

Energieffektivisering av flerbostadsfastigheter

- Elva lokala exempel år 2012



Länsstyrelsen
Gävleborg



FÖRORD

Det har varit ett intensivt och lärorikt år för oss i projektgruppen och för fastighetsägarna som har engagerats i projektet. Mycket kunskap, idéer och tankvärdheter har ventilerats på EKG-seminarierna och på fastighetsägarmötena.

Nätverket EnergiKompetent Gävleborg har fått en kraft som känns stor och betydelsefull för regionen.

Det är viktigt att varje region tar sin lärdom utifrån sina egna förutsättningar, och vi tror att projektet har bidragit till att Gävleborgs län har kommit ännu en bit på vägen.

Vi lever i en i allt snabbare takt föränderlig värld där vi bara kan ana vad som finns runt nästa hörn.

Men ett vet vi med säkerhet: Vi måste hushålla med resurserna och det krävs samverkan på alla fronter för att vi ska kunna nå våra mål om en säker, hållbar och njutfull framtid.

Vår förhoppning är att de lokala exemplen på möjligheter till energieffektivisering tas till vara och följs upp framöver, och att engagemanget och lärdomarna sprider sig som ringar på vattnet.

Mycket nöje!



Projektgruppen:

Sanne Godow Bratt, Projektledare, medförfattare & redigering
Samhällsutvecklingsenheten, Länsstyrelsen Gävleborg
Tel: 070 – 228 62 48

Jan Akander
Universitetslektor Byggt teknik och Byggy fysik
Akademi för teknik och miljö, Högskolan i Gävle
Tel: 026 - 64 85 00

Mathias Cehlin
Universitetslektor Energiteknik
Akademi för teknik och miljö, Högskolan i Gävle
Tel: 076 – 116 96 46

Gustav Persson
Projektanställd Energiingenjör
Akademi för teknik och miljö, Högskolan i Gävle
Tel: 073 – 460 72 09

Rapporten i sin helhet består av två delar. Föreliggande är Del 1. Del 2 innehåller detaljerade beskrivningar av de 11 byggnaderna. Projektets rapporter finns att ladda ner på <http://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/klimat--och-energistrategi/projekt-flerbostadsfastigheter/Pages/default.aspx>

SAMMANFATTNING

De regionala förutsättningarna i Gävleborg har varit ett nyckelord i föreliggande rapport. Syftet med projektet har varit att ta fram lokala exempel på kostnadseffektiva energiåtgärder på flerbostadshus i regionen, med målet att halvera energianvändningen och samtidigt reducera utsläpp av koldioxid-ekvivalenter (CO₂-e) med 75 %. Projektet utgick från 11 byggnader, vardera med olika ägandeformer, storlekar, byggår, stommar, ventilationssystem och uppvärmningssystem. Tillsammans med fastighetsägarna och förvaltarna genomfördes energikartläggningar av byggnaderna för att studera byggnadens skick och möjligheter att genomföra ändringar. Detta skedde genom okulära besiktningar, momentana och korttidsmätningar samt genomgång av befintlig information, t ex energiräkningar, ritningar, energideklaration, Obligatorisk VentilationsKontroll (OVK) samt information om bevarandekrav. Med uppgifter från energikartläggningen byggdes modeller upp i energisimuleringsprogram, vilka kalibrerades mot verklig (fakturerad) energianvändning. Med de kalibrerade modellerna som utgångspunkt, simulerades den energibesparing som olika åtgärder och åtgärdspaket skulle kunna ge. Lönsamheten av åtgärderna uppskattades med LCC-kalkyler (livscykelkostnads-kalkyler) och resultaten redovisades för fastighetsägarna. I diskussion med fastighetsägarna, har de själva föreslagit vilka åtgärder de kan tänka sig genomföra under den närmaste framtiden.

I rapporten behandlas statistik för energianvändning i flerbostadshus i regionen och jämförs med Sveriges genomsnittliga värden för flerbostadshus – statistik som kommer från Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån (SCB) samt från Boverkets register Gripen. Uppgifterna är inte samstämmiga.

Mätresultat har sammanställts med avseende på ventilationsgrad, innetemperaturer, klimatskärmarnas lufttätheter och köldbryggor. Ur undersökningen har även andelen byggnader som genomgått energideklaration, OVK och radonmätningar tagits fram.

Ett av problemen med ekonomiska kalkyler är att bedöma huruvida en åtgärds kostnad eller del av kostnaden ska betraktas som en renodlad energiåtgärd, som en underhållskostnad eller som en eftersatt underhållskostnad. Lönsamhetsbedömningarna är känsliga för investeringskostnader, antagna framtida energipriser och företagets kalkylränta.

Det går att uppnå en halvering av energianvändningen. Denna kommer i framtiden att bidra till lönsamheten, men energibesparingen kan inte enkom stå för lönsamheten. Andra faktorer, som socio-ekonomiska, hyreshöjning etc måste ingå i helhetsbilden. Av de fall som är lönsamma, är ungefär 20 % energibesparing möjlig i dessa utifrån dagens kostnadsbild, framtida energiprisutveckling (3 % fjärrvärme och 5 % el) och kalkylräntan 6 %. Anledningen är att dagens energipriser är för låga för att motivera åtgärder ur ren energisynpunkt. Installationer ger generellt större lönsamhets-möjligheter än konstruktionsåtgärder (förutom ventilationssystem). Styr- och regleråtgärder, till exempel optimering av drift, ger god lönsamhet. Solenergi är lönsamt i många fall.

Minskning av CO₂-e med 75 % kan ej uppnås eftersom fjärrvärme, med sina låga CO₂-e utsläpp, står för övervägande andelen av uppvärmningen av utrymmen och varmvatten i länets flerbostadshus.

Projekt av denna karaktär är viktiga – varje region måste bygga upp egen kompetens där ett brett deltagande av aktörer i olika sektorer representeras: fastighetsägare, byggföretag, energileverantörer, konsulter, tjänstemän, politiker m.fl.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	
1.1 Bakgrund	
1.1.1 Energianvändning – Globalt och i Sverige	5
1.1.2 Nationella mål	13
1.1.3 Helhetsperspektiv	16
1.1.4 Gävleborg och dess förutsättningar	26
1.2 Syfte	34
1.3 Mål	34
1.4 Tidigare studier	35
2. METOD	
2.1 Urval	41
2.2 Energikartläggning befintlig byggnad	
2.2.1 Befintlig information	42
2.2.2 Besiktning	42
2.2.3 Momentana mätningar	44
2.2.4 Korttidsmätningar	48
2.3 Energiberäkningar	
2.3.1 Val av energisimuleringsverktyg	49
2.3.2 Indata och schablonberäkningar	53
2.3.3 Standardiserad åtgärds paket	56
2.4 Ekonomiska kalkyler	62
2.5 Klimatpåverkan från energianvändning	67
3. GENOMFÖRANDE	69
4. RESULTAT	
4.1 Indata	
4.1.1 Valda byggnader	72
4.1.2 Mätresultat	72
4.2 Energiberäkning	
4.2.1 Nuvarande energianvändning	73
4.2.2 Energianvändning efter åtgärder	74
4.3 Investeringskostnader och lönsamhet	
4.3.1 Lönsamhet för enskilda åtgärder	77
4.3.2 Lönsamhet för åtgärds paket	78
4.4 Effektbehov	80
4.5 Klimatpåverkan och resursanvändning	80
5. DISKUSSION	82
6. SLUTSATSER	90
7. REFERENSER	92

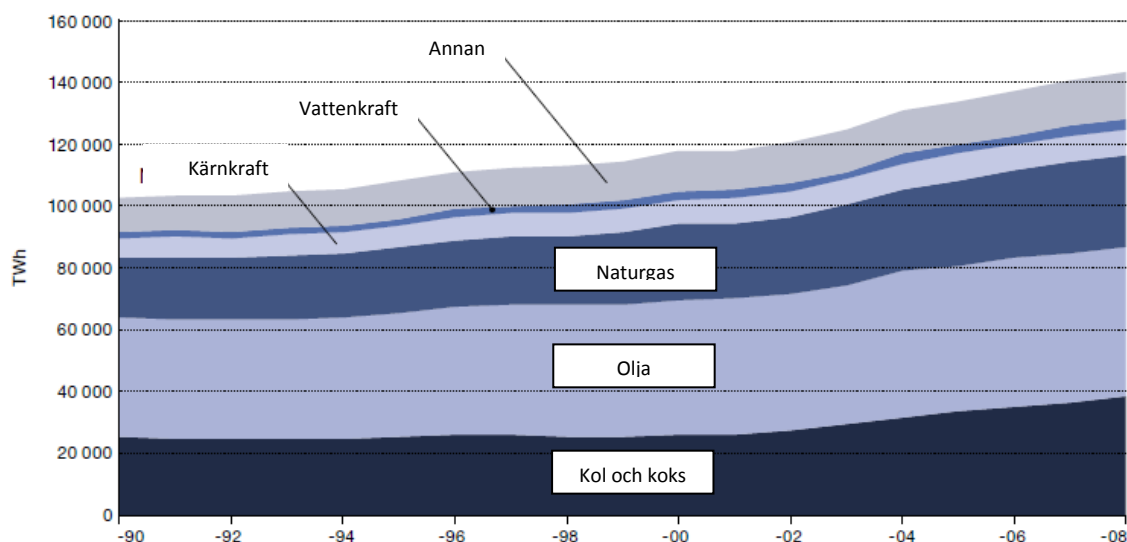
1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

1.1.1 Energianvändning – Globalt och i Sverige

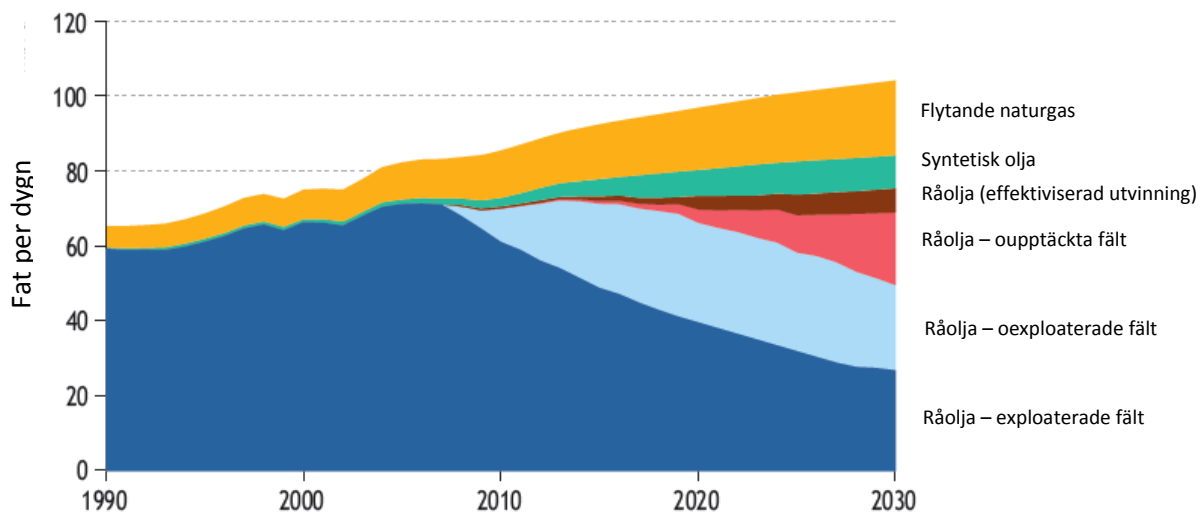
Globalt

Världen står inför många stora utmaningar inom områdena energi, miljö och klimat, främst på grund av globalt ökad användning av fossila bränslen. Under de senaste 20 åren har totala efterfrågan på energi i världen ökat med 40 procent, medan efterfrågan på elektrisk energi har ökat med ca 70 procent under samma tidsperiod (IEA, 2012). Argumenten för rationell energianvändning är både ekonomiska och miljömässiga. De fossila energikällorna, nämligen kol, råolja och naturgas, står för mer än 80 procent av världens efterfrågan på primäre energi, se figur 1.1, men andelen förnybar inklusive vattenkraft är bara 13 procent (Energimyndigheten 2011a).



Figur 1.1: Global energianvändning, 1990-2008, i TWh. Modifierad från IEA (2010).

Problemet med de fossila energikällorna, samt kärnkraften som nyttjar uran, är att de är ändliga resurser. I takt med att fossila bränslen bryts blir de allt svårare och dyrare att utvinna. Man talar t ex om "peak oil", alltså den tidpunkt när maximala råolja produktionen har nåtts, varefter produktionsvolymen avtar. Huruvida denna tidpunkt har inträffat eller kommer att inträffa inom ett decennium debatteras, se t ex (Lutz et al., 2012), (Fantazzini et al. 2011) och (Robert & Lennert, 2010). Kjærstad och Johnsson (2009) menar att data är osäkra/otillräckliga men att råolja produktionen torde kunna täcka behovet fram till och med 2030. Aleklett et al. (2010) hävdar att peak oil har inträffat så att oljans "Peak"-ålder är snart över och att prognoser om råolja produktionen som sker år fram till 2030 är överdrivna. Dessa studier relaterar sina resultat till en prognos som gjordes av Internationella energirådet (International Energy Agency, IEA) i 2008. Resultaten sammanfattas i figur 1.2, vilken visar att "peak oil" inträffade ca 2006. Globala oljebehovet kommer att öka, trots att råolja produktionen minskar något. Behovet tillgodoses av flytande naturgas och syntetiska oljor, samt kända och okända fyndigheter vilka inte exploaterades (då, 2008).



Figur 1.2: Prognos över framtida globala oljebehoven och hur behovet tillgodoses, baserat på IEA (2008).

När de ändliga resurserna sinar måste en övergång ske till andra, företrädesvis förnybara energikällor. Den globala efterfrågan på energi kommer att öka inom den närmaste framtiden. Studier (IEA 2003, Shell 2008) förutspår att år 2050 har energibehovet mer än fördubblas i världen jämfört med 1990.

Lombard et al. (2008) visar att energianvändning är kopplad till ekonomisk utveckling och ökad population, och ifrågasätter inverkan av globala policyn som försök att bryta denna trend genom energieffektivisering (samt utnyttjandet av förnybar energi och "grön" teknik). Globalisering, ökad levnadsstandard i regioner med framväxande ekonomier och kommunikationsnätverk lanserar utvecklade länders levnadssätt och ökar energibehoven efter levnadsmönster som kommer att utarma förekomsten av fossila bränslen och skapa en allvarlig miljöpåverkan. I det här avseendet är nuvarande energi- eller socio-ekonomiska systemen absolut inte hållbara. Bland annat visar Lombard et al. (2008) att globala användningen av primärenergi, mellan 1973 – 2004, är högre än befolkningsökningen.

Totala slutanvändningen brukar indelas i tre huvudsektorer: industri, transporter och "andra sektorer". Den sistnämnda kallas även för byggnader, som omfattar oftast bostäder och service, där service omfattar lokaler (ej industriella). Den globala fördelningen mellan sektorerna visas i tabell 1.1. Industrisektorns andel minskar, med förklaringen att tung industri ersätts alltmer av service, dvs en ökning i byggnaders sektor. Ökningen i byggnadernas energianvändning under perioden var 1,5 % per år. Under 2004 var byggnadernas andel 37 % av EU's totala energianvändning, vilken var högre än industrins (28 %) och transporter (32 %). Tabell 1.2 visar att bostäder använder generellt mer energi än övriga byggnader. Det är konditionering av bostädernas utrymmen som kräver mest energi, se tabell 1.3. (Lombard et al. 2008)

Tabell 1.1: Global energianvändning per sektor angiven i procent (Lombard et al. 2008). Med andra sektorer menas oftast byggnader (bostäder och service).

Slutlig energianvändning per sektor (%)	1973	2004	Kvot
Industri	39	30	0,76
Transport	25	28	1,14
Andra sektorer	36	42	1,16

Tabell 1.2: Fördelningen av byggnaders inverkan på slutanvändningen av energi, angiven i procent (Lombard et al. 2008).

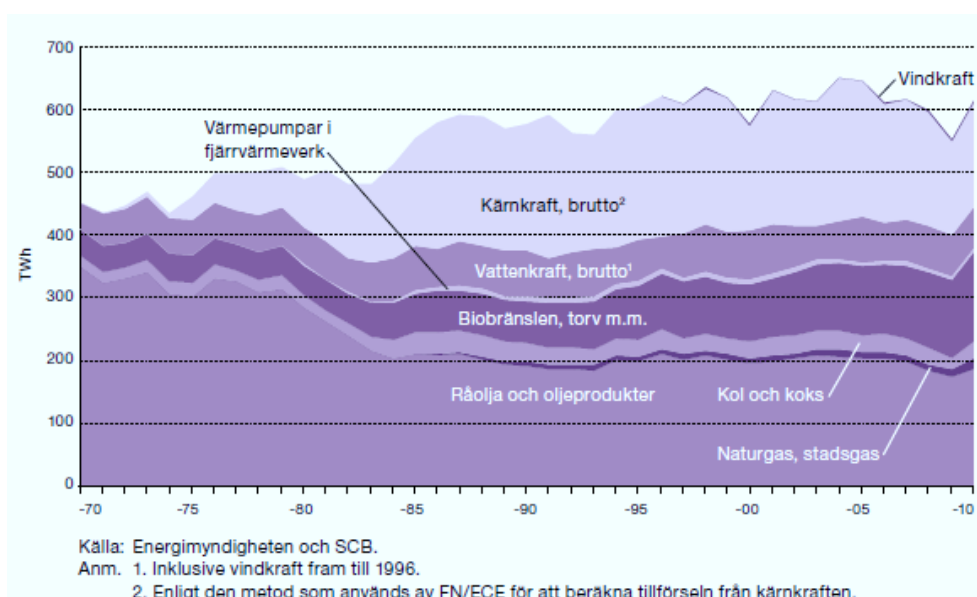
Slutlig energianvändning hos byggnader (%)	Lokaler	Bostäder	Totalt
USA	18	22	40
Storbrittanien (UK)	11	28	39
EU	11	26	37
Spanien	8	15	23
Världen	7	16	24

Tabell 1.3: Fördelningen av energianvändningen inom bostäder, angiven i procent (Lombard et al. 2008).

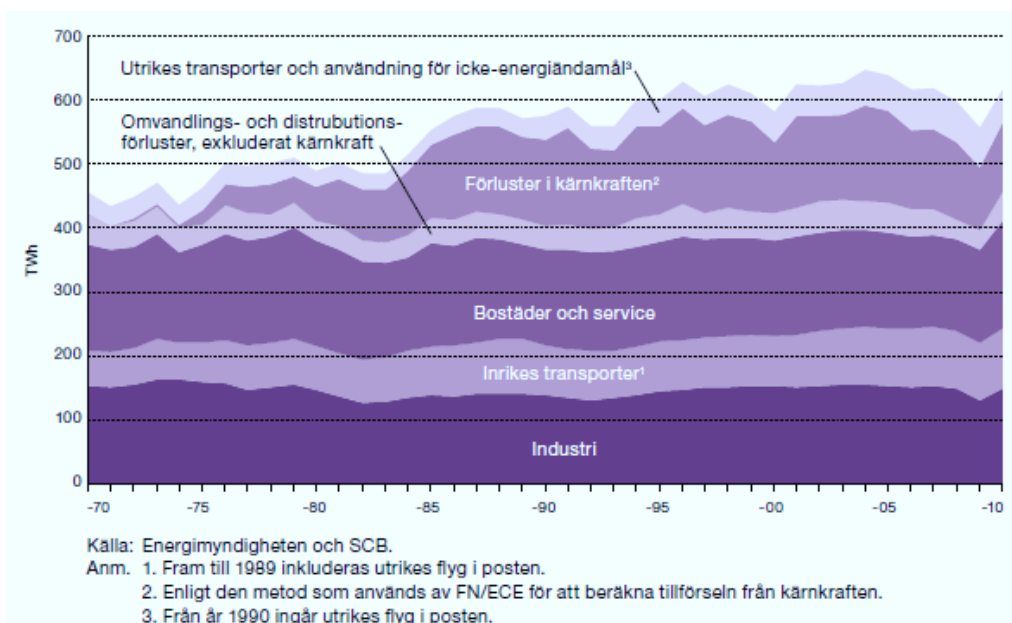
Slutlig energianvändning (%)	Spanien	EU	USA	UK
Konditionering av utrymmen	42	68	53	62
Varmvatten	26	14	17	22
Belysning och hushållsel	32	18	30	16

Sverige

Tillförseln av energi till Sveriges energisystem är beroende av efterfrågan, dvs. behovet som användarsidan har. I Sverige var den totala tillförseln av energi 616 TWh år 2010, trots att den totala slutliga användningen var 411 TWh (Energimyndigheten 2011a). Eftersom energi är oförstörbar, indikerar skillnaden mellan de två beloppen att 205 TWh har "försvunnit" som förluster och i användning för icke-energiändamål. Förlusterna utgörs av omvandlingsförluster i kärnkraft (det som kyls bort vid elproduktion), omvandlingsförluster i energiverk vid produktion av el, som distributionsförluster (el och värme), icke-energiändamål (t ex råvaror till färg- och kemiindustrin) samt för utrikestransporter (sjöfart och flyg). I figur 1.3a och 1.3b visas den historiska utvecklingen av Sveriges totala energitillförsel.



Figur 1.3a: Sveriges totala energitillförsel exklusive nettoexport, 1970-2010, uttryckt i TWh (Energimyndigheten, 2011a).

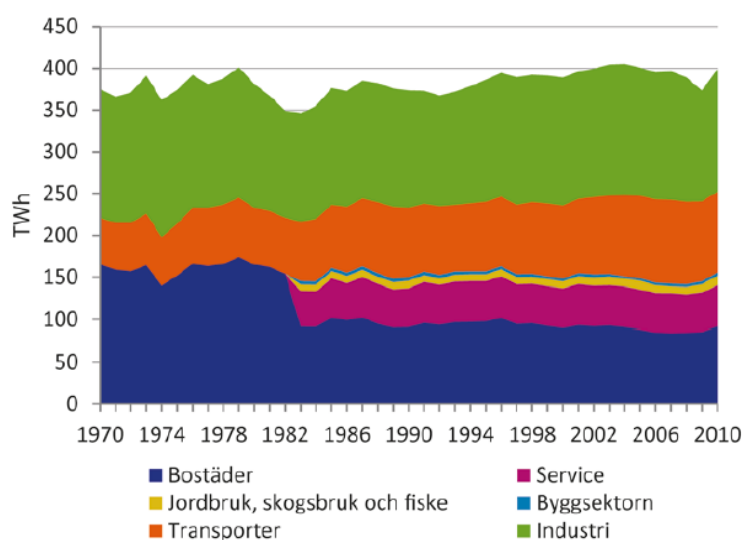


Figur 1.3b: Sveriges totala energianvändning, 1970-2010, uttryckt i TWh (Energimyndigheten, 2011a).

Den minskade tillförseln under åren 2008-2009 har koppling till den globala ekonomiska konjunkturen medan ökningen år 2010 har starkt påverkats av den ovanligt kalla vintern. Att förlusternas andel har ökat i tiden är beroende av att användarsektorerna har bytt användningen av olja till fjärrvärme och el. När el produceras i kärnkraftverk kyls stora värmemängder bort (över 2/3, Energimyndigheten 2008, se figur 1.3b), samtidigt som det även finns förluster vid fjärrvärmeproduktion samt i raffinaderier. (Energimyndigheten 2011a)

Energien på slutanvändarsidan var 2010 alltså totalt 411 TWh. (Energimyndigheten 2011a) El (132 TWh) och oljeprodukter (117 TWh) utgjorde de två största energibärarna efter omvandling/förädling, följt av biobränsle, torv och avfall (79 TWh), fjärrvärme (60 TWh), kol och koks (16 TWh) och naturgas (8 TWh). Slut användningen fördelades mellan sektorerna där transporter använde 96 TWh, industrin 149 TWh och bostäder och service 166 TWh. Bostäder och service utgjorde 40 % av den slutliga energianvändningen, se figur 1.4.

Den totala slutliga energianvändningen har, grovt sett mellan 1970-2010, mer eller mindre varit konstant. Transportsektorn har ökat mest under tiden, samtidigt som industrins användning minskade mellan 1970 och 1982, för att öka igen. Industriproduktionen har ökat, men effektiviseringsarbeten medför mindre energiåtgång per producerad enhet. För "bostäder" finns en brytning efter 1983. Anledningen är att sektorn "bostäder" efter 1983 indelades i delsektorer service, byggsektor samt jordbruk, skogsbruk och fiske. Energianvändningen hos dessa delsektorer har varit relativt konstant sedan 1983. (Energimyndigheten, 2012a) Den ökning av totala energitillförseln som framgår i figur 1.3, beror inte på en ökning av totala slutliga energianvändningen hos sektorerna – den beror på förändringar inom slut användningen som innebär en omfördelning av energislåg och energibärare vilka har högre omvandlingsförluster. (Energimyndigheten, 2011a)



Källa: Energimyndigheten och SCB, SM serie EN 20 Årliga Energibalanser.

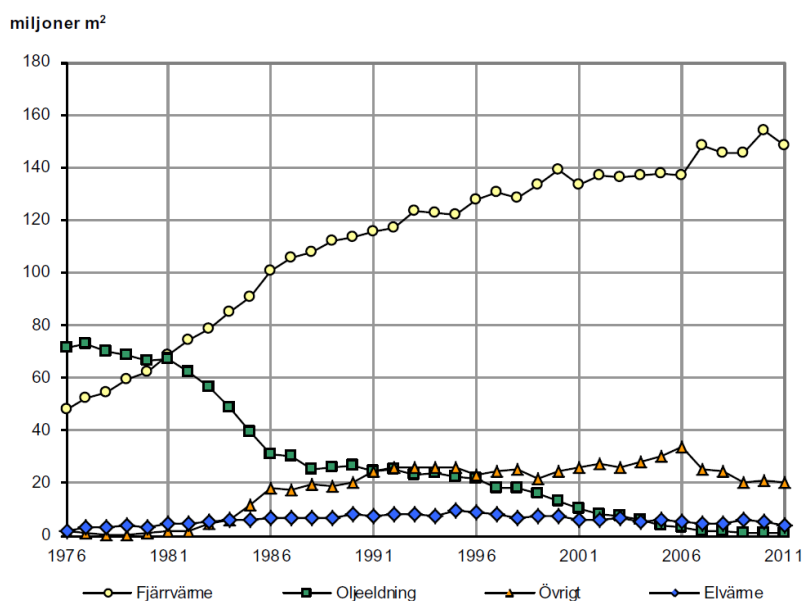
Figur 1.4: Total slutlig energianvändning per sektor i Sverige 1970-2010, uttryckt i TWh (Energimyndigheten, 2012a).

Utifrån användning av förnybar energi har Sverige en gynnsam situation i jämförelse med andra länder, med stort bidrag från vattenkraft, biomassa och vindkraft. Detta kan i huvudsak förklaras av den stora landytan i förhållande till befolkningens mängd. Användningen av förnybar energi i förhållande till slutlig energianvändning uppgick 2010 till 48 %. Den höga andelen beror på en ökad användning av biobränslen samt en ökad användning av värmepumpar, tillsammans med beskattning (energiskatt, koldioxidskatt och svavelskatt). År 2010 var den totala förnybara energin 204 TWh, varav 84 TWh var förnybar elproduktion. (Energimyndigheten, 2012a)

Flerbostadshus i Sverige

Den mängd energi som används för uppvärmning och varmvatten i ett flerbostadshus under ett år beror framförallt på husets energiprestanda, geografisk placering och de boendes brukarbeteende. Energiprestanda är beroende av hur huset är byggt i form av isolering, fönster, ventilation, tekniska lösningar med mera. I Sverige är byggnadens energiprestanda kvantifierad med s_k byggnadens specifika energianvändning, vilken definieras som byggnadens årliga energianvändning fördelat på byggnadens uppvärmda golvarea, utan att hushållsel eller verksamhetsenergi inräknas. Enheten blir kWh/m²·år.

Ända sedan 1980-talet har fjärrvärme varit det vanligaste uppvärmningssättet i flerbostadshus, se figur 1.5, och ökat samtidigt som uppvärmning med el och olja kontinuerligt minskat. Under år 2011 värmdes, räknad per golvarea, 148,2 miljoner kvadratmeter upp av fjärrvärme i flerbostadshus i Sverige, motsvarande 86 procent av den totala uppvärmda arean i flerbostadshusen under året (Energimyndigheten, 2012a). I genomsnitt användes i svenska flerbostadshus energi motsvarande 10 200 kWh per lägenhet för uppvärmning och varmvatten under 2011 (se tabell 1.4). Detta motsvarar drygt 140 kWh per kvadratmeter för uppvärmning och varmvatten (exklusive hushållsel), se figur 1.6 och se även tabell 1.4 för motsvarande värden för föregående år. Medelvärden för uppvärmning och varmvatten (exklusive hushållsel) som funktion av byggår framgår i figur 1.7, här också för året 2011.



Figur 1.5: Total area i miljoner m² för olika energislag och energibärare i flerbostadshus i Sverige år 1976-2011. (Energimyndigheten, 2012b)

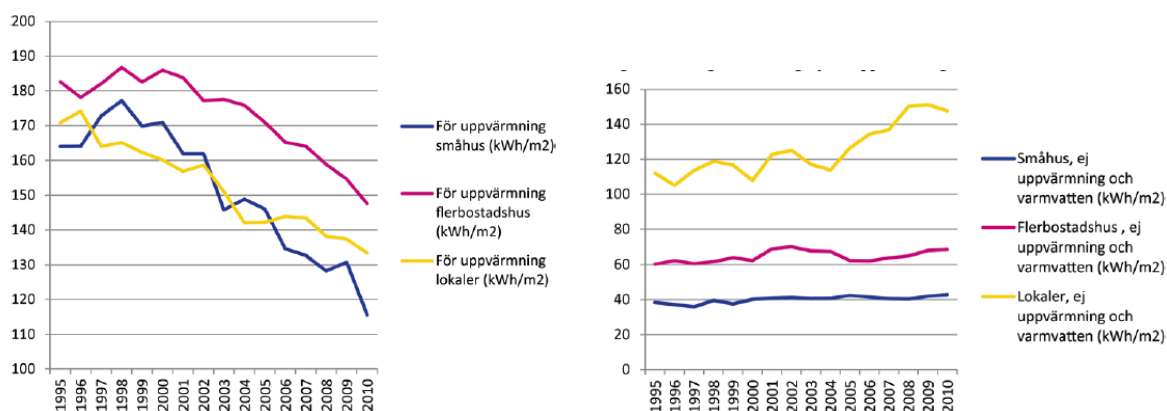
Det genomsnittliga flerbostadshuset byggdes 1959 och består av källare samt tre våningar ovan mark. Fasaden är i tegel eller puts och taket är ett sadeltak med betongtakpannor. Den uppvärmda arean, A_{temp} , är 1426 kvadratmeter och ytterväggarnas U-värde är 0,411 W/m² och °C. I huset finns 17 lägenheter och det bor i genomsnitt 1,7 personer i varje lägenhet. (Boverket 2009)

Energistatistiken visas oftast på basis av faktisk energianvändning, vilken är beroende av hur kallt eller varmt klimatet har varit. Ett mått på detta är s k graddagar. Man kan temperaturkorrigera de faktiska värdena för att bedöma hur mycket energi som den aktuella byggnaden skulle använda om den exponerades för ett normalår. Korrigeringen sker genom att man använder kvoten mellan det aktuella årets graddagar och normalårets graddagar. Denna faktors avvikelse från 100 % halveras, varvid det aktuella årets energianvändning delas med beloppet. Tabell 1.4 visar temperaturkorrigerade värden för åren 2006-2011. Genomsnittliga energianvändningen (uppvärmning och varmvatten) för ett flerbostadshus är i nuläget ca 150 kWh/m²·år. Värdena stämmer med dem som visas i figur 1.6a. Smärre avvikelser förekommer, vilka kan förklaras med att Sverige delas in i fyra klimatzoner, varvid temperaturkorrigeringen påverkas av byggnadens placering. I det här arbetet har temperaturkorrigeringen baserats på att Sverige är en klimatzon.

Tabell 1.4: Genomsnittlig energianvändning i MWh/lgh och kWh/m² för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus i Sverige år 2006–2011. Faktisk förbrukning (ej temperaturkorrigerade värden) i de två översta raderna.

Genomsnittlig användning	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Per lägenhet (MWh/lgh) (ES 2012:05)	11,5	11,2	10,6	10,9	11,5	10,2
Genomsnitt per kvadratmeter (kWh/m ² ·år) (ES 2012:05)	156	151	145	148	159	140
Graddagar i % av normalåret (%) (ES 2012:07)	89,1	89,0	84,2	91,9	111,6	85,0
Temperaturkorrigerat genomsnitt (kWh/m ² ·år)	165	160	157	154	150	151
Totalt inkl fastighets- o hushållsel (kWh/m ² ·år)	235	230	227	224	220	221

I figur 1.6b framgår energianvändning som inte ingår i beloppet för uppvärmning och varmvatten. Oftast omfattar denna energianvändning hushålls- och verksamhetsenergi samt fastighetsenergi (elektricitet). (Energimyndigheten, 2012a) För flerbostadshus är beloppet ca 70 kWh/m²·år. Detta värde har lagts till värdena som beräknades i näst sista raden i tabell 1.4, varvid sista raden indikerar den totala energianvändningen som flerbostadshus i genomsnitt använder, räknat per kvadratmeter golvyta och år. Siffran 235 kWh/m²·år (år 2006 i tabell 1.4) kan jämföras med ett normalårskorrigerat värde för samtliga typer av byggnader år 2005, dvs 250 kWh/m²·år (Boverket, 2007).

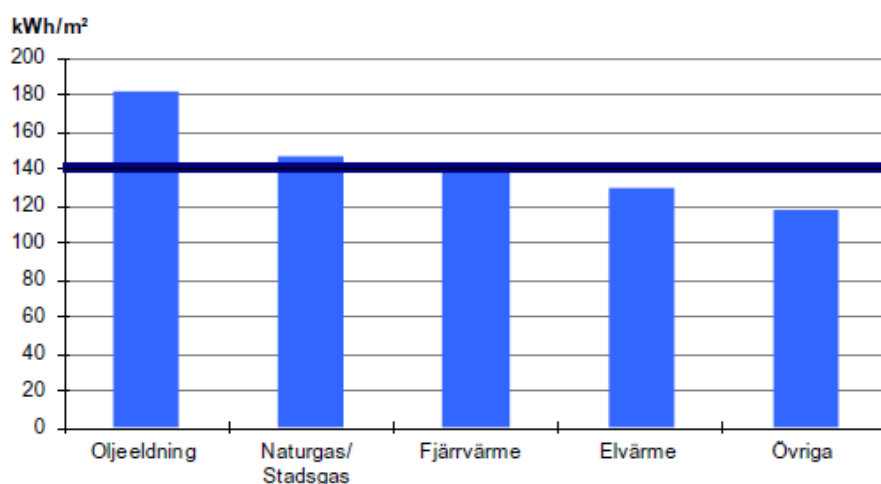


Figur 1.6: Till vänster (a) Temperaturkorrigerad energianvändning för uppvärmning och varmvatten för åren 1995-2010, kWh/m²·år i Sverige. Till höger (b) Energianvändning, ej för uppvärmning och varmvatten för åren 1995-2010, kWh/m²·år. (Energimynd., 2012a)

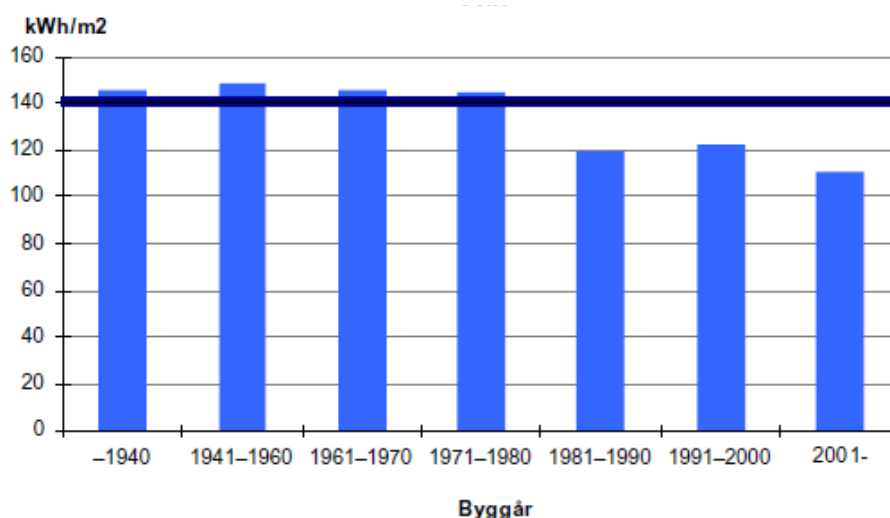
Att den temperaturkorrigerade energianvändningen minskar kontinuerligt förklaras av Energi- myndigheten (2012a) enligt följande:

- Den köpta energin minskar med ökade användandet av värmepumpar, eftersom den värme som värmepumpen hämtar från energikällan inte inkluderas som tillförd energi
- Vid byten av uppvärmningssystem kan redovisningen av energiförluster flyttas. Detta innebär inte att energianvändningen minskar – om byggnadens eget energisystem har förluster så ingår dessa i bostäder och lokalers statistik, men ett byte till fjärrvärme kommer innebära att förlusterna hänförs till el- och fjärrvärmesektorn
- Byggnader energieffektiviseras, t ex genom tilläggsisolering, på grund av höga energipriser under 2000-talet tillsammans med hårdare krav på lägre energianvändning för nybyggda hus

I flerbostadshus som värmdes med det dominerande uppvärmningssättet fjärrvärme användes i genomsnitt 143 kWh per kvadratmeter för uppvärmning och varmvatten, år 2011. Energianvändningen i flerbostadshus uppvärmda med fjärrvärme ligger sålunda aningen högre än genomsnittet i energianvändning per kvadratmeter i Sverige, se figur 1.7.



Figur 1.7: Genomsnittlig energianvändning i kWh/m² för uppvärmning och varmvatten i svenska flerbostadshus år 2011 fördelad på energislag och energibärare. (Energimyndigh. 2012c)



Figur 1.8: Genomsnittlig energianvändning i kWh/m² för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus år 2011 fördelad efter byggår. (Energimyndigheten, 2012c)

1.1.2 Nationella mål

Sverige har en rad nationella mål vilka även har harmoniserats eller implementerats utifrån EU- och internationella mål och åtaganden. Nertill presenteras några av de viktigare målen och deras betydelse ur energianvändningssynpunkt inom bebyggelse.

