/kg CO ₂ e
Hur påverkar denna åtgärd lokala utsläpp av luftföroreningar?	Utsläpp NO _x	Skador på ekosystem (försurning, övergödning, bildande av marknära ozon)	86 SEK/kg
		Negativa hälsoeffekter (irritation i luftvägarna)	SEK/kg

	Utsläpp av SO ₂	Skador på ekosystem (försurning, korrosion)	29 SEK/kg
		Negativa hälsoeffekter (irritation i luftvägarna)	SEK/kg
	Utsläpp av VOC	Skador på ekosystem (bildande av marknära ozon)	43 SEK/kg
		Negativa hälsoeffekter (irritation i luftvägarna)	SEK/kg
	Utsläpp av PM _{2,5}	Negativa hälsoeffekter (astma, KOL, hjärt- och kärlsystemen)	1 693 SEK/kg
Energiförsörjning och energipris			
Hur påverkar denna åtgärd beroendet av externa energikällor och egenproduktion av energi?	Beroende av externa energikällor	Besvär relaterat till elavbrott	Betalningsvilja för att undvika en timmes elavbrott Planerat: 6,3 SEK Oplanerat: 9,39 SEK
		Andra effekter (känsla av otrygghet etc.)	
Hur påverkar denna åtgärd flexibiliteten i val av energikälla?	Flexibilitet i val av energikälla		Kostnader för omställning
Hur påverkar denna åtgärd känslighet för energiprishöjningar?	Känslighet för prishöjningar		Minskade privatekonomiska effekter av plötsliga prishöjningar
Boendekostnad och tillgångs värde			
Hur påverkar denna åtgärd de månatliga kostnaderna?	Månatliga kostnader		kr/månad
Hur bidrar denna åtgärd till andrahandsvärdet av huset?	Andrahandsvärde	Energibesparingar, miljönyttor och boendekomfort (termisk komfort, luftkvalitet och bullerskydd)	Betalningsvilja, i % av huspriset, för specifika energieffektiviserande åtgärder Ventilations-system: 4-12 %, Förbättrad fasadisolering: 2-7 % Energieffektiva fönster: 8-13 %
Hur påverkar denna åtgärd tidsåtgången för drift och underhåll?	Tid för drift och underhåll	Minskad tid för arbete	Lön, skatteintäkter
		Minskad tid för fritidsaktiviteter	Värdering av fritidsaktiviteter

Hälsa och välmående			
Hur påverkar denna åtgärd upplevelsen av boendekomfort?	Se "boendes hälsa"	Se "boendes hälsa"	Se "boendes hälsa"
Hur påverkar denna åtgärd de boendes hälsa?	Luftkvalitet	Kognitiv funktion	Förlusten av aktiva arbetsdagar (sjukfrånvaro och arbete med sjukdom)
		Sömnsvårighet	
		Huvudvärk och andningssvårigheter	
		Astma, förkylning, influensa, cancer och kardiovaskulär sjukdom	
	Astma hos barn	Inkomstbortfall för föräldern pga. VAB	
Buller	T.ex. sömnproblem, samt hälsoeffekter	SEK/dB, se tabell 4	
Hur påverkar denna åtgärd din känsla för ditt boende?	Känsla för boendet	Välmående	Uppskattat värde
		Huspris	Energieffektivitetsmärkning genererar 9 % högre försäljningspris

Tabell 2. Förklaringar.

Ej relevant
Data saknas
Data finns

3 ENERGIANVÄNDNING

3.1 Energibehovet för uppvärmning

Energieffektiviserande åtgärder leder till minskat behov av energi för uppvärmning och varmvatten. Det minskade uppvärmningsbehovet kan avse alla typer av energikällor, t.ex. fjärrvärme, biobränsle och el. Det årliga värdet av det minskade energibehovet kan kvantifieras med hjälp av minskat antal kWh per år och marknadspriset för det energilag som används per kWh.

3.2 Elanvändning

Energieffektiviserande åtgärder kan leda till minskad elanvändning, inte bara för åtgärder som minskar elbehovet för uppvärmning. Det årliga värdet av den minskade elanvändningen kan kvantifieras med hjälp av minskat antal kWh per år och marknadspris per kWh.

3.3 Vattenanvändning

Installation av energieffektiva tappvattenaraturer och snålspolande toaletter resulterar både i minskad energianvändning och minskad vattenanvändning. Det årliga värdet av mervärdet "minskad vattenanvändning" kan beräknas genom att multiplicera antalet sparade kubikmeter vatten med marknadspriset per kubikmeter.

3.4 Effektbehov

Inte bara energianvändning utan också effektbehov, dvs tillgång till energi, är viktigt för både elsystemet och fjärrvärmesystemen. Under de tider då systemen är som mest belastade, till exempel de kallaste vinterdagarna, används de mest miljö- och klimatbelastande energiproduktionsmetoderna. Åtgärder som minskar effektbehovet är liksom åtgärder som förskjuter energibehovet till en tidpunkt på effektbehovet är mindre (laststyrning) bidrar till minskat resursbehov, minskad miljöpåverkan och minskad klimatpåverkan.

4 KLIMAT- OCH MILJÖPÅVERKAN

4.1 Växthusgasutsläpp från energianvändning

År 2016 stod uppvärmning av bostäder och lokaler för 2 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp, varav ungefär hälften kom från bostäder (Naturvårdsverket, 2017). Sedan 1990 har utsläppen från uppvärmning av bostäder minskat med 91 procent, framförallt på grund av omställningen från oljeeldning till biobränslebaserad fjärrvärme. Det finns emellertid ytterligare potential för reduktion av bostäders växthusgasutsläpp. Relativt många studier har genomförts i syfte att kvantifiera och sedan monetarisera värdet av mängden minskade växthusgasutsläpp, kopplat till flera eller specifika energieffektiviserande åtgärder. Mervärdet av minskade koldioxidutsläpp tillfaller hela världsbefolkningen eftersom det påverkar den globala uppvärmningen.

