



# Utvärdering av lågenergibyggnader – en fallstudie

Ett gemensamt regeringsuppdrag  
för Boverket och Energimyndigheten



# Utvärdering av lågenergibyggnader – en fallstudie

Ett gemensamt  
regeringsuppdrag för Boverket  
och Energimyndigheten

Titel: Utvärdering av lågenergibygnader - en fallstudie. Ett gemensamt regeringsuppdrag för Boverket och Energimyndigheten.

Boverkets rapportnummer: 2015:25

Utgivare: Boverket och Energimyndigheten, juni, 2015

Upplaga: 1

Tryck: Boverket internt

ISBN tryck: 978-91-7563-269-8

ISBN pdf: 978-91-7563-270-4

Sökord: Lågenergibygnader, nära-nollenergibyggnader, utvärdering, byggkostnader, driftskostnader, energieffektivisering, energiprestanda, tekniska egenskaper, inomhusmiljö, klimatpåverkan, livscykelkostnader.

Dnr: 10150-213/2014

Process: 3.4

Rapporten kan beställas från Boverket.

Webbplats: [www.boverket.se/publikationer](http://www.boverket.se/publikationer)

E-post: [publikationsservice@boverket.se](mailto:publikationsservice@boverket.se)

Telefon: 0455-35 30 00

Postadress: Boverket, Box 534, 371 23 Karlskrona

Rapporten finns i pdf-format på webbplatserna.

Den kan också tas fram i alternativt format på begäran.

## Förord

Boverket och Energimyndigheten fick enligt ett regeringsbeslut den 9 januari 2014 i uppdrag att utvärdera befintliga och nya lågenergibygnader samt redogöra för hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibygnader. Utvärdering ska redovisa kostnaderna för att bygga lågenergibygnader samt om det finns negativ påverkan på andra tekniska egenskaper i dessa byggnader. Uppdraget ska redovisas senast den 9 juni 2015. Denna rapport utgör myndigheternas avrapportering av uppdraget.

För genomförande av uppdraget har myndigheterna bland annat använt underlag från Aktea, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Evidente, Projektengagemang, IVL Svenska miljöinstitutet samt Högskolan i Gävle.

Boverket och Energimyndigheten har genomfört uppdraget gemensamt. Projektgruppen på Boverket har bestått av Kristina Einarsson, Anders Carlsson, Hans-Olof Karlsson Hjorth, Stefan Norrman och Martin Storm. Projektgruppen på Energimyndigheten har bestått av Susan Linton, Sandra Andersson, Roger Eriksson, Anna Pettersson och Emma Thornberg.

Karlskrona juni 2015

*Janna Valik*  
generaldirektör Boverket

*Erik Brandsma*  
generaldirektör Energimyndigheten

# Innehåll

Sammanfattning .....	5
Metod och genomförande .....	5
Viktiga slutsatser .....	6
Arbete med nära-nollenergibygnader i andra nordiska länder.....	10
Särskilda förutsättningar vid genomförandet av utredningen .....	10
Inledning .....	12
Avgränsningar .....	13
Redovisning av hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibygnader.....	13
1  Metod och genomförande .....	14
Metod .....	14
Genomförande .....	15
1.1  Urval av byggnader och datainsamling .....	15
1.2  Energiberäkningar .....	15
1.3  Kostnadsberäkningar .....	16
1.4  Uppföljning av övriga tekniska egenskaper.....	16
1.5  Bedömning av klimatpåverkan .....	17
1.6  Exempelbyggnader .....	18
1.7  Svårigheter vid genomförandet .....	18
2  Urval av lågenergibygnader.....	20
2.1  Urval för mätning och utvärdering .....	21
2.2  Urval till enkätundersökningen .....	23
3  Livscykelkostnader för energieffektiviseringsåtgärder.....	25
3.1  Energianvändning - uppmätta och projekterade värden .....	25
3.2  Hur påverkas kostnader av att byggnader har olika energiprestandanivåer? .....	26
3.3  Energiprestandaförbättringen sett ur ett livscykelkostnadsperspektiv.....	32
4  Påverkan på inomhusmiljö och övriga tekniska egenskaper.....	39
5  Bedömning av klimatpåverkan .....	44
6  Slutsatser .....	53
7  Vilka effekter får val av byggnaders energiprestandanivå i ett nationellt och globalt perspektiv?.....	58
7.1  Energianvändning i nya byggnader är en liten del av den totala slutanvända energin år 2030.....	58
7.2  Utsläpp av växthusgaser regleras i tillförsel till energisystemet på internationell nivå .....	59
7.3  Försörjningstrygghet.....	60
Referenser .....	65