”Det råder en bred enighet om att hållbarhet måste vara ett övergripande mål för samhällsutvecklingen. För att vi ska uppnå det måste ekonomisk utveckling, social välfärd och sammanhållning förenas med en god miljö.” (Naturvårdsverket, 2012).

För att få till stånd en omställning mot ett hållbart samhälle, har det svenska **miljömålsystemet** upprättats, vilket innehåller ett *generationsmål*, sexton *miljökvalitetsmål* och fjorton *etappmål* (www.miljomal.se). Miljöarbetet struktureras så att:

- generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att nå miljökvalitetsmålen
- miljökvalitetsmålen anger det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till
- etappmål anger steg på vägen till miljökvalitetsmålen och generationsmålet

Generationsmålet

Riksdagen har definierat generationsmålet enligt följande: "Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser." (Naturvårdsverket, 2012).

Generationsmålet innebär att förutsättningarna för att lösa miljöproblemen ska nås inom en generation. Miljöpolitiken ska fokusera på att:

- Ekosystemen har återhämtat sig, eller är på väg att återhämta sig, och deras förmåga att långsiktigt generera ekosystemtjänster är säkrad
- Den biologiska mångfalden och natur- och kulturmiljön bevaras, främjas och nyttjas hållbart
- Människors hälsa utsätts för minimal negativ miljöpåverkan samtidigt som miljöns positiva inverkan på människors hälsa främjas
- Kretsloppen är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen
- En god hushållning sker med naturresurserna
- Andelen förnybar energi ökar och att energianvändningen är effektiv med minimal påverkan på miljön
- Konsumtionsmönstren av varor och tjänster orsakar så små miljö- och hälsoproblem som möjligt

Miljökvalitetsmålen

Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till.

Preciseringar förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen, bland annat med hjälp av miljöindikatorer. De sexton miljökvalitetsmålen med preciseringar avser:

- Begränsad klimatpåverkan
- Frisk luft
- Bara naturlig försurning
- Giftfri miljö
- Skyddande ozonskikt
- Säker strålmiljö
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Grundvatten av god kvalitet
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- Myllrande våtmarker
- Levande skogar
- Ett rikt odlingslandskap
- Storslagen fjällmiljö
- God bebyggd miljö
- Ett rikt växt- och djurliv

God bebyggd miljö

God bebyggd miljö berör delmål om fysisk planering och samhällsbyggande (tätorter), buller, generering och hantering av avfall, minskad användning av naturgrus, förvaltning av bebyggelsens kulturhistoriska värden, energieffektivisering av bebyggelsen och sund inomhusmiljö (Regeringsproposition 2009/10:155).

Ett av preciseringarna i "God bebyggd miljö" är att den totala energianvändningen, per uppvärmd kvadratmeter golvarea, i bostäder och lokaler ska minska med minst 20 procent och koldioxidutsläppen med minst 40 procent till år 2020 från år 1995. Fossila bränslen får inte förekomma som energilag för energianvändning hos byggnader och andelen förnybar energi ökas. Till år 2050 ska energianvändningen i den svenska bebyggelsen halveras jämfört med år 1995.

Målen för energieffektivisering måste ställas utifrån funktion och välmående i befintliga och i framtida byggnader, då byggnader skapas för människans behov. Viktiga faktorer som inte enbart kan uttryckas i kvantitativa termer är funktion, estetik samt god inomhusmiljö med avseende på både termisk komfort, dagsljus-, ljud- och luftkvalitet.

Miljonprogrammet

"Miljonprogrammet" var en stor utmaning för samhället, när en miljon bostäder skulle uppföras under perioden 1965-75. Men det politiska målet att fram till 2050 reducera byggnadsbeståndets energianvändning till hälften är en än större utmaning. Uppskattningsvis drygt 80 procent av Sveriges 4 miljoner nuvarande lägenheter har en energianvändning som är oacceptabel i förhållande till dagens politiska mål. Detta innebär troligen att ungefär 80 000 lägenheter årligen måste åtgärdas under de kommande 40 åren. (Energimyndigheten ER 2012:10) Hur ska vi kunna åtgärda alla dessa lägenheter, inklusive småhus, med kravet på en halvering av specifika energibehovet? För att klara energimålen kan det behövas investeringar på i storleksordningen över 1 000 miljarder kronor för att totalrenovera och energieffektivisera ett bestånd om fyra miljoner lägenheter (Energimyndigheten ER 2012:10).

Nära-NollEnergibygnader (NNE)

Det råder idag en enighet om att både energianvändningen och miljöpåverkan måste minska. Det finns olika typer av politiska mål med bäring på energianvändning i bebyggelsen. Politiska mål har satts upp för dessa områden såväl nationellt (se föregående stycket) som internationellt. Inom EU ska den totala tillförda energin i EU effektiviseras med 20 procent jämfört med en prognostiserad nivå fram till år 2020 (KOM 2011 109). EU-direktivet 2010/31 är en riktlinje om hur medlemsstaterna ska aktivt arbeta med och främja förbättringar av byggnaders energiprestanda. Direktivet omfattar både nya och befintliga byggnader vid renovering. Särskild uppmärksamhet har lagts på byggnader som utnyttjas av offentliga myndigheter. Medlemsstaterna ska se till att alla nya byggnader senast den 31 december 2020 är "nära- nollenergibygnader" (NNE-byggnader) samt att alla nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter ska vara NNE-byggnader från och med 2019. Medlemsstaterna ska enligt direktivet också upprätta nationella planer för att öka antalet NNE-byggnader. Dessa nationella planer får innehålla differentierade mål beroende på byggnadskategori.

Konsekvensen av EU-direktivet 2010/31 för Sverige har analyserats och presenteras i en rapport från svenska riksdagen 2011 och Boverket i rapporten N2010/1474/E som ingår i svenska byggregler och lagar, BBR 2012. EU:s direktiv har fastställt att alla nya byggnader är NNE-byggnader år 2020. Detta

innebär att byggnaden måste vara väl isolerade med effektiv återvinning av ventilationsluften. Energisystemet bör ha en hög andel förnybar energi. Enligt EUs färdplan 2050 borde utsläppen av CO₂-ekvivalenter minska med 80 % i jämförelse med byggnadernas utsläpp år 2005, primärt genom energieffektivisering och konvertering till CO₂-neutrala energisystem.

Hur klarar vi målen?

Utmaningen är att bygga nya hus på ett mer energieffektivt och hållbart sätt, men en ännu större utmaning är att kraftigt minska energianvändningen i befintliga byggnader och att hitta bra lösningar för att täcka de återstående energibehoven med förnybar energi. En stor andel av de byggnader som finns idag kommer finnas kvar över lång tid. Nybyggnadstakten är så låg att nybyggnation inte kommer att bidra väsentligt till energieffektiviseringsmålen, varken till 2020 eller 2050. Om nybyggnationstakten antas vara ca 1 procent varje år mellan 2013 och 2050 kommer ca 30 % av de byggnader som används 2050 att vara byggda efter 2012, resten är gamla byggnader som till mycket stor del kräver renoveringsåtgärder för energieffektiviseringar. Det är också viktigt att framtida byggnader och renoveringar av gamla byggnader anpassas för en förändring av klimatet, såsom i temperatur, nederbördsmängd och vattenånghalt i luften. Effektivisering av byggnadssektorns energianvändning är också nödvändig för att möjliggöra omfördelning av energianvändning mellan sektorer, dvs byggnader, transporter och industri.

Effektiva handlingsplaner för att förhindra ökad användning av energi måste utformas utifrån ett energisystem-perspektiv (helhetsperspektiv) som inkluderar kedjan från utvinning eller skörd av energikällor, till energiomvandlingsprocesser i energianläggningar till slutanvändning i de tre huvudsektorerna byggnad, industri och transport. Effektivitet är viktigt i hela kedjan för både minskade kostnader och för resursbesparingar.

Energideklarationer

Lagen om Energideklaration trädde i kraft den 1:a oktober 2006. Till slutet av år 2008 skulle samtliga flerbostadshus genomgått Energideklaration. Därefter ska Energideklaration återupprepas var 10:e år, om inte fastigheten överläts till en annan ägare. Boverkets register Gripen är den databas i vilken energideklarationens resultat registreras och förvaltas. Registret Gripen innehåller information om hela flerbostadshusbeståndet, men informationen är inte dagsaktuell.

1.1.3 Helhetsperspektiv

Att genomföra ändringar i ett befintligt byggnadsbestånd innebär att man står inför en rad olika val där olika berörda parter har olika intressen. Det som är intressant och ekonomiskt för en fastighetsägare är kanske inte det som långsiktigt är ekonomiskt för samhället och miljön. Trots att detta projekt har stor fokus på kostnadseffektiva energitåtgärder på flerbostadshus finns en rad med andra aspekter som måste beaktas i större eller mindre grad.

Utifrån energianvändning ingår byggnader som en av de tre största slutanvändarna av energi. Den ändring i energianvändning som denna sektor skapar, påverkar även de andra två användarna och i produktions- och distributionsleden. Av denna anledning är det viktigt att ha ett systemperspektiv för att undvika suboptimeringar och lösningar som ger energiförsörjningsproblem och negativa miljökonsekvenser i framtiden.

I Sverige ställer samhället minimikrav på byggnaden om inte byggherren/fastighetsägaren har krav som är högre än minimikraven. Utöver lagar och förordningar, såsom Plan och bygglagen (PBL), jordabalken, miljöbalken, Socialstyrelsens arbetsmiljölagar, osv, finns de flesta bestämmelser som berör byggnader och byggande i Boverkets Byggregler (BBR 19). Numera omfattar byggreglerna även ändring av byggnad, dvs ombyggnad. Tidigare versioner av BBR har endast omfattat nybyggnation. Vad som menas med ändring av byggnad har beskrivits i BÄR (Boverkets ändring av byggnad) och numera i BBR. En ändring som införs i en byggnad kan innebära en rad med följdkrav.

Helhetsperspektiv - Energisystemet

Den senaste femtonårsperioden har den slutliga energianvändningen minskat något, räknat per areaenhet, för uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige. T ex sjönk den normalårskorrigerade specifika energianvändningen för byggnader (bostäder och lokaler) mellan 1995 till 2005 med 5 % alltså från 263 till 250 kWh/m²·år (Boverket, 2007). Befintliga hus blir energieffektivare genom åtgärder som exempelvis tilläggsisolering och förbättrade fönster. Även hårdare krav på lägre energianvändning för nybyggda hus leder till en minskad genomsnittlig användning. Genom det ökade användandet av värmepumpar minskar också mängden "köpt energi" för uppvärmning (som är det som redovisas i statistiken). Minskningen av energianvändningen har motverkats genom att man vill ha större boyta per person och man efterfrågar allt fler elektriska apparater. Medan den slutliga energianvändningen har minskat något sedan början på 1970-talet har samtidigt elanvändningen nästan fyrdubblats (Energimyndigheten, 2012a), vilket gör att sektorns totala primärenergi-användning under perioden har ökat kraftigt.

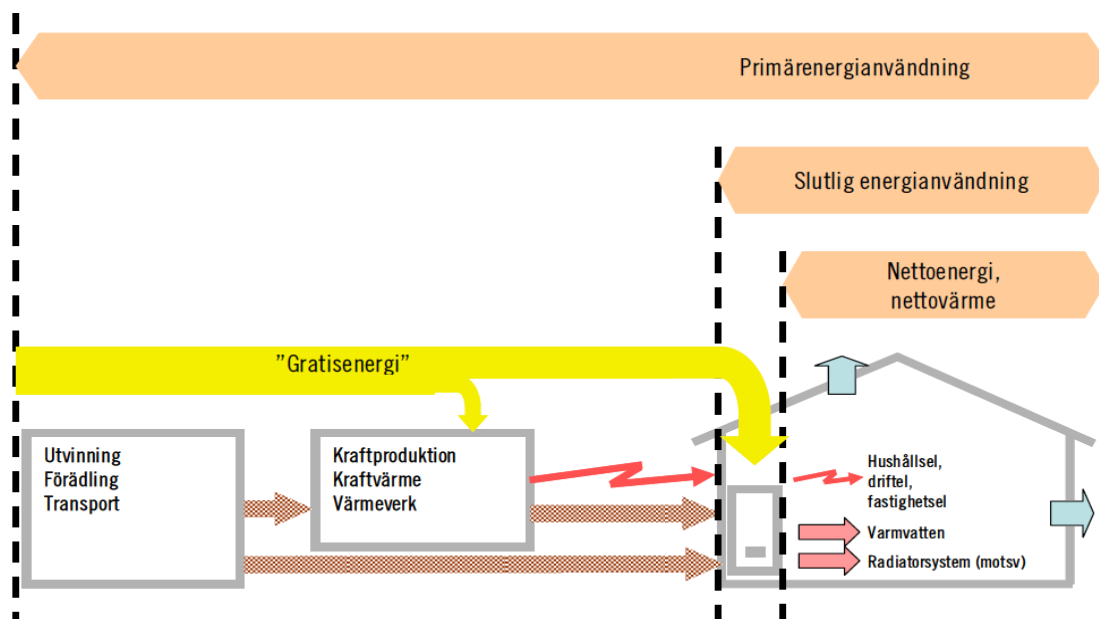
Åtgärdsbehoven är således stora. Energianvändningen i bebyggelsen behöver bli effektivare, andelen förnybara material och förnybar energi behöver öka, och allt detta samtidigt som den totala naturresurs- och primärenergieffektiviteten behöver stärkas.

Primärenergi och energins kvalitetsvärde

Primärenergi innebär att förluster räknas in i både den direkta och indirekta (utvinning, transport och omvandling) energianvändningen.

Systemgränser för primärenergianvändning, slutlig energianvändning och nettoenergianvändning illustreras schematiskt i figur 1.9. Med slutanvänd energi avses den energi som förbrukas av slutanvändaren (fastigheten). På vägen till slutanvändaren försvinner emellertid en del energi, d.v.s. det går åt energi för att producera energi. Primärenergi-begreppet tar detta i beaktande och tillför

således ett livscykelperspektiv på energiresurser. Ju högre förluster under livscykeln desto högre blir primärenergianvändningen.



Figur 1.9: Systemgränser för primärenergi, slutanvändning av energi respektive nettoenergi för uppvärmning av byggnader. Källa: konsultföretaget Profu i artikeln Persson et al (2005).

När energianvändningen i bebyggelsen ska bedömas utifrån resursanvändning (hur effektivt primärenergi används samt dess kvalitet och tillgänglighet), måste det göras med allmängiltiga verktyg. Förhållandet mellan primärenergianvändning och slutlig användning av energi kallas primärenergifaktor. Primärenergifaktorn är en viktningsfaktor som reflekterar det totala energiresursbehovet för en kWh slutlig energianvändning, d.v.s. visar hur effektivt ett system är.

Kvalitetsfaktorer används också i bedömningar, för att värdera energins kvalitet - framförallt på basis av dess omvandlingsbarhet. Det är viktigt att korrekt primär- eller kvalitetsfaktor för olika energiformer används vid utvärdering av energieffektiviseringsåtgärder. Tabell 1.5 visar ett exempel på hur 1 kWh i energiform kan omvandlas till värme.

Tabell 1.5: Kvalitetsvärde för olika energiformer vid omvandling till värme

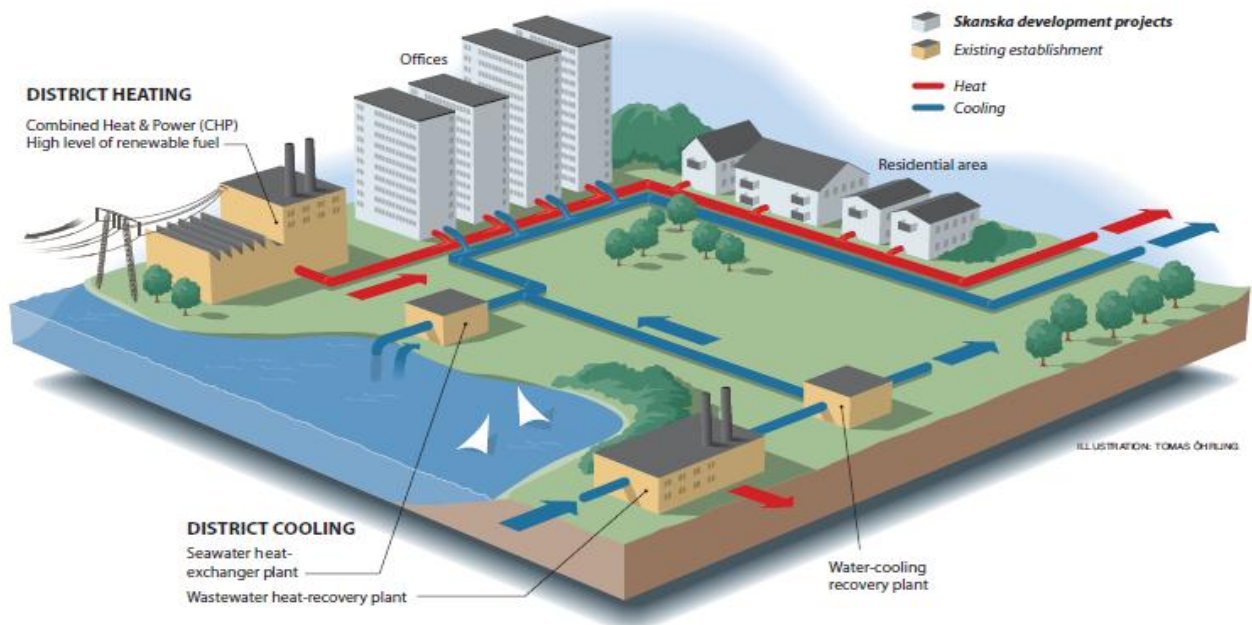
Energiform	El 1 kWh	El 1 kWh	Bränsle 1 kWh	Bränsle 1 kWh	
Omvandling	Direktel	Värmepump COP*=3	Förbränning	Kraftvärmeverk	
El eller värme	1 kWh värme	3 kWh värme	1 kWh värme	0,4 kWh el	0,6 kWh värme
				Värmepump COP=3	
				1,2 kWh	0,6 kWh
Totalt värme	1 kWh	3 kWh	1 kWh	1,2 + 0,6 = 1,8 kWh	

*COP= Coefficient of Performance (värmefaktor)

1 kWh el kan omvandlas till 3 kWh värme med en elektriskt driven värmepump, medan 1 kWh bränsle kan omvandlas till 1.8 kWh värme med en kombination av kraftvärme och en värmepump.

Exemplet tydliggör att byte av energiförsörjningssystem i en byggnad med fjärrvärme från kraftvärmeanläggningar till ett system med borrhålsvärmepump med ett COP = 3 inte ger någon verklig energieffektivisering för fastigheten. Det är en förändring av energibärare, 3 kWh värme ersätts med 1 kWh elenergi. Fastigheten i sig förbrukar fortfarande lika mycket energi.

För att nå verklig energieffektivisering krävs ett helhetssystemperspektiv, se Figur 10. Energieffektiviseringsåtgärder ska leda till minskat resursbehov (primärenergianvändning), inte bara antalet kilowattimmar på fakturan. Här finns privatekonomiska och samhällsekonomiska perspektiv som inte alltid är samstämmiga och som kan resultera i att långsiktiga miljömål blir svåra att uppfylla.



Figur 1.10: Helikopterperspektiv över ett energisystem (Källa: Jonas Gräslund, Skanska AB).

För att minimera risken för suboptimering är det mycket viktigt att skilja mellan byggnader inom fjärrvärmesystemen och byggnader utanför fjärrvärmesystemen.

För byggnader inom fjärrvärmeområden måste man fokusera på

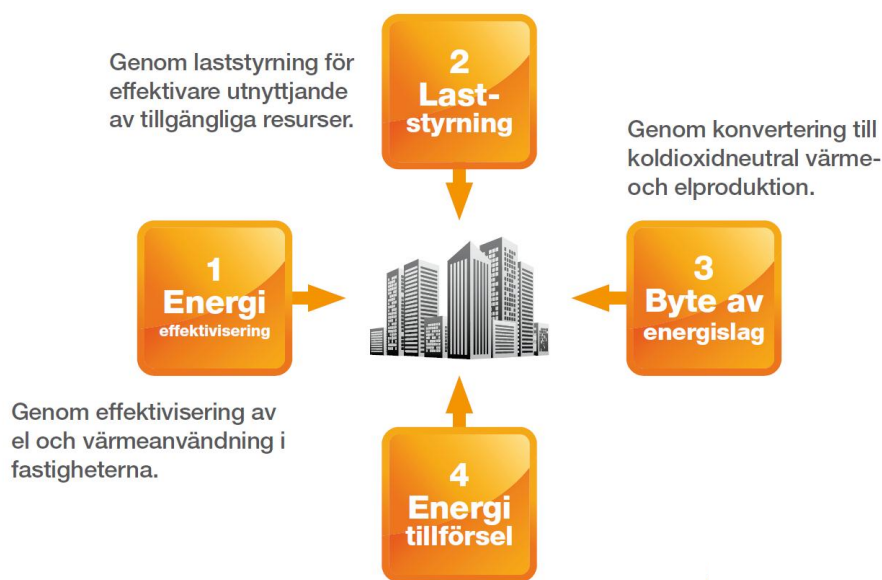
- minskning av elförbrukningen
- minimera resursanvändning
- införande av småskaliga förnybara energisystem för el- och värmeproduktion i fjärrvärmeområden inklusive tillåtelse för tredje part att ha tillträde till fjärrvärmesystemen
- införande av smarta nät för fjärrvärme

Byggnader utanför fjärrvärme bör

- konstrueras utifrån passivhusstandarder med rätt val av hållbara material vid både nybyggnation och renovering
- prioritera hållbarhet istället för låg kostnad vid upphandling

Energisystem uppbyggda kring en effektiv värmepump och ett solcellssystem kommer att vara mycket attraktivt för dessa byggnader.

Byggnader står för en stor andel av energianvändningen i samhället och det är därför viktigt att utveckla en långsiktig energieffektiv strategi. Energisparande åtgärder för byggnadsbeståndet kan utföras genom fyra huvudsakliga sätt, som visas i figur 1.11: (1) genom att öka effektiviteten i el- och värmeanvändning i byggnader, (2) genom laststyrning för effektiv användning av tillgängliga resurser, och (3) och (4) genom omvandling till CO₂-neutral värme och kraft, inklusive användning av biobränslen både på byggnadssystemnivå och på den omgivande energisystemnivån.



Figur 1.11: Energibesparingsåtgärder i byggnader. Källa: Lundbergs & Co på uppdrag från Högskolan i Gävle.

Helhetsperspektiv – Resursanvändning och miljöpåverkan

Miljöklassning

Miljöklassning av byggnader är mer och mer vanligt både i Sverige och internationellt som ett sätt att förbättra byggnadens miljöprestanda vilket gagnar både hyresgäster, brukare och miljö. Miljömärkning och klassningssystem av byggnader hanterar miljöfrågorna systematiskt och kan användas som styrsystem och som verktyg i olika stadier, t ex bidra till effektivare energi- och resursanvändning, minskad miljöpåverkan, bättre inomhusmiljö och minskad användningen av kemiska ämnen. Vanliga problem i inomhusmiljön som fukt och radon kan förebyggas eller åtgärdas systematiskt. Miljömärknings av byggnader kan underlätta att uppfylla miljömålen och samtidigt tillgodose våra krav på god inomhusmiljö, hälsa och komfort.

Det finns många mer eller mindre omfattande system på marknaden. Svenska miljöklassningssystem är t.ex. Eco-effect, Energirosen, Miljöklassad Byggnad, Miljöstatus för byggnader, P-märkt inomhusmiljö och Energi, Svanen, Passivhuscertifiering, m.m. Vanliga internationella system är Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) och Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) vilka också används i Sverige.

Miljövärdering

Det finns i dagsläget ingen allmängiltig standard för miljövärdering, utan det förekommer en rad olika metoder för hur man värderar framförallt klimatpåverkan från energianvändningen i fastigheter. För elanvändning är det vanligast att beräkna klimatpåverkan och resurspåverkan baserad på medel eller marginalet (Sköldbberg et al 2006). Val av metod styrs ofta av syftet med analysen. Är t.ex. syftet att propagera för ökad elanvändning så bör klimatpåverkan baseras på medel eftersom emissionerna av växthusgaser då beräknas mycket lägre än för marginalet.

Medel, som syftar på de kraftslag som utgörs av den genomsnittliga elproduktionen i ett givet system, ger en förenklad bild av utsläppen från hela elsystemet. All elanvändning anses ha lika stor "skuld" till marginaletproduktionen. Medelens sammansättning i ett givet system kan lätt fastställas utifrån officiell statistik. Valet av geografiska avgränsningen är av betydelse för resultatet vid beräkningen av utsläppen.

Marginalet är den el som produceras i det kraftverk som vid varje tillfälle är dyrast att använda. Marginalet är den elproduktion som tillkommer vid ökad elanvändning eller vid reducerad elproduktion. Det motsatta gäller också, det vill säga att marginalet är den elproduktion som försvinner vid reducerad elanvändning eller vid ökad elproduktion. Beräkningar med marginalet ger värdering av potentiell miljövinst för varje kWh som inte förbrukas.

Marginaletproduktion

Marginaletproduktion är i de flesta elsystem produktion med stora utsläpp. Det är fallet i det nordiska elsystemet, där kolkondens oftast utgör elsystemets marginalproduktion. Kolkondens leder till jämförelsevis stora koldioxidutsläpp och stora svavel- och kväveoxidutsläpp. Dock utgörs medelproduktionen i Norden till stor del av vattenkraft och kan därför i hög grad betraktas som förhållandevis "ren" elproduktion.

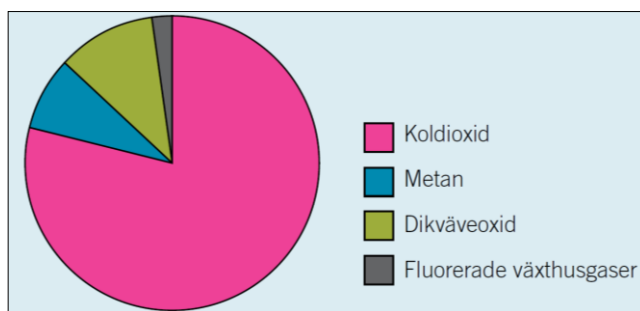
Vilken typ av produktionsanläggning som utgör marginalet bestäms av vilket tidsperspektiv samt elproduktionssystem som används i utvärderingen. Tidsperspektivet kan delas in i kort och lång sikt, där kort sikt är den tidsperiod från idag och framåt där sammansättningen av produktionsenheter samt prisrelationerna mellan olika bränslen i elproduktionssystemet är mer eller mindre oförändrad. Tidsperspektiv på lång sikt innebär att sammansättningen av produktionsanläggningar förändrats i elproduktionssystemet och någon annan typ av anläggning utgör marginalet. Det är rimligt att anta att framtidens marginalet i det nordiska elsystemet produceras i naturgaseldade kombicykelanläggningar som körs i kondensdrift ("gaskombi"). Därför kan eleffektiviseringsåtgärder (vars livslängd är längre än 10 år) som genomförs i fastigheter i Sverige lämpligen approximeras med gaskombi som marginaletproduktion (Sveriges Byggindustrier 2008).

Klimatvärdering

Klimatvärdering betyder att man beräknar de utsläpp av växthusgaser som uppstår till följd av energianvändningen i t.ex. ett fastighetsbestånd. Utsläpp av växthusgaser kan ske dels direkt från lokala uppvärmningssystem i en fastighet och dels hos anläggningar som producerar fjärrvärme eller el som förbrukas. Klimatpåverkan beräknas genom att summera alla dessa utsläpp, d.v.s. från egen panna, utsläpp från fjärrvärmelanläggningen som fastigheten är kopplad till och utsläpp från produktionen av el som fastigheten använder. Dvs fastighetsägaren ansvarar för sin del av utsläppen från den energi som fastigheten förbrukar oavsett var utsläppet sker geografiskt. Sett över fastighetsbeståndets livstid bör även utsläpp från produktion av material, byggnation, renoveringar samt rivning inkluderas.

Koldioxidekvivalenter

De växthusgaser som har störst klimatpåverkan är koldioxid, metan och dikväveoxid (lustgas). Utsläpp av metan och dikväveoxid från produktion av energi är väldigt små i förhållande till koldioxidutsläppen. Dock är metan och dikväveoxid betydligt mer kraftfulla växthusgaser än koldioxid. Metan och lustgas är 21 respektive 310 gånger mer kraftfulla växthusgaser än koldioxid räknat per kg växthusgas. Därför måste klimatpåverkan räknas om till koldioxidekvivalenter, för att kunna beskriva gasernas klimatpåverkan relativt den påverkan som samma mängd koldioxid skulle ha. Endast koldioxid från fossila bränslen anses bidra till växthuseffekten. Koldioxid som uppkommer vid förbränning av biobränslen ökar inte koldioxidhalten i atmosfären eftersom biobränslen är förnyelsebara (kort förnyelsecykel).



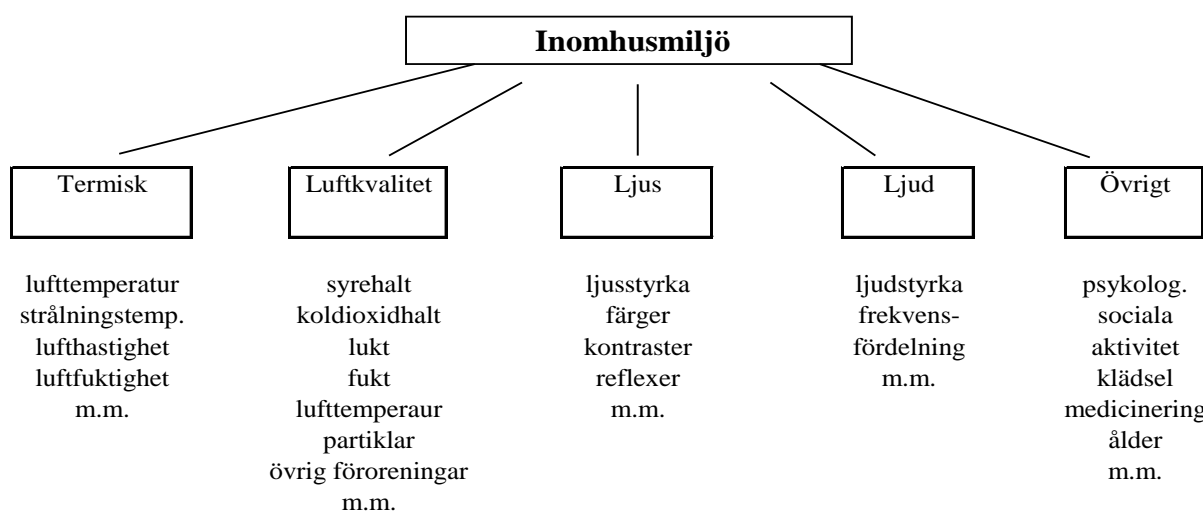
Figur 1.12 : Sveriges växthusgasutsläpp omräknade till koldioxidekvivalenter. Koldioxid (CO₂), metan CH₄), dikväveoxid, lustgas (N₂O) koldioxidekvivalenter (CO₂-e). (www.naturvardsverket.se)

Beräkning av koldioxidutsläpp

Utsläpp av växthusgaser bör baserat på den normalårskorrigerade energianvändningen för att lättare se trender över tid och utvärdera effektiviseringsåtgärder eller byte av energikälla. Men resultatet blir ändå svårtolkat eftersom de faktorer som används för att beräkna klimatpåverkan från fjärrvärme och el ändras från år till år. Till exempel används mer olja vid fjärrvärmeproduktion och mer kol vid elproduktion ett kallt år och det blir därmed högre utsläpp av växthusgaser.

Helhetsperspektiv - Inomhusmiljö

Människans välbefinnande och upplevelse av inomhusmiljön påverkas av en mängd olika faktorer, se figur 1.13. Hur den fysiska miljön upplevs beror ej endast på fysiologiska faktorer utan även på psykologiska och sociala faktorer. Begreppet inomhusklimat brukar användas som en samlande benämning på de fysiska innemiljöfaktorerna: termiskt klimat, luftkvalitet, ljusnivå, ljudnivå, vilka i sin tur består av flera underfaktorer. Alla dessa faktorer måste nogtas i akt för att kunna skapa en stimulerande och hälsosam miljö.



Figur 1.13 : Faktorer som påverkar människors uppfattning av inneklimatet.

Sambanden mellan innemiljö och hälsa är komplexa. Att det ska kännas trivsamt och behagligt att vistas inomhus är självklara önskemål liksom att man inte ska bli sjuk eller få symtom till följd av brister i innemiljön. Undermålig ventilation (uteluftsflöde), nya, oprövade bygg- och inredningsmaterial, fukt- och mögelskador är några faktorer som bidragit till att många människor upplever besvär av inneklimatet i så hög grad att de får symtom. Slemhinne- och hudbesvär, tung i huvudet och andra specifika besvär benämns "Sjuka hus-sjukan", SBS (Sick Building Syndrome).

För att bidra till en hållbar utveckling med avseende på såväl miljö och hälsa måste man utgå från en helhetssyn på miljön där kraven på såväl den yttre miljön som inomhusmiljön samtidigt tillgodoses.

En kretsloppsanpassning av byggnader som fokuserar på den yttre miljön, bidrar inte automatiskt till hälsosam inomhusmiljö i byggnader. Det är inte självklart att det som anses vara bäst för den yttre miljön också är bäst för inomhusmiljön och brukarna.

Det finns en tydlig koppling mellan energianvändning, inomhusmiljö och hälsobesvär via ventilationen. I dag är ofta ventilationen (uteluftsflödet) i befintliga småhus och flerbostadshus alltför låg. Krav på energibesparingar i samband med oljekrisen medförde ombyggnad av många byggnader till energisnålare byggnader på 1970-talet. I vissa fall gjordes felaktiga energibesparingsåtgärder som t.ex. felaktigt isolerande källarväggar och tätning av byggnader. Dessa felaktigt genomförda energihushållningsåtgärder har bidragit till brister i inomhusmiljön som har betydelse för hälsan, till exempel allergier och sjuka hus-symptom.

I flerbostadshus är klagomål på dålig luftkvalitet och klagomål på lukter mest frekvent i hus byggda under perioden 1976 – 1985 (Boverket 2009). Miljön upplevs generellt sett som bättre i nyare hus. Men det behöver inte råda en motsatsställning mellan energieffektivisering och inomhusmiljö. Rätt utförda är energieffektiva byggnader även sunda och har god inomhusmiljö.

Generellt är klagomål och symtom/besvär vanligare i flerbostadshus än i småhus (Boverket 2009). Frekvensen av besvär och symtom varierar dock stort mellan olika byggnader. De faktorer som oftast pekas ut i studier är bristande ventilation och fukt/mögelskador (Folkhälsoinstitutet och Socialstyrelsen 1998).

Bland boende i flerbostadshus finns samband mellan att känna sig störd av buller och att ofta känna sig trött eller ha huvudvärk (Folkhälsoinstitutet och Socialstyrelsen 1998, Boverket 2009). Oljud från grannar samt vägtrafik är de vanligaste klagomålen angående buller bland boende i flerbostadshus, se tabell 1.6. I flerbostadshusen störs cirka 20–25 av de boende av ljud från grannar och av trafikbuller som påverkar vila och sömn. För att komma till rätta med problemen kan det behövas åtgärder på fönster, ytterväggar, bjälklag och golv. Störning av buller förefaller vara lika vanliga oavsett husets ålder.

Tabell 1.6 : Antal (%) som störs* av buller i flerbostadshus i Sverige, uppdaterat efter byggår (Boverket 2009)

	-1960	1961-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	Total
Inifrån byggnaden, från						
ledningarna och rör	6	17	10	11	12	10
ventilation/fläktar (inomhus)	6	12	12	13	7	9
röster, radio, TV, musik eller liknande från grannar	16	24	20	14	16	19
skrapljud, fotsteg, dunsar eller liknande från grannar	21	29	21	20	24	24
nöjeslokal i fastigheten	2	10	5	3	6	6
trapphus, hissar	14	14	7	12	9	13
Utifrån, från						
ventilation/fläktar/värme-pumpar	3	8	7	4	2	5
vägtrafik	24	21	16	19	15	22
tågtrafik	2	4	6	4	4	3
flygtrafik	2	4	3	5	1	3

* Svaralternativen: Störs ganska mycket, Störs mycket eller Störs oerhört mycket.

För att skapa ett behagligt termiskt klimat och en god luftkvalitet i en byggnad krävs klimatstyrande installationer. De klimatstyrande systemens funktion och uppbyggnad bestäms av bland annat:

- kravnivå på inneklimatet
- verksamhet som bedrivs i byggnaden
- intern värmealstring
- föroreningsalstring
- yttre klimatet
- byggnadstekniska utformningen
- solavskärmning
- U-värden på konstruktionsdelar
- otätheter

Vid val av kostnadseffektiva energiåtgärder krävs inte bara kännedom om byggnadens utformning utan också insikt om de samband och faktorer som påverkar inomhusklimatet. Särskilt vid energibesparingsåtgärder på de klimatstyrande systemen är det av stor vikt att driftpersonal/fastighetsägaren har insikt i anläggningens funktion och nödvändiga kunskaper för att sköta anläggningen. Detta för att säkerställa energieffektiv drift samt säkerställa ett inneklimat som är i överensstämmelse med de krav som ställs.

Helhetsperspektiv – Varsamhetskrav

Den nya BBR 19 trädde kraft den 1 januari 2012, men fram till den 1 januari 2013 får de tidigare föreskrifterna tillämpas. Utgångspunkten är att det är samma krav som gäller vid ändring som för nya byggnader, men vid ändring måste kraven anpassas utifrån ändringens omfattning, byggnadens förutsättningar, varsamhetskravet och förvanskingsförbudet.

Detta medför att vid ändring måste kraven alltid bestämmas utifrån den aktuella byggnadens kvaliteter och brister och den specifika ändringssituationen. Det finns dock alltid en miniminivå som inte får underskridas. Det är inte givet vilka delar som omfattas av kraven vid ändring, normalt ska kraven tillämpas enbart på den ändrade delen. Ändring av en byggnad är en eller flera åtgärder som ändrar en byggnads konstruktion, funktion, användningssätt, utseende eller kulturhistoriska värde. (Styckena nertill är tagna ur BBR 19)

Definitionen av ändring fokuserar inte på åtgärdens storlek, utan på vilka konsekvenser ändringen får för byggnaden. En åtgärd som vidtas för att bibehålla, dvs. underhålla, en viss egenskap kan samtidigt medföra en förändring i något annat avseende och därmed samtidigt vara en ändring.