I en studie av Levy et al. (2016) beräknades den årliga minskningen av koldioxidutsläpp som skulle frambringas om alla enfamiljshus i USA (år 2013) ökade sin bostadsisolering till *International Energy Conservation Code 2012*-nivåer. Den totala reduktionen av koldioxidutsläpp uppskattades till 80 miljoner ton per år, vilket motsvarar 1,4 ton koldioxidutsläpp per hushåll och år. Den energieffektiviserande åtgärden skulle också innebära positiva sidoeffekter, till exempel förbättrad luftkvalitet. I artikeln beräknas det monetära värdet av dessa positiva sidoeffekter genom mervärdena minskad klimatpåverkan och förbättrad hälsa.

Westh Hansen et al., (2016) genomförde en kostnads-nyttoanalys för energieffektiviserande renoveringar av svenska bostäder. Byggnadstyperna var flerbostadshus, enbostadshus och icke-bostäder såsom skolor och kontor. Kriterier för mervärden utgick från International Energy Agency (2014), men med en något annorlunda kategorisering. I artikeln beräknades och värderades en reduktion av koldioxidutsläpp motsvarande 470 ton som en effekt av att reducera Sveriges energianvändning med 7 TWh till 2020. Minskningen i koldioxidutsläpp värderades till 88 miljoner kronor för år 2020, där 66 miljoner kom från en minskning i fjärrvärme, 16 miljoner från elproduktion och resterande 6 miljoner från uppvärmning med olja och gas. För att kvantifiera värdet av reduktionen i koldioxidutsläpp tillämpades Thomson Reuters (2016, refererad i Westh Hansen et al. 2016) prognos för priset på utsläppsrätter inom EUs emissionshandelssystem år 2030. Beräkningarna baseras på priset 228 kronor för koldioxidemissioner (2015 års priser).

I Naturvårdsverkets prisdatabas över samhällsekonomiska schablonvärden (2018) finns schablonvärden för koldioxidutsläpp. Den mest relevanta metoden för att värdera koldioxidutsläpp är att uppskatta marginalkostnaden för nuvarande och framtida skadeverkningar av koldioxidutsläpp, den så kallade skadekostnadsansatsen (Söderqvist & Wallström, 2017). Detta innebär en rad svårigheter då

klimatförändringarnas effekter och skadekostnader är svåra att mäta och värdera monetärt. Det föreslagna samhällsekonomiska schablonvärdet för de globala effekterna av koldioxidutsläpp (på lång sikt) är 5,74 SEK/kg CO₂e (Isacs et al. 2016, refererad i Söderqvist & Wallström 2017) och utgår från skadekostnadsansatsen.

4.2 Växthusgasutsläpp från byggnadsmaterial och -produkter

Byggprocessen står för en betydande del av bostadssektorns klimatpåverkan. Enligt IVA & Sveriges Byggindustrier (2014) visar beräkningar att Sveriges byggprocesser står för ett utsläpp av 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år, varav 4 miljoner ton kommer från husprojekt (knappt 20 ton koldioxid per småhus, exklusive mark- och grundarbeten). Detta kan jämföras med storleken på utsläppen från alla personbilar i Sverige under 2012. Enligt analyser som gjorts (detaljerad livscykelanalys av klimatpåverkan för nybyggda flerbostadshus i kvarteret Blå Jungfrun i Hökarängen, Stockholm) står olika material för 84 procent av klimatpåverkan (från och med grundplattan) och arbetsprocesser och transporter för 16 procent. Rapporten refererar också till en annan studie inom samma projekt vars analys visar att klimatbelastningen i byggprocessen är lika stor som driften av det färdiga huset under 50 års tid, baserat på en ”nordisk elmix”.

Till skillnad från klimatpåverkan från drift och uppvärmning är byggprocessens påverkan fortsatt oförändrad eller till och med större än tidigare (IVA & Sveriges Byggindustrier, 2014). I regel drivs till exempel byggmaskiner och torkfläktar av fossila bränslen. Rapportens författare menar att trots den stora klimatpåverkan som produktionsfasen av bostäder har, så är kunskapen inom området liten och den allmänna uppfattningen är att drift och uppvärmning står för den största delen av utsläppen. För att öka incitamenten att minska växthusgasutsläppen från byggprocessen är det därför viktigt att öka medvetenheten om dess klimatpåverkan. Att synliggöra och värdera de olika mervärdena som kan fås genom en minskning av byggprocessens klimatpåverkan är ett exempel på ett sådant incitament.

Samma föreslagna samhällsekonomiska schablonvärde för koldioxidutsläpp som nämns i avsnitt 3,1 går förstås även att använda även för växthusgasutsläpp från byggnadsmaterial- och produkter.

4.3 Lokala utsläpp av luftföroreningar

Investeringar i energieffektiviserande åtgärder kan åstadkomma stora reduktioner i småhusens energianvändning, vilket i sin tur kan minska luftföroreningar kopplade till energiproduktion. Luftföroreningar medför stora kostnader för samhället i form av försämrat välmående samt mediciner, sjukvård och minskad arbetsproduktivitet (se avsnitt 6). Genom att kvantifiera den undvikna kostanden för luftföroreningar, kan

dessa mervärden värderas. Värdet av minskade utsläpp av luftföroreningar tillfaller främst de som är bosatta nära anläggningarna för energiproduktion. Att t.ex. byta ut sin oljepanna innebär emellertid direkta hälsomervärden för husägaren eftersom förbränningen sker i anslutning till huset och därmed utsläppen av luftföroreningar.