# Sammanfattning

Regeringen har gett Boverket och Energimyndigheten i uppdrag att utvärdera befintliga och nya lågenergibyggnader samt redogöra för hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibyggnader. Uppdraget innebär även att ta fram och tillämpa en metod för ett enhetligt sätt att följa upp och utvärdera befintliga, nybyggda och renoverade lågenergibyggnader i olika delar av landet. Utvärderingen ska belysa hur olika energiprestandanivåer påverkar:

- byggkostnader
- övriga tekniska egenskaper för byggnader enligt kraven PBL 8 kap. 4§
- drift- och underhållskostnader
- olika miljöaspekter bl.a. växthusgaser
- försörjningstrygghet för energi
- andra energisystemfrågor

Med lågenergibyggnad avses i denna utredning byggnader som har 25 procent lägre specifik energianvändning än kravet i Boverkets byggregler<sup>1</sup>, i fortsättningen kallade BBR 19. Vidare likställs byggkostnader med investeringskostnader.

Urvalet baseras på av myndigheterna kända lågenergibyggnader. Studien är en fallstudie där resultatet utgår från de utvalda byggnaderna och är därmed inte generaliserbart för alla lågenergibyggnader.

## Metod och genomförande

Metoden för att utvärdera lågenergibyggnader innehåller följande moment.

1. En lågenergibyggnad identifieras och väljs ut (nollalternativ)
2. Mätdata och data om byggnaden samlas in
3. Lågenergibyggnaden förändras teoretiskt till BBR19-nivå sett ur energisynpunkt (förändringsalternativet)
4. Utvärdering av skillnaden mellan lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-byggnaden görs.

---

<sup>1</sup> BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2011:26, BBR

För att utvärdera påverkan på övriga tekniska egenskaper har utgångspunkten varit lågenergibyggnaden där jämförelser har gjorts även med BETSI-undersökningen<sup>2</sup> där så varit möjligt.

Genomförandet består av följande steg:

- urval av 29 lågenergibyggnader (9 småhus, 10 flerbostadshus, 10 lokaler)
- inventering av 29 lågenergibyggnader
- installation av mätutrustning i 22 utvalda lågenergibyggnader (8 småhus, 6 flerbostadshus, 8 lokaler)
- framtagande av teoretiska energimodeller i energiberäkningsprogram som kalibreras med uppmätta värden (3 byggnader)
- beräkning av kostnaderna för olika energieffektiviseringsåtgärder (3 byggnader)
- enkätundersökning till användare av byggnaderna (27 byggnader)
- livscykelanalyser av klimatpåverkan från lågenergibyggnader (2 byggnader)
- framtagande och beräkningar för teoretiska exempelbyggnader/referensbyggnader (4 byggnader)

Att antalet utvärderade byggnader varierar i de olika stegen beror på att arbete pågick parallellt i de olika stegen och arbetet under utredningstiden hunnit olika långt.

## Viktiga slutsatser

Här följer några slutsatser utifrån denna fallstudie baserade på de olika utvärderingarna av lågenergibyggnaderna enligt ovan.