Utgångspunkten är att kraven endast kan ställas på den ändrade delen. T ex är det vid utbyte av en del i ett tekniskt system enbart den utbytta delen som omfattas av reglerna. Dock ska man ta hänsyn till den utbytta delens konsekvenser för samtliga krav. Vid ombyggnad omfattas hela byggnaden, eller den betydande och avgränsbara delen av byggnaden som påtagligt förnyas, av kraven.

Ändringens omfattning

En utgångspunkt för reglerna vid ändring av byggnader är att man ska kunna ta hänsyn till befintliga förhållanden men vid mycket stora förändringar av en byggnad finns det oftast få förhållanden som kan motivera en annan kravnivå än den som gäller vid uppförande av en ny byggnad. Vid mycket begränsade ändringar lär kraven oftast sammanfalla med det krav som finns i 8 kap. 14 § PBL om att en byggnad ska underhållas så att dess utformning och tekniska egenskaper i huvudsak bevaras.

Byggnadens förutsättningar

Vid ändring av byggnader ska tillämpningen av kraven även modifieras utifrån byggnadens förutsättningar. Ett krav som för nya byggnader enbart medför ringa eller tom inga merkostnader kan i en ändringssituation medföra helt andra kostnader. Vid ändring måste även förlust av kulturvärden eller olika typer av boende- eller brukarkvaliteter vägas in i bedömningen. Anpassningen får dock aldrig medföra en oacceptabel risk för människors hälsa eller säkerhet.

Varsamhet

Kravet på varsamhet innebär att utformningskraven och kraven på tekniska egenskaper ska tillgodoses genom tekniska lösningar som är varsamma mot byggnaden och att åtgärderna utförs så varsamt som möjligt. Varsamhetskravet kan, i motsats till förvanskingsförbudet, inte tillämpas så att det hindrar att utformningskrav och tekniska egenskapskrav tillgodoses. Däremot kan det påverka på vilket sätt eller på vilken nivå kravet tillgodoses. Syftet med varsamhetskravet är att förändringar av en byggnad ska utföras med hänsynstagande till de befintliga egenskaperna hos byggnaden som är

värda att bevara. Det innebär bl a att ändringar ska utföras med respekt för husets ursprungliga utseende.

Varsamhetskravet syftar även till att tillvarata sådana kvaliteter som har positiva värden för boende och brukare. Det kan vara rumssamband, rumsvolymer och tillgång till förvaringsutrymmen samt karaktäristiska inredningsdetaljer såsom skåpsinredningar, dörrar, paneler och beslag.

Förvanskningsförbudet

Byggnader som är särskilt värdefulla från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt har ett förstärkt skydd och får inte förvanskas. Förvanskningsförbudet är dock inte ett förändringsförbud. Har man identifierat vilka egenskaper som ger byggnaden dess värden och hur dessa kommer uttryck i byggnaden, är det ofta möjligt att genomföra ändringar utan att skada dessa.

1.1.4 Gävleborg och dess förutsättningar

Länets demografi (Länsstyrelsen Gävleborg 2012:5 och 2011:17)

Gävleborgs län är ett glesbeboett skogslän med många mindre tätorter och pendlingsströmmarna inom länet är stora. Arbetslösheten är högst i landet, och befolkningsunderlaget sviktande. Det är andelen unga och kvinnor som minskar. Drygt 15 % av länets befolkning är i åldern 13-25 år. Av 10 kommuner är det bara Gävle, Hudiksvall och Bollnäs som inte minskar i antal invånare. Gävleborgs län tillhör dessutom de län i landet som påverkas starkast av pågående generationsväxling. Det är betydligt fler som lämnar arbetslivet än som tillkommer.

Länets Bostadsmarknadssituation (Länsstyrelsen Gävleborg 2012:5 och 2011:17)

Statens bostadskreditnämnd förväntar sig fortsatt ökad koncentration av befolkningstillväxten till stora funktionella regioner - idag bor 40 % av Sveriges befolkning i storstadsregionerna Malmö, Göteborg och Stockholm (BKN 2011). År 2012 bor 35 % av länets 276 130 invånare i Gävle kommun, följd av Hudiksvall och Sandviken (13 % var) samt Bollnäs (10 %).

Att människor väljer att flytta till Gävleborgs län är en stor och avgörande fråga för länets utveckling. Under de senaste åren har inflyttningen av utlandsfödda varit den enskilt viktigaste faktorn som motverkat en befolkningsminskning i länet. Sedan den nya reformen för etablering av nyanlända invandrare trädde i kraft har Arbetsförmedlingen idag ansvar för att erbjuda kommunplatser till de nyanlända som begär hjälp med bosättning.

Att länets kommuner kan erbjuda bostäder som svarar mot de behov och önskemål som både nya och befintliga invånare efterfrågar är viktigt. Människor idag ställer andra krav på sitt boende och har andra behov än tidigare. Hushåll som ställer stora krav på ett attraktivt boende är den grupp som enligt kommunerna i länet har det allra svårast att få en bostad. Det finns även behov av ökat bostadsbyggande när det gäller hyresrätter i flera av länets kommuner.

Höga produktionskostnader, men även bristen på detaljplanlagd mark i attraktiva lägen anges som hinder för nybyggnation. Andra hinder är svag inkomstutveckling för hushållen och svårigheter för byggherrar att få långivare då det ställs hårdare lånekrav. Ett sätt att få bättre ekonomiskt utrymme för underhåll och upprustning för allmännyttan är att sälja delar av sitt bostadsbestånd, vilket är tillåtet sedan 2007. Sedan den nya lagen från 1 jan 2011 om allmännyttiga kommunala bostadsaktiebolag har ägardirektiven ändrats i sju av länets kommuner.

I länets sjöfartsstäder planeras eller byggs just nu bostäder präglade av närheten till havet. I kontrast finns det lantliga boendet med äldre gårdar i vackra miljöer som exempelvis Hälsingegårdarna. Gävle och Sandvikens kommun uppger att omvandling av fritidshus till permanenta bostäder sker i betydande omfattning.

Ljusdal (7 % av länets invånare), Söderhamn (9 % inv.) och Hofors (3 % inv.) har överskott av bostäder, Hudiksvall och Ockelbo (2 % inv.) anger bostadsbrist, medan övriga kommuner anser sig ha en bostadssituation i balans.

2012 finns det omkring 140 000 lägenheter i länet fördelade på småhus och flerbostadshus (47 % motsvarande 65 800 lägenheter). 21 % av småhusen utgörs av fritidshus. Flest antal flerbostadshus jämfört med antal småhus finns i Gävle (56 %), Hudiksvall (46 %) och Sandviken (49 %) kommun. 1991-2011 har 4500 lägenheter i flerbostadsfastigheter nybyggts i Gävleborgs län. På 1990-talet byggdes dubbelt så många hyresrätter som under 2000-talet jämfört med antal bostadsrättslägenheter.

Länets miljömålsarbete (www.miljomal.se/Miljomalen/Allaindikatorer)

Länets Miljömål God bebyggd miljö

Det är inte möjligt att nå miljö kvalitetsmålet till 2020 med idag beslutade eller planerade styrmedel. Utvecklingen för tillståndet i miljön är positiv men inom många områden råder det brist på kunskap och aktuellt underlag (länsstyrelsens bedömning 2011).

Andelen vuxna (19–81 år) som minst en gång per vecka under en tremånadersperiod 2007 kände sig besvärade av symtom som de ansåg berodde på inomhusmiljön i hemmet, skolan och/eller arbetet. Symtomen är trötthet, huvudvärk, klåda/sveda/irritation i ögonen, irriterad/täppt/rinnande näsa. I Gävleborg är siffran 18,3 %, aningen högre än riksgenomsnittet.

Länets Klimat- och energiarbete (Länsstyrelsen Gävleborg 2012:6)

Länsstyrelsen har i uppdrag att utarbeta och arbeta med regionala klimat- och energistrategier i syfte att minska klimatförändringarna, främja energiomställningen, öka andelen förnybar energi samt främja energieffektivisering och effektivare transportsystem.

CO2 utsläpp

Länets vision är att "År 2050 är Gävleborgs län klimatneutralt och varje länsinvånare bidrar med max 2 ton växthusgaser per person och år."

Visionen bygger på de bedömningar som finns gällande vad som krävs för att vi globalt ska nå tvågradersmålet (att den globala medeltemperaturen inte ska stiga mer än 2°C jämfört med förindustriell nivå) räknat på en världsbefolkning på 9 miljarder människor år 2050. Mot slutet av 2000-seklet bör per capita utsläppen begränsas till under 1 ton CO₂ ekvivalenter per år.

År 2008 var utsläpp av växthusgas per person i Sverige 6,9 ton, och per person i Gävleborgs län 7,4 ton. Om man räknar med utsläppen som konsumtionen av importerade varor minus effekten av varuexporten genererar så ökar utsläppen ytterligare med ca 3 ton per person och år för Sverige (vilket sannolikt är en underskattning).

Med nuvarande befolkning på 276 000 människor i Gävleborgs län innebär tvågradersmålet ett utsläpp på max 552 440 ton koldioxidekvivalenter jämfört med dagens utsläpp på 2 081 000 ton.

Det kommer inte att räcka med enbart tekniska åtgärder, det krävs en annorlunda samhällsplanering och förändrade konsumtionsvanor för att vi gemensamt ska kunna nå målen. Visionen är en stor utmaning och kräver omfattande åtgärder inom alla sektorer.

Förnybar energi

Länets målsättning är att andelen förnybar energi ska vara minst 85 % av den totala energianvändningen år 2020. 2008 låg andelen på 70 %. Ytterligare 15 % innebär att 3,5 TWh fossil energi ska ersättas med förnybar energi till 2020.

Energianvändning

Gävleborg med sina tunga basindustrier inom stål- och pappersmassatillverkning är en av Sveriges energiintensivaste regioner. År 2007 var energiintensiteten (dvs. den tillförda energin per BNP-enhet, Wh/BNP) i länet 344 Wh/kr att jämföra med 147 Wh/kr som genomsnitt i riket. Även energianvändningen per person och år är dubbelt så hög som genomsnittet 43 002 kWh per person och år för riket.

Länets mål är att energianvändningen år 2020 ska vara 25 % effektivare än år 2008 (minskad energi-

intensitet). 2007 låg energianvändningen på 24 TWh. Med en tillväxtökning på 2,2 % per år och en effektivitetsökning med 25 % innebär det en energianvändning av 23,4 TWh år 2020. Målet omfattar samtliga samhällssektorer och inkluderar energieffektiviseringar i varje steg av energitillförseln inklusive omvandling/förädling, distribution och slutlig användning.

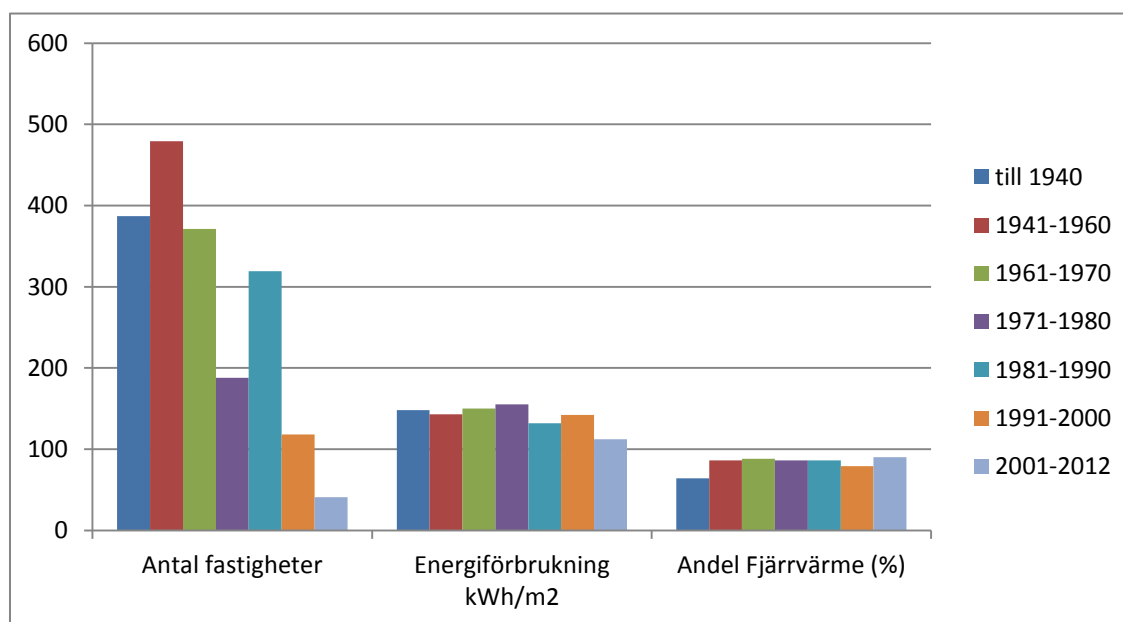
Nationellt står energianvändningen inom bostäder och lokaler för drygt en tredjedel av den totala användningen och potentialen för energibesparningar bedöms vara särskilt stor inom denna sektor (Miljödepartementet 2009:63).

Nyproduktion av bebyggelse kommer endast att utgöra en liten del av byggnadsbeståndet. Åtgärder i befintliga bostäder och lokaler kommer att utgöra den största delen av reduktionen av energibehovet inom denna sektor.

Regionala styrmedel kan vara

- Energirådgivning och informationsinsatser
- Frivilliga branschvisa överenskommelser
- Energifrågan belyses vid bygglovshandlingen
- Miljöbalkens regler
- Fastighetsägare genomför energieffektiviseringar vid ombyggnationer
- Fastighetsägare genomför ett systematiskt energiarbete med driftoptimering i fastighetsbeståndet
- Krav ställs att nya byggnader utformas energieffektivt
- Möjligheter ges till anslutning till fjärrvärme
- Samhällsplanering

Flerbostadshus i Gävleborgs län



Figur 1.14: Energideklarerade flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län oktober 2012 (Gripen 2012)

Tabell 1.7: Energislag, mängd uppvärmd area, årsförbrukning av energi och hushållsel, samt antal flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län som har energideklarerat, uppdelad i fastigheternas åldersklasser. (Boverket Gripen, kategori 320, 321A samt 321B dvs. Hyreshusenhet huvudsakligen bostäder, >50% bostäder samt >50 % bostäder och lokaler, okt 2012)

Nybyggnadsår	Huvudsaklig uppvärmning	Atemp m ² Uppvärmd area	Normalårskorrigerat värde (EnergiIndex) Energiförbrukning	D/C kWh/m ²	Hushållsel (16) kWh	Antal energidekl. Fastigheter
- 1940 387 fastigh. 235 197m ² At 148 kWh/m ²	El (direktverkande)	9 935	1 225 880	123	241 135	30
	El (vattenburen)	3 773	479 772	127	30 556	9
	Eldningsolja	9 259	1 814 762	196	10 661	24
	Fjärrvärme	171 479	26 987 852	157	603 164	247
	Flis/pellets/briketter	7 123	1 208 312	170	60 035	15
	Markvärmepump	28 664	2 068 055	72	174 677	52
	Ved	4 676	902 279	193	2 800	9
	Värmepump-luft/vatten	288	38 070	132	7 900	1
1941 – 1960 479 fastigh. 668 769m ² At 143 kWh/m ²	El (vattenburen)	1 732	291 196	168	34 421	8
	Eldningsolja	4 761	646 651	136	3 799	5
	Fjärrvärme	629 951	91 445 830	145	520 557	410
	Flis/pellets/briketter	7 270	1 312 087	180	8 218	10
	Markvärmepump	23 225	1 947 362	84	113 837	43
	Värmepump-frånluft	1 200	185 054	154		2
	Värmepump-luft/vatten	630	79 754	127		1
1961 – 1970 371 fastigh. 600 567m ² At 150 kWh/m ²	El (direktverkande)	3 058	598 036	196	82 000	21
	El (vattenburen)	389	103 671	267		1
	Eldningsolja	5 392	1 024 752	190		8
	Fjärrvärme	578 743	86 980 693	150	339 913	328
	Flis/pellets/briketter	5 312	876 022	165		6
	Markvärmepump	7 673	622 552	81		7
1971 – 1980 188 fastigh. 234 357m ² At 155 kWh/m ²	El (direktverkande)	7 900	1 328 293	168	66 500	20
	Eldningsolja	1 274	251 568	197		2
	Fjärrvärme	223 363	34 444 125	154	51 118	162
	Flis/pellets/briketter	1 820	302 949	166		4
1981 – 1990 319 fastigh. 282 081m ² At 132 kWh/m ²	El (direktverkande)	4 694	515 430	110	26 889	9
	El (luftburen)	719	84 680	118		2
	El (vattenburen)	7 012	978 802	140	234 000	21
	Eldningsolja	570	100 306	176		1
	Fjärrvärme	262 642	34 922 191	133	873 207	275
	Markvärmepump	6 444	553 088	86		11
1991 – 2000 118 fastigh. 98 507m ² At 142 kWh/m ²	El (direktverkande)	583	68 453	117	12 000	1
	El (luftburen)	514	108 470	211	6 000	1
	El (vattenburen)	308	31 190	101		1
	Eldningsolja	2 285	343 933	151		4
	Fjärrvärme	86 503	12 131 480	140	28 000	93
	Flis/pellets/briketter	5 494	1 115 924	203		13
	Markvärmepump	2 820	222 632	79		5
2001 – 41 fastigheter 29 952m ² At 112 kWh/m ²	Fjärrvärme	26 224	3 157 333	120		37
	Markvärmepump	1 939	113 706	59		2
	Värmepump-frånluft	1 789	68 667	38		2

Ur tabell 1.7 framgår bl. a. följande:

Oktober 2012 finns 1903 energideklarerade flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län med en sammanlagd uppvärmd yta på 2 149 430 m². Fastigheterna har en genomsnittlig uppvärmd area av 1 129 m².

20 % av fastigheterna är byggda innan 1941 och fler än 65 % är äldre än 40 år.

Flerbostadsfastigheter mellan 1961-1980 sticker ut genom den högsta energiförbrukningen och flerbostadshus byggda from 2001 på att energiförbrukningen är betydligt lägre. Även åren 1981-1990 utmärker sig med en lägre energiförbrukning.

De äldsta flerbostadshus är i lägsta grad anslutna till fjärrvärme, nya den högsta.

Det har byggts väldigt lite flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län på 1970-talet och sedan 1990-talet. Eller: det byggdes relativt många flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län på 1960-talet samt på 1980-talet.

Det är intressant att studera utbredningen av olika energilösningar i länet. Av de 2 % av fastigheterna som har eldningsolja som energikälla är mer än hälften byggda innan 1941. Bara 4 % av fastigheterna har direktverkande el som sin energikälla, och 6 % använder markvärmepump.

Andelen flerbostadsfastigheter i länet som inte är energideklarerade är okänd.

Statistik för energianvändning i flerbostadshus

Den genomsnittliga energianvändningen för uppvärmning av varmvatten i flerbostadshus i Sverige åren 2006 och 2007 var 154 kWh/ m² men uppgifter som finns för Gävleborg åren 2006 och 2007 visar en genomsnittlig energianvändning på 164 kWh/m²-år (SCB 2009). Den *totala* ytan för flerbostadshus i Gävleborg är ca 4,6 miljoner m² +/- 1,1 miljoner m² (Energimyndighetens ES 2012:05) vilket ger en total energianvändning för uppvärmning och varmvatten på ca 750 GWh om det menas uppvärmd yta med uppgiften. En reducering av användningen med 50 % skulle då kunna ge en reduktion av energianvändningen med mer än 300 GWh per år.

Statistiken från 2006 och 2007 från SCB indikerar att flerbostadshus i Gävleborg använder mer energi än riksgenomsnittet. Används data från registret Gripen fås motsatta förhållandet (tabell 1.8). Resultatet är svårtolkat, underlag saknas bl a om statistiken från 2006 och 2007 är temperatur-korrigerade (t ex, var det kallare i Gävleborg i jämförelse med övriga riket?).

Tabell 1.8: Genomsnittlig energianvändning för temperaturkorrigerad/normalårskompenserad energianvändning för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus år 2011.

Genomsnittlig användning år 2011	Riket (ES 2012:05)	Gävleborg (Gripen)
Temperaturkorrigerat genomsnitt (kWh/m ² -år)	151	145

Med samma underlag som utgångspunkt, har byggnaderna klassats utifrån byggår. Resultatet visas i tabell 1.9.

Tabell 1.9: Genomsnittlig energianvändning (kWh/m²·år) för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus år 2011 (ES 2012:05), temperaturkorrigerade värden samt värden för byggnader i regionen vilka hämtats från registret Gripen.

Byggår	Riket 2011 kWh/m ² ·år	Riket Tempkorr kWh/m ² ·år	Gävleborg Gripen kWh/m ² ·år
-1940	146	158	148
1941 -1960	149	161	143
1961 - 1970	145	157	150
1971 - 1980	144	156	155
1981 -1990	119	129	132
1991 -2000	123	133	142
2001 -	110	119	112

Kolumn nummer två innehåller statistik på verklig energianvändning för uppvärmning och varmvatten i rikets flerbostadshus år 2011 (ES 2012:05). Dessa värden har sedan temperaturkorrigerats med graddagarna för år 2011 i förhållande till normalårets graddagar (ES 2012:07). Sista kolumnen visar motsvarande värden för flerbostadshus i Gävleborg som hämtats ur registret Gripen (normalårskorrigerade). Värdena indikerar att byggnader som restes mellan 1980-2000 i Gävleborg använder mer energi än motsvarande för riket. I övrigt använder äldre, bland annat miljonprogrammets byggnader, och nyare byggnader något mindre energi än rikets motsvarande flerbostadshus.

För att jämföra andelen energislag av den totala energianvändningen för uppvärmning och varmvatten, har poster fördelats på samma sätt som redovisas i rapport ES 2012:05. Värmepumpar som använder luft som energikälla (frånluftsvärmepumpar, luft-luft värmepumpar och luft-vatten värmepumpar) har inkluderats i posten "Elvärme". Mark-, sjö- och bergvärmepumpar har satts i posten "Övriga". I tabell 1.10 framgår att fjärrvärmens andel av energianvändningen är större än i riket, likaså biobränselns andel. För Gävleborg innebär posten "Övriga" elanvändning (värmepumpar) – summa av "Elvärme" och "Övriga" blir 3,8 %, vilket är mindre än rikets genomsnittliga värde för "Elvärme".

Tabell 1.10: Fördelning av energianvändningen i flerbostadshus på basis av energislag (%), för rikets flerbostadshus under året 2011 (ES 2012:05) och för flerbostadshus i regionen vilka hämtats från registret Gripen.

Energislagets andel av totalen	Riket 2011 (%)	Gävleborg Gripen (%)
Fjärrvärme	91,5	93,1
Elvärme	5,4	2,0
Olja	1,5	1,3
Biobränslen	0,7	1,8
Naturgas	0,8	0,0
Övriga	0,1	1,8

Liknande statistik har tagits fram för fördelningen av energislag på basis av golvarea (A_{temp}). I denna tabell 1.11 har Energimyndigheten redovisat "renodlade" energislag och inkluderat samtliga som förekommer i kombination i "Övriga" (ES 2012:05). Av denna anledning har även statistiken från Gripen hanterats på liknande sätt.

I tabell 1.11 framgår att fjärrvärme står för den största andelen uppvärmning av byggnaderna – och en större andel än i riket. Noterbart är att rikets andel som är oljeuppvärmt är betydligt lägre än den i Gävle – trots att det i Tabell 1.10 framgår att oljans andel i energi-användningen är större än i Gävleborg. Av rikets "Övriga" 10,8 % är 4 % -enheter berg-, mark- och sjövärmepumpar i kombinationer (ES 2012:05, tabell 3.3). En intressant jämförelse är den för "Norra Mellansverige" och Gävleborg-Gripen. Dessa visar liknande värde, förutom posterna "Enbart fjärrvärme" och "Övriga". Skillnaden i "Enbart fjärrvärme" har samma belopp som skillnaden i "Övriga" – de andra posterna har ungefärligt liknande belopp.

Tabell 1.11: Fördelning av energianvändningen i flerbostadshus på basis av uppvärmd area (%), för rikets och Norra Mellansveriges flerbostadshus under året 2011 (ES 2012:05) och för flerbostadshus i regionen vilka hämtats från registret Gripen.

Energislag på basis av golvarea	Riket 2011 (%)	Norra Mellansverige 2011 (%)	Gävleborg Gripen (%)
Enbart fjärrvärme	85,7	88,0	92,1
Enbart elvärme	2,3	2,4	2,0
Enbart olja	0,4	0,5	1,1
Enbart naturgas	0,7	0,0	0,0
Övriga	10,8	9,0	4,9

I Tabell 1.12 sammanställs statistiken för energianvändning som funktion av byggår och energislag. "Övriga" uppvärmningssätt kan i det här fallet vara att flerbostadshuset är kopplat till en närvärmeanläggning, har en berg-, jord- eller sjövärmepump eller är utrustat med egen biobränslepanna.

Tabell 1.12: Genomsnittlig energianvändning (kWh/m²·år) för uppvärmning och varm-vatten i rikets flerbostadshus i Gävleborgs län år 2011 (ES 2012:05), vilka har temperatur-korrigerats (vita fält), samt värden för byggnader i regionen vilka hämtats från registret Gripen (grå fält).

Byggår	Olja kWh/m ² ·år	Fjärrvärme kWh/m ² ·år	Elvärme kWh/m ² ·år	Naturgas kWh/m ² ·år	Övriga kWh/m ² ·år	Samtliga kWh/m ² ·år
Samtliga	196	155*	139	159	128	151
	178	147*	139	0	106	145
-1940	185	163	133	0	133	158
	196	157	125	0	103	148
1941-1960	213	163	146	198	133	161
	136	145	156	0	107	143
1961-1970	168	157	156	192	148	157
	190	150	204	0	115	150
1971-1980	197	158	146	143	128	156
	197	154	168	0	166	155
1981-1990	0	131	142	0	111	129
	176	133	127	0	86	132
1991-2000	0	137	134	129	109	133
	151	140	170	0	161	142
2001 -	0	125	134	119	90	119
	0	120	38	0	59	112

* Flerbostadshus i Gävleborgs genomsnittliga energianvändning år 2009 var 162 ± 9 kWh/m²·år (uppvärmning och varm-vatten), Energimyndigheten 2011c

Sveriges Kommuner och Landsting (2011) har tillsammans med Energimyndigheten undersökt energi-användning bl a i kommunala bostäder, med prestanda som redovisas i tabell 1.13. Undersökningen utfördes till den grad att statistik fördes på kommunal nivå. Data för energi-användning hämtades in på basis av kWh/m²·år men räknat per kvadratmeter boarea (BOA). En schablonfaktor användes för att konvertera data till enheten kWh/m² A_{temp} genom att multiplicera energiprestanda baserat på BOA med faktorn 1,2. Värdena är inte temperaturkorrigerade.

I kolumn två, tabell 1.13, framgår inköpt energi (uppvärmning och varmvatten). Genomsnittsvärdet för Gävleborgs läns kommunalägda bostäder är exakt som riksgenomsnittet på 148 kWh/m²·år (Energimyndigheten, 2011c). Riksgenomsnittets temperaturkorrigerade värde är 154 kWh/m²·år (hänfört till A_{temp}), vilket tyder på att året 2009 var relativt varmt. Statistiken visar att de *kommunalägda* bostäderna i regionen i genomsnitt använder lika mycket energi som genomsnittliga flerbostadshuset i Sverige använder.

**Tabell 1.13: Energianvändningen i kommunalägda bostäder år 2009, ej temperaturkorrigerade.
Källa: Sveriges Kommuner och Landsting (2011).**

Kommun	Inköpt energi kWh/m ² ·A _{temp}	Inköpt el kWh/m ² A _{temp}	Inköpt energi exkl hushållsel kWh/m ² ·år	Inköpt el exkl hushållsel kWh/m ² ·år	Area bostäder m ² /inv
Gävleborgs län	147,7	22,8	151,7	15,9	11,9
Bollnäs					
Gävle	151,7	21,9	151,7	15,9	14,9
Hofors	212,8	26,9	i.u.	i.u.	9,7
Hudiksvall	159,0	21,9	i.u.	i.u.	10,5
Ljusdal	181,5	48,3	i.u.	i.u.	8,3
Nordanstig	190,2	43,4	i.u.	i.u.	6,3
Ockelbo	235,8	71,5	i.u.	i.u.	12,9
Ovanåker	136,8	20,1	i.u.	i.u.	13,0
Sandviken	3,0	1,0	i.u.	i.u.	8,8
Söderhamn	177,5	21,5	i.u.	i.u.	12,3

Energistatistiken som har presenterats i detta avsnitt indikerar att Gävleborgs flerbostadshusbestånd både ligger över och under rikets genomsnittliga energianvändning. Osäkerheten i statistiken gör att jämförelser av byggnaders energiprestanda blir osäkra.

Statistik har hämtats (och i vissa fall bearbetats) från olika källor, som ger olika värden på variabler/parametrar. I vissa fall kan det bero på hur och med vilken frekvens statistiken är framtagen (t ex metoder) men i andra fall kan det vara frågan om att definitionen av variabler/parametrar skiljer sig mellan olika undersökningar/register och utredningar. Oftast är beskrivningen av variabelns definition bristfällig, vilket kan leda till att olika storheter jämförs. De källor som använts är:

- Energimyndigheten (2011): *Energiläget 2011*. ET 2011:42. Statens energimyndighet
- Energimyndigheten (2012a): *Energistatistik för flerbostadshus 2011*. ES 2012:05. Statens em.
- Energimyndigheten (2012c): *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2011*. ES 2012:07. Statens energimyndighet, Eskilstuna
- Energimyndigheten (2012d): *Energiindikatorer 2012 – Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*. ER 2012:20. Statens energimyndighet, Eskilstuna
- SCB, Statistiska Centralbyrån. 2009
- Boverkets register Gripen

Framväxt projekt EnergiKompetent Gävleborg - Fastighetssektorn

I arbetet med den regionala klimat – och energistrategin för Gävleborgs län 2009 identifierades bygg- och fastighetssektorn som ett område där den regionala samverkan var liten och där det fanns få exempel på bra energieffektiviseringsprojekt att lyfta fram. Därför ville länet fokusera på mer hållbart byggande och renovering.

Inom projektet EnergiKompetent Gävleborg har en samverkansplattform utvecklats inom bygg- och fastighetssektorn. Inom detta arbete har workshops och enkäter används för att identifiera önskemål om stöd i branschen, där bland annat behov av kompetensutveckling i beställar- och utförarled samt behov av spridning av goda exempel på energieffektivt byggande har lyfts fram.

Byggnader ska hålla under en lång tid framöver, därför är det viktigt att se över byggnadens energianvändning och möjlighet till energieffektivisering varje gång en byggnad renoveras eller byggs ut. Varje region och län har behov av att vinna sina egna erfarenheter utifrån sin speciella situation och skapa goda exempel kring energieffektivisering av byggnader för att sedan kunna sprida möjligheterna på lokal och regional nivå.

Flerbostadsfastigheterna i länet hade 2007 i genomsnitt 10 kWh/m² högre energianvändning än motsvarande fastigheter i landet i övrigt (SCB). En reduktion av energianvändningen skulle ge stora effekter.

1.2 Syfte

- Länet ska vinna egna erfarenheter kring energieffektivisering av byggnader
- Lyfta fram fler goda regionala exempel med en bra spridning i länet
- Bidra till att öka den regionala praktiska kunskapen om energieffektivisering av befintliga byggnader
- Stärka den regionala samverkan kring energi- och klimatfrågor
- Därmed förbättra förutsättningar för en fortsatt energieffektivisering i fastighetssektorn i länet och bidra till en halvering av energianvändningen inom byggnadssektorn i Gävleborg till år 2050.

1.3 Mål

- Påvisa halvering av energianvändningen i flerbostadshus i renoveringsbehov i länet
- Elva lokala exempel och uppvisningsobjekt - Informations- och kunskapsspridning
- Förankra systemtänkande- byggnaden som en del i hela energisystemet
- Diskutera energi- och kostnadseffektiva lösningar
- Påvisa kostnadseffektivitet ur olika synvinkel
- Diskutera minskning av koldioxidutsläppen
- Nätverksbyggande – stärka samverkan
- Sprida erfarenheterna till målgruppen alla länets/regionens aktörer inom samhällsutveckling, teknik, energi, bygg och fastighet

1.4 Tidigare studier

Internationella studier

Forskning och demonstrationsprojekt inom området för energieffektivisering av byggnader och resurseffektiva system för högpresterande byggnader och samhällen är ofta organiserade under olika internationellt forskningsprogram (annex) organiserade av International Energy Agency (IEA). Under de senaste åren har följande program utförts eller pågår:

- IEA/Annex 37 - Low-Exergy Systems for Heating and Cooling
- IEA/Annex 45 - Energy-Efficient Future Electric Lighting for Buildings
- IEA/Annex 46 - Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (EnERGo)
- IEA/Annex 48 - Heat Pumping and Reversible Air Conditioning
- IEA/Annex 49 - Low Exergy Systems for High-Performance Buildings and Communities
- IEA/Annex 50 - Prefabricated Systems for Low Energy Building Renewal
- IEA/Annex 51 - Energy Efficient Communities: Case Studies and Strategic Guidance for Urban Decision Makers

Tidigare forskning inom ramen för IEA annex 46 har identifierat och analyserat mer än 400 energi-effektiviserande åtgärder som kan användas när byggnader renoveras. Åtgärderna inkluderar de som rör själva byggnadens klimatskal, mekaniska system, belysningsystem, energiproduktion, distribution, interna processer etc.

Genomförandet av vissa enskilda åtgärder (t.ex. tilläggsisolering, bättre lufttäthet, solenergi) resulterar i betydande minskningar av energianvändningen för värme och kyla, men kräver stora investeringar med långa återbetalningstider. Men när olika tekniker genomförs tillsammans eller kombinerade kan det leda till betydande sänkning av energianvändningen, vilket kräver mindre investeringar och följaktligen har kortare återbetalningstider.

Det internationella forskningsprojektet för prefabricerade system för lågenergirenovering av bostäder (IEA/Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Building Renewal) har haft som målsättning att möjliggöra ombyggnader som innebär en minskning av energianvändningen för värme, kyla och varmvatten till ca 50 kWh/m²·år för en typisk europeisk bostadslägenhet.

Projektet har i första hand inriktat sig på teknik som innebär tillverkning och byggande av prefabricerade/fabrikstillverkade enheter. Inom IEA-projektet har ett antal demonstrationsprojekt uppförts eller är under uppförande, varav ett svenskt demonstrationsprojekt har planerats i ett miljonprogramsområde i Malmö. För flera av demonstrationsobjekten har värmeanvändningen sänkts med 80-90%.

Den pågående forskningen om energiplanering och genomförandestrategier för stadsdelar, distrikt och kommunala områden som är en del av IEA/annex 51, beskriver internationella fallstudier om energiplanering och genomförandestrategier för bostadsområden och distrikt. Elva fallstudier från elva olika länder presenteras och de viktigaste erfarenheter från dem sammanfattas. De bidragande länderna är: Österrike, Kanada, Danmark, Finland, Frankrike, Tyskland, Japan, Nederländerna, Sverige och USA.

Fallstudierna omfattar helt olika aspekter av energisparande i bostadsområden, som handlar om renovering, nybyggnation, konstruktion och tillämpning av ny energiteknik som grundar sig huvudsakligen på förnybara energikällor. Fallstudien lägger stor vikt på beslutsfattande och planeringsprocesser som leder till ett framgångsrikt slutförande av projekten. Den primära energiminskningen var i genomsnitt av storleksordningen 50 – 70 %. Detta skedde bland annat genom energibesparande

åtgärder i byggnaderna, samt genom att ersätta fossilenergi med förnybar energi, ofta genom byte till fjärrvärme.

Ett viktigt resultat från dessa fallstudier är att energieffektiva stadsdelar kan i många fall uppnås på kostnadsneutralt sätt för hyresgästerna. Det innebär att kostnadsbesparingarna täcker kostnaderna för installation av utrustning för energieffektivitetsåtgärder samt för att ge förnybar energi till områdena.

Även om många av fallstudierna subventionerades, i samband med initieringsfasen eller för att testa ny utrustning eller metoder, visar fallstudierna att det inte behöver vara en regel.

Det visade sig också att nedgångna stadsområden (hög arbetslöshet, nedgången arkitektur, prekära bostäder, otillräckligt socialt nätverk) kan bli attraktiva igen när de har förbättrad säkerhet, hållbarhet och ekonomisk styrka.

Alla fallstudier - nyutvecklade och renoverade bostadsområden – visar att investerarna fick bättre investeringssäkerhet med en mer förutsägbar avkastning på sina investeringar. Men framförallt är miljön den stora vinnaren på grund den stora resursminimeringen och minskningen av CO₂ utsläpp i de studerade områdena.

Varje IEA annex består av många forskningsrapporter och artiklar, för mer information se www.ecbcs.org

Svenska studier

I detta avsnitt presenteras aspekter, faktorer och strategier som leder till ett ombyggnadsprojekt – fokus ligger således inte på själva fallstudierna. För studier om vilka åtgärder som kan utföras på en byggnad, hänvisas till Renovera Energismart (2011), www.renoveraenergismart.se.

På uppdrag av Miljöförvaltningen i Stockholm Stad har ÅF Infrastructure AB tydliggjort vilka lönsamhetskriterier som används för energieffektiviseringsåtgärder i de fyra miljonprogramsområden som nämnts upptill (Stockholm Stad, 2012).

Fyra uppmärksammade projekt:

- Brogården, Alingsås
- Gårdstensbostäders Solhus, Göteborg
- Hållbara Järva hos Svenska Bostäder, Stockholm
- Poseidons projekt Katjas Gata i Backa Röd, Göteborg

I undersökningen, genom intervjuer och egna beräkningar, konstaterar författarna att åtgärder som syftar till att halvera energianvändningen mycket sällan kan finansieras genom minskade energikostnader, se tabell 1.14.

Genom att ha en helhetssyn, där energiåtgärder kombineras med eftersatt underhåll och med åtgärder som syftar till att öka hyresintäkterna, kan projekten bli lönsamma.