Korsholm et al. (2012) undersökte effekten av bostadsisolering på koncentrationen av marknära luftföroreningar i Europa. Regionalt genomsnittliga minskningar i energikonsumtionen mellan 2005 och 2020 uppskattades för EU-25 länderna genom att jämföra ”business as usual” med scenariot ”våldigt låg energianvändning för byggnader”. Minskningen i luftföroreningar beräknades med hjälp av simuleringar i en luftkvalitetsmodell där endast luftföroreningensreduktionen till följd av isolering togs hänsyn till. De två scenarierna jämfördes och statistiskt signifikanta resultat kunde hittas. En reduktion av 9 procent för partiklar och 6,3 procent för svaveldioxid kunde påvisas i nordvästra Europa och en förändring motsvarande 2,5 procent i kväveoxider i Östersjöområdet.

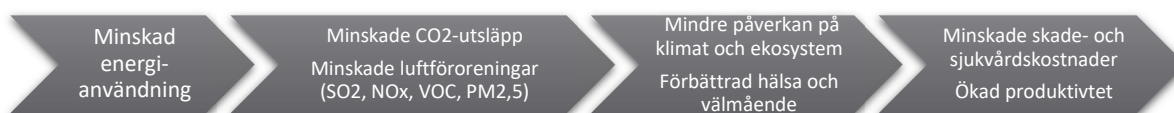
I Naturvårdsverkets prisdatabas över samhällsekonomiska schablonvärden (2018) finns schablonvärden för olika luftföroreningar. Värdet skiljer sig åt beroende på om det gäller lokala eller regionala effekter av luftföroreningar (Söderqvist & Wallström, 2017). För tätorter adderas de båda värdena. De lokala effekterna uppstår i närheten av föroreningarna och innefattar negativa hälsoeffekter för exponerade personer samt nedsmutsning och materiella skador. De regionala effekterna når större geografiska områden och relateras främst till skador på ekosystem. För de lokala effekterna används värden uttryckta i SEK/exponeringsenhet vilka har värderats med hjälp av exponerings-respons-funktioner. Luftföroreningarnas hälsoeffekter utgörs av den ökade dödligheten och sjukligheten vars värde har uppskattats med hjälp av det förväntade värdet av ett förlorat levnadsår. Detta baseras på värdet av ett statistiskt liv (VSL), vilket utgår från individens betalningsvilja.

De regionala värdena är istället uttryckta i SEK/kg och baseras på åtgärds-kostnaden för att uppnå politiskt uppsatta miljömål. Schablonvärdena för de regionala effekterna av luftföroreningar är 86 SEK/kg för kväveoxider (NO_x), 29 SEK/kg för svaveloxider (SO_2) och 43 SEK/kg för kolväten (VOC) (Trafikverket 2016 kap 11, refererad i Naturvårdsverket 2018, *Prisdatabas samhällsekonomiska schablonvärden*).

Kostnaden för utsläpp av fina partiklar ($\text{PM}_{2,5}$) varierar mycket beroende på vart utsläppen sker och på den befintliga föroreningsgraden i områden (Westh Hansen et al., 2016). Variationen i det uppskattade värdet av utsläpp av $\text{PM}_{2,5}$ är därför också stor. Skadepkostnaden för utsläpp av $\text{PM}_{2,5}$ i tätorter varierar mellan 155 SEK/kg i Tyskland till 13 077 SEK/kg i Sverige (Westh Hansen et al., 2016). I IVL (2014) har en detaljerad studie över hälsoeffekter från $\text{PM}_{2,5}$ genomförts och den svenska befolkningens exponering av $\text{PM}_{2,5}$ har kvantifierats. Ett genomsnittligt värde för Sverige beräknas till 1 693 SEK/kg utsläpp av $\text{PM}_{2,5}$. Fler värden från flertalet studier finns att hitta i

Multiple benefits of energy renovations of the Swedish building stock (Westh Hansen et al., 2016).

I kedjesambandet nedan åskådliggörs mervärden kopplade till energieffektiviserande åtgärder som leder till minskad energianvändning i småhus och därmed minskad energiproduktion, vilka har identifierats i tidigare studier.



Figur 2. Kedjesamband, hälso- och miljöeffekter pga. reducerade utsläpp genom minskad energianvändning

I Tabell 3 visas den samhällsekonomiska kostnaden i kronor per kWh för de lokala luftföroreningarna kväveoxid (NO_x), svaveloxid (SO₂) och fina luftpartiklar (PM_{2,5}). Skattningarna är baserade på uträkningarna i Bilaga 2, vilka har beräknats baserat på tidigare genomförda studier och befintliga schablonvärden för lokala luftföroreningar.

Tabell 3. Samhällsekonomisk kostnad av lokala luftföroreningar (SEK/kWh).

	El	Biobränsle	Fjärrvärme	Olja	Naturgas/stadsgas	Närvärme
NO_x	0,00731	0,02382	0,01462	0,01548	0,01548	0,01462
SO₂	0,00125	0,00104	0,00247	0,00261	0,01566	0,00247
PM_{2,5}	0,04233	0,60754	0,08465	0,01862	0,00169	0,08465

5 ENERGIFÖRSÖRJNING OCH ENERGIPRIS

5.1 Beroende av externa energikällor eller egenproduktion av energi

Genom att producera egen energi, till exempel genom installation av solceller, kan hushållet minska sitt beroende av externa energikällor. Detta medför t.ex. att kostnader förknippade med elavbrott kan undvikas. Studier för att uppskatta hushållens kostnad av elavbrott har genomförts av Kjølle et al., (2008) och Carlsson & Martinsson (2007). Baserat på en norsk kundundersökning om konsumenters värdering av elavbrott och spänningsproblem uppskattar Kjølle et al., (2008) betalningsviljan (WTP) för, och direktvärdet (DW) av, att undvika elavbrott. Kostnaden för en timmes elavbrott för bostadskunder beräknades till 5 NOK/kWh (WTP) respektive 11,5 NOK/kWh (DW).