---

<sup>2</sup> Under 2007 till 2008 genomförde Boverket en rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö (BETSI). Besiktningar och mätningar genomfördes i cirka 1 800 byggnader i 30 kommuner. Se rapporten ”Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa - resultat från projektet BETSI”, Boverket, 2009. Kategorin med senaste årens byggnader i BETSI-undersökningen har använts för jämförelse.



### **Investerings- och driftkostnader för att bygga energieffektivare**

Att bygga för lägre energianvändning i driftsfasen kräver mer investeringar i byggfasen. De ytterligare investeringar som bedömts ha krävts i de undersökta byggnaderna har kostnadsberäknats och jämförts med det uppskattade värdet av minskade energikostnader under driftsfasen (livscykelkostnad). De tre utvalda lågenergibyggnaderna i denna fallstudie har samtliga fjärrvärme som uppvärmningsform.

Ökningen i investeringskostnaden för småhuset skattas till storleksordningen 140 000 kronor. För flerbostadshuset beräknas kostnaden öka med drygt 2,3 miljoner kronor och för kontorsbyggnaden med drygt 2,9 miljoner kronor.

För att också fånga in de minskade energikostnader som lågenergibyggnaderna leder till kan livscykelkostnaden beräknas. Med livscykelkostnad avses de totala kostnaderna (investeringskostnader plus de samlade driftkostnaderna) sett över investeringens livslängd. Det ekonomiska utfallet, sett som livscykelkostnad, blir både negativt och positivt i de tre utvalda lågenergibyggnader som studerats. I småhuset och i flerbostadshuset blir livscykelkostnaden högre och i kontorsbyggnaden blir livscykelkostnaden lägre. Analyser utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv visar således i denna fallstudie att det för småhuset och flerbostadshuset inte går att finansiera den ökade investeringskostnaden med lägre driftkostnader för energi, medan det går för kontoret.

I de fyra exempelbyggnader som tagits fram för att komplettera beräkningarna varierar också utfallet. Exempelbyggnaderna utgörs av två småhus och två flerbostadshus. Byggnaderna värms upp antingen med fjärrvärme eller med elvärme. För båda småhusen som värms upp med fjärrvärme respektive elvärme blir livscykelkostnaden av energieffektiviseringen högre, och även för det eluppvärmda flerbostadshuset. För det fjärrvärmda flerbostadshuset i lågenergiutförande blir dock livscykelkostnaden lägre, vilket indikerar att för flerbostadshuset går det att finansiera den ökade investeringskostnaden med lägre driftkostnader för energi.

### **Påverkan på övriga tekniska egenskaper**

Energihushållningskravet i BBR är mer eller mindre sammankopplat med andra tekniska egenskapskrav i byggreglerna. Därför har det varit viktigt i denna utredning att få fram om det finns indikationer på brister i uppfyllande av övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibyggnaderna. Motsvarande brister kan dock förekomma i

byggnader som byggts enligt BBR 19. Således går det inte att fastställa att dessa brister bara är kopplade till lågenergibygnader utan resultatet får tas som indikationer på brister i övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibygnaderna.

Resultaten i denna undersökning bygger framförallt på en enkätundersökning som besvarats av boende/arbetande i 27 lågenergibygnader. Jämförelser har gjorts med BETSI-undersökningen<sup>3</sup>.

Svaren i enkätundersökningen visar på både positiva och negativa iakttagelser.

- Täta flerbostadshus kombinerat med användning av köksfläkt skapar i flera fall sådant undertryck att ytterdörren blir svår att öppna. Detta innebär problem vid utrymning av byggnaden.
- Inrykning från eldstad vid eldning har konstaterats när spisfläkten är igång. Detta ger luftkvalitetsproblem.
- Bristande termisk komfort är vanlig i samtliga typer av byggnader, främst i form av att byggnaderna upplevs kalla vintertid, men även upplevd övertemperatur sommartid. Problem med drag från bland annat ventilationssystemet är också vanligt. I flera fall saknas manuell solavskärmning i byggnader med övertemperatur. Installation av solavskärmning skulle kunna avhjälpa problemet helt eller delvis.
- Spridning av lukter är vanlig i både flerbostadshus och lokaler, vilket troligen hör samman med ventilationssystemet. I de luftvärmda lågenergibygnaderna finns brister i omblandningen av rumsluften. Även kortslutning mellan avluft och luftintag har konstaterats.
- I några fall har problem med dagsljus iakttagits. Både för "lite" och för "mycket" ljus har konstaterats. Beräkningar av dagsljus- och solvärmelasttal visar att inga av de undersökta bostäderna når angivna nivåer enligt det allmänna rådet i BBR 19.