Tabell 1.14: Energianvändning och kvadratmeterpriser för fyra renoveringsprojekt. I Svenska Bostäders kolumn visas två siffror eftersom två områden renoverades (Stockholm Stad, 2012)

	Svenska Bostäder	Poseidon	Alingsåshem	Gårdstensbostäder
Energianvändning innan renovering	164 kWh/m ² ·år 214 kWh/m ² ·år	178 kWh/m ² ·år	177 kWh/m ² ·år	263 kWh/m ² ·år
Energimål	88 kWh/m ² ·år	60 kWh/m ² ·år	65 kWh/m ² ·år	164 kWh/m ² ·år
Energianvändning utfall renovering	78 kWh/m ² ·år 94 kWh/m ² ·år	52 kWh/m ² ·år	58 kWh/m ² ·år	145 kWh/m ² ·år
Energieffektivisering	52-56 %	70 %	67 %	47 %
Total Renoveringskostnad	12 000 SEK/m ² 14 600 SEK/m ²	14 500 SEK/m ²	19 800 SEK/m ²	5 615 SEK/m ²
Varav för energieffektivisering	2 140 SEK/m ² 3 490 SEK/m ²	3 000 SEK/m ²	5 600 SEK/m ²	1 070 SEK/m ²
Lönsamt?	Nej, men energi-effektiviseringen bidrar till att göra projekten mer lönsamma.	Nej, inte med givna avkastningskrav	Ja, räknar med positivt resultat efter 18 år	Ja, återbetalning inom 20 år
Andel*	17,8 %– 23,9 %	20,7 %	28,3 %	19,1 %
Hyreshöjning	17 – 24 %	35 %	40 %	7 %

*Andelen av kostnader för energieffektiviserande åtgärder i förhållande till totala kostnaden för samtliga åtgärder.

Lönsamheten kan förbättras genom minskade kostnader i projekten – noggranna analyser i ett tidigt skede skapar förutsättningar för kostnadseffektiva åtgärder och ökad byggherrekompens minskar kostnader i produktionen.

Små skillnader i lönsamhetskalkylens ingående förutsättningar, såsom kalkylränta och antaganden om framtida kostnadsutvecklingar, kan ge stora utslag i resultaten. Av denna anledning är det viktigt att avkastningskrav och risker hanteras i linje med företagets affärsidé och strategier, så att investeringsbeslut tas på grunder som ligger i linje med företagets långsiktiga verksamhet.

Slutrapporten (Stockholm Stad, 2012) har följande fyra rekommendationer för lönsam energieffektivisering:

- *Minimera kostnader* – Välj de mest kostnadseffektiva åtgärderna utefter det enskilda fastighets förutsättningar. Få ner entreprenörskostnader. Det är vanligtvis billigare att åtgärda fastigheter med hög energianvändning.
- *Maximera intäkter* – Öka andelen uthyrbar area och genomför åtgärder som höjer områdets attraktivitet.
- *Helhetsperspektiv* – Kombinera nödvändiga underhållsinsatser med energieffektivisering. Involvera hyresgästerna i energiarbetet och öka tillgängligheten så att äldre kan bo kvar.
- *Långsiktighet och riskmedvetenhet* – Ägarna ger förutsättningar och spelregler. Kalkyler ska byggas utifrån företagets affärsidé och strategier. Risker ska hanteras och analyseras kontinuerligt.

Fokus i IVA's projekt *Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus – Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050*. (IVA, 2012) ligger på vad som behöver göras i befintliga flerbostadshus fram till år 2050, eftersom två miljoner lägenheter måste åtgärdas om målen om halverad energianvändning ska kunna uppnås, samtidigt som nya byggnader måste göras mycket

energieffektiva. Fastighetsägarna är de viktigaste beslutsfattarna och en grundläggande förutsättning för att effektiviseringsåtgärder ska få genomslag är att dessa bedöms lönsamma. Några tydliga iakttagelser som IVA (2012) gjort är:

- De fastighetsägare som lyckas med energieffektiviseringar har ett tydligt ledarskap och ser energieffektivisering av de egna fastigheter som en strategisk möjlighet
- De arbetar med löpande förbättringar i driften och samordnar energiåtgärder med ombyggnader när dessa blir aktuella
- De inser att långsiktiga åtgärder inte alltid ger hög avkastning direkt, men ger besparingar över lång tid

Följande åtgärder rekommenderas för flerbostadshusägare:

- Energieffektivisera vid renoverings- och ombyggnadstillfällen
- Anpassa lönsamhetskalkyler så att dessa tar hänsyn till besparingar över lång tid och till framtida energipriser
- Sätt individuella energimål och åtgärdsplaner för varje enskild fastighet
- Gör löpande uppföljning och redovisning av driften i en fastighet
- Prioritera modernisering av styr- och återvinningssystem
- Bygg upp egen kompetens inom upphandling och drift för att erhålla de fulla besparingarna av energieffektivisering
- Efterfråga fjärrvärmesektorer med långa avtalstider och förutsägbara framtida priser
- Involvera de boende genom dialog om energiarbetet

Följande åtgärder rekommenderas för övriga aktörer:

- Stärk yrkeskompetensen och öka utbildningstakten
- Skapa ett renoveringscentrum
- Initiera ett nationellt FoU-program
- Utred möjligheten att införa en kreditriskförsäkring
- Diskutera fjärrvärmesektorns roll på nationell nivå
- Anpassa bevarandekraven för att minska hindren för energieffektivisering
- Skärp byggreglernas krav på energieffektivisering
- Öka kvalitén på energideklarationerna

Syftet med BeBo – projektet i *Energieffektiva flerbostadshus – Erfarenheter* (Bebo 2008a) var att ta fram, dokumentera och utvärdera erfarenheter kring energirelaterade tekniska lösningar för flerbostadshus, vilka ska fungera under lång tid och ha litet underhållsbehov. De effektiva tekniska lösningarna ska kunna tillämpas för nya flerbostadshus och vara vägledande för åtgärder i befintliga hus. Det är många faktorer som påverkar energianvändningen, men exempel på framgångsfaktorer, förutom tekniska systemfaktorer som typ av ventilationssystem med återvinning, bör finnas inom delområdena byggnadens kvalitet, idrifttagningen och i förvaltarorganisationen.

Att energianvändningen skiljer sig åt mellan likadana byggnader är mer regel än undantag, detta har en rad orsaker, t ex noggrannhet vid uppförandet eller precisionen vid injustering av husets installationer, men energianvändningen påverkas även mycket av boendevanor.

Två likadana byggnader ingår i studien där skillnaderna i energiprestanda är anmärkningsvärda. Den stora skillnaden utgörs främst av användningen av tappvarmvatten, vilken är dubbelt så stor i hyresrättshuset som i bostadsrättshuset.

En erfarenhet från projektet är att det har varit trögt att få in efterfrågad information från fastighetsägarna, vilket kan bero på att informationen ofta inte är lättillgänglig. Användningen av hushållsel är en relativt svår uppgift att få tag på, eftersom tillstånd krävs från samtliga boende. I vissa fall kan man istället få en uppgift om byggnadens sammanlagda hushållsel från eldistributören.

Det är viktigt med ett fungerande energiuppföljningssystem och att någon person har som uppgift att regelbundet bearbeta och analysera statistiken och ge återkoppling till organisationen. Som exempel kan nämnas att energiprestandan för Snöskatan i Norrtälje har förbättrats sedan fastighetsbolaget tog beslut att säkerställa rätt innetemperaturer. Den preliminära användningen av värme och varmvatten för 2007 är 108 kWh/m², vilket kan jämföras med 2005 års värde på 133 kWh/m² och 124 kWh/m² år 2006.

En jämförelse mellan de energiberäkningar som finns för sju av byggnaderna visar att fem beräkningar stämmer överens med uppmätta värden inom ca 10 % skillnad. I en byggnad underkattas energianvändningen med 30 % och i en överskattas den med nästan 50 %.

Femton goda exempel på energieffektiva ny- och ombyggnader har studerats i Kretsloppsrådets studie om energieffektiva byggnader (Kretsloppsrådet, 2010). Rapporten bygger på insamlad information från fastighetsägare och förvaltare med flera, som har tillgång till byggnaderna och energistatistik. En sammanställning av slutsatserna visas nertill.

Projekten (ny- och ombyggnad) kännetecknas av höga ambitioner, kompetenta beställare, konsulter och entreprenörer, hög motivation och noggrannhet i alla led. Kravet på projekten har varit:

- Bra energiprestanda och lågt värmebehov, verifierad med statistik
- De ska ha varit i drift i mer än två år
- Repeterbara projekt – ej ”experimentbyggande”
- Robusta system och kända tekniker med låg risknivå

En slutsats är att de studerade projekten har uppnått väsentligt bättre energiprestanda än normalproduktionen från början av 2000-talet. Men samtidigt kan också konstateras att:

- I flera fall har de haft svårt att uppnå de projekterade värdena
- I flera fall har byggnadernas installationssystem haft inkörningsproblem. Detta gäller framförallt solfångare och FTX-aggregat
- I flera fall har delar av uppvärmningsenergin ersatts med hushållsel vilket försvårar bedömningen av byggnadernas energiprestanda. Data blir svåra att jämföra.

Förklaringarna till projektens tydliga förbättrade energiprestanda är:

- Höga ambitioner i projekten
- Nya krav i byggreglerna
- Marknaden har utvecklats med nya tekniska koncept och målsättningar

En halvering av energianvändningen i byggnader fram till år 2050 kommer att innebära storskaliga åtgärder i det befintliga byggnadsbeståndet. Detta låter sig inte göras utan att fastighetsekonomisk lönsamhet (eller nära) uppnås. Energisparåtgärder måste genomföras vid alla ombyggnader eller större renoveringar. Lönsamhetsberäkningarna påverkas av vilka bedömningar som görs om den framtida energiprisutvecklingen. Energiprisutvecklingen är okänd men byggnaderna ska utformas för att fungera under mycket lång tid. Ser man tillbaka på dagens byggnadsbestånd kan man notera att förutsättningarna kraftigt har ändrats flera gånger under den senaste hundraårsperioden. Vilka kalkylmetoder och förutsättningar som används kommer också att påverka vilka åtgärder som kommer att genomföras.

En gemensam nämnare för de lyckade byggnadsprojekten verkar ha varit att säkerställa en bra klimatskärm och förväntade prestanda på installationer genom att:

- Ställa krav på uppföljning, verifieringspunkter och dokumentation
- Tillvarata driftsynpunkter och erfarenhetsåterföring från tidigare projekt
- Tillämpa helhetssyn vid systemdesign

Vid produktion:

- Fullfölja (de goda) tankegångarna från projekteringen
- Ge information och utbildning till hantverkare till exempel genom att testa alla konstruktioner i liten skala innan produktionsstart ("byggjobb")
- Utnyttja täthetsmätning och termografering som motivationshöjande kontroller

Vid drift:

- Noggrann idrifttagning med uppföljning (funktionsansvar)
- Utbildning av driftspersonal
- Regelbunden kontroll – hitta felkällor (inte bara symptom)

2. METOD

2.1 Urval

Frivillighet

Hela projektet bygger på frivillighet.

En fastighet per kommun hade varit önskvärd för det pedagogiska syftet att varje kommun hade haft sitt objekt som exempel att följa. Nu blev det ingen fastighet i Hofors och i Ovanåker kommun. För att kompensera bortfallet från Hofors kommun, valdes två fastigheter i Sandvikens kommun, varav en nära gränsen till Hofors i Gästrike-Hammarby. För Ovanåker kommun kom ingen intresseanmälan från ett lämpligt objekt på den korta tiden som utlysningen ägde rum, vilket är lite synd då en fastighet här hade blivit ett exempel på ett läge i mera utpräglad inlandsklimat.

Avgränsningar

- Flerbostadshus i renoveringsbehov gav redan den första avgränsningen: Fastigheterna skulle innehålla minst tre lägenheter (Boverkets definition för flerbostadshus) och borde vara åtminstone kring 40 år gamla (renoveringsbehov).
- Nästa avgränsning blev att förekomst av ritningar och dokumentation över åtminstone två års energiförbrukningar fordrades.

Överenskommelser

- Fastighetsägaren skulle vara beredd på att hans/hennes fastighet skulle hamna i fokus i båda media och hos entreprenörer, att uppgifterna på fastigheten hamnar på nätet, i tryck, att fastigheten skulle kunna bli föremål för studiebesök och diskussionsämne i olika sammanhang framöver.
- Bara en huskropp skulle undersökas.
- Fastighetsägaren och gärna även dennes fastighetsskötare/värdar skulle delta i träffar vilka skulle följa projektet och förbereda för och diskutera olika steg och skeenden.
- Förutom egna resor till mötesplatserna och arbetstid innebär projektet inga kostnader för fastighetsägaren.
- Det är upp till fastighetsägaren att genomföra föreslagna åtgärder.

Val på olikheter

Trots att projektet bygger på intresseanmälningar avspeglar dessa hur beståndet av flerbostadsfastigheter i Gävleborgs län ser ut. Urvalet bedrevs utifrån målsättningen att få med så mycket olika förutsättningar som möjligt utifrån de intresseanmälningar som kommit in:

- Läget i länet
- Byggår: 1880-1977
- Energisystem: fjärrvärme – pellets – direktel – bergvärme - oljeeldning
- Byggnadsteknik: stomme: murad lättbetong - tegel – träregel - betong – liggträ, bjälklag: betong – trä, fasad: puts – eternit – träpanel – tegel - mexisten
- Byggnader: med/utan lokaler/annan verksamhet, antal våningar, antal lägenheter, m² uppvärmd area, källare/krypgrund/platta på mark/souterräng, k-märkt/arkitekturtrad
- Ventilation: självdrag - frånluft
- Läge: rural – urban, inom vattenskyddsområde
- Ägandeformer: bostadsrättsförening – kommunalt bostadsbolag – privat bostadsbolag

I tre kommuner valdes två flerbostadsfastigheter (Sandviken, Hudiksvall och Gävle) och de fem kommuner Ockelbo, Bollnäs, Söderhamn, Ljusdal och Nordanstig fick var sin fastighet undersökt.

2.2 Energikartläggning av befintlig byggnad

Energikartläggningens syfte är att insamla tillräckligt med information om befintlig byggnad för att skapa en numerisk modell som kan användas för att studera inverkan av olika åtgärder. Man utgår ifrån den befintliga byggnadens termiska egenskaper och dess boendes brukarvanor när simuleringsmodellen byggs upp. Därefter "kalibreras" modellen mot verklig köpt energi – på så sätt bekräftas att modellen är tillförlitlig. När man försäkrat sig om att grundmodellen är tillförlitlig kan modellen sedan ändras utifrån åtgärdsförslagen med vissheten att de nya beräkningsresultaten är trovärdiga.

Energikartläggningen är således nödvändig för att öka precisionen hos simuleringsresultaten. Den är i det här projektet även viktig av andra anledningar:

- Fastighetsägare och förvaltare var med på platsundersökningarna, där projektpersonal beskrev brister, fördelar, nackdelar, betydelse, informerade etc.
- Åtgärds paket kunde förbättras/ändras utifrån lokala och byggnadens förutsättningar
- Skicket hos byggnads- och installationskomponenter/system kunde fastställas (om dessa var i behov av att åtgärdas/reoveras/injusteras)
- Fuktaspekter kunde förmedlas till fastighetsägaren och förvaltaren
- Inställningar kunde undersökas, t ex styr- och reglering hos värmesystem
- Kompletterande uppgifter som indata för simuleringar kunde inhämtas
- Ventilationen kunde mätas i minst en lägenhet

2.2.1 Befintlig information

Den information om byggnaderna som finns i första hand är ritningar och tidigare undersökningar, t ex Obligatorisk Ventilationskontroll (OVK) och Energideklaration. Räkningar för energianvändning är också viktiga, då dessa anger de facto den köpta energin. Fastighetens läge i terrängen och i förhållande till t.ex. andra byggnader samt väderstrecken kan utläsas ur planunderlag.

I flera fall kommer uppgifterna på köpt energi från en central mätpunkt som betjänar flera byggnader. En svårighet ligger då i att fördela den uppmätta energianvändningen på ett sätt så att den energi som avser endast den aktuella byggnaden kan uppskattas korrekt. Detta har gjorts med en viktning av uppvärmd area.

Ofta avser också tillgänglig mätdata på energianvändningen flera olika energiposter. Exempelvis avser avläst fjärrvärmeanvändning både värme och varmvatten. När det gäller hus med direktverkande el avser uppmätt elförbrukning både värme, varmvatten, hushållsel och fastighetsel. Här har enhetliga antaganden gjorts för samtliga byggnader, se tabell 2.2.

2.2.2 Besiktning

Syftet med att besiktiga byggnaden är att fastställa i vilket skick byggnaden och dess komponenter är. I förekommande fall är det nödvändigt att utföra åtgärder då komponenterna har nått slutskedet av sin livslängd eller har fått skador av olika anledningar. Utöver detta var syftet att undersöka om ändringar (inom ramen för åtgärds paketerna) är möjliga på ett enkelt sätt.

Besiktningen genomfördes okulärt simultant med momentana mätningar. Här ingår även avläsning av befintliga givare i t ex undercentralen. Nertill framgår de aspekter som undersökts på plats, vid besöken. Omfattningen var sådan att ett platsbesök (inklusive transporttid) skulle hinnas inom en arbetsdag. Mer detaljerade besiktningar kan utföras, se t ex BeBos Checklista om faktainsamling (2008b).

Utvändigt

- Skuggning och skyddat/utsatt läge
- Påtagliga störningar i form av buller, lukt eller vibrationer/infraljud
- Marklutningar kring och i angränsning till byggnaden
- Stuprör, kastas dagvatten ut i grunden eller leds det bort?
- Finns växter och rabatter planterade utmed grunden?
- Har grundkonstruktioner åtgärdats tidigare, t ex förekomst av Platonmatta?
- Har grunden tilläggsisolerats tidigare?
- Fasader, dessas typer och skick
- Finns sprickor i ytterväggar/källarväggar?
- Takfotens utsprång, kan tilläggsisolering enkelt sättas dit?
- Takfotens skick bedöms (kan påverkas av snöskyddsräcke)
- Typ av takbeklädnad. Observation om förekomsten av skuggande objekt (utifrån möjlighet till att använda solenergi)
- Balkonger, typ och skick noteras. Antalet kontrolleras mot ritningar
- Skicket hos fönster med avseende på målarfärg, kitt, båge och karmmaterial samt ev. beklädnad (plåt). Finns sprickor i glasningen?
- Belysning utomhus – antalet räknas, effekten uppskattas och hur dessa styrs
- Användning av IR-kamera avslöjar förekomst av köldbryggor, luftläckage eller fukt
- Byggnaden fotograferas

Invändigt

Lägenhet

- Ventilationstyp kontrolleras. Ventilationsdon och fläktar kontrolleras
- Typ av värmedistributionsystem och förekomst av termostater noteras
- Rumstemperaturen mäts, tillsammans med termisk komfort
- Observation om fönstertyp, öppningssida, förekomst av lufttätningssremor och eventuell extraruta. Mått kontrolleras mot ritningar
- Material i balkongdörrar uppskattas. Balkongmått kontrolleras
- Ytterväggarnas tjocklekar mäts – bl a för att uppskatta skiktjocklekar för att bedöma deras U-värden i de fall som konstruktionsritningar saknas
- Stommaterial kontrolleras

Vindsutrymmen

- Kallvindar inspekteras utifrån skick (mögel), förekomsten av öppningar för ventilation, uppskattning av värmeisoleringsgrad och möjlighet för tilläggsisolering. Termograferas
- Eventuellt hissrum inspekteras
- Noteras om utrymmet används som förråd/förvaringsutrymme

Entréer och trapphus

- Utrymmets temperatur mäts. Radiatorers inställning observeras (finns termostat?)
- Fönstertyp och antal noteras
- Mellanbjälklagens tjocklek mäts
- Belysningsarmaturer räknas och typ av lampa och effekt bedöms. Hur belysningen styrs noteras
- Port – data för uppskattning av U·A-värde observeras

Källare

- Temperaturen mäts
- Observation om huruvida utrymmena värms med radiatorer eller ej (för kvantifiering av A_{temp})
- Utrymmenas funktion noteras
- Belysningsarmaturer räknas och typ av lampa bedöms. Hur belysningen styrs noteras
- Typ av material i grundmurar bedöms
- Fuktrelaterade utslag/utfällningar noteras

Tvättstuga och torkhus

- Apparaters/maskiners modell, ålder och märkeffekt noteras
- Belysningsarmaturer räknas och typ av lampa bedöms. Hur belysningen styrs noteras

Undercentral/pannrum

- Isoleringstyp och -grad på rör samt eventuella kulvertar observeras
- Energislag (bränsle och energibärare) noteras. Värmeproduktionsenhetens modell, märkeffekt och ålder noteras
- Reglerstrategi undersöks, reglerkurvors inställningar avläses
- Fram- och returledningstemperaturer avläses/mäts
- Varmvattenberedningen undersöks
- Förekomsten av varmvattencirkulation VVC undersöks. Fram- och returledningstemperaturer avläses/mäts
- Cirkulationspumpars förekomst, modell, ålder, märkeffekt och inställning noteras
- Belysningsarmaturer räknas och typ av lampa bedöms. Hur belysningen styrs noteras

2.2.3 Momentana mätningar

Med momentana mätningar menas mätningar som utfördes på plats vid besökstillfället. Det mätningar som gjordes var:

- Mätning av en lägenhets omslutande areas lufttätethet
- Frånluftsventilationsflöden
- Temperaturmätningar med värmekamera
- Temperaturmätning av inne- och uteluft och relativ luftfuktighet med medhavt handinstrument
- Termiska komfortmätningar

Lufttäthet

Blower Door metoden är ett standardiserat sätt att fastställa lufttätheten hos byggnader/utrymmen i byggnader. Metoden innebär att man förseglar installationskomponenter som ingår i ventilations-systemet, t ex don. Genom att trycksätta den i byggnaden (eller del av byggnaden) inneslutna voly-men, samtidigt som ventilationssystemets komponenter är förseglade, fås ett mått på de omslutande konstruktionernas lufttäthet. Trycksättningen sker genom att en kraftig fläkt monteras i en dörr-öppning mot utemiljön med hjälp av en provisorisk lufttät dörr, en s k Blower door. I fläkten finns sensorer, vilka mäter luftflödet som passerar igenom fläkten. På så sätt mäts även tryckskillnaden som fläkten åstadkommer, samt luftflödet som vid denna tryckskillnad strömmar igenom fläkten. Man vet också att samma luftflöde som strömmar igenom fläkten måste också strömma igenom de omslutande konstruktionerna (korrektioner för volymflöden med olika temperaturer utförs auto-matiskt).

Genom att vid uppmätning av en lägenhet fastställa dess omslutande area, kan man vid 50 Pa tryckskillnad mäta luftflödet och dela detta belopp med omslutande arean. Man får då ett mått på lägenhetens lufttäthetsfaktor, vilken har enhet l/s·m² (@ ±50 Pa). Detta belopp kan användas för att jämföra lufttätheten hos olika byggnader/utrymmen och även som indata till energisimuleringar. Testerna utförs genom att variera tryckskillnaden mellan inommiljön och utemiljön, oftast genom att mäta tryckskillnaden 10 Pa – 60 Pa med steget 5 Pa – både för över- och undertryck. När mätpunkterna har samlats in, anpassas en ekvation till mätpunkterna. Ekvationen ser ut på följande vis:

$$F = C \cdot \Delta p^\beta \left[\frac{l}{s} \right] \quad (1.1)$$

där

F är luftflödet uttryckt i $\left[\frac{l}{s} \right]$ eller motsvarande

C är flödeskonstanten $\left[\frac{l}{s \cdot Pa^\beta} \right]$

Δp är tryckskillnaden mellan ute och inommiljön [Pa]

β är flödesexponenten [–]

Flödesexponenten är viktig eftersom den indikerar hur luftströmningen sker. Värdet som fås för en mätserie ligger normalt mellan 0,5 och 1,0. Om värdet är i närheten av 0,5 indikeras att luftströmningen genom otätheterna övervägande är turbulent, vilket fås om otätheternas öppningar är relativt sett stora. Omvänt innebär ett värde i närheten att luftströmningen övervägande är laminär, vilket fås om luftströmningen sker i mycket små öppningar/otätheter eller i porösa material.

Lufttäthetsfaktorn är relaterad till tryckskillnaden 50 Pa, varvid

$$\ell = \frac{F_{50}}{A_{om}} = \frac{C \cdot 50^\beta}{A_{om}} \left[\frac{l}{s \cdot m^2} \right] \quad (1.2)$$

Normalt utförs mätningar där byggnaden/volymen utsätts för över- respektive undertryck, varvid två kurvor fås. Lufttäthetsfaktorn för byggnaden/volymen beräknas utifrån medelvärdet på flödena vid ±50 Pa. Om endast en mätserie kan utföras, så är det lämpligast att mäta undertryckskurvan eftersom det tryck som generellt råder inomhus normalt är ett svagt undertryck, främst på grund av vindpåverkan men även beroende av mekanisk ventilation.

Förfarandet är standardiserat enligt SS-EN 13829 "Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method" (svensk översättning har gjorts av Sörensen, 2010). Utrustning som använts i projektet är Retrotech Blower Door System Q46.

Blower Door metoden har både för- och nackdelar. Fördelen med Blower Door metoden är att man kan jämföra luftläckageegenskaperna mellan olika objekt/utrymmen, utan att yttre påverkan influerar resultatet i hög grad (t ex av termik, vindpåverkan). Genom att använda en värmekamera (IR-kamera) kan även otätheterna lokaliseras, förutsatt att det finns en väsentlig skillnad i temperatur mellan inne- och uteluft.

I detta fall har Blower Door metoden använts för att mäta lufttätheten hos enskilda lägenheter. Värdet som uppmätts har betydelse för bl a bestämmelser som berör brandceller, eftersom varje lägenhet i flerbostadshus är en egen brandcell. Lufttäthet eftersträvas för att minska brandspridningsrisken och spridning av lukt, föroreningar, brandgaser etc.

Ur energisynpunkt har luftutbytet mellan lägenheter mindre betydelse. Oftast är det intressant att

känna till hur mycket uteluft som infiltrerar in, då denna luft skapar komfortproblem och måste värmas till rumstemperatur. Utläckande luft utgör problem då den eventuellt läcker ut via konstruktioner (förhöjd relativ luftfuktighet och risk för kondens) och att det inte går att återvinna värme ur den luft som läcker ut genom konstruktioner.

Blower Door metoden ger ett genomsnittligt luftläckagevärde för den omslutande arean – ett värde som används i energisimuleringar under förutsättningen att otätheterna är jämnt fördelade. I verkligheten är inte otätheter jämnt fördelade i vare sig klimatskärmen eller lägenhetsskiljande konstruktioner. Luftläckagets inverkan på byggnadens energibalans är således svår att modellera och relatera till en lägenhets prestanda. Värdena är således osäkra.

Metodens mätfel är $\pm 15\%$ vindstilla dagar och uppskattas uppgå till $\pm 40\%$ vid ogynnsamma tillfällen (blåsiga dagar).

Ventilationsflöden

Det finns metoder för att mäta ventilationsflöden momentant. Detta kan ske med hjälp av spårgas (sk avklingningsmetoden, där en dos med spårgas tillförs ett utrymme varefter den avtagande koncentrationen på grund av ventilation och luftläckage mäts) eller genom att mäta flödena i ventilationsdon eller kanaler. Den senare metoden användes för att mäta frånluftsflöden med hjälp av ett mätstos. Mätning med sådant instrument är lämpligast när byggnaden har ett frånluftsventilationssystem, eftersom den störning som instrumentet ger upphov till blir litet. Vidare är mätvärdet hyfsat tillförlitligt eftersom systemets flöden är relativt stabila i tiden, någorlunda oberoende av vindpåverkan och temperaturskillnad mellan inne- och uteluft. Instrumentet kan användas vid självdragsystem, dock riskerar det uppmätta värdet störas av instrumentet, men framförallt kommer mätningen eventuellt inte avspegla ett representativt värde eftersom flödet starkt påverkas av vind och temperaturskillnader.

Mätningarna utfördes med ytterdörrar och fönster stängda. Även bad- och toaletterumsdörrar var stängda eftersom dessa är frånluftsrum vilka torde ha överluftsventiler. Mätningar utfördes även när köksspisfläktens varvtal varierades. I vissa fall är köksspisfläkten frånluftsfläkt.

Fördelarna med denna mätmetod är att den är billig, snabb och enkel. Tillförlitligheten och rimligheten hos mätvärdena kan bedömas på plats och möjligen mätas om. Metoden har dock vissa begränsningar. Momentanvärden påverkas starkt av störningar, t ex rådande väderlek (temperaturskillnad, vindpåverkan). Frånluftsventilationssystem påverkas i mindre grad än självdragsystem. Mätvärdesavläsningen kan vara svår när värdena fluktuerar, t ex på grund av vindpåverkan. Ytterligare en nackdel är att mätningen avser endast frånluftsflöden som passerar genom frånluftsdonen. Man får ingen uppskattning av tilluftsflöden och luftläckage. Metoden ger ingen indikation på vädringsvanor. Rent praktiskt kan det ibland svårt att fysiskt trä stöset över frånluftsdonet så att stöset sluter tätt kring donet.

Mätstoset som användes inom projektet är av märket SwemaFlow 233 med mätområdet 2 – 65 l/s. Mätosäkerhet med 95 % täckningssannolikhet är max $\pm 6\%$.

Värmekamera

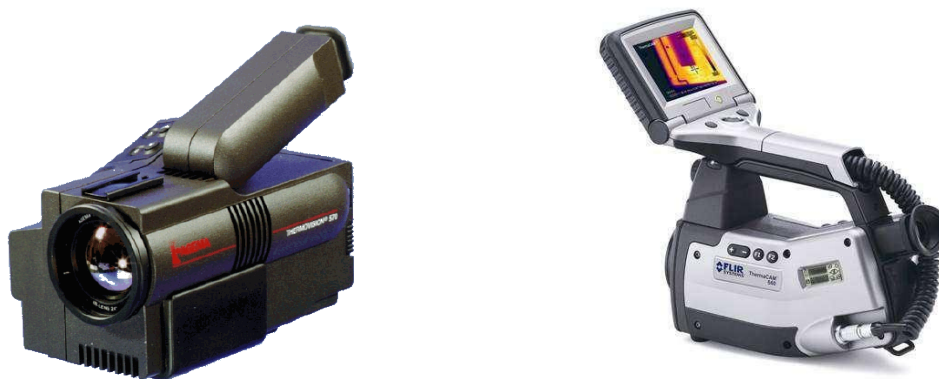
Med en värmekamera mäts temperaturfält hos ytor. Värmekameran mäter strålningsenergi inom det infraröda området, vilken är proportionell mot den temperatur som en yta lokalt har, och har viss beroende av ytans egenskaper (emissivitet). Värmekameran kan, på basis av temperaturfältet den

visar, indikera förekomsten av:

- *Köldbryggor* – konstruktionsdelar där man lokalt har minskat på värmeisoleringsgraden, oftast av konstruktiva skäl (bärande material har i regel hög värmeledningsförmåga). Därmed fås kalla invändiga ytor. Dessa återfinns ofta i anslutningar och i genomföringar.
- *Luftläckage* – luft som läcker in och igenom konstruktioner kyler invändiga ytor. Luftläckage finns ofta där man inte lyckats täta vid anslutningar och fogar.
- *Fukt* – våta ytor är kallare än torra ytor. På så sätt kan läckage detekteras.

Värmekameran används ofta för att detektera brister i klimatskärmen eftersom den kvantifierar temperaturfälten, t ex är den utmärkt för att detektera var uteluft läcker in när Blower Door metoden används för att kvantifiera luftläckage. Den kan dock inte kvantifiera andra belopp, t ex hur mycket energi som förloras via köldbryggan eller hur mycket luft som läcker in.

Värmekameror som användes inom projektet är av märket Agema 570 samt FLIR S60, se figur 2.1. Värmekamerornas onoggrannhet uppskattas vara ± 2 °C.



Figur 2.1: Typ av värmekameror som används i projektet. Agema 570 till vänster i figuren och FLIR S60 till höger.

Termisk komfort

I projektet undersöktes det termiska klimatet med standardiserade mätmetoder som tar hänsyn till strålning, luftrörelser, lufttemperatur, omgivande ytors temperatur, fukt, aktivitetsnivå samt beklädning. Det termiska klimatet beräknas enligt ISO-standarderna ISO 7730 and ISO 7726 vilket ger olika index och parametrar som beskriver den termiska komforten som operativ temperatur, ekvivalent temperatur (tar hänsyn till lufthastigheten), PMV (predicted mean vote) och PPD (predicted percent dissatisfied), dvs. hur man upplever kyla/värme/ drag samt DR (draught rate).

Innova 1221 användes som mätutrustning i detta projekt för att mäta den termiska komforten, framförallt dragrisken i närheten av fönster. Mätningar genomfördes i vardagsrum på olika avstånd från fönster och för höjder mellan 0.1 – 1.8 meter över golvet. Samtliga mätningar genomfördes med mätperioden 180 sekunder och med mätfrekvensen 1 Hz.

Tyvärr var i de flesta fall utomhustemperaturen mycket hög för årstiden när mätningarna utfördes (februari-mars 2011) vilket resulterar i mätresultat som ej är representativa för normala vinterförhållanden. I denna rapport redovisas därför ej några mätresultat för termisk komfort.



Figur 2.2: Innova 1221-utrustning för termisk komfortmätning i projektet

2.2.4 Korttidsmätningar

Inne/utetemperatur

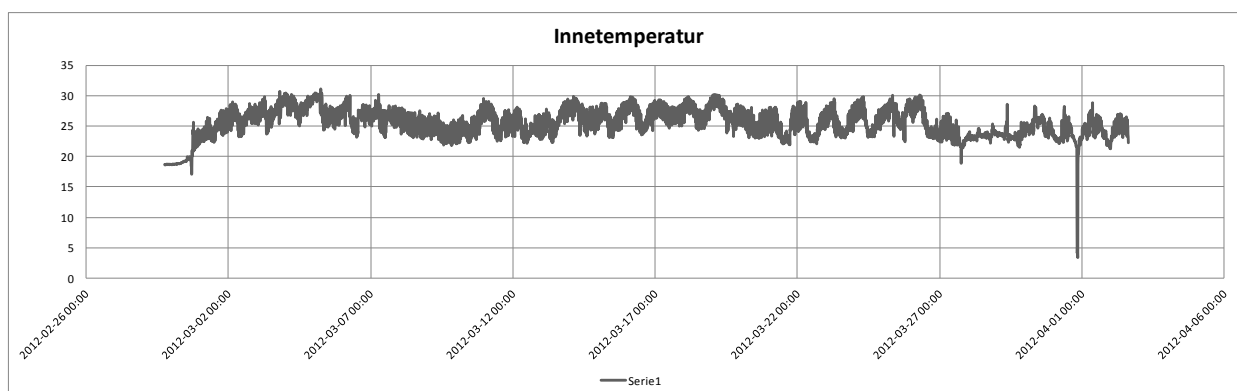
Vid valet om var givaren ska placeras är det viktigt att ta hänsyn till olika aspekter som kan påverka mätningen. Dessa är följande (Akander and Johannesson, 2005):

- Temperaturmätningen bör ske i ett rum där temperaturen är någorlunda konstant, t ex i vardagsrummet (ej i kök)
- Givaren bör inte sättas i närheten av en värmekälla, t ex elektrisk apparat eller kamin
- Givaren bör inte utsättas för solstrålning eller drag
- Givaren bör inte placeras i direkt anknäytning till eller nära yttervägg
- Givaren placeras på en höjd om 1,2 – 1,5 m ovanför golvnivån

Samlingstiden var 10 minuter. Mätperioden var olika för respektive byggnader, varaktigheten var mellan 2 – 4 veckor. Temperaturen kan mätas som lufttemperatur eller som operativa temperatur. Den senare beskriver ett medelvärde av lufttemperaturen och strålningstemperaturen. Inom detta projekt har lufttemperaturen loggats med Tinytag PLUS 2 loggers som har en upplösning på 0,01 °C och onoggrannheten 0,45 °C vid 25 °C (se figur 2.3). Momentan mätning av lufttemperatur har genomförts med multifunktionsinstrumentet Testo 435 med onoggrannheten $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Figur 2.4 visar exempel på en mätserie.



Figur 2.3: Temperaturlogger



Figur 2.4: Exempel på uppmätt innetemperatur. Vädring den 1 april 2012 syns tydligt. Exempel mätt upp i Gästrike-Hammarby.

Spårgas

Spårgasmätningar som används inom korttids- och långtidsmätningar förutsätter att det finns en källa som under längre tid emitterar en viss mängd spårgas, dvs. en gas som inte naturligt finns i innemiljön. Det förutsätter även att det finns provtagare. Provtagaren samlar en del av den spårgas som emitteras av källan. Provtagaren skickas in på analys, vilken tillsammans med information om utrymmenas storlek och källans och provtagarens placering samt mätperiodens längd, ger ett mått på luftomsättningen i utrymmet. Passiv spårgasmetod med Pentiaq utrustning (s k PFT-metoden) som bl a använts i Elhushållning i bebyggelsen ELIB (Norlén och Andersson, 1993) och BETSI-undersökningarna (Boverket 2009).

En fördel med denna mätteknik är att den kan användas i självdragshus, där momentanmätningar ger osäkra värden eftersom ventilationen varierar över tiden. Genom att använda spårgastekniken fås ett värde som är mer representativ för en säsong (eldningssäsong), trots variationer hos utomhusluften och vindpåverkan. Mätningarna fångar även in ventilationen som sker genom vädring – något som inte mäts med andra tekniker.

2.3 Energiberäkningar

I det här projektet har energieffektiviserande åtgärderna huvudsakligen simulerats, om så möjligt. Vissa åtgärder är svåra/omöjliga att räkna på, t ex energibesparningar pga. av beteendeändringar. Här finns endast empiriska/statistiska data att använda, som t ex procentsatser av innevarande energianvändning.

2.3.1 Val av energisimuleringsverktyg

När energianvändning hos byggnader ska uppskattas finns ett antal simuleringsprogram som kan användas där en modell av byggnaden skapas i programmet, vilken sedan utsätts för väder (normaliserad klimatdata). Datorn beräknar därefter det energibehov som den modellerade byggnaden har.

Det finns ett spektrum av olika energisimuleringsprogram – för att nämna några som används i Sverige – DEROB – LTH (LTH-EBD 2012, Persson et al. 2006), TRNSYS (UW-Madison's SEL 2012, Beckman et al., 1994), VIP Energy (Strusoft 2012, Gustavsson et al. 2011), BV2 (CIT Energy Manage-

ment AB 2012, Nilsson 1997) och IDA-ICE (Equa Simulation AB 2012, Molin et al. 2011). Gemensamt för dessa beräkningsprogram är att de tar hänsyn till byggnadens dynamik och utför helårssimuleringar, dvs. tar hänsyn till byggnadens tröghet samt att klimatet utomhus varierar under året.