I Carlsson & Martinssons (2007) artikel har en CV-studie om svenska hushålls betalningsvilja för att undvika strömavbrott gjorts, där de svarande ombedes att ange sin betalningsvilja för 9 olika typer av avbrott. Oplanerade avbrott och osäkerhet kring längden på avbrottet gav en högre betalningsvilja. WTP för att undvika en timmes elavbrott uppskattades till 6,3 SEK för ett planerat avbrott och 9,39 SEK för ett oplanerat avbrott.

Den sammanlagda kostnaden för årliga elavbrott skulle kunna användas som en indikator på mervärdet av minskat beroende av externa energikällor eller egenproduktion av energi.

För att undersöka andra mervärden kopplade till egenproduktion av energi, t.ex. en känsla av trygghet eller stolthet, skulle studier av betalningsviljan för minskat beroende av externa energikällor kunna genomföras. På så sätt kan det "konstanta" värdet av egenproducerad energi skattas och inte bara det som uppstår genom undvikt av elavbrott.

Ett ökat antal stormar och extrema väderförhållande till följd av klimatförändringarna kan komma att leda till fler driftsbrott exempelvis p.g.a. nedblåsta ledningar. Enligt KBM (2005) gav stormen Gudrun upphov till elavbrott som gjorde att viktig utrustning såsom uppvärmning av bostäder inte fungerande under en lång period. Ett minskat behov av uppvärmning exempelvis genom bättre isolering, ventilation och energieffektiva fönster eller en egenproduktion av el kan minska den här sårbarheten. Fler studier behövs för att värdera dessa mervärden.

5.2 Flexibilitet i val av energikälla

Enligt IVA (2012) har energieffektiviserande åtgärder generellt den positiva följden att beroendet av specifika energikällor minskar. Under de senaste 50 åren har energiförsörjningssystemen förändrats, medan byggnaderna generellt sett består. En ökad flexibilitet i valet av energikälla är därför ett viktigt mervärde för småhusägaren

då de politiska och ekonomiska förutsättningarna för olika energiförsörjningsystem kan förändras från år till år. Ett exempel på detta är den ökade efterfrågan på värmepumpar samt oljekonverteringen.

Egenproduktion av energi kan också leda till ökad flexibilitet i valet av energikälla. Inga kvantifieringar av detta mervärde har hittats.

5.3 Känslighet för energiprishöjningar

Det finns endast få studier som syftar till att kvantifiera och monetarisera energieffektiviserande åtgärders påverkan på känslighet för energiprishöjningar. Hellmer et al. (2011) har genomfört en elasticitetsanalys med hjälp av OLS-regression för att undersöka småhusförbrukare av fjärrvärmes priskänslighet. Hypotesen om att småhusförbrukare av fjärrvärme är mer priskänsliga än fjärrvärmeanvändare i flerbostadshus bekräftas. Med en priselasticitet på $-0,48$ uppvisar småhusägaren en nästan dubbelt så hög priskänslighet. Energieffektivisering, och därmed minskat beroende av fjärrvärme, kan förväntas leda till minskad priskänslighet. Studier där försök att monetarisera värdet av den minskade priskänsligheten har emellertid inte identifierats.

6 BOENDEKOSTNAD OCH TILLGÅNGARS VÄRDE

6.1 Månatliga kostnader

En minskning av de månatliga kostnaderna för småhusägaren är ett av de viktigaste mervärdena för att motivera investering i energieffektiviserande åtgärder för småhus. De minskade kostnaderna består av sänkta direkta kostnader till följd av minskat energibehov för uppvärmning och el.

6.2 Andrahandsvärdet av huset

Den så kallade hedoniska prismodellen har använts för att mäta värdet av specifika energieffektiviserande åtgärder. I en studie genomförd av Zürcher Kantonalbank i Zürich undersöktes energieffektiva fönsters inverkan på försäljningspriset av existerande enfamiljshus (Borsani & Salvi 2003, refererad i Jakob 2006). Energieffektiva fönster värderades till 2-3,5 procent av försäljningspriset på befintliga enfamiljshus.

Banfi, Farsi et al., (2008) undersökte betalningsviljan (WTP) hos Schweiziska konsumenter för specifika energibesparande åtgärder. Med hjälp av choice experiment (CE-metoden) värderades hushållens WTP för en specifik åtgärd som dess andel av huspriset. Resultaten visade att hushållens WTP var 4-12 procent för ventilationssystem, 2-7 procent för förbättrad isolering av fasaden och 8-13 procent för energieffektiva fönster.

För att räkna ut värdet i kronor av en specifik energieffektiviserande åtgärd multipliceras procentsatsen för respektive åtgärd med det aktuella huspriset. Värdet som fås är vad husägare kan förvänta sig i extra påslag på försäljningspriset av sitt hus om han eller hon investerar i den aktuella åtgärden.

Att boende värderar dessa åtgärder positivt beror på att de skapar en mängd mervärden för husägaren. I betalningsviljestudien av Banfi, Farsi et al., (2008) härleddes den positiva värderingen till mervärden i form av energibesparingar för hushållet, miljönyttor och nyttor kopplat till boendekomfort (termisk komfort, luftkvalitet och bullerskydd). Genom att beräkna olika energieffektiviserande åtgärders värde som procentuell andel av husets pris kan mervärden kopplat till boendekomfort och boendes hälsa således monetariseras (se kapitel 7).

6.3 Tidsåtgång för drift och underhåll

Att minimera tidsåtgång för drift och underhåll av sitt hus är ett viktigt mervärde för många småhusägare. Hur detta kan åstadkommas beror dock på de specifika åtgärderna som görs. I en enkätstudie av Umeå universitet bland småhusägare i norra

Sverige undersöktes och identifierades faktorer som påverkar beslut kring energieffektiv renovering av småhus i norra Skandinavien (Energi & miljö, 2018). Ungefär 460 personer deltog i enkätundersökningen som baserades på ett slumpmässigt urval. En majoritet av respondenterna ansåg minskat underhåll som en viktig faktor för beslut om energieffektiviserande renoveringar av sitt hus. För att kvantifiera minskad tidsåtgång kopplat till specifika åtgärder behövs undersökningar för respektive åtgärd och dess inverkan på tidsåtgång för drift och underhåll. Om den sparade tiden används för att istället utföra produktiva sysslor såsom arbete, kan detta sedermera värderas enligt den extra lön som tillfaller husägaren samt skatteintäkter. Tiden kan också användas för olika fritidsaktiviteter eller rekreation. Då värderas tiden enligt värdet av aktiviteten.