---

<sup>3</sup> Under 2007 till 2008 genomförde Boverket en rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö (BETSI). Besiktningar och mätningar genomfördes i cirka 1 800 byggnader i 30 kommuner. Se rapporten "Så mår våra hus, - redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.", Boverket, 2009 samt rapporten "Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa - resultat från projektet BETSI", Boverket, 2009

- En stor del av de boende i flerbostadshusen har svarat att de har invändig kondens på fönster.
- Även om ljudkomforten ofta upplevs som mycket god i de undersökta lågenergibyggnaderna upplever personalen i flera förskole- och vårdlokaler att ventilation och fläktar skapar väsentliga bullerstörningar.
- Ett fåtal boende upplever det svårt att bli av med fuktig luft i dusch/badrum.

Utöver ovanstående har också positiva iakttagelser gjorts i enkäterna.

- Luftkvaliteten i bostäder och kontor är generellt bra. I småhus och flerbostadshus vädras det betydligt mer sällan vintertid jämfört med vad som framkommit i BETSI-undersökningen. På flertalet kontor upplever man heller inga behov av vädring. Detta indikerar en god luftkvalitet.
- Ljudkomforten upplevs vanligen som mycket god i lågenergibyggnaderna, troligen sammanhängande med den omfattande isoleringen. I både småhus och flerbostadshus upplevs ljudförhållandena betydligt oftare som "mycket bra" jämfört med resultaten i BETSI-undersökningen.

### **Påverkan på klimatet**

Bedömning av klimatpåverkan från lågenergibyggnader bygger på livscykelanalyser (LCA) för ett småhus och ett flerbostadshus.

Ur ett miljöperspektiv är det mer fördelaktigt att bygga med en högre ambition avseende energiprestanda än kraven på energihushållning i BBR19, sett till den enskilda byggnaden. Detta gäller om en livslängd på 30 år analyseras och förstärks ytterligare vid en längre livslängd på 50 år. Denna slutsats gäller för både småhuset och flerbostadshuset.

Beräkningarna visar även att det är andra delar av byggnaden än ett bättre klimatskal som bidrar till klimatpåverkan i byggskedet. Bättre isolerade byggnader ger relativt sett ett litet bidrag till klimatpåverkan vid produkt- och byggskedet jämfört med sämre isolerade byggnader. Sett till byggnadens hela livscykel inklusive driftsskedet är klimatnyttan med att bygga energieffektivt tydlig.

Den ökade miljöpåverkan som en investering i bättre energiprestanda har, ställts i relation till driftsskedets minskade miljöpåverkan och redovisas här som en miljöåterbetalningstid för byggnaden. Beräkningarna visar att

den ökade miljöpåverkan som en investering i bättre energiprestanda medför blir återbetald inom 4 år för flerbostadshuset och inom 6 år för småhuset. För flera av exempelbyggnaderna som värms upp med fjärrvärme är miljöåterbetalningstiden mindre än 1 år. Skillnaden mellan en BBR 19-byggnad och en lågenergibygnad är som störst i användningsskedet, framförallt klimatpåverkan från uppvärmningen.

### **Sammanfattande slutsatser**

Lågenergibygnader använder mindre energi och har därmed lägre resursutnyttjandet i driftfasen. Men detta förutsätter större investeringar i klimatskal och installationer och denna fallstudie visar att det kan vara svårt att få tillbaka hela denna merkostnad i form av minskade uppvärmningskostnader under byggnadens livslängd.