Viktigt beträffande användningen av simuleringsprogram är att resultaten påverkas av tre aspekter (Kalema et al. 2008):

- Hur erfaren och skicklig användaren är på att översätta verkligheten till en beräkningsmodell
- Kvaliteten hos indata (t ex storlek på ytor, värden på materialparametrar och värmeövergångskoefficienter)
- Beräkningsmetoden som används

Kalema et al. (2008) menar att de två första punkterna ofta ger större avvikelser i resultaten än den sista, samt att enklare modeller ger ungefär samma resultat som mer komplexa (t ex enzonmodeller i jämförelse med tvåzonmodeller).

Med detta som utgångspunkt valdes två simuleringsprogram. Avgörandet baserades dels på användarnas och handledarnas tidigare erfarenheter av att använda programmen, dels på antalet byggnader som skulle modelleras.

Programmet BV²

Programmet BV² 2010 är ett simuleringsprogram som tar hänsyn till byggnadens tröghet, lufttät-heter, köldbryggor och temperaturvariationer som klimatet ger samt solinstrålning. Inomhus ges möjligheter att lägga scheman på brukarnas närvaro samt hur elektriska apparater utnyttjas. Olika typer av ventilationssystem kan väljas. Transmissionsförlusterna beräknas på basis av de U-värden och areor som användaren ger programmet.

BV² förutsätter att byggnaden kan modelleras som en enzonmodell: hela utrymmet som innesluts av klimatskärmen modelleras som en temperaturzon, där den innetemperatur som beräknas av programmet är representativ för hela byggnadens inneklimat.

Fördelen med att använda BV² är att modellen är enkel och överskådlig. Risken för att indata blir felaktig är liten. Det blir enkelt att ändra egenskaper hos komponenter i modellen, t ex parametrar som är kopplade till åtgärdspaketen. Beräkningarna är mycket snabba – användaren får omedelbart resultat. Bland nackdelarna finner man att frågan om huruvida energianvändningen påverkas pga. avsaknaden av termostater på radiatorer inte kan besvaras eller att innetemperaturer som kan fås i enskilda lägenheter/rum inte kan beräknas. Å andra hand står inte dessa aspekter i fokus i detta projekt. Det är energianvändningen för hela byggnaden som studeras – med önskemål om kraftiga reduktioner av denna.

BV² förutsätter att användaren har förmåga att själv beräkna konstruktionernas U-värden förutom fönstrets mörker-U-värde. U-värden har beräknats i enlighet med ISO/DIS 13370 och SS-EN ISO 6946. Trots detta går byggandet av en modell relativt snabbt. Att bygga upp en komplett modell av en byggnad tar ungefär 3 arbetsdagar.

Programmet IDA-ICE

IDA-ICE är ett kraftfullt simuleringsverktyg som möjliggör detaljerade energiberäkningar på rumsnivå i en byggnad, dvs. är en flerzonmodell. IDA-ICE har en högre detaljeringsgrad men kräver därmed mer (kvantitativt och kvalitativt) indata. Fördelen med ett simuleringsverktyg som har högre detalj-

eringsgrad är att flera resultat kan produceras, t ex kan IDA beräkna hur hyresgäster upplever inneklimatet, hur mycket värme som utbyts mellan olika lägenheter som har olika rumstemperaturer, osv. Det innebär inte att den detaljerade modellen ger noggrannare resultat om energianvändning ska beräknas (Energilotsen 2009). Samtidigt utesluter ett detaljerat simuleringsprogram inte att en hel byggnad modelleras som en enzonmodell – men programmets styrka ligger inte i den typen av modellerande.

I och med höga detaljeringsnivån krävs att användaren har god kännedom om indata och har förmågan att ändra vissa schablonvärden som är förinställda ifall användaren inte tillsätter faktiska värden. Modellering av flera termiska zoner (utrymmen) ställer krav på att användaren arbetar systematiskt och konsekvent, eftersom mängden indata ökar för varje zon som skapas eller ändras.

Fördelen med denna modellering är att resultaten kan ha bättre precision med ökad detaljeringsgrad, men risken för att göra fel någonstans i modellen ökar. Nackdelen med detaljerade modeller är att uppbyggandet och ändringar i komplexa modeller tar tid. Själva exekveringsmomentet, dvs. tiden då programmet genomför beräkningarna, tar längre tid – ibland flera timmar.

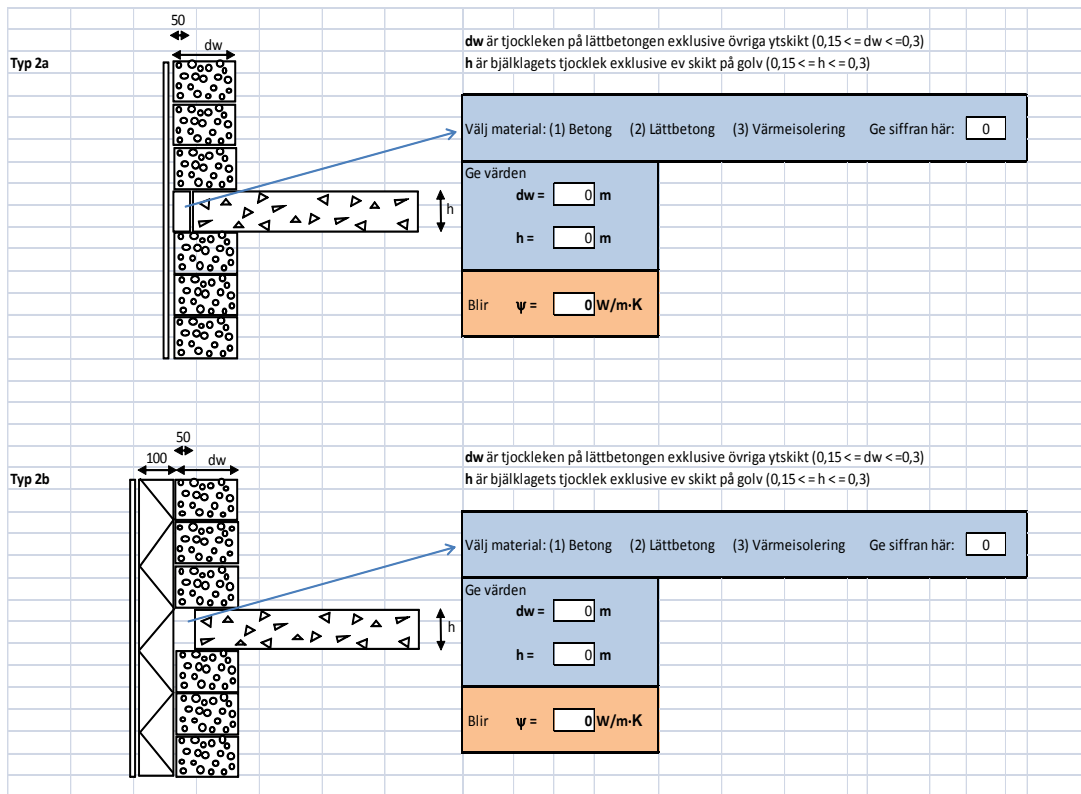
Tabell 2.1: Användning av olika beräkningsverktyg i projektet

Byggnad	Simuleringsverktyg
Sandviken-Gästrike Hammarby	BV ²
Sandviken - Centrala	IDA-ICE
Gävle - Sätra	BV ²
Gävle - Centrala	BV ²
Ockelbo	BV ²
Söderhamn - Ljusne	BV ²
Bollnäs - Segersta	BV ²
Hudiksvall – Sanna	BV ²
Hudiksvall - Delsbo	IDA-ICE
Ljusdal	BV ²
Nordanstig - Ilsbo	BV ²

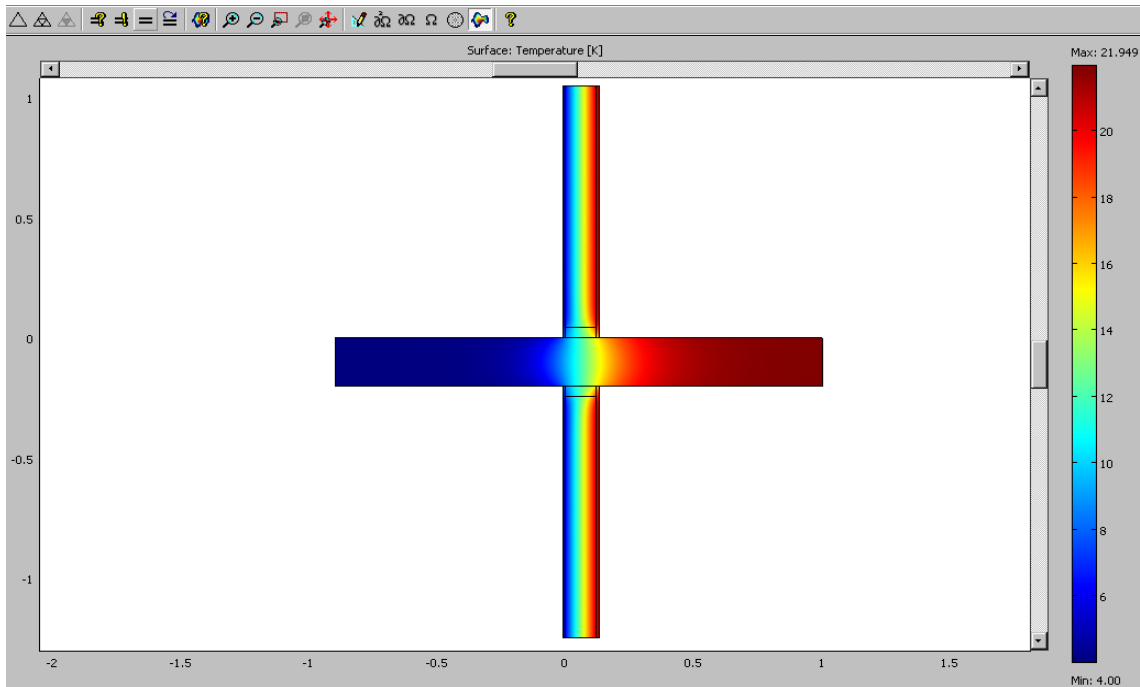
Köldbryggor

I energisimuleringsprogram modelleras transmissionsförluster genom opaka konstruktioner i första hand som endimensionell värmeledning. Eftersom inverkan av köldbryggor inte ska försummas, se t ex (Levin & Mao, 1993), brukar framförallt de linjära köldbryggornas inverkan på energianvändningen modelleras med den linjära läckflödeskoefficienten, den så kallade "Psi-värdet". Beräkningen av läckflödeskoefficienten utförs enligt standard (SS EN ISO 10211:2007), se t ex (Noremo, 2012).

För att förenkla beräkningarna med köldbryggor och hur dessa påverkas av tilläggsisolering, producerades ett Excel-program som på basis av några basfall kunde användas vid flertalet byggnader. Några typfall för olika former av anslutningar valdes, t ex anslutning yttervägg-yttervägg, utkragad balkongplatta, osv. Dessa modellerades i Comsol Multiphysics version 3.5.0.603 (Comsol, 2012) så att läckflödeskoefficientens kunde bestämmas, samt dennas beroende av vissa parametrar, exempel i figur 2.5. En bild över temperaturfältet hos en modellerad köldbrygga visas i figur 2.6.



Figur 2.5: Beräkning av läckflödeskoefficienten för linjära köldbryggor i Excel



Figur 2.6: Temperaturfältet för loftgångens platta i Ockelbo

2.3.2 Indata och schablonberäkningar

Solenergi

För att beräkna effekten av energibesparande åtgärder som ligger utanför det som kan hanteras av simuleringsprogramvaran, har manuella beräkningar utförts. Så är fallet för exempelvis energibesparingen vid installation av solfångare och solceller.

Potentialen för energitillskottet, och därmed besparing av köpt energi, från en solfångarinstallation bedöms med förutsättningen att solfångarna dimensioneras för att ge hela byggnadens behov av tappvarmvatten i juli månad. Tappvarmvattenförbrukningen antas vara jämnt fördelad över året. Sett över hela året innebär det att ca 50 % av energibehovet för varmvattnet täcks av solfångarna. För beräkningarna antas att plansolfångare med ett årsutbyte på 500 kWh/m² används, vilket är ett rimligt medelvärde för på marknaden förekommande solfångare (SP, 2012). Med ledning av detta kan erforderlig solfångaryta bestämmas för den aktuella byggnaden.

Solceller producerar el och installeras med en viss topp effekt, kW_t. 1 kW_t upptar en yta på ca 7 m² (Svensk Solenergi, 2010). Infallande solstrålning på en horisontell yta i mellersta Sverige uppgår till ca 950 kWh/m² och ca 12 % mer på en yta som är orienterad med 45° lutning i söderläge (Svensk Solenergi, 2010). En bedömning har gjorts för respektive byggnad hur stor solcellsinstallation som skulle vara möjlig med denna placering. Verkningsgraden för solcellsinstallationen antas vara 80 %.

Kalibrering av modell/byggnad, SVEBY

Strategin för att beräkna hur energieffektiv en åtgärd är har baserats på respektive byggnads förutsättningar. En modell av varje byggnad har byggts upp på basis av följande data:

- Byggnadens geometriska utformning på basis av ritningar
- Antalet lägenheter inom byggnadens klimatskärm samt övriga utrymmen utifrån ritningar
- Byggnadens orientering gentemot väderstreck på basis av ritningar
- Konstruktionernas materialsammansättning, skiktmått och invändiga areor på basis av ritningar samt observationer vid besöken (däri ingår även fönster och ytterdörrar)
- Linjära köldbryggors läckflöde på basis av ritningar, platsbesök, antagande utifrån liknande byggnader från samma epok (Björk et al, 2003)
- Klimatskärmens lufttäthet genom Blower Door-metoden
- Ventilationsgraden i byggnaden genom mätningar med ventilationsstos eller med spårgas
- Innetemperaturen på basis av korttidsmätningar i lägenheter samt momentanmätningar i t ex tvättstugor och trapphus

Då bara enstaka lägenheter i respektive byggnad undersökts finns stora osäkerheter i att anta att lägenhetens prestanda är representativ för de övriga lägenheterna. Dock anses användningen av ett uppmätt värde vara tillförlitligare än att anta ett värde – med förbehållet att ifrågasätta det uppmätta värdets belopp, t ex rimligheten att samtliga lägenheter i en byggnad har inomhustemperaturen 26 °C eftersom det uppmättes i en lägenhet.

Andra aspekter som påverkar byggnadens värmebalans är processenergi, det vill säga energi som hushållsapparater använder samt metabolisk värme som de boende avger. Eftersom uppgifter om antalet personer och deras brukarvanor är okända, har dessa modellerats i enlighet med indata som rekommenderas av SVEBY (2009) och Aton Teknikkonsult AB (2007). De schablonvärden som har valts redovisas i tabell 2.2 nertill.

Brukarvanor

Tabell 2.2. Schablonvärden för boende och deras brukarvanor

Sammanställning av schablonmässiga indata				
Parameter	Delparameter	Värde	Referens	Anmärkning
Innetemperatur	Uppvärmningssäsong	21 grader	Sveby, 2009	
Solavskärmning	Solavskärmningsfaktor, totalt	0,5	Sveby, 2009	
Tappvarmvatten	Mängd varmvatten, per år	12 m3/lägenhet + 18 m3/person	Aton Teknikkonsult AB, 2007	Antal personer enl separat tabell. Avser engreppsblandare
	Energi, system med VVC	60 kWh/m3	Aton, 2007	
	Energi, system utan VVC	55 kWh/m3	Aton, 2007	
	Internvärme	20%	Sveby, 2009	
Hushållsenergi	Årsschablon	30 kWh/m2	Sveby, 2009	Area i Atemp
	Internvärme	70%		
Personvärme	Antal personer	Enl tabell 2	Sveby, 2009	
	Närvarotid	14 timmar/dygn	Sveby, 2009	
	Effektavgivning	80 W/person	Sveby, 2009	
Vädring	Påslag på energiprestanda	4 kWh/m2	Sveby, 2009	Area i Atemp

Boendetätheten

Boendetätheten har beräknats enligt tabell 2.3.

Tabell 2.3. Schablon över antal personer per lägenhetsstorlek (3H projektet, 2005)

Antal personer per lägenhet					
Lägenhetsstorlek	1 rum och kök	2 rum och kök	3 rum och kök	4 rum och kök	5 rum och kök
Antal boende	1,42	1,63	2,18	2,79	3,51

Analogt med antagandet om värmetillskottet från hushållsenergin har beräknats att 70 % av fastighetsdelen tillgodogörs byggnaden som värme i de fall där denna till största del utnyttjas inom byggnadens klimatskal och är av betydande storlek.

I vissa fall utgörs fastighetsdelen endast av mindre förbrukare som t ex enstaka utvändigt belysning. Denna har då försumrats i energiberäkningen.

När modellen var färdigbyggd, utfördes en simulering. Resultaten jämfördes med energivärden som tillhandahållits av fastighetsägarna, främst baserat på fakturor från energileverantören.

Klimatdata

I avvikelserna bidrar även inverkan av det lokala utomhusklimatet. Data för aktuell plats och år saknas i de flesta fallen, varför geografiskt närmast tillgängliga klimatdata har använts för simuleringarna, tabell 2.4.

Tabell 2.4: Fastighetens placering och vald klimatdata i projektet

Byggnad	Klimatdata
Delsbo	Delsbo (normalår)
Gävle, Sättra	Gävle (normalår)
Gästrike-Hammarby	Gävle (normalår)
Segersta	Gävle (normalår)
Gävle, Staketgatan	Gävle (normalår)
Ljusne	Gävle (normalår)
Ockelbo	Gävle (normalår)
Sandviken	Gävle (normalår)
Hudiksvall	Kuggören (normalår)
Ilsbo	Kuggören (normalår)
Ljusdal	Sveg (normalår)

Faktisk och simulerad energianvändning

Tabell 2.5 visar en jämförelse mellan faktisk energianvändning och simulerad energianvändning för respektive byggnad. Energinvändningen avser uppvärmning, varmvatten och fastighetsel.

Tabell 2.5: Faktiskt och simulerad energianvändning för respektive fastighet, samt skillnaden i %

Byggnad	Faktisk energianvändning, kWh/m ² , år	Simulerad energianvändning, kWh/m ² , år	Avvikelse
Delsbo	138	137	-0,4 %
Gästrike-Hammarby	237	259	8,6 %
Gävle, Staketgatan	123	124	1,1 %
Gävle, Sättra	119	130	8,8 %
Hudiksvall	213	211	-1,0 %
Ilsbo	171	174	1,6 %
Ljusdal	181	182	0,8 %
Ljusne	183	185	1,0 %
Ockelbo	195	195	0,0 %
Sandviken	176	175	-0,4 %
Segersta	162	169	4,4 %

Den faktiska energianvändningen, baserad på uppgifter från fastighetsägarna, kan vara ett samlat värde för flera byggnader. Detta är fallet för Ljusdal, Ockelbo, Ljusne, Segersta, Gästrike Hammarby och Sättra. För att uppskatta den energi som använts av den studerade byggnaden har energianvändningen fördelats på basis av A_{temp} för respektive byggnad som ingår i bestånd som en undercentral förser med värme.

2.3.3 Standardiserad åtgärds paket

För att systematisera arbetet föreslogs det ett antal åtgärder vilka oavsett byggnad och dess förutsättningar studerades utifrån energibesparingspotential och ekonomi.

Ytterväggar – utvändig respektive invändig tilläggsisolering

Utvändig tilläggsisolering av ytterväggar föreslås med tjocklekar 100 och 200 mm. Det nya fasadmaterialet förutsattes vara av samma typ som byggnaden har i nuläget. I enstaka fall har även alternativet att använda plåtfasad studerats, eftersom detta är det billigaste fasadalternativet (ingen byggnad har sådan innan). I samtliga fall har det antagits att befintliga fasadmaterialet måste avlägsnas (träpanel, puts, tegel- eller mexisten). I kostnaderna inkluderas inte extra kostnader som kan uppstå för förstärkning av konstruktion/mark som kan tillkomma då nya skalmurar placeras längre ifrån den bärande stommen när konstruktionen tilläggsisoleras utvändigt.

Att tilläggsisolera invändigt medför en rad med nackdelar i jämförelse med utvändig tilläggsisolering:

- Köldbryggeverkan består eftersom värmeisoleringen inte är heltäckande, t ex vid utkragade balkonger eller mellanbjälklagsanslutningar
- Tilläggsisoleringens och beklädnadsmaterialens tjocklek minskar bruksarean och ändrar därmed grunden för hyressättning
- Invändig tilläggsisolering innebär en förhöjd risk för fuktproblem då det kan finnas relativt diffusionstäta materialskikt i den gamla väggen, vilka hamnar i den nya konstruktionens kalla sida. Det krävs att en ång- och konvektionsspärr noggrant planeras och installeras för att konstruktionen ska vara fuktsäker.

Utvändig tilläggsisolering är att föredra ur värme- och fuktteknisk synvinkel. Dock innebär utvändig tilläggsisolering att byggnadens fasad ändras och därmed hela byggnadens uttryck och karaktär. Bland annat hamnar fönster och grundmurar långt innanför fasadens liv. Taksprång blir till synes kortare. Ändring av fasad är byggnadslovspliktigt i detaljplanelagd område.

I anknytning till putsade fasader är det viktigt att fundera på om man ska välja enstegstätning eller tvåstegstätning. Enstegstätning innebär att putsen appliceras direkt på värmeisoleringen. I ett antal artiklar och rapporter har fuktproblem i enstegstätade fasader uppmärksamats (Samuelsson et al, 2007). Tvåstegstätning innebär att putsen sätts på ett skivmaterial vilken är ventilerad baktill. På så sätt kan fukt som tränger in via otätheter torka.

Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Om byggnaden inte har tilläggsisolerade kallvindsutrymmen, är detta en av de kostnadseffektivaste åtgärderna som finns – förutsatt att vindsutrymmet inte används för annat än att ventileras bort eventuell tillskjutande fukt. I de flesta fall har vindsbjälklag redan tilläggsisolerats. I det här projektet undersöks om huruvida det är ekonomiskt att om möjligt tilläggsisolera vindsbjälklaget ytterligare.

Det finns ett par aspekter som måste beaktas när vindsbjälklag tilläggsisoleras. I många fall är vindsbjälklagen lufttöta, vilket medför att den varma uteluften som läcker ut via vindsbjälklagets otätheter tillför det kalla vindsutrymmet fukt. När vindsutrymmet blir kallare på grund av att tilläggsisoleringen minskar värmeförlusten till vindsutrymmet (dock lufttätare inte värmeisolering), kommer den relativa luftfuktigheten att öka med ökad risk för fuktproblem och mögeltillväxt. Det är således viktigt att fastställa att en fungerande ång- och konvektionsspärr finns i konstruktionens varma sida och att vindsutrymmet ventileras erforderligt.

I välisolerade vindsutrymmen kan det vara säkrare att ventilera utrymmet aktivt med hjälp av en liten fläkt som styrs på basis av fuktförhållanden i och utanför vindsutrymmet (Ventotech AB 2012). Detta förutsätter att hela vindsutrymmet lufttätas så att inte uteluft fritt läcker genom takkonstruktionen.

Om vindsutrymmet som ska tilläggsisoleras är försett med förråd måste godset i förrådet förflyttas och magasineras på annat ställe under arbetets gång. Förråden demonteras och i de fall som man ska ha kvar förråd i vindsutrymmet måste ett nytt bärande golv monteras ovanpå tilläggsisoleringen. Tillgängligheten bör anpassas – till exempel måste beslut tas om hissar installeras eller om något förråd måste inrättas på entréplanet. Därefter byggs nya förrådsutrymmen i vindsutrymmet och förvaringsgodset ställs åter på plats.

Källare

Källare har ofta fuktproblem vilka är relaterade till hög fuktbelastning och bristande värmeisolering. Den höga fuktbelastningen beror delvis på avsaknaden eller undermålig värmeisoleringsgrad men också brister i fuktskyddet. Det saknas kapillärbrytande och dränerande skikt, dräneringssystemet är föråldrat eller fungerar ej pga. av igensättning (trädrötter, sättningar) osv.

Oavsett om man avser att åtgärda källarväggarna ur fukt- eller energisynpunkt så bör bägge åtgärder utföras simultant. Åtgärden består av att gräva ner till grundsulan och börja med att byta dräneringsrör (utan att grundsulan undermineras). Den asfalt som oftast styrkts på måste knackas bort. Därefter monteras de material som fungerar både värmeisolerande och fuktskyddande. Dessa kan vara Platon med cellplast www.isola.se, Isodrän www.isodran.se eller Pordrän www.pordran.se. Geotextilduk läggs i schaktet, dräneringsrör med kringfyllande makadam läggs i och schaktet återfylls.

Vanligtvis tilläggsisoleras källarväggen med 100 mm värmeisolering, men 200 mm behövs om källarväggen ska ha ett U-värde som motsvarar standarden hos en ny konstruktion (Boverket 2002).

Fönster

Ändring av fönster innebär att byggnadens karaktär ändras enormt. Det bör göras med varsamhet. Man ställs inför att:

- Bevara befintliga fönster, vars funktion möjligen håller ett tag till
- Bevara befintliga fönster men renovera dessa till bättre skick
- Bevara befintliga fönster men klä in dessa i beständigare material, t ex klä karmar och bågar med lackerad plåt
- Bevara befintliga fönster och förbättra deras energiprestanda genom att ha en tilläggsruta. Åtgärden förutsätter att fönstret är i gott skick och att fönstrets utformning möjliggör isättning av tilläggsruta
- Bevara befintliga fönster och förbättra deras energiprestanda genom att byta fönstrets innerruta med ett isolerruta. Åtgärden förutsätter att fönstret är i gott skick och att fönstrets utformning möjliggör isättning av isolerrutan
- Byte till nytt fönster som har liknande termisk prestanda som den gamla
- Byte till nytt energieffektivt fönster

De åtgärder som ger minskad energianvändning är att sätta in tilläggsruta, isolerruta eller ett nytt fönster. Utöver energibesparingen fås även bättre termisk komfort i utrymmet där dessa åtgärder utförs, något på bekostnad av minskad solinstrålning, se t ex (Remazan, 2012).

Kapning av balkonger, ny isolerad balkong

I de fall där balkonger utgör en utkragande del av mellanbjälklaget utan intermitterant isolering, har effekten av att kapa balkongerna beräknats energimässigt för att påvisa hur stor andel av energin som kan sparas med en annan lösning för balkongerna. Detsamma gäller även för loftgångar med motsvarande konstruktion.

Byte av dörrar

Byte av dörrar avser främst balkongdörrar, entréportar och andra dörrar mot uteklimat, t ex då lägenheterna har egen ingång. Byte av lägenhetsdörrar placerade i uppvärmda utrymmen som trapphus har inte hanterats då det ger liten eller försumbar energibesparing.

Solceller

Solceller består av paneler som oftast monteras på tak för att producera elektricitet. När solenergi träffar en solcell genereras likström. För att anpassa denna typ av elström till det som används i kraftnätet (och som driftsel och hushållsel) behövs en lik-/växelströmsomvandlare.

Under sommaren genereras ofta mer elektricitet än vad som momentant konsumeras inom byggnadens volym. Den överproduktion som fås kan lagras, men innebär vissa tekniska komplexa system som batterier vilka kan försämrade verkningsgrader, har korta livslängder och innebär dålig lönsamhet (Steen Englund, 2013). Ett sätt är att leverera överproduktionen till kraftnätet, så att andra kan konsumera den överproducerade elen. I detta scenario uppstår nya förutsättningar – man blir elproducent som säljer en vara/tjänst.

Den el man själv producerar, men inte konsumerar, kan gå ut på elnätet. För att kunna mata ut elen på elnätet och få betalt för den måste en mätare installeras som ger timvärden på levererad el. För små kunder som totalt sett använder mer el under året än man producerar med anläggningar under 63 ampere och 43,5 kilowatt står elnätbolagen för ett eventuellt mätarbyte.

I november 2010 lämnade Energimarknadsinspektionen en rapport till Regeringen som bl a föreslår att elhandelsföretagen ska vara skyldiga att ta emot den producerade elen. Vidare föreslås att elnätbolagen ska använda nettodebitering - att nätavgiften ska baseras på skillnaden mellan den el man köper och den man levererar. Rapporten föreslår inte kvittning av energikostnaderna för den el man köper mot den el man säljer, eftersom detta strider mot nuvarande skattelagstiftning.

Det pågår en översyn av lagar och regler för att förenkla för den som vill producera sin egen el. I april tog regeringen beslut om ett kommittédirektiv 2012:39 (Finansdepartementet 2012). Direktivet handlar om nettodebitering av el och skattskyldighet för energiskatt på el. Utredaren ska ta fram lagförslag om införandet av ett system för nettodebitering som även omfattar kvittning av energi- och mervärdesskatt. Med nettodebitering avses här ett system där den förnybara el som privatpersoner eller företag med mikroproduktion producerar och överför till elnätet kvittas mot annan el som de tar emot från elnätet. Uppdraget ska redovisas senast den 14 juni 2013.

Solfångare

Solfångare producerar varmvatten. På grund av att varmvattnet produceras under den del av dygnet som solstrålningen är som starkast, är det lämpligt att lagra energin tills varmvattnet används. Oftast är spetsförbrukningen på morgon- och kvällstid. Solfångare kan endast nyttjas under sommarhalv-

året, eftersom solenergiens intensitet är för ringa vintertid. Det är viktigt att dimensionera solfångarnas storlek och ackumulatortankens volym så att det finns nog med varmvattenmängd för att försörja de boende med tillräckligt varmt vatten. Ackumulatortanken får varken bli för liten eller för stor.

Ventilationssystem - FTX

FTX är förkortningen på från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning. Grovt sett består systemet av en serie frånluftskanaler vilka suger luft ur så kallade frånluftsrum (t ex badrum och kök) samt en serie tilluftskanaler vilka försörjer tilluftsrum med frisk förvärmad luft (t ex sovrum och vardagsrum). I vissa utrymmen finns inte kanaler – dessa utrymmen utgör transportssträckor där rumsluft från tilluftsrum överförs till frånluftsrum. Värmeutbytet mellan frånluften och uteluften sker via en värmeväxlare som finns inbyggt i ett aggregat, tillsammans med en från- och tilluftsfläkt samt filter och reglering. Utifrån värmeväxlare finns två huvudkategorier: roterande värmeväxlare och plattvärmeväxlare.

I en roterande värmeväxlare överförs värmen från frånluften till tilluften via ett roterande vals som är utformad som ett gitter av metall. När gittret finns i frånluftströmmen värms detta. På grund av rotationen hamnar den uppvärmda delen av valsen i den kalla uteluftsströmmen, varvid värme överförs. Fördelen med detta system är att verkningsgraden är hög och att det inte förekommer utfällning av kondens/is. Utöver återföring av värme sker även viss återföring av fukt. Nackdelen med systemet är att en liten andel av frånluften återförs till den inströmmade luften vilket resulterar i att lukt sprids via tilluften. Det här är inte särskilt allvarligt om ett FTX-system installeras i varje lägenhet, men får följderna om ett centralt FTX-system försörjer en hel byggnad med ventilation och därmed lukter.

Plattvärmeväxlare innebär att luftströmmarna inte utbyter luftvolym, vilket eliminerar luktproblemet. Plattvärmeväxlarnas nackdelar är att verkningsgraden oftast är lägre och att kondensutfällning (med eventuell isbildning under kalla vinterperioder som följd) sker.

Ventilationssystemen kan installeras så att varje lägenhet har ett enskilt system eller så att byggnaden ventileras med ett centralt system. Fördelarna och nackdelarna är följande:

- Ett centralt system innebär att schakter för kanaler måste skapas
- För ett centralt system kommer kanaler att passera igenom olika brandceller, varvid brandavskiljare måste installeras
- Ljud kan överföras mellan lägenheter (så kallad flanktransmission)
- Lukter/föroreningar kan spridas mellan lägenheter
- Service, underhåll och OVK underlättas med ett centralt system
- Decentraliserade system innebär att åtkomligheten försvåras om man ska in i lägenheten för att utföra service/underhåll. Frågan är om det finns möjligheter att installera aggregatet åtkomligt utifrån, bredvid lägenhetens ingång
- Decentraliserade system innebär inköp, installation och intrimning av flera aggregat

En egenskap hos FTX-system är att dessa intrimmas så att ett svagt undertryck skapas inomhus. Om byggnadens klimatskärm är lufttät riskerar luftläckaget att bli högt. En stor andel av den läckande luften kommer inte att passera genom ventilationssystem, varvid värmeåtervinning inte är möjlig (Sikander och Wahlgren 2008). För att ett FTX-system ska fungera som projekterat, med stabila flöden och maximal värmeåtervinning, måste klimatskärmen vara lufttät samt vädring minimeras till intensivt men kortvarigt. Beräkningar visar att en dålig lufttäthet hos klimatskärmen kan förgöra den besparing som ett FTX-system kan ge.

Vid installation av ett FTX-system ska tilluftsflödena motsvara minst 0,35 liter/s och kvadratmeter golvarea enligt byggreglerna. Detta brukar, för en lägenhet med normal rumshöjd, motsvara 0,5 om-

sättningar per timme. Om tilluftsflödena innan installationen var lägre än 0,35 liter/s·m² kommer ökningen av flödet innebära en ökad energianvändning, vilket i sin tur kommer att minska den förväntade effekt som FTX-systemet skulle ge.

Att använda befintliga kanaler i t ex ett frånluftssystem rekommenderas ur varsamhets och hållbarhetssynpunkt. Är funktionen och säkerheten tillfredsställande ska de inte demonteras/ersättas. Dock finns kritiska röster som menar att gamla kanaler alltid ska bytas då deras utformning och installation oftast ger höga tryckfall. Gamla kanaler är ofta otäta och innehåller smuts som är svår att avlägsna.

Sänkning av innetemperaturen med en grad

I BBR's allmänna råd om temperatur inomhus bör *lufttemperaturer* inte understiga 20 °C eller överstiga 24 °C vintertid och 26 °C sommartid (BBR 2012, kap 6). Dessa värden kommer från Socialstyrelsen (2005) som även rekommenderar att den s k *operativa temperaturen* bör vara mellan 20 – 23 °C (eller 21 – 24 °C för känsliga grupper, t ex äldre personer). Med operativ temperatur menas medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor (Socialstyrelsen 2005).

Saknas dimensionerande innetemperatur vid projektering, kan byggnadens energiprestanda och effektberäkning baseras på 22 °C (BBR 2012, kap 9). SVEBY (2009, 2012) anger att den innetemperatur som kan förväntas i bostäder och lokaler i bostadshus (utom äldreboende) är 21 °C. I ELIB mättes en genomsnittlig inomhustemperatur i flerbostadshus på 22,2 °C (Boman et al. 1993) och i BETSI mättes 22,3 °C (Boverket 2009). Motsvarande värden i småhus var från ELIB 20,9 °C och från BETSI 21,2 °C.

I det här projektet har innetemperaturen antagits till det medelvärde som beräknats ur lägenheternas uppmätta temperaturer. Sänken med 1 °C har gjorts för att studera hur mycket besparingspotentialen är för denna relativt enkla åtgärd. Risker är dock att boende har synpunkter på termiska komforten när innetemperaturen sänks – men givet att rekommenderade operativa temperaturen inomhus bör vara mellan 20 – 23 °C så finns i många byggnader utrymme att sänka 1 – 2 °C och inte minst utifrån att temperaturen statistiskt sett kan sänkas till den nivå som småhus har.

Värmepumpar

Värmepumpar hämtar värme från omgivningen i anknötning till byggnaden och levererar sedan värme innanför byggnaden genom att värma utrymmen och/eller tappvarmvattnet. Så är fallet för de flesta typerna (berg-, sjö-, mark-, luft-luft - och luft-vattenvärmepump), förutom för frånluftsvärmepumpar som extraherar energi ur frånluften och tillför värmen till i första hand tappvarmvattnet och därutöver överskottet till uppvärmning av utrymmen.

Det som ska uppmärksammas är att värmepumpar behöver driftsel, dvs. den el som behövs för att uppgradera värmen från en lägre temperatur till en högre. Kvoten mellan den värme som levereras och den el som behövs för leveransen kallas värmefaktor, vilken är ett mått på värmepumpens effektivitet. Värmepumpens effektivitet varierar och är framförallt beroende av temperatur hos energikällan, temperaturen på värmevattnet i värmesystemet samt hur värmepumpen styrs (drifttid).

När temperaturen utomhus sjunker till riktigt låga nivåer, kommer driftselen att öka – dels på grund av att värmepumpens effektivitet minskar, dels för att den till byggnaden tillförda värmen måste spetsas med extra energi som värmepumpen inte täcker. Oftast finns en inbyggd elkassett som sköter den funktionen, i annat fall kan den gamla oljepannan finnas kvar.

Värmepumpar minskar elanvändningen om de installeras där direktverkande el förekommer eller vattenburen el. Dock ökar de elanvändningen om värmepumpen ersätter annan värmeproduktion.

Just hur dessa byten påverkar Sveriges energisystem debatteras mycket, se t ex artikeln "Fel om värmepumpar" i Sundsvalls Tidning 2012-10-17 (2012). Information om värmepumpar finns hos Svenska Värmepumpföreningen SVEP (2012).

Minskad tappvattenanvändning

Energianvändningen i anknötning till varmvatten är proportionell mot hur mycket tappvatten som används, m a o är användningen direkt beroende av hyresgästernas brukarbeteenden. Energianvändningen är primärt beroende av hur mycket tappvarmvatten som används, vilket i sin tur är beroende av flödet vid tappstället, flödets varaktighet och flödets temperatur. Hur mycket tappvarmvatten som används mäts sällan i en byggnad – det är först på senare år som kravet funnits i nya byggnader sedan 2006 i och med införandet av BBR.

När åtgärder för att minska energi för tappvarmvattenuppvärmning införs, handlar det främst om att tekniskt sett minska flödet (utöver att informera hyresgästerna om beteendeförändring). Det är omöjligt att räkna på hur en sådan åtgärd inverkar på energianvändningen – alltså används empiriska värden från tidigare undersökningar för att skatta besparingen. Oftast sker detta som en procentsats av innevarande energianvändning för byggnaden, vilket i sin tur är ett uppskattat värde, se t ex SVEBY 2012. Att sänka temperaturen i varmvattenberedaren till lägre än 60 °C är inte tillåtet.