7 HÄLSA OCH VÄLMÅENDE

7.1 Boendekomfort

Många undersökningar har visat att förbättrad inomhuskvalitet till följd av energieffektiverade åtgärder leder till förbättrad hälsa och produktivitet (Fisk, 2000). Detta innebär ökade mervärden både i form av ökad boendekomfort och förbättrad hälsa. Eftersom dessa två mervärden är så nära besläktade beskrivs kvantifieringar av både boendekomfort och boendes hälsa i nästa avsnitt.

7.2 Boendes hälsa

Relativt många studier har genomförts i syfte att undersöka energieffektiviserande åtgärders effekt på inomhusklimatet i kontorsbyggnader och efterföljande effekt på arbetsproduktivitet. Allen et al. (2016) undersökte skillnaden i kognitiv funktion, sömnsvärighet och symtom på "sick building syndrome" (ett tillstånd som kännetecknas av t.ex. huvudvärk och andningssvårigheter relaterat till inomhusklimat) av att arbeta i en energieffektiv byggnad med god ventilation jämfört med en konventionell byggnad. I den energieffektiva exponerades personerna för låga halter av labila organiska blandningar och koldioxid. Resultaten visade att personerna som arbetade i en energieffektiv byggnad hade 26 procent högre kognitiv funktion, 6 procent högre sömnkvalitet och 30 procent färre symtom på "sick building syndrome". Dessa mervärden kan värderas monetärt genom att beräkna den ökade arbetsproduktiviteten baserat på arbetstagarnas löner.

Enligt en annan undersökning refererad i Eco-Business (2017) är personer som arbetar i så kallade Green Mark-byggnader i Singapore 60 procent mindre benägna att drabbas av huvudvärk och trötthet än personer som arbetar i vanliga byggnader. Dessutom är 50 procent mindre benägna att drabbas av torr eller kliande hud.

När det gäller småhus kan energieffektiviserande åtgärder tänkas medföra liknande positiva effekter för de boende. För att beräkna mervärdet av dessa effekter i kronor kan betalningsviljestudier genomföras i syfte att ta reda på de boendes betalningsvilja för att undvika huvudvärk, få bättre sömnkvalitet etc.

Dålig inomhusluft har i flera studier visat sig leda till sjukdomar såsom astma, förkylning och influensa, cancer och kardiovaskulär sjukdom, vilket i sin tur medför minskad produktivitet (Thema et al., 2017). En av de huvudsakliga orsakerna bakom dålig inomhusluftkvalitet är otillräckligt luftutbyte i byggnaden och brist på filtreringssystem. För att kvantifiera de negativa hälsoeffekterna till följd av dålig inomhusluftkvalitet kan förlusten av aktiva arbetsdagar beräknas genom att ta hänsyn till en kombination av sjukfrånvaro och arbete med sjukdom. En studie visar t.ex. att en ordentlig ventilationsgrad (dvs. mer än 12 l/s per person) kan minska antalet sjukdagar med 1,2-1,9 dagar per person och år (Carrer, et al. 2012; Mudarri and Fisk 2007, refererad i Thema et al. 2017). Detta kan tolkas som produktivitetsvinst per person och

år av denna specifika åtgärd. Genom att uppskatta hur mycket dessa sjukdagar motsvarar i kronor fås även det monetära värdet.

Thema et al. (2017) menar vidare att astma kan leda till både nutida och framtida inkomstbortfall eftersom barn med astma oftare är frånvarande i skolan jämfört med deras friska klasskamrater. Detta innebär inkomstbortfall för föräldern som måste vara hemma samt negativ inverkan på barnets framtida förmåga att tjäna inkomst eftersom det missar skoldagar. Minimumvärdet av en åtgärd vilken minskar förekomsten av astma hos barn kan värderas i kronor genom att beräkna föräldrarnas eller föräldrarnas inkomstbortfall. Detta är ett minimumvärde då framtida inkomstbortfall för barnet inte inkluderas eller den samhälleliga kostnaden av att föräldern är frånvarande från jobbet.

En annan indikator på kvaliteten av inomhusklimatet är förekomsten av mögelsporer. Davies et al. (2016) genomförde en gedigen litteraturstudie för att hitta belägg för sambandet mellan ventilationsgrad i bostäder och fuktrelaterad respirationshälsa med särskilt fokus på svamptillväxt. Den generella consensusen i litteraturen är att ett samband existerar. Bone et al. (2010) betonar dock risken för försämrad luftkvalitet inomhus (t.ex. ökad radon- och mögelförekomst) och överhettning under värmeböljor till följd av olika åtgärder som minskar energianvändningen. Författarna menar att dessa risker kan ha en betydande effekt på de boendes hälsa och välmående. Enligt Westh Hansen et al. (2016) är detta en risk om renoveringar endast fokuserar på energieffektivitet utan att ta hänsyn till underhållning och förbättring av ventilationssystemet i huset. Davies et al. (2016) och Bone et al. (2010) betonar att fler studier behövs för att undersöka olika energieffektiviserande åtgärders effekt på inomhusklimatet t.ex. mögelförekomst och påföljande hälsoproblem. Det är också nödvändigt för att kunna kvantifiera kostnaden av dessa hälsoeffekter.