Även om det inte går att dra slutsatsen att det är kopplat till endast lågenergibygnader så visar undersökningen att det under sommartid kan bli för varmt inomhus och på vintern för kallt. Samtliga egenskapskrav i BBR ska vara uppfyllda i en nyuppförd byggnad. Enkätundersökningen visar på att särskilt luftkvalitet, ljusmiljö, termisk komfort och brandsäkerhet bör uppmärksammas vid framtida lågenergibyggande. Undersökningen visar även på positiva effekter när det gäller luftkvalitet och ljudkomfort i de undersökta byggnaderna. Ur ett klimatperspektiv är det mer fördelaktigt att bygga med en högre ambition avseende energiprestanda än kraven på energihushållning i Boverkets byggregler, BBR19, sett ur den enskilda byggnaden.

### **Arbete med nära-nollenergibygnader i andra nordiska länder**

Enligt uppdragsbeskrivningen ska myndigheterna redogöra för hur andra länder arbetar med nära-nollenergibygnader. Denna redovisning lämnas i ett annat regeringsuppdrag som Boverket fått, uppdraget att föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära-nollenergibyggander<sup>4</sup>.

### **Särskilda förutsättningar vid genomförandet av utredningen**

Metoden i denna utredning går ut på att mäta energianvändning i utvalda lågenergibygnader enligt Boverkets byggregler, BBR. Det vanligaste sättet att utvärdera kostnader med att förbättra byggnaders energiegenskaper har hittills varit att göra teoretiska beräkningar innan

---

<sup>4</sup> N2104/75/E

byggnaden byggs. I detta projekt har ambitionen varit att ta analysen ett steg längre genom att utgå från redan befintliga byggnader och mäta energianvändningen.

Den redovisning som lämnas i denna rapport är på en lägre ambitionsnivå än vad myndigheterna ursprungligen planerade för. Utgångspunkten var att redovisa mätningar från ett 30-tal byggnader redan i år. Då det tagit avsevärt längre tid att genomföra uppdraget bestämde myndigheterna sig för ytterligare en rapportering under 2016 och då med ett års mätdata i de 22 byggnaderna där myndigheterna låtit installera mätsystem.

## Inledning

Regeringen gav Boverket och Energimyndigheten gemensamt i uppdrag att utvärdera befintliga och nya lågenergibygnader samt redogöra för hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibygnader, se bilaga 1 för hela uppdragsbeskrivningen.

Uppdraget innebar att de båda myndigheterna ska ta fram och tillämpa en metod för ett enhetligt sätt att följa upp och utvärdera befintliga, nybyggda och renoverade lågenergibygnader i olika delar av landet. Så långt som möjligt ska utvärderingen också omfatta byggnader som ingår i Energimyndighetens uppdrag om demonstrationsprogram för nära-nollenergibygnader<sup>5</sup>.

Bakgrund till uppdraget finns i regeringens nationella handlingsplan för nära-nollenergibygnad, det vill säga skrivelsen<sup>6</sup> från mars 2012 till riksdagen. Enligt EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD)<sup>7</sup> ska:

- alla nya byggnader senast den 31 december 2020 vara nära-nollenergibygnader
- alla nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter vara nära-nollenergibygnader efter den 31 december 2018.

Respektive medlemsland får själv avgöra vilken energiprestanda som ska utgöra definitionen av begreppet hög energiprestanda och därmed den nationella versionen av nära-nollenerginivå.

Regeringen bedömde dock att det inte fanns tillräckligt med underlag för att ange en kvantifierad riktlinje för hur långtgående en skärpning skulle kunna bli och beslutade därför om tre uppdrag med syfte att förbättra kunskapsläget. Utöver detta uppdrag, så är de två övriga följande:

- *Uppdrag att föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära- nollenergibyggander (N2104/75/E)*  
Boverket fick den 14 januari 2014 i uppdrag från regeringen att i nära dialog med Energimyndigheten föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära-

---

<sup>5</sup> Regleringsbrev för Statens Energimyndighet år 2014 och 2015.