Individuell mätning och debitering av varmvatten

I Sverige har man i regel alltid betalat varmhyra inklusive tappvarmvatten (och kallvatten). Byggnaderna har oftast en vattenmätare som sitter på kallvattenstammen där vatten "kommer in". Detta debiteringssätt är ifrågasatt, oftast med anledning att incitamenten för att spara vatten, och därmed energi för tappvarmvattenuppvärmning, går förlorat (Boverket 2002). Man jämför ofta skillnaden i vattenförbrukningen mellan små- och flerbostadshus, där småhusägaren ser ett direkt samband mellan förbrukningen och kostnader.

Att införa mätsystem i VVS-systemen, när dessa ska förnyas/renoveras, är fullt möjligt. Men dessa räcker i sig inte för att debitera. Mätvärden ska insamlas, verifieras (mätfel elimineras), periodiseras och sammanställas för att göra underlag till själva debiteringen. Denna tjänst, tillsammans med underhåll av mätsystemet, ska utföras av någon. Denna kostnad måste ställas mot den kostnadsbesparing som fås med minskad energianvändning.

I detta projekt har endast debitering av varmvatten tagits med. Individuell debitering för uppvärmning av lägenheter är också möjligt att införa, men innebär en mer komplex debiteringsmodell där rättvisan kan ifrågasättas, se t ex Berntson, 1999 och 2003 och Andersson, 2002. Debitering på basis av tappvarmvattenkonsumtionen är enklare att motivera.

Injustering av värmesystemet

För att värmesystemet ska fungera som avsett krävs att systemets radiatorer får de vattenflöden som de är dimensionerade för. Det sköts genom förinställning av stam- och radiatorventiler. Termostatventiler på varje radiator anpassar flödet i radiatorerna till det rådande klimatet i rummet och kompenserar således för eventuella värmetillskott i form av solinstrålning, personvärme m.m.

Om systemet inte är korrekt injusterat får det ofta konsekvensen att byggnaden får en ojämn uppvärmning. Vissa delar av byggnaden kan bli för varma och andra för kalla. För att kompensera för detta är det vanligt att höja hela systemets arbetstemperatur vilket gör det lagom varmt för de som haft det kallt, men det gör också att de övertempererade delarna av byggnaden blir ännu varmare och energianvändningen i byggnaden ökar.

Om energieffektiviserande åtgärder görs, främst på klimatskärmen, påverkas värmebehovet i byggnaden och därför bör injustering av värmesystemet alltid göras efter sådana åtgärder.

Den energimässiga besparingspotential som finns att göra med en injustering är svår att beräkna, men genomförda studier visar att en minskning av energiåtgången till radiatorsystem på minst 10-15 % är vanliga, se t ex Trüschel, 2005. Inom ramen för projektet har antagits att 10 % av värmen till radiatorerna kan sparas med ett korrekt injusterat system.

Återvinning av duschspillvatten

Att återvinna värme ur spillvatten är en möjlighet för att reducera energianvändningen. I detta fall avses en typ av värmeväxlare som placeras vid dusch/badkar och växlar det varma avloppsvattnet mot det till duschblandaren inkommande kallvattnet. På så vis höjs temperaturen hos kallvattnet och minskar behovet av varmvatten i blandaren. Förutsättningen för att det ska fungera att installera är att det finns badkar eller duschkabin under vilken värmeväxlaren kan placeras. Besparingspotentialen uppskattas till 20 % av energin för varmvattenuppvärmningen (Nykvist, 2012).

2.4 Ekonomiska kalkyler

”Pay off-metoden” och LCC

Pay off-metoden kallas ibland för återbetalningsmetoden. Denna metod är en enkel investeringskalkyl som i princip anger hur lång tid det tar att få tillbaka pengar för en investering. I anknytning till energieffektivisering av byggnader kan denna metod användas för att få en översiktlig bild över lönsamheten. (Energilotsen 2009)

Metodens indata är följande:

- Investeringskostnaden (kr)
- Minskningen av köpt energi räknat per år (kWh/år) och energipriset (kr/kWh)

När minskningen av köpt energi har beräknats, givet energipriset, kan den årliga besparingen (kr/år) uppskattas.

$$Pay\ off -\ tid = \frac{investeringskostnaden}{\text{årliga besparingen}} \quad (2.1)$$

Metoden gynnar ofta kortsiktiga investeringar, eftersom det lönsammaste alternativet är det som har kortaste pay off-tiden. Olika företag har olika policyn om att bedöma lönsamhet utifrån ett tidsperspektiv. Generellt genomförs inte åtgärder om återbetalningstiden är längre än 5 år – förutom tumregeln – om återbetalningstiden motsvarar halva livslängden för de åtgärdade komponenterna, då kan det anses lönsamt. Metoden missgynnar energieffektiviserande åtgärder eftersom den inte tar hänsyn till besparingarna efter återbetalningstiden och att de energieffektiviserande åtgärderna är långsiktiga. Metodens styrka ligger i enkelheten och den kan vara mycket användbar i tidiga skeden där det ska sällas bland många alternativ. I en utförligare analys som ligger till grund som

beslutsunderlag bör den kompletteras med en mer ingående kalkyl, t ex med nuvärdes- eller annuitetsmetoden inom LCC. (Energilotsen 2009)

Life Cycle Cost LCC

Inom energieffektivisering ska LCC ta hänsyn till alla kostnader och besparingar under hela förväntade livslängden för en byggnadskomponent eller system (därav livscykeln). Man bedömer alltså den totala kostnaden som konstruktionen ger upphov till under sin livslängd. Grovt sett blir det totala kostnaden, LCC_{Tot} , beroende av följande variabler:

$$LCC_{Tot} = \text{Investeringskostnad} + LCC_{energi} + LCC_{underhåll} \quad (2.2)$$

Där

- *Investeringskostnad* är kapitalinvesteringen som gjorts i anknötning till ändringen (kr)
- LCC_{energi} är nuvärdet för kostnaden för energiförlusten som fås under komponentens livslängd (kr)
- $LCC_{underhåll}$ är nuvärdet för underhållskostnaden som fås under komponentens livslängd (kr)

När man står inför att bedöma lönsamheten mellan olika alternativ, så är alternativet som ger lägsta värdet på LCC_{Tot} , det som är mest lönsamt. Observera att man i beräkningsmetod räknar med s k nuvärdet – man omräknar kostnader och besparingar i framtiden till belopp som värderas i nuet. LCC-metoden gynnar långsiktigt tänkande, speciellt eftersom metoden tar hänsyn till lönsamhet som inträffar efter återbetalningstiden och tar även hänsyn till inkomster och utgifter under hela livslängden. Nackdelen är att jämförelsen mellan olika alternativ är svår när alternativen betraktar olika livslängder. (Energilotsen 2009)

För att utföra en LCC-beräkning bör följande variabler, vilka utgör indata, vara kända:

- Investeringskostnaden (kr)
- Åtgärdens energibesparing (kWh/år)
- Åtgärdens förväntade brukstid/livslängd (år)
- Kalkylränta som är avkastningskravet man har på investeringen (%)
- Energifpris (kr/kWh)
- Energifprisökning (%)
- Kostnad för minskad hyresintäkt (t ex tjockare invändig väggisolering), besparing till följd av effektivare och mindre värmesystem, osv (kr)

I kalkylen ställs framtida kostnader och besparingar mot investeringskostnaden. För att uppskatta de framtida beloppens värde med det värde de skulle ha idag, används Nuvärdesmetoden genom att använda nuvärdessumman NUS. NUS används när belopp (kostnader och intäkter) i framtiden återkommer regelbundet, t ex på årsbasis. Med denna faktor kan t ex den kostnad som man har i form av energiförluster LCC_{energi} för en byggnadskomponent, under sin livslängd, beräknas genom

$$LCC_{energi} = NUS \cdot \text{Energifpris} \cdot \text{Årlig energibesparing} \quad (2.3)$$

Därutöver kan komponenter innebära en regelbunden underhållskostnad, $LCC_{underhåll}$ uttryckt som

$$LCC_{underhåll} = NUS \cdot \text{Årlig underhållskostnad} \quad (2.4)$$

Nusummefaktorn (NUS) visar summan av värdet, idag, på det som årligen sätts in under n år, om kalkylräntan är r %.

$$NUS(r;n) = \frac{(1+r)^n - 1}{r \cdot (1+r)^n} \quad (2.5)$$

Sett över längre tid, bör hänsyn tas till inflationen. Det blir då aktuellt att räkna med realbelopp.

- Real kalkylränta r är kalkylräntan minus inflationen. Kalkylräntan är ett sätt att uttrycka ett företags ekonomiska krav på långsiktiga investeringar (Abel et al. 2012).
- Real energiprisökning p är energipris minus inflationen.

Nettoräntan blir nu

$$f = \frac{(r+p)}{(1+p)} \quad (2.6)$$

så att nusummefaktorn NUS är

$$NUS(f;n) = \frac{(1+f)^n - 1}{f \cdot (1+f)^n} \quad (2.7)$$

Som framgår i ekvation 2.7 ska värden på brukstider (förväntade livslängder) n antas. De antaganden som gjorts i projektet för brukstid för olika installationer och komponenter framgår av tabell 2.6.

Tabell 2.6: Antagna brukstider för bygnadsdelar och komponenter

Typ av åtgärd	Antagen brukstid (år)	Referens
Tilläggsisolering av väggar och grund	40	Belok, 2012
Solceller, solfångare	30	Svesol AB, 2012, Svensk Solenergi 2012
Fönster och dörrar	30	Energilotsen, 2009
Tekniska installationer och regleråtgärder	15	Belok, 2012

Lönsamhetskriterier

Lönsamhetskriteriet med LCC-analysen är beroende av hur kostnaden för energirelaterade åtgärder bokförs. I en bedömning om huruvida en åtgärd är lönsam ur ett energitekniskt perspektiv, blir lönsamhetskriteriet för en byggnadskomponent följande:

$$vinst = LCC_{original} - LCC_{åtgärd} \quad (2.8)$$

Beloppet för $LCC_{original}$ och $LCC_{åtgärd}$ beräknas i enlighet med ekvation 2.1. I beloppet för $LCC_{original}$ förekommer inte investeringskostnaden, som torde vara avskrivet. Däremot kommer beloppet påverkas av dess höga framtida energi- och underhållskostnader. Livscykelkostnaden för en åtgärd, $LCC_{åtgärd}$, ska vara sådan att den under komponentens livslängd genererar en vinst, dvs. att investeringskostnaden är låg att energianvändningen i anknötning till åtgärden är minimal. En sådan beräkning visar om det är lönsamt eller inte genom att "bara köra på" utan att åtgärda. Exempel på sådan beräkning visas av Hansson (2009), se även (Stockholm Stad, 2012).

En annan vinkling på lönsamhet är om en åtgärd, med nödvändighet men utan koppling till energiaspekter, måste utföras. Vissa åtgärder handlar om löpande underhåll, t ex att fasaden ska

renoveras. Om fasaden måste åtgärdas, förknippas detta med en viss kostnad. När fasaden ändå måste åtgärdas, bör det övervägas om en energiåtgärd ska simultant utföras. Den energitekniska åtgärden kommer innebära en merkostnad, vilken ligger till grund för LCC-analys. Lönsamhetskriteriet i denna betraktelsesätt att, om den merkostnad som den energitekniska åtgärden är lägre än LCC-kostnaden (ekvationer 2.2 och 2.3), så är den energitekniska åtgärden motiverad. Kriteriet lyder enligt: (Energilotsen, 2009):

$$\text{investeringsmerkostnad} < LCC_{\text{energi}} + LCC_{\text{underhåll}} \quad (2.9)$$

Indata som behövs för denna beräkning är:

- Merkostnad för investeringen (kr)
- Åtgärdens energibesparing (kWh/år)
- Åtgärdens förväntade brukstid (år)
- Kalkylränta som är avkastningskravet man har på investeringen (%)
- Energifpris (kr/kWh)
- Energifprisökning (%)
- Kostnad för minskad hyresintäkt (t ex tjockare väggisolering)
- Besparing till följd av effektivare och mindre värmesystem

Tidigt i projektet utformades ett Excel-program för att bedöma lönsamheten hos enskilda åtgärder. I lönsamhetsbedömningarna låg ekvation 2.9 som grund. Investeringskostnader baserades på data från Wiksells Byggberäkningar AB (2012), kataloger kallade sektiondata ROT och sektion-data VS. Som indata för varje byggnad och åtgärd uppskattades värden i listan under ekvation 2.9, förutom kostnader och besparingar kopplade till de två sistnämnda punkterna. Även bedömning av aktuellt underhållsbehov av den enskilda byggnadens komponenter eller system framgår, se figur 2.7. Wiksells Byggberäkningar AB uppdaterade data i listor i september 2012.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Beräknad energibesparing (kWh/år)	Procentuell minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)	Sparat energilag	Beräknad investeringskostnad (kr)	Beräknad årlig besparing (kr/år), nuvarande energipris	Pay off tid (år)	Brukstid (år)	Besparing under hela åtgärdens brukstid (kr)	Blir åtgärden lönsam inom brukstiden?	Underhållskostnad (kr/år)	Åtgärd nödvändig pga nuvarande skick?
1											
2	Väggar: Tilläggsisolering, 100 mm mineralull, ng putsfasad	20200	2%	Pellets	490 000	9 100	54	40	20100	0	NJA
3	Väggar: Tilläggsisolering, 200 mm mineralull, ng putsfasad	23200	24%	Pellets	540 000	10 400	52	40	241300	0	NJA
4	Väggar: Tilläggsisolering, 100 mm mineralull, ng plåtfasad	20200	2%	Pellets	280 000	9 100	31	40	20100	0	NJA
5	Väggar: Tilläggsisolering, 200 mm mineralull, ng plåtfasad	23200	24%	Pellets	300 000	10 400	29	40	241300	0	NJA
6	Fönster: LE-glas tvåvärdigt (U-värde 1,8)	4700	5%	Pellets	80 000	2 100	38	30	41500	0	JA
7	Fönster: Nya effektiva fönster (U-värde 1,3)	8500	9%	Pellets	290 000	3 800	76	30	75000	0	JA
8	Fönster: Nya högeffektiva fönster (U-värde 0,95)	12300	13%	Pellets	370 000	5 500	67	30	108500	0	JA
9	Golvmark: 100 mm cellplastspordän i källaremark	7400	8%	Pellets	90 000	3 300	27	40	77000	0	NEJ
10	Ventilation: Högeffektiv FTX-system	9700	10%	Pellets	610 000	4 400	139	15	-67300	10000	NEJ
11	Sollängare för varmvattenvärme ca 15 m ²	7800	8%	Pellets	90 000	3 500	26	30	68800	0	NEJ
12	Solceller 10 kW _p , ca 70 m ²	8500	9%	Ei	150 000	7 200	21	30	185500	0	NEJ
13	Bjge av dörrar (U=0,8)	600	1%	Pellets	80 000	300	267	30	5300	0	NJA
14	Koppling av balkonger, ng isolerad balkong	1800	2%	Pellets	180 000	800	225	30	15900	0	NEJ
15	Årening av duschspillvatten	3100	3%	Pellets	30 000	1400	21	15	4700	1000	NEJ
16	Sänkning av innetemperaturen en grad	6900	7%	Pellets	-	3 100	0	15	3700	0	NEJ
17	Dragning av ng-kåvet	5900	6%	Pellets	80 000	2 700	30	30	52000	0	NJA
18	Nattsänkning av temperatur till 18 grader	10900	11%	Pellets	10 000	4 900	2	15	58600	0	NEJ

Figur 2.7: Skärmvy från Excel-program utformat inom ramen för projektet. Vissa fält är låsta, men uppgifter om Atemp, energiförbrukning, elpris, fjärrvärmepri, kalkylränta m.m. kan aktualiseras.

Ett av problemen med denna metod är att bedöma huruvida en kostnad eller del av kostnaden ska betraktas som en renodlad energiåtgärd, eller som en underhållskostnad (dvs. en kostnad som inte ska återbetalas via energibesparingar) eller som en eftersatt underhållskostnad. Detta problem tas även upp i Stockholm Stad, 2012. I Energilotsen (2009) utgår man ifrån att byggnaden ska uppfylla de minimikrav som ställs av byggreglerna BBR. Merinvesteringskostnaden är därmed baserad på kostnadsskillnaden som fås av att öka byggnadens energiprestanda i förhållande till energiprestanda som fås genom att uppfylla BBR's minimikrav.

BELOK Totalprojekt

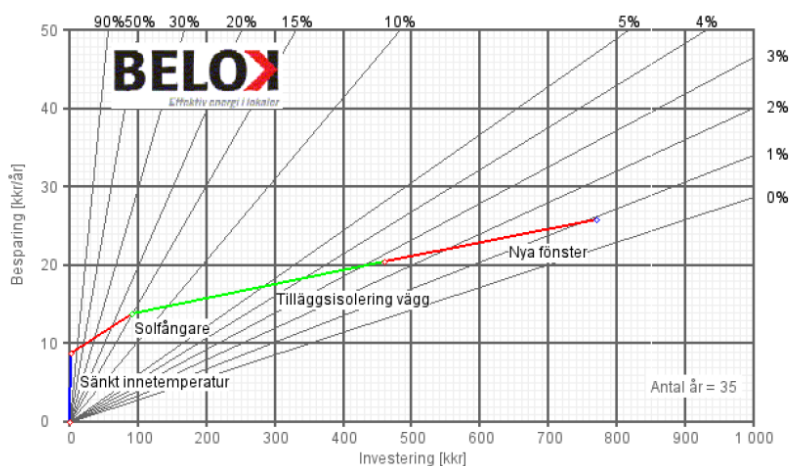
För att bedöma den energiekonomiska lönsamheten i ett större ombyggnads- eller underhållsprojekt finns ett beräkningsverktyg har tagits fram av BELOK. Verktöget kallas BELOK Totalprojekt (Abel et al., 2012) och detta finns kostnadsfritt tillgängligt för alla via länken www.belok.se. Nertill finns en kort beskrivning över hur resultat redovisas. För en mer ingående beskrivning hänvisas läsaren till Abel et al. (2012) och hemsidan www.belok.se.

I BELOK Totalprojekt arbetar man med åtgärds paket, dvs. en samling av olika åtgärder eftersom man oftast genomför större renoveringar under en kort begränsad period. Indata för varje åtgärd behövs:

- Merkostnad för investeringen (kr)
- Åtgärdens energibesparing (kWh/år)
- Åtgärdens förväntade brukstid (år)
- Kalkylränta som är avkastningskravet man har på investeringen (%)
- Energifpris (kr/kWh)
- Energifprisökning (%)

I Figur 2.8 visas resultat som fås när BELOK Totalverktöget används. Resultat visas i ett diagram, med axlar som visar investering kontra energibesparing. En viktig variabel som Totalverktöget arbetar med, är en korrigerad kalkylränta samt internränta. Den korrigerade kalkylräntan är kalkylräntan minus energiprisökningen. Det är denna ränta som plottats i figur 2.8. För att investeringen ska vara lönsam, ska åtgärds linjernas slutpunkt (dvs. punkten som ligger längs bort från origo), ligga till vänster om den korrigerade kalkylräntan som företaget har. Ju högre räntesats som slutpunkten hamnar på i förhållande till korrigerade kalkylräntan, desto högre blir lönsamheten. Observera att de mest lönsamma åtgärderna har störst (brantast) lutning i figuren.

I september 2012 lanserades en ny version av beräkningsverktöget. Resultaten som presenteras i projektet är från den föregående versionen.



Figur 2.8: Resultat från BELOK Totalverktöget kommer i form av ett diagram.

2.5 Klimatpåverkan från energianvändning i fastigheter

Denna studie omfattar beräkning av primärenergianvändning och klimatpåverkan, dvs. utsläpp av växthusgaser, som uppstår till följd av energianvändningen i byggnaderna exklusive hushållselen. I denna studie baseras beräkningar för resursförbrukning och klimatpåverkan på både medelförbrukning och marginalperspektiv på lång sikt (gäller endast för elförbrukningen).

Sett över fastighetsbeståndets livstid kan även utsläpp från produktion av material, byggnation, renoveringar samt rivning inkluderas. Dessa utsläpp beaktas ej i denna studie.

2.5.1 Primärenergifaktorer och CO₂ emissioner

För beräkning av primärenergianvändning av el ansätts schablonvärden som primärenergifaktorer. Värden för primärenergifaktorer för el har hämtats från "Ett energieffektivare Sverige", SOU 2008:25. Enligt utredningen kan en viktningfaktor på 1,5 ansättas för elanvändning baserad på medel. Utredningen rekommenderar viktningfaktorn 2,5 vid beräkning utifrån marginalperspektiv.

Emissionsfaktor för CO₂ utsläpp ansetts i denna studie till 0,4 kg CO₂-e/kWh, vilket förutsätter att naturgaseldade kombicykelanläggningar som körs i kondensdrift ("gaskombi") används som approximation för marginalet. Emissionsfaktor för CO₂ utsläpp till ansätts 0,085 kg CO₂-e/kWh vid medelberäkningar (baseras på nordisk elmix 2009).

Det finns flera avgörande skillnader mellan produktion av fjärrvarme och produktion av el. Den första är att fjärrvärmenät är lokala. En andra skillnad är att lokala fjärrvärmesystem kan ställas om mycket snabbare än det i praktiken internationella elsystemet. För fjärrvarme finns inte en marginalproduktion som på samma sätt som för el påverkar miljövärdena sett över ett helår. Orsaken är att ökad efterfrågan på fjärrvarme täcks av ett stort antal olika produktionsanläggningar, vilka varierar beroende på när under året förändringen sker. För marginella förändringar i användningen av fjärrvarme kan därför den befintliga mixen användas. Utökad resonemang kring fjärrvärmens miljöpåverkan återfinns i "Uppvärmning i Sverige 2006 – En analys av priser, konkurrens och miljö" från Sveriges Energimyndighet.

Föreliggande rapport har inte betraktat någon marginalproduktion för fjärrvarme eller någon förändring av fjärrvärmeproduktionen under den studerade perioden. Orsaken är dels att fjärrvärmen består av olika nät med olika produktionsmixar, dels att många nät har basproduktion med biobränslen, avfall och kraftvärme och att det är denna bas som ökas vid effekttoppar (dvs. på marginalen) och dels att det är svårt att avgöra om den totala leveransen kommer att öka eller minska under de närmaste 10-20 åren.

En genomsnittlig viktningfaktor för fjärrvärmeproduktionen i Sverige speglar inte den aktuella viktningfaktorn i varje enskilt fjärrvärmenät, men en genomsnittlig nationell viktningfaktor för fjärrvärmen är en god bedömningsgrund för utvärdering av energieffektivisering (uppvärmning och tappvarmvatten) under en viss tidsperiod (SOU 2008:25).

Den genomsnittliga primärenergifaktorn för fjärrvärmenät ansätts till 0.9 (enligt rekommendation SOU 2008:25). Emissionsfaktor för CO₂ utsläpp ansätts till 0,074 kg CO₂-e/kWh vilket var Sverige-genomsnittet för fjärrvärmelanläggningar år 2008 (hämtats från Svensk Fjärrvärmes hemsida).

Primärenergifaktor respektive emissionsfaktor för CO₂ ansätts för eldningsolja till 1,2 respektive 0,30 kg CO₂-e/kWh och för pellets till 1.2 respektive 0,01 kg CO₂-e/kWh (Wahlström et al. 2000, Wahlström et al. 2002, Svensk Energi 2010, Värmeforsk 2011, SOU 2008:25).

Tabell 2.7 summerar de primärfaktorer och emissionsfaktorer som används i detta projekt.

Tabell 2.7: Primärfaktorer och emissionsfaktorer som används i detta projekt

Primärenergifaktorer (kWh primär/kWh)	årsmedel	marginalel
El	1,5	2,5
Fjärrvärme	0,9	0,9
Oljeeldning	1,2	1,2
Pellets	1,2	1,2

CO₂ utsläpp (g CO₂e/kWh)	årsmedel	marginalel
El	85	400
Fjärrvärme	74	74
Oljeeldning	300	300
Pellets	10	10

3. GENOMFÖRANDE

Projektet har genomförts gentemot fastighetsägarna i form av ett stort antal träffar. Det har varit dels individuella träffar, dels träffar för alla elva fastighetsägare och deras fastighetskötare/vårdare, och dels seminarier där alla länets aktörer inom bygg, fastighet, energi, teknik och samhällsutveckling varit inbjudna att delta. Träffarna har omfattat föreläsningar, uppvisning av mätinstrument, fastighetsundersökningar, förevisning av energieffektiviserande lösningar, genomgång av åtgärds-paketet inför det egna valet, och har inte minst gett möjligheter att bredda kontaktnätet inom länet.

Kalendarium

- 16/12-11 Första projektträffen mellan Länsstyrelsen och Högskolan
- 16/12-11 En första förfrågan om flerbostadsfastigheter i renoveringsbehov inom EKG-nätverket
- 9/1-12 Utskick via Mellansvenska Fastighetsägare till alla anslutna privata fastighetsägare i länet
- 10/1 Pressmeddelande skickas från länsstyrelsen till all media i länet
- 10/1 Lokalradion i Gävle berättar om projektet
- 11/1 Gefle Dagblad "Här är goda råd gratis" och Arbetarbladet har artiklar om projektet (täcker Gästrikland)
- 11/1 SVT "Energieffektiva bostäder ska inspirera"
- 11/1 Fastighetsägare som anmält intresse får frågeformuläret kring deras fastigheter - sker löpande
- 13/1 P4 Gävleborg sänder intervju med projektgruppen ut över hela länet
- 13/1 Hem & Hyra "Länsstyrelsen ger energihjälp"
- 13/1 Förnyad artikel i Gefle Dagblad "Sökes renoveringsobjekt"
- 16/1 Radio Gävleborg "Husens energislöseri ska strypas"
- 18/1 Första urval objekt

31 januari Allt klart kring urvalet av fastigheter och avstämningar med fastighetsägarna

2 februari Upptaktsträff för fastighetsägare, Bollnäs Folkhögskola halvdag

samt 8 februari på länsstyrelsen i Gävle för de som inte kunde närvara den 2 februari

- Projektet
- Regelverk och Nationella Mål
- Energianvändning och Systemtänkande
- Presentation av fastigheterna via bildspel och mha fastighetsägare och deras fastighetskötare
- Uppvisning av mätutrustning
- Insamling av underlag (planritningar, dokumentation av energiförbrukning)

En dag under tiden 9 februari – senast 31 mars

Besiktningar och mätningar på plats i fastigheterna. En eller två lägenheter samt övriga utrymmen upplåts. Även korttidsmätningar genomfördes – mätinstrumentet/givare hämtades efter 2-4 veckor. Fastighetsägaren och fastighetsskötare/vårdare var närvarande. Lokala tidningar bevakade. För mätningarnas skull var det viktigt att komma igång så fort som möjligt för att inte missa årets kallaste period som brukar inträffa under februari månad.

7 mars EKG-seminarium, Bollnäs Folkhögskola heldag 70 deltagare

Alla länets aktörer inom bygg, fastighet, energi, teknik och samhällsutveckling är välkomna.

- Presentation av projekt EKG-Flerbostadsfastigheter
 - Strategier vid renovering och ombyggnad
Energieffektivisering. Energiförluster. Potentialer. Systemperspektiv.
Byggnadstekniska och kommersiella faktorer.
 - Nya produkter och system för energieffektivt byggande
 - Kulturvärdena
 - Erfarenheter med EPC (Energy Performance Contracting -en upphandling av energibesparing där entreprenören garanterar en viss energibesparing som gäller under hela kontraktstiden)
 - Ventilation och radon
 - Miljömärkning
- Lokal tidning bevakade.

April – 12 juli

Sammanställning av data, simuleringar och framtagning av förslag till åtgärds paket.

9 maj Fastighetsägarräff, samlingslokal vid Ockelbogårdar, Ockelbo heldag

- Åtgärder vi fokuserar på
 - Beräkningsmodell IDA
 - Programvaran för energiberäkningarna BV²
 - Resultaten från platsundersökningarna och beräkningarna för Ockelbogårdars fastighet
 - Rundtur i Ockelbogårdars fastighet
 - Kulvertförluster
 - Möjligheter med fönster i energieffektiviseringssyfte
 - Statligt stöd för anpassning till äldreboenden
 - Statligt stöd till solceller
 - Ekonomiska kalkyler ur pay-off och livscykelperspektiv
- Lokal tidning bevakade.

12 juni EKG-seminarium, Sandviken Folkets Hus heldag 120 deltagare

Alla länets aktörer inom bygg, fastighet, energi, teknik och samhällsutveckling är välkomna.

- Resultat projekt EKG-fastigheter för Brf Stensötan, Sandviken
 - Hållbarhet utifrån bankens verksamhet
 - Smart Grid och Det Aktiva huset
 - Egen Solenergi
 - Eget Vindkraftverk
 - Lagring av energi i marken under/intill fastigheten
 - Minimässa med aktörer i närområdet inom energieffektivisering:
Vindkraft, Solceller/Solfångare, Byggnadsvård, Beräkningar/Fastighetsöversikter, Hållbar isolering, Reglersystem, Framtidens ljuskällor, Energieffektiva Fönster, Snålspolande kranar, Utbildningar, Bokbord
- SVT GävleDala filmade och intervjuade.

12 juli Utskick till fastighetsägarna som förberedelse inför träffarna i slutet av augusti
Resultat av mätningarna och beräkningarna för deras respektive fastighet – olika kommenterade och kostnadsberäknade åtgärdsförslag till att minska energianvändningen.

Augusti

Tabell 3.1: Individuella fastighetsägarträffar där framtagna och egna åtgärdspaket diskuterades

DAG	VAR	TID	VEM
Torsdag 23 augusti	Gävle Ist	09.30-11.30	BRF Stensötan, Sandviken
Torsdag 23 augusti	Gävle Ist	12.30-14.30	Sätralyan AB, Gävle
Torsdag 23 augusti	Gävle Ist	15.00-17.00	Ribacken AB, Gästrike-Hammarby
Måndag 27 augusti	Gävle Ist	09.30-11.30	EDHsfären AB, Segersta, Bollnäs
Måndag 27 augusti	Gävle Ist	12.30-14.30	Ljusne Invest AB, Ljusne, Söderhamn
Måndag 27 augusti	Gävle Ist	16.00-18.00	BRF Gävle Nr.24, Gävle
Tisdag 28 augusti	Bollnäs	10.00-12.00	Fastighets AB Seglet, Ljusdal
Tisdag 28 augusti	Bollnäs	13.30-15.30	Ockelbogårdar, Ockelbo
Onsdag 29 augusti	Järvsö	09.30-11.30	Nordanstigs Bostäder, Ilsbo, Nordanstig
Onsdag 29 augusti	Järvsö	12.30-14.30	Hudiksvallsbostäder, Delsbo, Hudiksvall
Onsdag 29 augusti	Järvsö	15.00-17.00	Thunman FastighetsAB, Hudiksvall

September

Simulering av fastighetsägarnas egna valda åtgärdspaket. Framtagning av interaktiva exceltabeller till varje fastighetsägare där de själva i framtiden kan ändra indata som energikostnader, offertpriser på olika åtgärder, avkastningskrav mm. och därmed kan räkna på kostnadseffektiviteten framöver.

27 september Fastighetsägarträff, Kulturhuset Glada Hudik, Hudiksvall heldag

- Ventilation och inomhusklimat
- Brukarbeteende. Vanor och mönster.
- Hur möter byggnadsvården energieffektiviserings- och klimatanpassningsfrågor?
- Klimatanpassning
- Om att våga/vara tvungen att satsa

Oktober

Avstämningar med fastighetsägarna kring de enskilda fastigheternas dokument.

November

Slutrapporten färdigställs.

28 november EKG-seminarium, Gävle Konserthus heldag 160 deltagare Media inbjuden

Alla länets aktörer inom bygg, fastighet, energi, teknik och samhällsutveckling är välkomna.

- Information om "Ett Hållbart och Klimatneutralt Gävleborg 2050"- ett treårigt projekt som Högskolan i Gävle startat upp på uppdrag av Länsstyrelsen Gävleborg
- Slutseminarium EKG-F: Presentation och diskussion av resultat och slutsatser
- Alla deltagare får den tryckta slutrapporten
- Konkreta fallstudier i att renovera för energieffektivitet
- Hållbart byggande – hållbara stadsdelar i Sverige och i Europa
- Samverkans centrala betydelse för utveckling och framgång
- Avslutande paneldebatt med aktörer från leden stat, politik, konsult, utförare och energi:

**Vad är din roll i att övervinna flaskhalsar och hinder mot 2050-målen?
Hur bidrar du?**

4. RESULTAT

4.1 Indata

4.1.1 Valda byggnader

I tabell 4.1 ges en sammanställning av de byggnader som deltagit i projektet. För ytterligare information om byggnaderna hänvisas till respektive byggnads delrapport, se Del 2. Med ventilationstyp S avses självdragsventilation, med typ F avses frånluftsventilation. Sett för samtliga byggnader är den genomsnittliga uppvärmda golvarean 1031 m², det genomsnittliga antalet lägenheter 11 st och det genomsnittliga byggåret 1949.

Tabell 4.1: I projektet undersökta byggnader

Byggnad	Kommun	Ägandeform	Atemp (m2)	Byggår	Stomme	Antal lägenheter	Huvudsakligt uppvärmningssätt	Ventilationstyp	Placering (rural/urban)
Delsbo	Hudiksvall	Kommunalt	1221	1970	Betong/trä	10	Fjärrvärme	S	U
Gästrike-Hammarby	Sandviken	Privat	190	1966-67	Lättbetong	4	Bergvärme	S	R
Gävle, Staketgatan	Gävle	Brf	3000	1899	Tegel	24	Fjärrvärme	F	U
Gävle, Sättra	Gävle	Privat	2581	1973	Lättbetong	27	Fjärrvärme	F	U
Hudiksvall	Hudiksvall	Privat	402	1880	Trä	5	Olja	F	R
Ilsbo	Nordanstig	Kommunalt	292	1971	Trä	4	Direktverkande el	S	R
Ljusdal	Ljusdal	Privat	720	1962	Lättbetong	7	Fjärrvärme	S	U
Ljusne	Söderhamn	Privat	606	1950	Trä	8	Pellets	S	R
Ockelbo	Ockelbo	Kommunalt	364	1977	Trä	5	Direktverkande el	F	R
Sandviken	Sandviken	Brf	1378	1950	Lättbetong	18	Fjärrvärme	S	U
Segersta	Bollnäs	Privat	588	1955	Lättbetong	6	Pellets	S	R

4.1.2 Mätresultat

I tabell 4.2 återges de resultat som erhållits vid mätningar i respektive byggnad. Långtidsmätning av ventilation är endast gjord i byggnader med självdragsventilation.

Tabell 4.2: Uppmätt innetemperatur, luftläckage och luftomsättning

Byggnad	Uppmätt medelinetemperatur, en lägenhet (° C)	Uppmätt luftläckage, en lägenhet (l/s·m2 vid 50 Pa)	Uppmätt luftomsättning (oms/h), en lägenhet	Kommentar
Delsbo	24,5	0,57	0,42	Långtidsmätning av temp och vent.
Gästrike-Hammarby	25,5	0,62	0,57	Långtidsmätning av temp och vent.
Gävle, Staketgatan	23	1,7	0,5	Långtidsmätning av temp, momentan mätning vent
Gävle, Sättra	21	0,36	0,62	Momentanmätning temp, momentan mätning vent
Hudiksvall	22,2	2,3	0,5	Långtidsmätning av temp, momentan mätning vent
Ilsbo	18,1	1,92	0,34	Långtidsmätning av temp och vent.
Ljusdal	21,9	0,2	0,39	Långtidsmätning av temp och vent.
Ljusne	25	2,37	0,4	Momentanmätning temp, uppskattning vent
Ockelbo	22,4	1,05	0,3	Långtidsmätning av temp, uppskattning vent
Sandviken	19,6	0,33	0,23	Långtidsmätning av temp och vent.
Segersta	22,4	0,35	0,35	Långtidsmätning av temp och vent.
Genomsnitt för samtliga	22,3	1,07	0,42	

Medeltemperatur inomhus är uppmätt under minst en två-veckors period. Medelvärde på standardavvikelsen i mätdata är 0,8 vilken innebär en generellt låg grad av variation i temperaturerna under mätperioden, även om avvikelser finns. Observera att mätningarna endast avser en lägenhet per byggnad.

Luftläckaget är mätt vid 50 Pa undertryck i en lägenhet per byggnad. Medelvärdet av luftläckaget i byggnader med stomme huvudsakligen i sten- och betongkonstruktion är 0,63 l/s·m² och för byggnader med huvudsakligen träkonstruktion är medelvärdet på luftläckaget 1,9 l/s·m².

Luftomsättningen är uppmätt med en passiv spårgasmetod under minst en två veckors-tid. I genomsnitt för alla byggnader uppgick luftomsättningen under mätperioderna till 0,42 oms/h. En luftomsättning på 0,5 oms/h motsvarar kravet enligt Boverkets byggregler på 0,35 l/s m² för bostäder, då takhöjden är 2,5 meter, vilket är tillämpligt för samtliga byggnader med undantag för Gävle, Staketgatan.

4.2 Energiberäkning

4.2.1 Nuvarande energianvändning

Byggnadernas nuvarande energianvändning återges i tabell 4.3. Det är utifrån dessa värden som de beräknade besparingarna av energi gjorts.

Uppgifterna är baserade på fastighetsägarnas från bl.a. fakturor för energianvändningen samt beräkningar och fördelningar av avlästa/uppmätta värden där värdena för energianvändningen avser flera byggnader, eller då uppgifter saknas. Användningen av energi till tappvarmvatten är i samtliga fall beräknad och inte uppmätt. Energianvändningen är normalårskorrigerad enligt graddagsmetoden med graddagsdata för aktuell ort. Siffrorna avser främst 2011 års energianvändning, men viss korrektion har gjorts då det finns en stor normalårskorrigerad avvikelse mellan år 2010 och 2011. I de fall där det finns kulvertförsörjning till byggnaden har dess förluster avräknats schablonmässigt från byggnadens energianvändning. Observera att de boendes egen användning av hushållsel inte inkluderas i byggnadens energianvändning. Däremot ingår deras värmetillskott till byggnaden.

Tabell 4.3: Byggnadernas nuvarande energianvändning. Användning av varmvatten är i samtliga fall beräknad

Byggnad	Byggnadens nuvarande energianvändning (MWh/år)	Varav fastighetsel (MWh/år)	Varav varmvatten (MWh/år)	Kommentar
Delsbo	168	1	34	Enl fastighetsägaren
Gästrike-Hammarby	45	0,8	8	Beräknat
Gävle, Staketgatan	368	27	67	Faktiskt uppmätt
Gävle, Sätra	306	6	77	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Hudiksvall	86	7	12	Faktiskt uppmätt
Ilsbo	50	0	7	Faktiskt uppmätt
Ljusdal	130	13	23	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Ljusne	111	0	20	Beräknat
Ockelbo	71	0	13	Beräknat
Sandviken	242	7	38	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Segersta	95	7	16	Beräknat
Summa samtliga	1672	69	314	

Den genomsnittliga energianvändningen var 152 MWh/år, varav ca 6 MWh/år (4 %) fastighetsel och 29 MWh/år (19 %) varmvattenuppvärmning, för de undersökta byggnaderna. Fastighetselen står för en mycket liten del av energianvändningen.