Mervärden kopplade till boendes hälsa kan också erhållas genom energieffektiviserande åtgärder som medför bullerreducering. Jakob (2006) undersökte effekten av fönsterbyte för att minska överföringen av yttre buller till interiören i bostadshus. Gamla fönster visade sig minska nivån av externt ljud inne i byggnaden med ca 20-25 dB, medan nya åstadkommer en reduktion på 33-35 dB. Även en 38-40 dB minskning var möjligt om en (asymmetrisk) trippelruta används. Detta medför en hyresförlust på 0,6-0,9 procent för varje ytterligare dB.

I Naturvårdsverkets prisdatabas över samhällsekonomiska schablonvärden (2018) finns schablonvärden för kostnaden av vägbuller och järnvägsbuller inomhus. Värdena är en ASEK rekommendation, vilka har värderats med hjälp av en hedonisk prisstudie samt påslag för hälsoeffekter (Trafikverket 2016 kap 11, refererad i Naturvårdsverket 2018, *Prisdatabas samhällsekonomiska schablonvärden*). I nedanstående tabeller redovisas respektive schablonvärde för vägbuller och järnvägsbuller inomhus som marginalkostnaden (SEK/person/år) för ökningen med en dB från föregående dB-nivå.

Tabell 4. Marginalkostnad för väg- och tågtrafik (SEK/person/år).

Bullernivå (dB)	Vägtrafik	Tågtrafik
50	77,5	31
51	164	65
52	251	98,5
53	337,5	132
54	424	166
55	510,5	199
56	597	233
57	684	534
58	804,5	334
59	884,5	362
60	985	409
61	1078	449
62	1178,5	496
63	1278,5	544
64	1372,5	585
65	1465,5	625
66	1566	672
67	1666	719
68	1766,5	767
69	1861,5	809
70	1970	864
71	2063,5	905
72	2164	952
73	2264	999
74	2364,5	1 047
75	2471,5	1 101

Genom att kombinera Jakobs (2006) resultat med Naturvårdsverkets schablonvärden kan minskningen i buller från att byta gamla fönster till nya värderas. Om vi antar en bullernivå på 75 dB från vägtrafik utanför huset innebär gamla fönster en kostnad motsvarande 1 764,5 SEK per boende och år (baserat på en minskning av 20 dB inne i huset av de gamla fönstren). Om husägaren istället byter ut de gamla fönstren till nya kan den bullerrelaterade kostnaden reduceras till 0 kr per boende och år.

I kedjesambandet nedan åskådliggörs möjliga mervärden kopplade till olika energieffektiviserande åtgärder som leder till ett bättre inomhusklimat och förbättrad hälsa och välmående hos de boende.



Figur 3. Kedjesamband, hälsoeffekter av energieffektiviserande åtgärder

7.3 Känsla för sitt boende

Att kvantifiera förändringen i husägarnas känsla för sitt boende innebär många utmaningar. Ett möjligt alternativ är att mäta betalningsviljan för olika husmärkningar som indikerar att huset är energieffektivt. Borsani & Salvi (2003, refererad i Jakob 2006) använde sig av den så kallade hedoniska prismodellen för att undersöka betalningsviljan för nybyggda enfamiljshus certifierade med den Schweiziska märkningen "Minergie". Märkningen innebär bland annat låg användning av icke-förnybara energikällor och certifieringen genererade ett 9 procent högre försäljningspris.

Det finns även andra typer av märkningar t.ex. den tyska passivhusstandarden. Dessa spelar en viktig pionjärroll då de ger en innovationsstimulerande effekt till arkitekter, producenter och husägare (Jakob, 2006).

8 REKOMMENDATIONER

I den här rapporten har ett första försök till kartläggning av befintliga monetära värderingar av mervärden av energieffektiviserande åtgärder genomförts. Rapporten belyser också var det finns behov av ytterligare kunskap för framtida monetära värderingar. Detta inkluderar exempelvis schablonvärden uttryckta i SEK/kg för den samhällsekonomiska kostnaden, kopplat till lokala hälsoeffekter, av kväveoxid (NO_x), svaveloxid (SO₂) och fina partiklar (PM_{2,5}). I Naturvårdsverkets prisdatabas över samhällsekonomiska schablonvärden (2018) finns endast sådana värden uttryckta i kr/exponeringsenhet, vilka således är svåra att applicera i verktyget för visualisering av mervärdena av energieffektiva småhus.

Ytterligare kunskap är också nödvändig gällande hur olika åtgärder påverkar produktiviteten hos de boende. De studier som finns att tillgå fokuserar främst på ökad produktivitet hos de anställda till följd av t.ex. förbättrad ventilation på kontoret. För att värdera den ökade produktivitet hos de boende pga. energieffektiviserande åtgärder i det egna huset, måste exempelvis minskat antal sjukdagar beräknas och sedan värderas monetärt utifrån den boendes lön. Samtliga fall där data saknas finns sammanfattade i tabell 1.

För fortsatta studier i syfte att kvantifiera och monetarisera de mervärden som kan fås med hjälp av energieffektiviserande åtgärder rekommenderas både primärstudier och djupare litteraturstudier. För vissa mervärden är det nödvändigt att genomföra betalningsviljestudier för att beräkna dess ekonomiska värde. Betalningsviljestudier kan nämligen fånga icke-användarvärden, exempelvis känslan av trygghet eller stolthet.