I fallet Gästrike-Hammarby som använder bergvärme avser energianvändningen byggnadens behov. Den köpta energin i detta fall blir avsevärt mindre.

I tabell 4.4 återges byggnadens specifika energianvändning, dvs. fördelat på uppvärmd golvarea A_{temp}

Tabell 4.4: Byggnadernas nuvarande specifika energianvändning

Byggnad	Byggnadens nuvarande specifika energianvändning (kWh/m ² ·år)	Varav fastighetsel (kWh/m ² ·år)	Varav varmvatten (kWh/m ² ·år)	Kommentar
Delsbo	138	0,8	28	Enl fastighetsägaren
Gästrike-Hammarby	237	4,2	42	Beräknat
Gävle, Staketgatan	123	9,0	22	Faktiskt uppmätt
Gävle, Sättra	119	2,3	30	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Hudiksvall	213	16,7	30	Faktiskt uppmätt
Ilsbo	171	0,0	24	Faktiskt uppmätt
Ljusdal	181	18,1	32	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Ljusne	183	0,0	32	Beräknat
Ockelbo	195	0,0	36	Beräknat
Sandviken	176	5,1	28	Faktiskt uppmätt, fördelat Atemp
Segersta	162	11,9	27	Beräknat
Genomsnitt för samtliga	172	6	30	

Den genomsnittliga specifika energianvändningen uppgick till 172 kWh/m²·år, varav ca 6 kWh/m²·år (3 %) fastighetsel och 30 kWh/ m²·år (17 %) varmvattenuppvärmning, i de undersökta byggnaderna.

4.2.2 Energianvändning efter åtgärder

Tabell 4.5 visar den beräknade energibesparing för de åtgärds paket som tagits fram för respektive byggnad. För innehållet i varje åtgärds paket hänvisas till respektive byggnads enskilda rapport. Åtgärds paketen redovisar exempel på åtgärder som kan vidtas för att nå en halvering eller nära halvering av den nuvarande energianvändningen. Åtgärds paketen avser till större delen endast åtgärder för att minska byggnadernas värmebehov; för uppvärmning och varmvatten. Åtgärder för att minska fastighetselen har inte prioriterats, då den generellt sett utgör en liten del av den totala energianvändningen för de i projektet ingående byggnaderna. Observera att åtgärds paket har olika innehåll för de olika byggnaderna trots att de benämns åtgärds paket 1, åtgärds paket 2 osv. för samtliga byggnader. Detta då förutsättningarna för att genomföra en och samma åtgärd ser olika ut för alla de undersökta byggnaderna. Viktigt att notera är också att åtgärds paketen inte är optimerade för att uppnå högsta möjliga lönsamhet, utan visar exempel på olika åtgärder som kan vidtas för att nå en betydande reduktion i energianvändningen. Åtgärds paket "egen" avser åtgärder som fastighetsägaren själv har planer på eller intresse av att genomföra.

Som framgår av tabell 4.5 skulle en årlig energibesparing på 794 MWh göras om åtgärds paket 1 genomfördes i samtliga byggnader. Det motsvarar en minskning med 48 % mot nuvarande totala energianvändningen för byggnaderna. Om istället åtgärds paket 2 genomfördes i samtliga byggnader skulle en årlig energibesparing på 291 MWh uppnås – en minskning mot nuläget på 17 %.

Tabell 4.5: Beräknad energibesparing med åtgärdspaket

Byggnad	Åtgärdspaket 1		Åtgärdspaket 2		Åtgärdspaket "egen"		Åtgärdspaket 3 (i förekommande fall)	
	Beräknad årlig energibesparing (MWh/år)	Minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)	Beräknad årlig energibesparing (MWh/år)	Procentuell minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)	Beräknad årlig energibesparing (MWh/år)	Procentuell minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)	Beräknad årlig energibesparing (MWh/år)	Procentuell minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)
Delsbo	51,7	31%	85,8	51%	-	-	-	-
Gästrike-Hammarby	27,5	61%	24,6	55%	12,7	28%	-	-
Gävle, Staketgatan	177,7	48%	51,6	14%	52,1	14%	-	-
Gävle, Sättra	173,4	57%	77,1	25%	127,1	42%	-	-
Hudiksvall	35,4	41%	20,3	24%	5,8	7%	-	-
Ilso	17,6	35%	21,7	43%	9,7	19%	24,4	49%
Ljusdal	61,3	47%	58,4	45%	18,4	14%	-	-
Ljusne	51,1	46%	43,6	39%	-	-	-	-
Ockelbo	31,3	44%	36,8	52%	19,3	27%	34,9	49%
Sandviken	121,5	50%	120,6	50%	38	16%	-	-
Segesta	45,9	48%	42,6	45%	8,1	9%	-	-
Summa	794	48%	583	35%	291	17%	-	-

Tabell 4.6 visar scenariot att det åtgärdspaket som ger den största beräknade energibesparingen genomförs för samtliga byggnader. Här nås en total årlig besparing på 841 MWh, motsvarande 50 % reduktion av den nuvarande energianvändningen.

Tabell 4.6: Total energibesparing vid val av "best-case"-åtgärdspaket

Byggnad	Åtgärdspaket "best-case"	
	Beräknad årlig energibesparing (MWh/år)	Minskning mot nuvarande energianvändning (%/år)
Delsbo	85,8	51%
Gästrike-Hammarby	27,5	61%
Gävle, Staketgatan	177,7	48%
Gävle, Sättra	173,4	57%
Hudiksvall	35,4	41%
Ilso	24,4	49%
Ljusdal	61,3	47%
Ljusne	51,1	46%
Ockelbo	36,8	52%
Sandviken	121,5	50%
Segesta	45,9	48%
Summa	841	50,3%

Tabell 4.7 visar byggnadernas specifika energianvändning om respektive åtgärds paket skulle genomföras. Om samtliga byggnader fullföljer förslagen i åtgärds paket 1 respektive åtgärds paket 2, minskar den genomsnittliga specifika energianvändningen från 172 kWh/m²·år till 92 respektive 101 kWh/m². Då skulle fastigheterna också - i genomsnitt - uppfylla det som utgör nybyggnadskraven enligt BBR 19 för Gävleborgs klimatzon. Genomförs "best-case"-åtgärds paket enligt tabell 4.8, blir den genomsnittliga specifika energianvändningen istället 86 kWh/m².

Tabell 4.7: Byggnadernas specifika energianvändning efter genomfört åtgärds paket

	Åtgärds paket 1	Åtgärds paket 2
Byggnad	Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² ·år)	Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² ·år)
Delsbo	95	67
Gästrik-Hammarby	92	107
Gävle, Staketgatan	63	105
Gävle, Sättra	51	89
Hudiksvall	125	163
Ilsbo	111	97
Ljusdal	95	99
Ljusne	99	111
Ockelbo	109	94
Sandviken	87	88
Segersta	84	89
Genomsnitt för samtliga	92	101

Tabell 4.8: Byggnadernas specifika energianvändning efter genomfört "best-case"- åtgärds paket

	Åtgärds paket "best-case"
Byggnad	Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² ·år)
Delsbo	67
Gästrik-Hammarby	92
Gävle, Staketgatan	63
Gävle, Sättra	51
Hudiksvall	125
Ilsbo	88
Ljusdal	95
Ljusne	99
Ockelbo	94
Sandviken	87
Segersta	84
Genomsnitt för samtliga	86

Om energibesparande åtgärder motsvarande "best-case", dvs. en halvering av energianvändningen, skulle kunna genomföras på hela Gävleborgs uppvärmda flerbostadshusarea, 4,6 miljoner m², skulle de innebära en årlig energibesparing på 396 GWh i länet.

4.4 Investeringskostnader och lönsamhet

Alla kostnader har beräknats exklusive mervärdesskatt. Kostnader för projektering, myndighetsavgifter, anslutningsavgifter och dylikt är inte inkluderade. I samtliga fall avses dock hela investeringskostnaden och inte bara den merkostnad för en energieffektiviserande åtgärd som kan uppstå i samband med att en liknande åtgärd ändå behöver genomföras på byggnaden på grund av dess nuvarande skick.

4.4.1 Lönsamhet för enskilda åtgärder

Då alla byggnader har olika förutsättning för att genomföra olika åtgärder, är en jämförelse av lönsamheten för samtliga enskilda åtgärder svår. I tabell 4.9 visas dock ett urval av åtgärder som beräknats för de flesta byggnaderna och huruvida de med antagna förutsättningar kan anses bli lönsamma ur LCC-perspektiv inom sin respektive brukstid. För ytterligare information hänvisas till respektive byggnads egen rapport.

Tabell 4.9: Den här undersökningens lönsamhetsbild för enskilda utvalda åtgärder

Byggnad	Tilläggsisolering vägg 100 mm	Nya LE-glas i befintliga fönster	Nya högeffektiva fönster (U=0,85)	Solfångare	FTX-ventilation	Injustering av värmesystem
Delsbo	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Gästrike-Hammarby	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Gävle, Staketgatan	-	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Gävle, Sätra	NEJ	-	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Hudiksvall	NEJ	-	NEJ	JA	NEJ	JA
Ilsbo	NEJ	JA	NEJ	JA	NEJ	-
Ljusdal	NEJ	-	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Ljusne	NEJ	NEJ	NEJ	JA	NEJ	JA
Ockelbo	NEJ	NEJ	NEJ	JA	NEJ	-
Sandviken	NEJ	-	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Segersta	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA
Procentuellt lönsamma	0%	14%	0%	36%	0%	100%

Som framgår av tabellen är åtgärder på klimatskärmen sällan lönsamma. Betänk dock att här har *hela* investeringskostnaden beaktats. Skulle bara merkostnaden räknas in, vilket är vanligt förekommande i dessa sammanhang, skulle man få en positivare lönsamhetsbild.

Att sänka inomhustemperaturen med 1 grad ger i genomsnitt en minskad energiförbrukning med 6,3 % årligen. Totalt innebär det ca 100 MWh/år för de undersökta byggnaderna. Med hänsyn taget till de inomhustemperaturer vi uppmätt är det troligt att denna åtgärd kan genomföras i samtliga byggnader och ändå hålla sig inom Socialstyrelsens rekommendationer. Dessutom kan åtgärden i de flesta av fastigheterna vidtas till liten eller ingen investeringskostnad.

4.4.2 Lönsamhet för åtgärds paket

Tabell 4.10 visar beräknad årlig kostnadsbesparing med dagens energipris samt beräknad investeringskostnad för åtgärds paketen. Om investeringskostnaden beräknas totalt för "best-case", där den totala energibesparingen är 50 % (841 MWh/år), blir den totala kostnaden 21,2 MKr. Det motsvarar 25,2 kr per sparad kWh.

Tabell 4.10: Beräknad årlig kostnadsbesparing samt investeringskostnad för åtgärds paketen

Byggnad	Åtgärds paket 1		Åtgärds paket 2		Åtgärds paket "egen"		Åtgärds paket 3 (i förekommande fall)	
	Beräknad årlig kostnadsbesparing (kr/år)	Beräknad investeringskostnad (kr)	Beräknad årlig kostnadsbesparing (kr/år)	Beräknad investeringskostnad (kr)	Beräknad årlig kostnadsbesparing (kr/år)	Beräknad investeringskostnad (kr)	Beräknad årlig kostnadsbesparing (kr/år)	Beräknad investeringskostnad (kr)
Delsbo	31 000	1 820 000	51 500	2 950 000	-	-	-	-
Gästrike-Hammarby	12 900	630 000	14 600	910 000	3 800	250 000	-	-
Gävle, Staketgatan	96 000	4 140 000	31 600	270 000	28 100	110 000	-	-
Gävle, Sättra	93 600	3 150 000	41 600	590 000	69 400	1 770 000	-	-
Hudiksvall	46 500	1 330 000	26 700	580 000	7 700	60 000	-	-
Ilsbo	15 000	670 000	18 500	1 070 000	8 300	165 000	20 800	245 000
Ljusdal	37 000	770 000	36 000	540 000	12 000	294 000	-	-
Ljusne	25 800	770 000	22 000	440 000	-	-	-	-
Ockelbo	26 700	860 000	31 300	1 510 000	16 500	280 000	29 700	330 000
Sandviken	72 900	4 125 000	74 500	4 687 000	22 800	855 000	-	-
Segersta	20 700	750 000	19 200	1 210 000	3 600	189 300	-	-
Genomsnitt för samtliga	43 500	1 728 700	33 500	1 341 600	19 200	441 500	25 300	287 500
Totalt för samtliga	478 100	19 015 000	367 500	14 757 000	172 200	3 973 300	50 500	575 000

I tabell 4.11 relateras investeringskostnaden till byggnadernas uppvärmda area, A_{temp} . Den genomsnittliga investeringskostnaden för åtgärds paket 1 respektive åtgärds paket 2 är 1998 kr/m² respektive 2156 kr/m².

Tabell 4.11: Investeringskostnad i relation till byggnadernas uppvärmda area

Byggnad	Åtgärds paket 1	Åtgärds paket 2	Åtgärds paket "egen"	Åtgärds paket 3
	Investeringskostnad (kr/m ²)	Investeringskostnad (kr/m ²)	Investeringskostnad (kr/m ²)	Investeringskostnad (kr/m ²)
Delsbo	1491	2416	-	-
Gästrike-Hammarby	3316	4789	1316	-
Gävle, Staketgatan	1380	90	37	-
Gävle, Sättra	1220	229	686	-
Hudiksvall	3308	1443	149	-
Ilsbo	2295	3664	565	839
Ljusdal	1069	750	408	-
Ljusne	1271	726	-	-
Ockelbo	2363	4148	769	907
Sandviken	2993	3401	620	-
Segersta	1276	2058	322	-
Genomsnitt för samtliga	1998	2156	541	873

Tabell 4.12 visar en sammanställning av "pay-off"-tiden (återbetalningstiden) för respektive åtgärds-paket. Den genomsnittliga återbetalningstiden för både åtgärds paket 1 och 2 är 39 år. Vid beräkning av återbetalningstid tas ingen hänsyn till årlig energiprisökning, avkastningskrav på investerat kapital, åtgärdens brukstid eller ökade driftkostnader till följd av en åtgärd.

Tabell 4.12: Beräknad återbetalningstid för åtgärds paketen

Byggnad	Åtgärds paket 1	Åtgärds paket 2	Åtgärds paket "egen"	Åtgärds paket 3
	Återbetalningstid (år)	Återbetalningstid (år)	Återbetalningstid (år)	Återbetalningstid (år)
Delsbo	59	57	-	-
Gästrik-Hammarby	49	62	66	-
Gävle, Staketgatan	43	9	4	-
Gävle, Sätra	34	14	26	-
Hudiksvall	29	22	8	-
Ilsbo	45	58	20	12
Ljusdal	21	15	25	-
Ljusne	30	20	-	-
Ockelbo	32	48	17	11
Sandviken	57	63	38	-
Segersta	36	63	53	-
Genomsnitt för samtliga	39	39	28	11

För att bedöma huruvida åtgärds paketen som helhet är lönsamma med hänsyn taget till ovanstående används webbverktyget BELOK Totalverktyg för att göra en livscykelkostnadsberäkning, s.k. LCC-beräkning. Verktyget kalkylerar och återger grafiskt en internränta för en genomsnittlig brukstid för de i åtgärds paketen ingående åtgärderna. För att åtgärds paketet ska anses lönsamt ska internräntan överstiga ansatt kalkylränta, dvs. förväntad avkastning på investerat kapital, minus antagen årlig procentuell energiprisökning. Tabell 4.13 visar en sammanställning av resultatet för LCC-beräkningarna för de utvalda byggnaderna. För läsbarhetens skull visas endast åtgärds paket 1 och 2. Tabell 4.13 anger huruvida åtgärds paketen blir lönsamma inom den angivna brukstiden. I beräkningen har inte medräknats ökade driftkostnader till följd av en åtgärd. De bakomliggande värden som antagits för att göra beräkningen är kalkylränta 6 %, årlig energiprisökning el och olja: 5 % samt årlig energipris-ökning fjärrvärme och pellets: 3 %

Av de åtgärds paket som benämns som lönsamma, är det endast de båda åtgärds paketen för Ljusdal som når i det närmaste en halvering (47 respektive 45 %). Åtgärds paket 2 för Ljusne når 39 %. Den genomsnittliga minskningen i energianvändning i de övriga tre paket som anges som lönsamma är 20%

Tabell 4.13: Lönsamhetsbedömning för åtgärds paket 1 och 2

Byggnad	Åtgärds paket 1			Åtgärds paket 2		
	Genomsnittlig brukstid (år)	Internränta	Lönsamt med antagna kriterier?	Genomsnittlig brukstid (år)	Internränta	Lönsamt med antagna kriterier?
Delsbo	38	0,0%	NEJ	31	0,0%	NEJ
Gästrik-Hammarby	34	0,0%	NEJ	27	0,0%	NEJ
Gävle, Staketgatan	25	0,0%	NEJ	22	10%	JA
Gävle, Sätra	27	0,0%	NEJ	25	5%	JA
Hudiksvall	27	0,0%	NEJ	37	3%	JA
Ilsbo	34	0,0%	NEJ	29	0,0%	NEJ
Ljusdal	25	1,3%	JA	37	6,0%	JA
Ljusne	35	0,9%	NEJ	29	2,5%	JA
Ockelbo	34	0,3%	NEJ	28	0,0%	NEJ
Sandviken	35	0,0%	NEJ	31	0,0%	NEJ
Segersta	35	0,0%	NEJ	24	0,0%	NEJ

4.5 Effektbehov

Byggnadernas respektive effektbehov före och efter genomförd åtgärdsplan återges i tabell 4.14. Effektbehovet avser endast byggnadens behov av värme, effektbehov för tappvarmvatten, fastighetsel och hushållsel inkluderas inte. Effektbehovet avses vid -22 ° C utomhustemperatur och uppvärmning till 21 ° C inomhustemperatur, eller annan temperatur där en sänkning av inomhustemperaturen ingår i åtgärdsplanen.

Tabell 4.14: Byggnadernas effektbehov före och efter genomförda åtgärder

Byggnad	ΣUA (W/K)	Nuläge (W/m ²)	Åtgärdsplan 1		Åtgärdsplan 2	
			Effektbehov (W/m ²)	Minskning mot nuläge	Effektbehov (W/m ²)	Minskning mot nuläge
Delsbo	1177	39	32	18%	21	46%
Gästrike-Hammarby	333	89	57	36%	55	38%
Gävle, Staketgatan	1937	46	24	48%	-	-
Gävle, Sättra	1707	49	23	53%	47	4%
Hudiksvall	439	68	38	44%	61	10%
Ilso	364	65	52	20%	45	31%
Ljusdal	688,3	54	30	44%	39	28%
Ljusne	566,5	54	42	22%	45	17%
Ockelbo	442,6	65	47	28%	37	43%
Sandviken	2002	58	34	41%	36	38%
Segersta	680	61	38	38%	34	44%
Genomsnitt för samtliga	-	59	38	36%	42	29%

4.6 Klimatpåverkan och resursanvändning

Bedömningen av den klimatpåverkan och resursanvändning som kan hänföras till byggnadernas energianvändning, görs genom att beräkna deras primärenergianvändning och ekvivalenta utsläpp av koldioxid. Dessa skiljer sig för främst användning av el, beroende på om byggnadernas energianvändning antas ske med årsmedelproducerad energi eller marginalproducerad energi på lång sikt. I tabell 4.15 respektive tabell 4.16 återges dessa båda scenarion för byggnadernas klimatpåverkan och resursanvändning.

Tabell 4.15: Reduktion i primärenergi och CO₂e-emission, årsmedelproducerad energi

Byggnad	Årsmedelproducerad energi		Åtgärdsplan 1			Åtgärdsplan 2		
	Nuläge primärenergianvändning (MWh/år)	Nuläge CO ₂ e-emission (ton/år)	Byggnadens primärenergianvändning efter åtgärdsplanen (MWh/år)	Byggnadens CO ₂ e-emission efter åtgärdsplanen (ton/år)	Minskning i CO ₂ e-emission mot nuläge (%/år)	Byggnadens primärenergianvändning efter åtgärdsplanen (MWh/år)	Byggnadens CO ₂ e-emission efter åtgärdsplanen (ton/år)	Minskning i CO ₂ e-emission mot nuläge (%/år)
Delsbo	152	12,4	104	8,5	31%	73	6,0	52%
Gästrike-Hammarby*	25	1,4	11	0,6	58%	12	0,7	52%
Gävle, Staketgatan	347	27,5	187	14,4	48%	294	23,6	14%
Gävle, Sättra	279	22,7	123	9,9	57%	210	17,0	25%
Hudiksvall	105	24,3	62	13,6	44%	80	18,2	25%
Ilso	75	4,3	49	2,8	35%	42	2,4	43%
Ljusdal	125	9,8	70	5,2	46%	72	5,4	44%
Ljusne	133	1,1	72	0,6	46%	81	0,7	39%
Ockelbo	107	6,0	60	3,4	44%	51	2,9	52%
Sandviken	222	18,0	113	9,0	50%	110	9,0	50%
Segersta	116	1,5	61	1,0	31%	65	1,0	29%
Summa	1686	129	910	69	47%	1091	87	33%

*Gästrike-Hammarby använder bergvärmepump - energianvändningen avser köpt el till pumpen

Tabell 4.16: Reduktion i primärenergi och CO₂e-emission, marginalproducerad energi

Marginalproducerad energi			Åtgärds paket 1			Åtgärds paket 2		
Byggnad	Nuläge primär energianvändning (MWh/år)	Nuläge CO ₂ e-emission (ton/år)	Byggnadens primärenergi-användning efter åtgärds paket (MWh/år)	Byggnadens CO ₂ e-emission efter åtgärds paket (ton/år)	Minskning i CO ₂ e-emission mot nuläge (%/år)	Byggnadens primärenergi-användning efter åtgärds paket (MWh/år)	Byggnadens CO ₂ e-emission efter åtgärds paket (ton/år)	Minskning i CO ₂ e-emission mot nuläge (%/år)
Delsbo	153	12,8	104	8,5	33%	73	6,0	53%
Gästrike-Hammarby*	42	6,7	18	2,8	58%	20	3,2	52%
Gävle, Staketgatan	374	36,0	214	22,9	36%	308	28,2	22%
Gävle, Sättra	285	24,6	129	11,8	52%	216	18,9	23%
Hudiksvall	112	26,4	69	15,8	40%	87	20,3	23%
Ilso	125	20,0	81	13,0	35%	71	11,3	43%
Ljusdal	138	13,9	83	9,3	33%	85	9,5	31%
Ljusne	133	1,1	72	0,6	46%	81	0,7	39%
Ockelbo	178	28,4	99	15,9	44%	86	13,7	52%
Sandviken	229	20,2	120	11,2	45%	111	9,3	54%
Segersta	123	3,7	68	3,2	12%	72	3,3	12%
Summa	1892	194	1056	115	41%	1210	124	36%

*Gästrike-Hammarby använder bergvärmepump - energianvändningen avser köpt el till pumpen

Sett med ett årsmedelperspektiv på klimatpåverkan och resursanvändning nås en reduktion av CO₂e-emission med 47 % och 46 % reduktion i primärenergi, om alla byggnader genomför åtgärds paket 1. Motsvarande siffror för åtgärds paket 2 är 33 % respektive 36 %.

Om det av åtgärds paketen som ger den största energibesparingen genomförs för samtliga byggnader (se "best-case" ovan) nås 49 % reduktion i primärenergianvändning och 49 % reduktion i CO₂e-emission.

5. DISKUSSION

Statistik på energianvändning i flerbostadshus i Gävleborg

En anledning till att detta projekt kom till var att energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för flerbostadshus i Sverige var åren 2006 och 2007 ungefär 154 kWh/m² medan flerbostadshus i Gävleborg förbrukade 10 kWh/m² mer (SCB, 2009). I en fortsatt undersökning och utifrån andra databaser, har det i detta projekt framkommit följande - Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för flerbostadshus i Sverige år 2011 (temperaturkorrigerad) är 151 kWh/m², baserat på (Energimyndigheten, 2012a). Enligt de uppgifter som har sammanställts ur Boverkets register Gripen, är det normalårskorrigerade värdet för flerbostadshus i Gävleborg 145 kWh/m², alltså 6 kWh/m² lägre än riksgenomsnittet.

Statistik på energianvändningen hos flerbostadshus innehåller osäkerheter, både de som presenteras av Energimyndigheten och Statistiska centralbyrån (SCB), samt framtagna data som hämtats från Boverkets register Gripen. Att resultaten inte är samstämmiga kan bero på följande punkter:

- SCB använder statistiska metoder med ett begränsat urval av populationen för att generalisera resultaten. Att använda Gripen förutsätter att samtliga flerbostadshus har energideklarerats, något som bl a av stycket "Laga kraft och vikten av breda informationsinsatser" på sida 87 indikerar i inte stämma. De uppgifter som finns i Gripen är inte heller dagsaktuella, eftersom energideklaration görs i 10-årsintervaller.
- Energianvändningen relateras till olika golvareor ("lägenhetsarea", BOA och LOA eller A_{temp}). För att omvandla bruksareorna till A_{temp} används oftast schablontal.
- I bearbetningen av variabler/statistiken är deras definitioner ibland otydliga, ofullständiga eller saknas. Detta skapar osäkerheter i belopp som baseras på antaganden om hur variablerna/statistiken är konstruerade.
- Vissa indata är behäftade med stora osäkerheter, t ex totala ytan för flerbostadshus i Gävleborgs län är $4,6 \pm 1,1$ miljoner m² (Energimyndigheten, 2012a).

Om resultaten ska generaliseras, kan det konstateras att Gävleborgs byggnader som byggdes före år 1980 och efter år 2000 är något energieffektivare än riksgenomsnittet. Av oförklarliga anledningar använder flerbostadshus byggda mellan åren 1980 och 2000 mer energi än riksgenomsnittet.

Den statistik som någorlunda överensstämmer mellan SCB's och Gripens underlag, är att flerbostadshus i Gävleborg till stor del (ca 90 %) värms av fjärrvärme. Detsamma gäller för flerbostadshus som enbart värms med olja (ca 1 %) och el (ca 2 %) samt biobränslen (pellets, ca 2 %) och de övriga med "övriga" uppvärmningssätt – i det här fallet med värmepumpar.

Medelvärde för energianvändningen hos de utvalda byggnaderna var 172 kWh/m² varav 6 kWh/m² är fastighetsel. Detta innebär att 166 kWh/m² används för uppvärmning och varmvatten, men är inte direkt jämförbar med värdena upptill. Om energianvändningen beräknas på det sätt som statistiken är framställt, fås att energianvändningen 672 MWh/år ska minskas med fastighetsel på 69 MWh/år och delas med totala värdet för A_{temp} , 11 342 m². Detta ger en energianvändning för uppvärmning och varmvatten på 141 kWh/m²·år (okorrigerad). Det här värdet ligger i paritet med det som är rikets genomsnittliga värde för 2011, alltså 140 kWh/m²·år.

Mätningarna

De genomförda mätningarna i byggnaderna visade att flera av de studerade lägenheterna för de 11 fastigheterna hade lufttemperaturer som är betydligt högre än Socialstyrelsen rekommendation. Det genomsnittliga uppmätta värdet på inomhustemperaturen var 22,3 °C, som presenterades i Tabell 4.2, överensstämmer väl med de tidigare undersökningar ELIB och BETSI. En sänkning av inomhustemperaturen innebar en genomsnittlig energibesparing på 6 -7 % för de studerade objekten.

Tryckprovningarna visade tydligt sambandet mellan otäthetsgrad och byggnadens typ av stomme. Byggnaderna med huvudsakligen sten- och betongkonstruktion hade i genomsnitt luftläckage som var lägre än 0,8 l/s·m² vid 50 Pa (krav enligt tidigare byggregler, före år 2004), i medeltal 0,63 l/s·m². Byggnaderna med träkonstruktion hade betydligt högre uppmätt luftläckage vid tryckprovningarna, med ett medelvärde på 1,9 l/s·m². Det förefaller inte finnas något enkelt samband mellan omslutningsareans otäthet och ventilationsgraden, oavsett om byggnadens ventilationssystem är av självdrags- eller mekanisk ventilationstyp. Denna observation överensstämmer med slutsatsen om luftotätheter från ELIB-undersökningen (Norlén och Andersson, 1993). Härmed påpekas att det i ventilationsmätningarna i självdragshus ingår luftläckage och vädring (spårgasmätningar), medan ventilationsmätningarna i frånluftshusen inte omfattar luftläckage och vädring, eftersom mätningarna utfördes med mätstos som placerades över frånluftsdon.

Ventilation

Luftomsättningen för de undersökta byggnaderna ligger i snitt under BBR's minimikrav, vilket var framförallt tydligt för byggnaderna ventilerade med självdrag (luftomsättningen per timme var i snitt för självdragshusen var 0,39). Byggreglerna har i flera decennier ställt minimikravet om att byggnader ska tillföras minst 0,35 liter luft per sekund och kvadratmeter golvarea. Detta betyder att lägenheter med rumshöjder som är ungefär 2,4 – 2,5 m behöver ventileras med motsvarande 0,5 luftomsättningar per timme. Motiveringen till att det är viktigt att detta belopp uppfylls är att ventilationsluften ska bortföra ämnen som tillförs rumsluften, t ex fukt, lukter, flyktiga organiska ämnen, radon, osv. Lägre luftomsättningar innebär att koncentrationen av föroreningar ökar, vilket kan på sikt innebära att de boendes hälsa drabbas på ett negativt sätt. Ventilationen bör därför åtgärdas i flera av byggnaderna för att säkerställa god inomhusmiljö och motverka fuktproblem. I dessa byggnader kommer den specifika energianvändning då att öka pga ökade ventilationsförluster samt eventuell fläkt drift ifall ingen återvinning av frånluften sker.

För att återvinna värme kan ett FTX-system installeras. Ett sådant system minskar energianvändningen rejält (dock ökar elanvändningen). Som framgår i resultatdelen är åtgärderna dock inte lönsamma då investeringskostnaden i regel är hög. Men detta är inte den enda anledningen - i energisimuleringarna visar det sig att ökning i ventilationsgraden, som behövs för att uppnå motsvarande 0,5 luftomsättningar per timme, i kombination med en otät klimatskärm, gör att FTX-systemets energieffektivitet kraftigt reduceras samtidigt som elanvändning ökar. Å andra hand fås tjänlig inneluft som uppfyller krav som ställs på ventilationsflöden.

Lönsamhet

Generellt kan konstateras att de studerade byggnaderna var i relativt gott skick och i de flesta fall inte i stort behov av renovering av klimatskalet. Beroende på ekonomiska förutsättningar kan olika nivåer av energieffektivisering av de studerade fastigheterna utföras. Resultat i denna studie visar att det går att reducera energianvändningen för de flesta av de studerade fastigheterna med mer än 50 % om det finns finansiering för relativt stora ingrepp på klimatskalet och utvändigt tilläggsisolering av fasad är möjlig med hänsyn till bland annat bevarandenaspekter och varsamhetskrav.

De ekonomiska kalkylerna i denna studie förutsätter att energibesparingen skall finansiera hela renoveringskostnaden. Lönsamhetsberäkningarna i kapitel 4 visar att energibesparingarna enkomst inte kan finansiera investeringskostnaderna för att uppnå halvering av energianvändningen (med reservation för en fastighet). Lönsamheten för energisparåtgärder ökar givetvis om de görs i samband med underhåll. Många av de enskilda åtgärderna i denna studie är ekonomiskt lönsamma om underhållskostnader vägs in i kalkylerna.

Eftersom effektiviseringsåtgärder är mest lönsamma i samband med totalrenovering av fastigheter och att sådana sker sällan finns det ytterst få tillfällen för omfattande lönsamma effektiviseringsåtgärder. Att skjuta upp dyra åtgärder till efter totalrenoveringstillfället kommer med största sannolikhet resultera i att halveringsmålet ej uppnås med lönsamhet. Om det långsiktiga målet om en halverad energianvändning i byggnader ska kunna nås bör därför energianvändningen minst halveras när en totalrenovering genomförs.

Med tanke på de omfattande åtgärder som behöver genomföras för att nå en halvering av energianvändningen, kan man tro att det skulle vara billigare att riva vissa byggnader än att renovera de. I de uppmärksammade projekten Brogården i Alingsås, Gårdstensbostädernas Solhus i Göteborg, Hållbara Järva hos Svenska Bostäder i Stockholm och Poseidons projekt Katjas Gata i Backa Röd (Göteborg) har kostnader, energibesparingar och lönsamhet undersökts (Stockholm Stad, 2012), se även avsnitt 1.4 Tidigare Studier för en sammanställning i tabellform. I projekten varierade totalkostnaden mellan ca 6 000 – 20 000 kr/m² varav de kostnader som vara för energieffektivisering motsvarade ca 20 %, dvs. mellan 1 000 – 6 000 kr/m² (i medeltal ca 3 000 kr/m²). De kostnader som presenteras i detta projekt ligger i häraden 1 000 – 4 800 kr/m², där samtliga åtgärder har koppling till energieffektivisering av fastigheten. I medeltal är kostnaden drygt 2 000 kr/m² för åtgärds paketerna, m a o finns samstämmighet mellan, de i det här projektets, beräknade kostnader och verkliga kostnader i de andra projekten. Till skillnad mot de verkliga projekten, har inte hyreshöjningar beaktats i lönsamhetsberäkningarna – därmed visar de verkliga projekten en högre andel lönsamhet.

I (SCB 2012) redovisas netto byggnads- och produktionskostnader (avdrag för eventuella bidrag har gjorts). Produktionskostanden per lägenhetsarea uppgick för flerbostadshus 2010 till 32 835 kr/m². Denna kostnad var lägst i Södra Sverige och högst i Stor-Stockholm med 25 211 respektive 38 693 kr/m². Nyproduktionspriset utanför storstadsområdena per lägenhet i flerbostadshus år 2010 var drygt 2 miljoner kr, vilket motsvarar en kostnad på drygt 26 000 kr per lägenhetsarea.

Ett av problemen med lönsamhetskalkylerna är att bedöma huruvida en kostnad eller del av kostnaden ska allokeras som en renodlad energiåtgärd, eller som en underhållskostnad (dvs. en kostnad som inte ska återbetalas via energibesparingar) eller som en eftersatt underhållskostnad. Problemet belyses bl a i (Stockholm Stad, 2012). Härmed visas ett exempel – ponera att fönster i en byggnad är i dåligt skick, där dessa är av typen tvåglasfönster med kopplade träbågar med U-värdet 2,9 W/(m²·K). Ingen fastighetsägare skulle väja ett nytt fönster med samma prestanda, trots att dessa är relativt sett billigast att köpa in – man väljer idag det som är ett standardfönster med U-värdet ca 1,2 W/(m²·K). Fastighetsägaren kan även välja ett dyrare fönster med passivhusstandard, dvs. med U-värde 0,85 W/(m²·K). Ponera att lönsamheten ska beräknas utifrån att man väljer passivhusfönstret.

Frågan är nu – vad är merkostnaden relaterad till?

Merkostnaden för passivhusfönstret kan relateras till att inte byta fönster alls (det blir den ökade förlust- och underhållskostnaden som blir utgångspunkten). Merkostnaden kan relateras mot kostnaden för att sätta in ett nytt tvåglasfönster (funktionen och prestanda är samma som tidigare). Den kan relateras till det som anses standard idag, ett fönster med U-värdet 1,2 W/(m²·K). Merkostnadens belopp kommer därmed att variera, beroende på vad man utgår ifrån. I Energilotsen (2009) utgår man från att byggnaden ska uppfylla de minimikrav som ställs av byggreglerna BBR. Merinvesteringskostnaden är därmed baserad på kostnadsskillnaden som fås av att öka byggnadens energiprestanda i förhållande till energiprestanda som fås genom att uppfylla BBR's minimikrav – ty man i ombyggnadsprojekt ska eftersträva att uppnå nybyggnadsprestanda eller maximala U-värden (se kap 9:92 i BBR 19). I detta projekt har hela beloppet för investeringskostnaden tagits upp som energiåtgärd.

Beräkningar i detta projekt visar att den otvivelaktigt mest lönsamma åtgärden vid reovering av klimatskalet är i ett livscykelkostnadsperspektiv att tilläggsisolera vindsbjälklag. Installation av FTX-system sänker energianvändningen betydligt i de flest fall, trots att luftomsättningen efter åtgärd justerats upp i de fall då luftomsättningen var undermålig för att klara BBR's minimikraven på ute-luftsflöde. Det är dock inte helt enkelt att konvertera en byggnad med självdrag till att använda mekanisk ventilation. Kanaler, ljuddämpare och don måste nymonteras samtidigt som takhöjden bör behållas i bästa mån. Det är också viktigt att använda eleffektiva fläktar i FTX-aggregaten för att få god lönsamhet och minimera resursanvändningen och klimatpåverkan.

Av de fall som är lönsamma i detta projekt, så är en ca 20 %-ig energibesparing möjlig i dessa, utifrån dagens kostnadsbild, samt med en framtida energiprisutveckling motsvarande 3 % ökning för fjärrvärme/pellets och 5 % ökning av elpriset. Kalkylräntan har satts till 6 %.

Varsamhet och möjlighet

I de byggnader där det yttre ska bevaras (Staketgatan i Gävle och Sanna i Hudiksvall och möjligen Gästrike Hammarby), är det svårt att halvera energianvändningen eftersom utvändigt tilläggsisolering inte är möjligt och solenergi från byggnadsintegrerade solfångare och solceller är uteslutna. Eftersom många byggnadstekniska möjligheter minskas, blir det installationstekniska åtgärder som kvarstår. Att installera ett FTX-system i byggnaden på Staketgatan skulle minska energianvändningen (värme) med 15 % men anses inte vara lönsamt. Dock sker utveckling hos byggnadskomponenter, som i framtiden kan tillämpas på och inom byggnader med bevarandekrav. Ett sådant är värmeisolerande puts, t ex ThermoPor (2012a och 2012b). ThermoPor är ett innovativt nytt högpresterande "ready-to-mix" termiskt isolerande puts som är användbart både in- och utvändigt. ThermoPor är tillverkat av 98 % naturligt oorganiska material, varav en andel är expanderat återanvänt glas. Produkten marknadsförs i bl.a. Tyskland, dock inte i nuläget i Skandinavien. På en byggnad som den vid Staketgatan, sänks energianvändningen med 12 % vid utvändigt applikation.