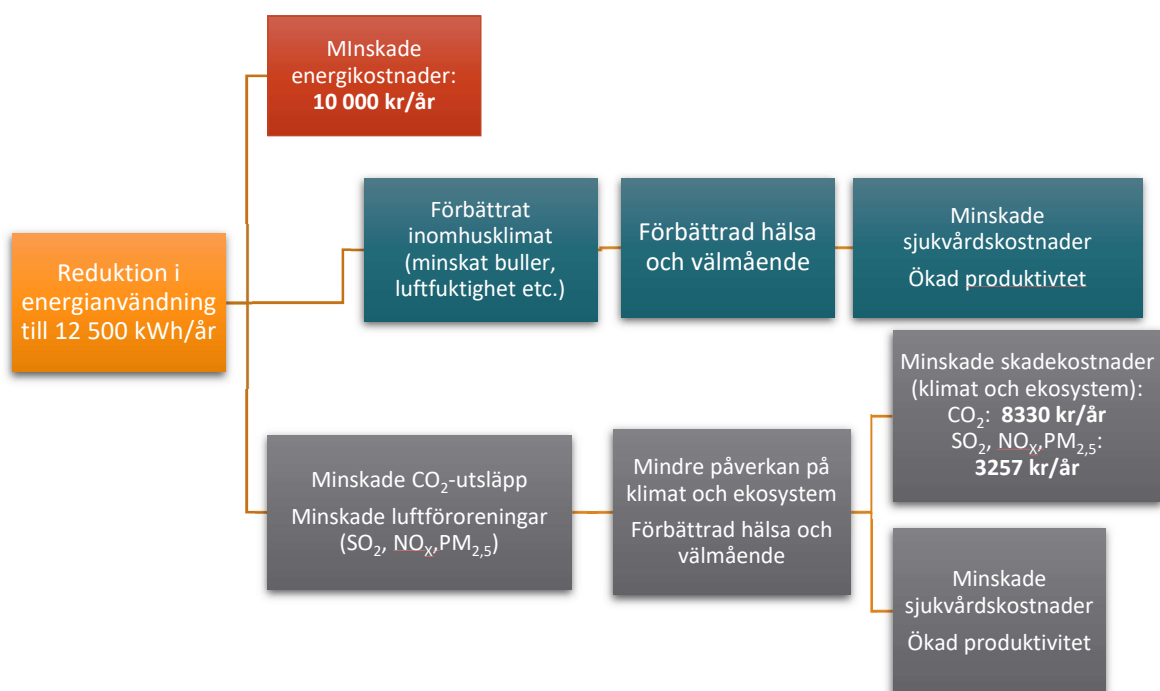
BILAGA 1 EXEMPEL KEDJESAMBAND

Exempel på kedjesamband av energieffektiviserande åtgärder som leder till 50 procent reduktion i energianvändning per år (12 500 kWh/år):

Genom att bygga energieffektiva hus eller investera i energieffektiviserande åtgärder kan den årliga energianvändningen minskas, vilket bidrar till flera mervärden. Tidigare studier föreslår att energianvändningen i Sveriges småhus kan reduceras med nästan 50 procent per år med hjälp av omfattande energieffektiviserande åtgärder såsom byte av gamla fönster, nytt ventilationssystem, nya termostater och förbättrad fasadisolering (Westh Hansen et al., 2016). En halvering av den årliga energianvändningen till 12 500 kWh/år för ett småhus för med sig viktiga direkta och indirekta mervärden för de boende och samhället i stort utöver reduktionen av årliga energikostnader. Exempel på indirekta mervärden är reduktion av luftföroreningar och koldioxidutsläpp till följd av minskad energiproduktion. Detta förbättrar befolkningens hälsa och välmående samtidigt som energisektorns klimatpåverkan minskar, vilket är positivt ur ett globalt perspektiv. Att färre personer påverkas av luftföroreningar leder också till ytterligare samhällsbara värden i form av minskade sjukvårdskostnader. Exempel på direkta mervärden för den enskilda småhusägaren är förbättrat inomhusklimat som en effekt av energieffektiviserande åtgärder såsom nya fönster, förbättrad isolering och ventilation. Ett bra inomhusklimat minskar risken för astma, förkylning, trötthet, kardiovaskulär sjukdom, eksem och en mängd andra negativa hälsoåkommor. Även detta bidrar till minskade sjukvårdskostnader samt ökad produktivitet hos befolkningen.

Nedanstående kedjesamband visar ett urval av de olika mervärden som en halvering av energianvändningen i ett småhus bidrar till. Försök att värdera några av dessa har gjorts genom att överföra värden och beräkningar från tidigare studier (Westh Hansen et al., 2016; Naturvårdsverket 2018, *Prisdatatabas samhällsekonomiska schablonvärden*). Se Bilaga 2 för detaljerade källhänvisningar. Fördelningen av energikällor i energimixen baseras på Energimyndighetens Energistatistik för småhus (2016). CO₂eq/kWh baseras på ett medelvärde (år 2005-2009) av växthusgasutsläpp från nordisk elproduktion och -distribution med hänsyn tagen till brutto/-import och -export (IVL, 2012). Medelvärdet gäller förbränningsemissioner och uppgår till 116,1 g CO₂eq/kWh. Besparingen i energikostnader baseras på energipriset 0,80 SEK/kWh.

Det totala värdet av de monetariserade mervärdena är 21 587 SEK/år. Värdet inkluderar endast en liten del av det totala värdet av alla mervärden som erhålls genom en minskad energianvändning per år till 12 500 kWh med hjälp av de föreslagna åtgärderna.



Figur 1. Kedjesamband, reduktion i energianvändning till 12 500 kWh/år genom energieffektiviserande åtgärder såsom byte av gamla fönster, nytt ventilationssystem, nya termostater och förbättrad fasadisolering

BILAGA 2

Tabell 5. Schablonvärden för samhällsekonomisk kostnad av lokala luftföroreningar.

Luftförorening	SEK/kg
NO _x	86
SO ₂	29
PM _{2,5}	1693

Källa: Schablonvärdet för svaveloxider och kväveoxider gäller regionala effekter och är hämtat från Trafikverket (2016) kap 11, refererad i Naturvårdsverket (2018), *Prisdatabas samhällsekonomiska schablonvärden*. Värdet för fina partiklar är ett genomsnittsvärde för Sverige hämtat från IVL (2014), refererad i Malmquist (2016)

Tabell 6. Emissionsfaktorer för olika energikällor (kg/kWh).

	NO _x	SO ₂	PM _{2,5}
EI ¹	0,000085	0,000043	0,000025
Biobränsle	0,000277	0,000036	0,000379
Fjärrvärme ²	0,000170	0,000085	0,000050
Olja	0,000180	0,000090	0,000011
Naturgas/stadsgas	0,000180	0,000540	0,000001
Närvärme ³	0,000170	0,000085	0,000050

¹antag hälften värmekraft och hälften kärnkraft

²vägt medelvärme

³antag samma vägda medelvärde som för fjärrvärme

Källa: Emissionsfaktorer är överförda från Naturvårdsverket (2016), refererad i Malmquist (2016).

REFERENSER

- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., Spengler, J. D. (2016). Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environmental Health Perspectives* 124 (2016).
- Banfi S., Farsi M., Filippini M., and Jakob M. (2008). Willingness to Pay for Energy-Saving Measures in Residential Buildings. *Energy Economics*, vol. 30(2), ss. 503-16.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.06.001>
- Bone, A., Murray, V., Myers, I., Dengel, A., Crump, D. (2010). Will drivers for home energy efficiency harm occupant health? *Perspectives in Public Health*, vol. 130 (5).
- Carlsson, F. & Martinsson, P. (2007). Willingness to Pay among Swedish Households to Avoid Power Outages: A Random Parameter Tobit Model Approach. *The Energy Journal*, vol. 28 (1). <https://www.jstor.org/stable/41323083>
- Davies, M., Ucci, M., McCarthy, M., Oreszczyn, T., Ridley, I., Mumovic, D., Singh, J., Pretlove, S. (2016). A Review of Evidence Linking Ventilation Rates in Dwellings and Respiratory Health – A Focus on House Dust Mites and Mould. *International Journal of Ventilation*, vol. 3 (2). <https://doi.org/10.1080/14733315.2004.11683911>
- Eco-Business (2017). People are less likely to fall sick in green buildings, study finds. International Green Building Conference 2017, Eco-Business. <http://www.eco-business.com/news/people-are-less-likely-to-fall-sick-in-green-buildings-study-finds/> [2018-11-21]
- Eneri & miljö (2018). Så ser småhusägare på energieffektivisering när de ska renovera <http://www.energi-miljo.se/tidningen/sa-ser-smahusagare-pa-energieffektivisering-nar-de-ska-renovera> [2018-12-03]
- Fisk, W. J. (2000). Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency. *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 25. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.537>
- Hellmer, S. (2011). Är du lönsam lilla småhus? Användarflexibilitet och lönsamhet för fjärrvärme i flerbostadshus och småhus, en tvärsnittsanalys. *Ekonomisk Debatt*, vol. 39 (3).
- International Energy Agency (2014). Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency.
- IVA (2012). Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus - Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050. Stockholm: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien. <https://www.iva.se/globalassets/rappporter/ett-energieffektivt-samhalle/201206-iva-energieffektivisering-rapport1-fi.pdf>
- IVA & Sveriges Byggindustrier (2014). Klimatpåverkan från byggprocessen. Stockholm: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien. <https://www.iva.se/globalassets/rappporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-ii.pdf> [2018-11-21]
- IVL (2014) Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts in Sweden 2010. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

- IVL (2012). Emissionsfaktor för nordisk elproduktionsmix. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
<https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b7669/1445517637082/B2118.pdf>
- Jakob, M. (2006). Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments: The case of the Swiss residential sector. *Energy Policy*, vol. 3 (2).
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.039>
- KBM (2005). Krishantering i stormens spår. Sammanställning av myndigheternas erfarenheter. Krisberedskapsmyndigheten, Dnr: 0257/2005 www.krisberedskapsmyndigheten.se
- Korsholm, U. S., Amstrup, B., Boermans, T., Sørensen, J. H., Zhuang, S. (2012). Influence of building insulation on outdoor concentrations of regional air-pollutants. *Atmospheric Environment*, vol. 54. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.01.052>
- Kjølle, G. H., Member, IEEE, Samdal, K., Singh, B., Kvitastein, O. A. (2008). Customer Costs Related to Interruptions and Voltage Problems: Methodology and Results. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 23 (3). <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2008.922227>
- Levy, J. I., Woo, M. K., Penn, S. L., Omary, M., Tambouret, Y., Kim, C. S., Arunachalam, S. (2016). Carbon reductions and health co-benefits from US residential energy efficiency measures. *Environmental Research Letters*, vol. 11 (3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034017>
- Naturvårdsverket (2018). Prisdatabas samhällsekonomiska schablonvärden 2018-02-20.
- Naturvårdsverket (2017). Utsläpp av växthusgaser från uppvärmning av bostäder och lokaler. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-uppvarmning-av-bostader-och-lokaler/?> [2018-11-26]
- Söderqvist, T., Wallström, J. (2017). Bakgrund till de samhällsekonomiska schablonvärdena i miljömålsmyndigheternas gemensamma prisdatabas. Stockholm: Anthesis Enveco AB, Rapport 2017:8.
- Thema, J., Suerkemper, F., Thomas, S., Teubler, J., Couder, J., Chatterjee, S., Ürge-Vorsatz, D., Bouzarovski, S., Mzavanadze, N. (2017). More than energy savings: quantifying the multiple impacts of energy efficiency in Europe. ECEEE 2017 Summer study – Consumption, Efficiency & Limits.
- Trafkverket (2016). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.0. Borlänge: Trafkverket. www.trafkverket.se/asek
- Westh Hansen, M. B., Stefansdotter, A., Freimane, M., Klevnäs, P., Næss-Schmidt, H. S. (2016). Multiple benefits of energy renovations of the Swedish building stock. Stockholm: Copenhagen Economics.

Research, consulting and teaching for a sustainable future

Anthesis AB is well-established in the environmental economics research community. We offer analysis, research, education and training in environmental economics, sustainable energy systems and sustainable urban development. Our clients are in the private, non-profit and public sectors. We are located in Stockholm but work nationwide as well as internationally.

Anthesis AB

Barnhusgatan 4, 111 23 Stockholm

www.anthesis.se

www.anthesisgroup.com/about/europe/sweden