Det sker även utveckling i användningen av VIP ("vacuum insulation panel"/vakuumisoleringspaneler). Dessa består av ett kärnmaterial som innesluts av ett gastätt skal som består av ett antal folien. VIP isolerar 6 – 8 gånger bättre än traditionella värmeisoleringsmaterial, vilket medför att tunna skikt kan användas i konstruktioner med mycket god isolerande verkan – utan att medföra större ändringar i klimatskalets utseende. Nackdelen är att dessa är känsliga för bl a punktering och att de inkapslande folierna fungerar som köldbryggor. Med en helhetssyn på byggande har dessa material en framtid i branschen. (Thorsell, 2012) En 20 mm tjock VIP skulle i Staketgatan minska energianvändningen med 20 %, men samtidigt ändra lägenheternas invändiga utseende eftersom stuckatur, bröstning och annan inredning på ytterväggarna skulle förloras.

Koldioxidekvivalenter

Mängden genererad koldioxidekvivalent följer i stort sett beräknad energianvändning, då majoriteten av fastigheterna värms upp med fjärrvärme samtidigt som fastighetselen är försumbart liten relativt fjärrvärmeförbrukningen i de flesta fall. Beräkningar för byggnadernas klimatpåverkan, baserad på marginalelproduktion, av energieffektiviseringsinvesteringar med lång livslängd är komplicerat. Det är osäkert vilken elproduktion som kommer att utgöra driftmarginal i framtiden. Elproduktionssystemet kan ändras mycket under 20-40 år och annan elproduktion kan komma att utgöra marginalproduktion under delar av perioden. T.ex. avskiljning och lagring av koldioxid kan påverka värderingen av elanvändning eftersom det innebär betydligt lägre växthusgasutsläpp om denna teknik hamnar på marginalen. Om koldioxidavskiljningen kan realiseras kommer utsläppen från de fossileldade nya anläggningarna troligen att högst motsvara den nivå som motsvaras av de genomsnittliga utsläppen från Nordisk elmix.

En faktor som måste vägas in vid resonemanget om möjligheten att uppnå energi- och klimatmålen är att energibehovet kommer att förändras till följd av de pågående klimatförändringarna. Det finns olika bedömningar av hur stor förändringen av årsmedeltemperaturen kommer att bli fram till år 2050. Två av de scenarios som lyfts fram pekar på att det i Sverige, på årsbasis, blir 1,5°C respektive 2,5°C varmare år 2050 än nu. I en nyligen publicerad rapport från Världsbanken (2012) konstaterar man att jorden är på väg att få ett fyra grader varmare klimat – inom bara 50 till 100 år. Dessa scenarier innebär att energianvändningen för uppvärmning kommer att minska samtidigt som behovet av energi för klimatkyla kommer att öka. Och anpassning till mera frekvent och kraftigare nederbörd som slagregn ger ändrad val av byggmaterial och konstruktion i fastighetens ytterhölje.

Solenergi

I detta projekt visar det sig att investering i solenergi är lönsamt i många fall, både för att generera värme och elektricitet. Med solvärme fungerar det ofta bra att installera solfångare på befintliga takytor. Solel är svårare att realisera och dimensionera eftersom panelarean måste anpassas till respektive byggnads tillgängliga takarea.

Sverige var tidigt ute med utveckling av stora markuppställda solvärmesystem för inkoppling i fjärrvärménät. Avsikten var att dessa system under sommartid skulle ersätta olja i fjärrvärménäten. Tekniken har dock fått liten användning då oljan försvunnit i fjärrvärménäten under sommartid och ersatts av spillvärme och billiga bränslen. Det finns dock fortfarande intresse hos fastighetsägare att uppföra solvärmesystem i fjärrvärmeområden, oftast förlagda på tak. Dessa förslag är dock svåra att motivera systemmässigt eftersom de ersätter spillvärme eller billiga bränslen. Det har tidigare inte varit aktuellt att installera solceller eftersom dessa historiskt haft en väldigt hög prisnivå. Läget är nu annorlunda där priset på en färdig solcellsanläggning har halverats på de senaste tre åren i Sverige.

Fjärrvärme och solceller är en systemmässigt gynnsammare kombination än fjärrvärme och solfångare. Uppförande av solceller gynnas av att de har mycket enkla och billiga system. EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda kräver att nya byggnader ska vara s.k. nära nollenergihus 2020. Det är dock oklart hur det skall tolkas för byggnader med egenproducerad el. Installation av solcellssystem på taket på byggnader i fjärrvärmeområde minskar byggnadens nettobehov av energi utan att fjärrvärmebehovet minskar. Det innebär att byggnaderna har större möjligheter att uppfylla kraven på energieffektivisering utan att behovet av fjärrvärme minskar. En byggnad med solceller i ett nät med kraftvärme uppfyller högt ställa krav på hållbarhet och energieffektivitet. Investering i egenproducerad solel är idag intressant för fastighetägare då livslängden på solceller är över 25 år och p.g.a. det stora prisrasen det senaste åren. Dock krävs det att nettodebitering blir tillåtet. Av stor betydelse för lönsamheten är också hur mycket vanlig el kommer att kosta i framtiden.

Målkonflikter och hinder

Det naturliga motivet för en fastighetsägare att genomföra energisparåtgärder är att minska driftskostnaderna. Resultaten i denna studie visar att energibesparingar enkomst inte kan finansiera investeringskostnaderna, utan måste samordnas med andra investeringar som då kan bära en del av kostnaderna. T.ex vid underhållsbehov, vid åtgärdande av ett problem i byggnaden, vid behov av förändring av byggnaden etc. Kraftigt ökade energipriser kan medföra tidigareläggning av energisparåtgärder. Även om en del av investeringarna kan ses som kostnad för underhåll är det svårt att höja hyran i den mån som renoveringskostnaden motiverar.

Ett av hindren för energieffektivisering är att incitamenten för fastighetsägare att agera långsiktigt inte är tillräckliga. De ekonomiska styrmedlens utformning bör återspegla energieffektiviseringsmålens vikt, dvs. de ekonomiska incitamenten bör vara långsiktiga, marknadsmässiga, konkurrensneutrala och tillräckligt effektiva för att önskade resultat ska uppnås. Det finns andra hinder än finansiella för att uppnå en halvering av energianvändningen i byggnader, såsom tekniska, organisatoriska, och beteenderelaterade hinder. Hållbar renovering är inte bara en fråga för fastighetsägarna. Hållbar renovering av bebyggelsen kräver politisk samordning mellan många olika departement och myndigheter. Det finns uppenbara konflikter mellan olika samhällsliga mål som energi, klimat, tillgänglighet för alla, bevarande av kulturhistoriska värden m.m. Det krävs samordning och beslut om vilken prioriteringsordning som ska gälla för våra gemensamma mål och angelägenheter.

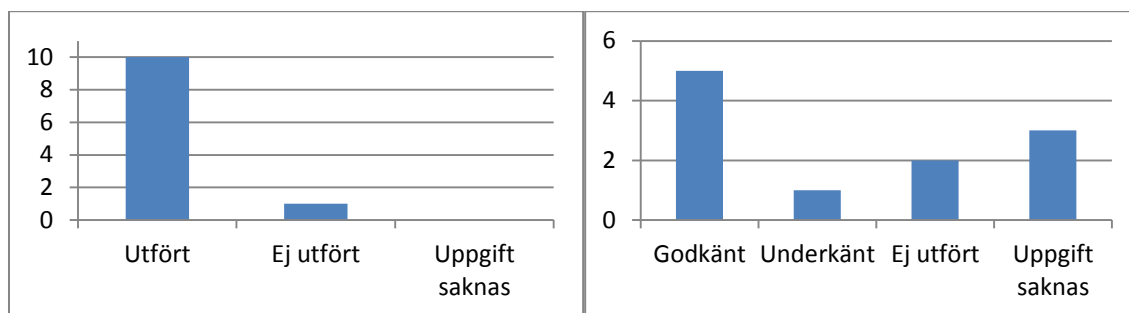
Det finns goda möjligheter till att förändra det arkitektoniska uttrycket och göra byggnader mer attraktiva och funktionella. Samtidigt uppstår en konflikt mellan total förändring och en vilja att bevara byggnader med sin ursprungliga arkitektur, som en del av Sveriges kulturarv. Man kommer dock inte ifrån att alla åtgärder som behandlar en byggnads klimatskal kommer att innebära ett förändrat uttryck. Frågan är i detta fall vad man tycker är viktigast, ett bevarande eller ett förbättrande.

Allmännyttiga företag spelar en viktig roll, med tanke på de pengar som krävs för omfattande energieffektiviseringsåtgärder. Dels har de allmännyttiga företagen i allmänhet större bestånd än de privata, de kan dra nytta av kommunens resurser och är inte på samma sätt vinstdrivande som privata hyresvärdar. De har större områden att arbeta med vilket skapar mer pengar i omlopp att investera. Dessutom är ett företag med så stort bestånd konkurrenskraftigt i jämförelse med de mindre, vilket bland annat kan synas i upphandlingen av byggtreprenörer.

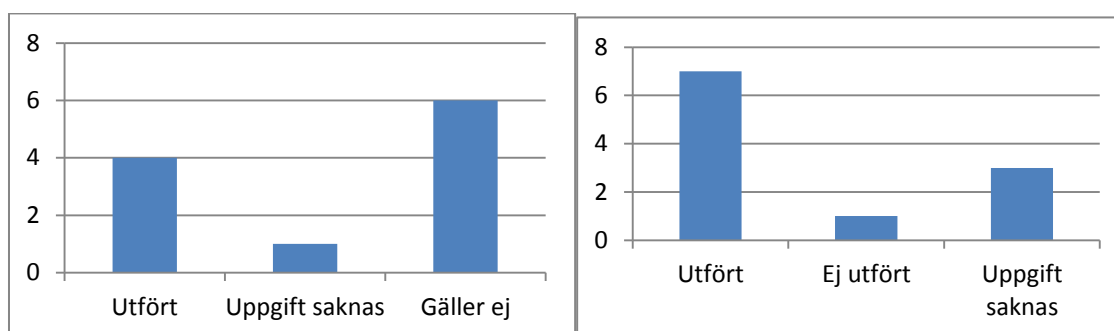
Sammantaget finns ca 2,4 miljoner lägenheter i Sverige och av dessa byggdes ca 830 000 lägenheter under rekordåren 1960-1975 och 550 000 byggdes under 1940- och 1950-talen (Sveriges Byggindustrier 2008). Renoveringen av dessa lägenheter är förenade med mycket stora kostnader och logistikproblem (kan vara aktuellt att riva en del av beståndet) och har en avgörande betydelse för att nå de nationella energimålen.

Laga kraft och vikten av breda informationsinsatser

I vår undersökning kunde vi få en liten fingervisning om hur fastighetsägare till flerbostadshus har genomfört energideklaration (skulle varit utförd i flerbostadshus årsskiftet 2008/2009), OVK (ska genomföras beroende på typ av ventilation var 3:e var 6:e år, kommunal kontroll), PCB-inventering (för hus uppförda eller renoverade 1956-73, redovisning till miljökontoret) samt radonmätning (frivillig). De fastighetsägare som deltagit i projektet representerar en grupp fastighetsägare som är aktiva och framåt.



Figur 5.1: Sammanställning av (t.v.) Energideklaration och (t.h.) OVK. Tre kommunala bostadsbolag, två bostadsrättsföreningar samt sex privata fastighetsägare ligger som grund till statistiken.



Figur 5.2: Sammanställning av (t.v.) PCB-inventering och (t.h.) radonmätning. Tre kommunala bostadsbolag, två bostadsrättsföreningar samt sex privata fastighetsägare ligger som grund till statistiken. PCB-inventeringen gällde enbart fem av flerbostadshusen, varav en fastighet var nyförvärvad. Radonmätning är inte obligatorisk.

Här får man en bild av trögheten i systemet – tiden det tar från att lag stiftas tills informationen når fram och omsätts. Det är inte självklart att kunna sin BBR. För att få genomslagskraft med lagändringar är det av högsta vikt att informationen om detta når alla slags fastighetsägare i länet. Här har kommunerna en viktig roll, men här finns det ofta mycket begränsade ekonomiska ramar. Ett sätt är att aktivt ge utbildning, vilket t ex Riksbyggen erbjuder styrelserna i sina bostadsrättsföreningar.

Det är därför det är så viktigt med sådana projekt som EnergiKompetent Gävleborg. En styrka med regionala projekt är att de kan ta sig an att sprida information, kunskap och erfarenheter för att samtidigt uppmuntra till att nå nationella mål.

Rekommendationer

IVA (2012) sammanfattar följande. Följande åtgärder rekommenderas för ägare av flerbostadshus:

- Utnyttja tillfällen vid renoveringsarbeten och ombyggnader till att också energieffektivisera
- Anpassa lönsamhetskalkylerna för ökad hänsyn till de åtgärder som ger besparingar över lång tid, och öka hänsynen till framtida energipriser
- Sätt individuellt anpassade energimål för varje enskild fastighet, samt en åtgärdsplan
- Gör löpande uppföljning och redovisning av driften i en fastighet
- Prioritera modernisering av styr- och återvinningsystem
- Bygg upp en egen kompetens inom upphandling och drift för att erhålla de fulla besparingarna av energieffektiviseringen
- Efterfråga fjärrvärmesaxor med långa avtalstider och förutsägbara framtida priser
- Involvera de boende genom dialog, tydlig information om planer och ambitioner för energieffektivisering

Följande åtgärder rekommenderas för övriga aktörer:

- Stärk yrkeskompetensen och öka utbildningstakten
- Skapa ett renoveringscentrum
- Initiera ett nationellt FoU-program
- Utred möjligheten att införa en kreditriskförsäkring
- Diskutera fjärrvärmesektorns roll på nationell nivå
- Anpassa bevarandekraven för att minska hindren för energieffektivisering
- Skärp byggreglernas krav på energieffektivisering
- Öka kvalitén på energideklarationerna

6. SLUTSATSER

Statistik på energianvändningen hos flerbostadshus innehåller osäkerheter, både de som presenteras av Energimyndigheten och Statistiska centralbyrån (SCB), samt data som har sitt ursprung i Boverkets register Gripen. SCB's statistik för Gävleborgs flerbostadshus energianvändning för uppvärmning och varmvatten indikerar att dessa använder 10 kWh/m²·år mer än riksgenomsnittet. Data som tagits fram inom projektet, på basis av Boverket's register Gripen, indikerar att Gävleborgs flerbostadshus använder ca 6 kWh/m²·år mindre.

Resultat från det här projektet innehåller osäkerheter, med avseende på indata (inkomplett, kräver antaganden, underlaget innehåller felaktigheter). Dessa osäkerheter påverkar både resultat från energisimuleringar och från ekonomiska kalkyler, med andra ord blir inte kvaliteten på utdata bättre än indata. Dock har resultaten jämförts med resultat och slutsatser från andra projekt, och här råder bra samstämmighet.

Resultaten sammanfattas på följande vis:

- Installationstekniska åtgärder ger generellt större lönsamhetsmöjligheter än konstruktionsåtgärder (utom ventilationssystem)
- Styr- och regleråtgärder (optimering av drift) ger bra lönsamhet
- Solenergi är lönsamt i många fall, både för att generera värme och elektricitet. Med solvärme fungerar det ofta bra att installera solfångare på befintliga takytor. Solel är svårare att realisera och dimensionera eftersom panelarean måste anpassas till respektive byggnads tillgängliga takarea

Det går att uppnå en energihalvering, framförallt om energiåtgärder görs inom ramen för en totalrenovering av byggnaden. Energibesparingen kommer att bidra till lönsamheten i åtgärderna, men energibesparingen kan enkom inte stå för hela lönsamheten. I detta projekt visas att i en av elva byggnader blir åtgärdspaketet lönsamt ur energiperspektiv. Andra faktorer, såsom socio-ekonomiska, hyreshöjning etc måste ingå i helhetsbilden för att insatserna ska vara lönsamma. Av de fall som är lönsamma, så är ungefär en 20 %-ig besparing lönsam, utifrån dagens kostnadsbild, med förutsättningen att den framtida energiprisutveckling är 3 % för fjärrvärme/pellets och 5 % för el och en kalkylränta på 6 %. Energipriserna är i dagsläget för låga för att motivera åtgärder ur ren energisynpunkt.

Det finns kostnadsfria verktyg för fastighetsägare och förvaltare, t ex BELOK Totalverktyg. Verktyget baseras bland annat på att man räknar med den merkostnad som en energiåtgärd medför när det ändå ska utföras renoveringar. Ett av problemen med ekonomiska kalkyler är att bedöma huruvida en kostnad eller del av kostnaden ska allokeras som en renodlad energiåtgärd, eller som en underhållskostnad (dvs. en kostnad som inte ska återbetalas via energibesparingar) eller som en eftersatt underhållskostnad. I det här projektet har endast energieffektiviserande åtgärder studerats – en konsekvens av detta är att hela åtgärdens kostnad har räknats som investeringskostnad.

Det är relativt enkelt att räkna på enskilda åtgärders lönsamhet. Det motsatta gäller om en samling med åtgärder, ett s k åtgärdspaket ska utformas. Det är svårt att optimera åtgärdspaketet så att detta blir lönsamt.

Ett mål i projektet var att uppnå en minskning av CO₂-e på 75 %. Detta kan ej uppnås då fjärrvärme, med låga CO₂-e utsläpp, står för en stor andel (ca 90% av totala A_{temp}) i Gävleborgs län. I utsläppsberäkningarna har hushållsel inte medtagits.

Mätresultat indikerar följande:

- Ventilationsgraden är i de undersökta lägenheterna ofta för låg
- Det förekommer att rumstemperaturen i de undersökta lägenheterna är varmare än Socialstyrelsens rekommendationer. Medeltemperaturen för lägenheterna ligger i samma nivå som i ELIB och BETSI-undersökningarna
- Lufttätheterna hos lägenheternas omslutande ytor är beroende av typ av stomme
Trästommar är otäta och stommar av stenbaserade material är tätare
- Ungefär hälften av flerbostadshusen har godkända OVK
- Alla deltagande flerbostadshus har inte gjort energideklaration
- Drygt hälften har genomfört radonmätningar

Ägarnas egna önskemål kring åtgärds paket som skulle kunna genomföras inom en snar framtid indikerar försiktighet. Åtgärderna omfattar generellt sett inte större renoveringar. Energibesparingar uppskattas i snitt motsvara ca 17 %.

Projekt av denna karaktär är viktiga för regionen, med ett brett deltagande av aktörer i olika sektorer representeras: fastighetsägare, byggföretag, energileverantörer, konsulter, tjänstemän, politiker m.fl. Inte minst utifrån den information, kunskap och erfarenheter som cirkulerar bland deltagande aktörer. Varje region måste bygga upp sina egna erfarenheter och nätverk för att Sveriges nationella mål ska uppfyllas år 2050.

SLUTORD

Det är upp till fastighetsägaren att genomföra de förslagna åtgärderna. Det vore värdefullt att fortsätta följa fastigheterna, dels för att belägga resultaten av ansträngningarna efter eventuellt genomförda åtgärder, dels för att studera de val som fastighetsägarna gör framöver, även sett utifrån de politiska styrmedel som kommer framöver.

Rapportens underlag ger en enastående möjlighet att koppla på forskning och examensarbeten och att lära känna betingelserna i Gävleborgs län bättre, t ex skulle undersökningarna i fastigheterna under februari månad kunna upprepas under kommande år.

7. REFERENSER

Abel E., Filipsson P. Sundström T. (2012): *Belok Totalprojekt – Ekonomisk bedömning*. BELOK – Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader.

Akander J., Johannesson G. (2005): *Energy Rating of Residential Buildings – A Practical Guide for Energy Rating and Efficiency*. (ed. M. Santamouris). ISBN: 9781902916491. James x James/Earthscan Ltd, Abingdon, U.K.

Aleklett K., Höök M., Jakobsson K., Larbelli M., Snowden S., Söderbergh B. (2010): The Peak of the Oil Age – Analyzing the world oil production reference scenario in World Energy Outlook 2008.” *Energy Policy* 38 s. 1398 – 1414.

Andersson D. (2002): *Individuell värmedebitering i Svenska flerbostadshus - Rättvist eller inte?* Examensarbete. Avdelningen för byggnader och installationer, Bygghvetenskap, KTH. Stockholm.

Aton Teknikkonsult AB. (2007): *Energideklaration av bostadsbyggnader, metoder för besiktning och beräkning, version 2*. Stockholm.

BBR 19 (2012): *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. ISBN (pdf) 978-91-86827-41-0. Boverket, Karlskrona.

BBR (2012): *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. ISSN: 1654-8817. Boverket, Karlskrona.

Bebo (2008a): *Energieffektiva flerbostadshus – Erfarenheter*. Utarbetad av P. Levin, Projektengagemang. BeBo - Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus.

BeBo (2008b): *Faktainsamling- flerfamiljshus före ombyggnad: "Checklista" 2008-06-25*. Utformat av L.E: Harderup och C. Warfvinge, LTH. BeBo - Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus.

Beckman W., Broman L., Fiksel A., Klein S., Lindberg E., Schuler M., Thomton J. (1994): “TRNSYS – The most complete solar energy system modeling and simulation software.” *Renewable Energy*, Vol. 5, issues 1-4.

Berndtsson L. (1999): *Utredning angående erfarenheter av individuell mätning av värme och varmvatten i svenska flerbostadshus*. Statens energimyndighet, Eskilstuna.

Berndtsson L. (2003): *Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus-En lägesrapport*. Statens Energimyndighet, Eskilstuna.

Björk C., Kallstenius P., Reppen L. (2003): *Så byggdes husen 1880 – 2000 – Arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år*. ISBN 9789154058884. Forskningsrådet Formas.

Blomsterberg Å. (2012): *Nulägesanalys av svensk byggnadsindustri och utbildning mot energieffektiva byggnader*. BUILD UP Skills – The EU Sustainable Building Workforce Initiative in the field of energy efficiency and renewable energy.

Boman C.A., Jonsson B.M., Skogberg S. (1993): *Mätningar av innetemperatur, ELIB-rapport nr 4*. Forskningsrapport TN:39. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Bostadskreditnämnd BKN (2011): *Analys av svaga bostadsmarknader*. BKN rapport nr.6.

Boverket (2002): *Hushållning med kallt och varmt tappvatten – Individuell mätning och temperaturstyrning*. Rapport. Boverket, Karlskrona.

Boverket (2007): *Energianvändning i byggnader – Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av God bebyggd miljö 2007*. ISBN: 978-91-85751-59-4, Karlskrona.

Boverket (2009): *Så mår våra hus – Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.* ISBN pdf: 978-91-86342-29-6, Karlskrona.

CIT Energy Management AB (2012): *Validation of VIP according to International Energy Agency Building Energy Simulation Test and Diagnostic Method (IEA BESTEST)*.
<http://www.bv2.se/2012/validering.php>. Access 2012-10-11.

Comsol (2012): <http://www.comsol.com/products/multiphysics> Access 2012-11-12

Energilotsen (2009): *Handledning för byggnadskonstruktörens energi- och inneklimatanalyser*.
www.energilotsen.nu, hämtad: 2012-10-15.

Energimyndigheten (2008). *Koldioxidvärdering av energianvändning – Vad kan du göra för klimatet*. Underlagsrapport Statens Energimyndighet.

Energimyndigheten (2009): Energistatistik för flerbostadshus 2008, ES 2009:08.

Energimyndigheten (2011a): *Energiläget 2011*. ET 2011:42. Statens energimyndighet, Eskilstuna.

Energimyndigheten (2011b): *Energiindikatorer 2011 – Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*. ER 2011:12. Statens energimyndighet, Eskilstuna.

Energimyndigheten (2012a): *Energiindikatorer 2012 – Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*. ER 2012:20. Statens energimyndighet, Eskilstuna.

Energimyndigheten (2012b): UP-rapport *Byggnader i energisystemet*. Underlag från Utvecklingsplattformen Bygg till Energimyndighetens strategiarbete FOKUS. ER 2012:10. ISSN 1403-1892

Energimyndigheten (2012c): *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2011*. ES 2012:07. Statens energimyndighet, Eskilstuna.

Energimyndigheten (2012d): *Energistatistik för flerbostadshus 2011*. ES 2012:05. Statens Energimyndighet, Eskilstuna.

Equa Simulation AB (2012): *Validation of IDA Indoor Climate and Energy 4.0 with respect to CEN Standard EN 15265-2007*. <http://equa.se.linweb57.kontrollpanelen.se/en/software/validation>. Access 2012-10-10.

Fantazzini D., Höök M., Angelantoni A. (2011): Global oil risks in the early 21st century. *Energy Policy* 39 s. 7865-7873.

Finansdepartementet (2012): *Nettodebitering av el och skattskyldighet för energiskatt på el*. Kommittédirektiv 2012:39, Finansdepartementet.

Folkhälsoinstitutet och Socialstyrelsen (1998): *Inneboken - en bok för alla som bryr sig om hälsosam innemiljö*. AB Svensk Byggtjänst.

Gustavsson L., Doodoo A., Truong N.L., Danielski I. (2011): Primary energy implications of end-use energy efficiency measures in district heated buildings. *Energy and Buildings*, 43, pp 38-48.

IEA (2003): *ENERGY TO 2050 - Scenarios for a Sustainable Future*. International Energy Agency (IEA).

IEA (2008): *World Energy Outlook 2008*. ISBN: 978-92-64-04560-6. International Energy Agency (IEA), Paris.

IEA (2010): *Energy Balances of Non-OECD Countries 2010*. ISBN: 9264084100. International Energy Agency (IEA)

IEA (2012): *Key World Energy Statistics*, International Energy Agency (IEA)

ISO/DIS 13370 *Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods*.

ISO/DIS 13789 *Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method*.

IVA (2012): *Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus – Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050*. ISBN: 978-91-7082-845-4. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), Stockholm.

Kalema T., Johannesson G. J., Pylsy P., Hagengran P. (2008): Accuracy of Energy Analysis of Buildings: A Comparison of a Monthly Energy Balance Method and Simulation Methods in Calculating the Energy Consumption and the Effect of Thermal Mass. *Journal of Building Physics*, Vol. 32:101

Karlsson, E. och Linnér, Å. (2007): *Hållbar förnyelse av rekordårens bebyggelse*. Examensarbete, Malmö Högskola.

Kjärstad J., Johnsson F. (2009): Resources and future supply of oil. *Energy Policy* 37 s. 441-464.

KOM(2011) 109: Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt regionkommittén - *Handlingsplan för energieffektivitet 2011*

Kretsloppsrådet (2010): *Energieffektiva byggnader – Kretsloppsrådets översikt*. Författare P. Levin och L. Engqvist, Projektengagemang. Kretsloppsrådet.

Levin P., Mao G. (1993): The Importance of Thermal Bridges in New Swedish Multi-family Buildings. *Proc. 3rd Symposium Building Physics in the Nordic Countries*, Vol. 1. Copenhagen, Denmark. Sept, 1993.

Lombard LP., Ortiz J., Pout C.: A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings* 40 s. 394-398.

LTH-EBD (2012): *Lund University – Energy and Building Design, DEROB-LTH Energy simulation tool*. http://www.ebd.lth.se/english/software/derob_lth/. Access 2012-10-11.

- Lutz C., Lehr U., Wiebe K. (2012): Economic effects of peak oil. *Energy Policy* 48 s. 829-834.
- Länsstyrelsen Gävleborg (2011): *Bostadsmarknaden i Gävleborgs län 2011*. Rapport 2011:17.
- Länsstyrelsen Gävleborg (2012): *Bostadsmarknaden i Gävleborgs län 2012*. Rapport 2012:5.
- Länsstyrelsen Gävleborg (2012): *Klimat- och energimål för Gävleborgs län 2012*. Rapport 2012:6.
- Miljödepartementet 2009. "Sveriges femte nationalrapport om klimatförändringar." DS 2009:63.
- Molin A., Rohdin P., Moshfegh B. (2011): Investigation of energy performance of newly built low-energy buildings in Sweden. *Energy and Buildings*, 43, pp. 2822-2831.
- Naturvårdsverket (2012). <http://www.naturvardsverket.se/Start/Sveriges-miljomal/Ett-hallbart-samhalle/>
- Nilsson P.E. (1997): Short-term heat transmission calculations by introducing a fictitious ambient temperature. *Energy and Buildings*, 25, pp 31-39.
- Noremo T. (2012): *Metodik för skapandet av ett byggnadsfysikaliskt detaljbibliotek åt byggnadskonstruktörer – Fokus på fukt och värmetillstånd i köldbryggor*. Examensarbete 15 hp. Akademin för teknik och miljö, Högskolan i Gävle, Gävle, 118 sidor.
- Norlén U., Andersson K., (red.) (1993): *Bostadsbeståndets inneklimat. ELIB-rapport nr 7*. Forskningsrapport TN30. Statens Institut för byggnadsforskning, Gävle.
- Nykvist A. (2012): *Värmeåtervinning ur spillvatten i befintliga flerbostadshus*. Examensarbete i installationsteknik, KTH, Stockholm.
- Persson A., Rydstrand A., Hedenskog C. (2004): *Allt eller inget – systemgränser för byggnaders uppvärmning*. ÅF-Energi & Miljö AB
- Persson M.L., Roos A., Wall M. (2006): Influence of window size on the energy balance of low energy houses. *Energy and Buildings*, Vol. 38, 181-188.
- Rapport 2008:36 (2008), *Energiteknik SP*. ISBN 91-7848-978-91-85829-52-1. Borås.
- Regeringens proposition (2009): *Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete*. Prop. 2009/10:155.
- Remazan, A. (2012): *Fönster i ombyggnad*. Examensarbete 15 hp. Akademin för teknik och miljö, Högskolan i Gävle, Gävle.
- Renovera Energismart (2011): *Renovera Energismart – Kompendium*.
- Robert J., Lennert M. (2010): Two scenarios for Europe: Europe confronted with high energy prices or Europe after oil peaking. *Futures* 42 s. 817 – 824.
- Samuelsson I., Mjörnell K., Jansson A. (2007): *Fuktskador i putsade, odränerade träregelväggar – Lägesrapport oktober 2007*. SP Rapport 2007:36. Energiteknik, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

- SCB (2009): *Bostads- och byggnadsstatistik årsbok 2009 – Boende, byggande och bebyggelse*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. ISBN: 978-91-618-1473-2
- SCB (2011): *Byggande: Priser för nyproducerade bostäder 2010*. Statistiska meddelanden BO 26 SM 1101. Statistiska Centralbyrån
- SCB (2012): *Bostads- och byggnadsstatistik årsbok 2012 – Boende, byggande och bebyggelse*. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- Shell 2008: *Shell energy scenarios to 2050*. Shell International BV.
- Sikander E., Wahlgren P. (2008): *Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets lufttätethet*.
- Sköldberg, H., Unger, T. och Olofsson, M. (2006). *Marginaler och miljövärdering av el*. Elforsk rapport 06:52
- Socialstyrelsen (2005): *Temperatur inomhus*. ISBN: 91-7201-972-7, Lindesberg.
- SOU 2008:25 (2008). *Ett energieffektivare Sverige*. Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen
- SP (2012): *Förteckning över solfångare enligt Solar Keymark och beräknade årsutbyten – Beräknade årsutbyten för solfångare*. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås.
- SS-EN 13829 (2000): *Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified)*. European Committee for Standardization (CEN), Belgium.
- SS-EN ISO 6946 (1996): *Bygghälsökriterier och byggnadsdelar – Värmemotstånd och värmeövergångskoefficient – Beräkningsmetod*.
- SS-EN ISO 7726 (2002): *Ergonomi för termiskt klimat – Instrument för mätning av fysiska storheter*.
- SS-EN ISO 7730 (2006): *Ergonomi för den termiska miljön, Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*.
- SS-EN ISO 10211 (2007): *Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations (ISO 10211:2007)*. CEN Brussels.
- Statens energimyndighet (2006): *Uppvärmning i Sverige 2006: en analys av priser, konkurrens och miljö*. Statens energimyndighet.
- Steen Englund, J. (2013): *Småskalig lagring av solceller - En överblick över möjligheterna att lagra solceller i uppladdningsbara batterier och vattenmagasin*. Examensarbete 15 hp. Akademin för teknik och miljö, Högskolan i Gävle, Gävle.
- Stockholm Stad (2012): *Ekonomi vid ombyggnader med energisatsningar*. Slutrapport. Författare K. Byman och S. Jernelius, ÅF Infrastructure AB på uppdrag av Energicentrum vid Miljöförvaltningen Stockholm Stad.
- Strusoft AB (2012): *Validation of VIP according to International Energy Agency Building Energy Simulation Test and Diagnostic Method (IEA BESTEST)*.
<http://www.strusoft.com/index.php/sv/produkter/vip-energy>. Accessed in 2012-10-11.

Sundsvalls Tidning (2012): <http://st.nu/opinion/debatt/1.5192434-fel-om-varmepumpar> Access 2012-11-17.

SVEBY (2009): *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Svebyprogrammet Projektrapport 2009-04-14, Stockholm.

SVEBY (2012): *Brukarindata bostäder – version 1*. Svebyprogrammet. 2012-10-10, Stockholm.

Svensk Energi (2010). *Den svenska elens miljöpåverkan*, Svensk Energi AB.

Svensk solenergi (2009). www.svensksolenergi.se. Access 2012-11-21

Svenska Byggindustrier (2010). *Hur når vi de samhälliga energimålen*. En rapport från Sveriges Byggindustrier, Juni 2010.

SVEP (2012): <http://www.svepinfo.se/> Access 2012-11-17.

Sveriges Byggindustrier (2008): *Värdering av klimatpåverkan av energianvändningen i fastigheter*. En rapport från Sveriges Byggindustrier 2008.

Sveriges Kommuner och Landsting (2011): *Nyckeltal energi och klimat 2011 – Byggnader, transporter och utsläpp i kommuner och landsting*. ISBN: 978-91-7164-755-9. Sveriges Kommuner och Landsting, ETC Kommunikation.

Svesol värmesystem AB (2012). www.svesol.se. Access 2012-11-21

Sörensen I. (2009): *Mätning av lufttäthet i flerbostadshus – Gällande krav, praktiskt genomförda mätningar samt en tillämpbar metod*. Examensarbete 15 hp, Institutionen för teknik och byggd miljö, Högskolan i Gävle, Gävle.

ThermoPor (2012a): <http://www.thermopor.de> Access: 2012-11-23

ThermoPor (2012b): <http://www.greenspec.co.uk/products/insulating-plaster/thermopor-insulating-render/> Access: 2012-11-23

Thorsell T. (2012): *Advances in Thermal Insulation – Vacuum insulation panels and thermal efficiency to reduce energy usage in buildings*. Doctoral Thesis. Dept of Civil and Architectural Engineering, KTH, Stockholm.

3 H-projektet (2005): *Hälsomässigt Hållbara Hus – 3H*. Stockholm Stad m. fl.. Stockholm.

Trüschel, A. (2005): *Värdet av injustering för tre fastigheter i Göteborg*. Forskning och utveckling – CIT Energy Management AB, Svensk Fjärrvärme AB, Göteborg.

UW-Madison's SEL (2012): *University of Wisconsin – Madison's Solar Energy Laboratory. Verification of TRNSYS according to various standards*. <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/faq/faq.htm> . Access 2012-10-11.

Ventotech AB (2012): www.ventotech.com. (access 2012-10-15)

Världsbanken (2012): *Turn Down the Heat – Why a 4 °C Warmer World Must be Avoided*. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics, The World Bank.

Värmeforsk (2011): Miljöfaktaboken 2011, (A08-833), Värmeforsk Service AB, ISSN 1653-1248.

Wahlström, Å., Olsson-Jonsson, A., Ekberg L. (2001): *Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem*, ISBN 91-7848-902-4, ISSN 1650-1489, Effektivrapport 2000:01.

Wahlström, Å., Olsson-Jonsson, A. (2002): *Miljöpåverkan från byggnaders uppvärmningssystem: Etapp 2*. ISBN 91-7848-824-9, ISSN 1650-1489, Effektivrapport 2002:02. Borås 2002.

Wiksell's Byggberäkningar AB (2012) : www.wiksell.se, Access-2012-11-20.

■

Länsstyrelsens rapporter 2012

- 2012:1 Förebyggande arbete inom området ANDT - Alkohol, Narkotika, Dopning och Tobak i Gävleborgs län 2011
- 2012:2 Fisketurismens fiskar i Gävleborg – En resursöversikt
- 2012:3 Bredbandsstrategi för Gävleborgs län 2012-2020
- 2012:4 Miljögifter i Gävleborg, resultat från verifieringar 2009 – 2011
- 2012:5 Bostadsmarknaden i Gävleborgs län 2012 – Bostäder för nyanlända
- 2012:6 Klimat- och energimål för Gävleborgs län – Beslutade mål samt bakgrundsinformation
- 2012:7 Dioxiner i Bottenhavet och Bottenviken - pågående utsläpp eller historiska synder
- 2012:8 Inventering av stora rovdjur i Gävleborgs län 2011/2012
- 2012:9 Kartläggning av kemikalieanvändning med fokus på vattendirektivsämnen i Norrlands kustlän
- 2012:10 Ge inte upp – Du måste kämpa! – Kartläggning av vidarebosatta barn och ungdomars upplevelser och behov av information om sitt nya liv i Sverige
- 2012:11 Regional samverkansplan för arbetet mot prostitution och människohandel för sexuella ändamål
- 2012:12 Gemensamma arbetsformer och riktlinjer för uppföljning och utvärdering av tillsyn och tillsynsvägledning inom PBL - redovisning av uppdrag 44 a i regleringsbrev 2012
- 2012:13 Värna Vårda Visa – Ett regionalt program för skötsel och förvaltning av skyddande områden i Gävleborgs län 2012-2016
- 2012:14 Rökfria skolgårdar - en kartläggning av hur vanligt det är med rökning på skolgårdar i Gävleborgs län
- 2012:15 Regional risk- och sårbarhetsanalys Gävleborgs län 2012
- 2012:16 Energieffektivisering av flerbostadsfastigheter - Elva lokala exempel år 2012 del 1 och del 2

Länsstyrelsen Gävleborg

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri

Rapportnr: 2012:16 Del 1

ISSN: 0284-5954

Foto omslag: www.sxc.hu

Upplaga: 170 ex



Länsstyrelsen
Gävleborg



Energimyndigheten



Besöksadress: Borgmästarplan, 801 70 Gävle **Telefon:** 026-17 10 00

Webbadress: www.lansstyrelsen.se/gavleborg