<sup>6</sup> Vägen till nära-nollenergibygnader 2011/12:131

<sup>7</sup> Direktiv om byggnaders energiprestanda (EPBD) 2010/31/EU

nollenergibyggnader. Detta uppdrag ska avrapporteras senast den 15 juni 2015. Utredningen ska svara på hur EU-direktivets (2010/31/EU) definition av nära-nollenergibyggnader ska tillämpas i Sverige. Det innebär att utreda och föreslå hur krav på energihushållning ska ställas från och med år 2019 och vilken nivå som är lämplig.

- *Främjandeåtgärder för att underlätta genomförandet av krav på nära-nollenergibyggnader*

Energimyndigheten har enligt regleringsbrev (senast för år 2015) i uppdrag att genom främjandeåtgärder underlätta genomförandet av krav på nära-nollenergibyggnader, särskilt demonstrationsprojekt, kompetenshöjande insatser för nyckelgrupper, samt uppföljning, utvärdering och analys av nya och befintliga lågenergibyggnader, enligt regleringsbrev. Detta uppdrag utförs under perioden 2014-2017.

## Avgränsningar

Enligt uppdraget ska befintliga byggnader utvärderas. Myndigheterna har tolkat att utvärderingen ska baseras på uppmätta värden vilket innebär att komplettera tidigare utredningar om kostnadsberäkningar för energieffektiviseringsåtgärder från Boverket och Energimyndigheten. Det innebär därmed en mer omfattande utvärdering av befintliga byggnader än vad som tidigare gjorts. Att genomföra mätningar i befintliga byggnader och ta fram energiberäkningsmodeller var mer komplicerat än förväntat.

Den redovisning som lämnas i denna rapport är på en lägre ambitionsnivå än vad myndigheterna ursprungligen planerade för. Utgångspunkten var att redovisa mätningar från ett 30-tal byggnader redan i år. Då det tagit avsevärt längre tid att genomföra uppdraget bestämde myndigheterna sig för ytterligare en rapportering under 2016 och då med ett års mätdata i de 22 byggnaderna där myndigheterna låtit installera mätsystem.

## Redovisning av hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibyggnader

Enligt uppdragsbeskrivning ska myndigheterna redogöra för hur andra länder arbetar med nära-nollenergibyggnader. Denna redovisning lämnas i ett parallellt regeringsuppdrag som Boverket fått, uppdraget att föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära- nollenergibyggander<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> N2104/75/E

# 1 Metod och genomförande

I uppdraget ingår att ta fram en metod och tillämpa den för att på ett enhetligt sätt följa upp och utvärdera befintliga nybyggda och renoverade lågenergibyggnader. Metoden ska visa hur olika energiprestandanivåer påverkar:

- övriga tekniska egenskaper för byggnader
- byggkostnader och drifts- och underhållskostnader sett över den ekonomiska livslängden och byggnadens livscykel
- olika miljöaspekter, däribland utsläpp av växthusgaser på lång sikt
- försörjningstrygghet för energi och andra energisystemfrågor

I det här avsnittet beskrivs metoden övergripande, för mer information se bilaga 2.

## Metod

Myndigheterna har tolkat utvärdering av lågenergibyggnader till att byggnadernas energianvändning ska **mätas** då det står i uppdraget att befintliga byggnader ska utvärderas. Detta är den stora skillnaden mot tidigare undersökningar om byggkostnader som Boverket och Energimyndigheten har gjort, som baseras endast på teoretiska beräkningar. Med lågenergibyggnad avses i denna utredning byggnader som har minst 25 procent lägre specifik energianvändning än kravet i Boverkets byggregler, BBR 19. I Svensk lagstiftning definieras ”energi-prestanda” i Lagen (2006:985) om energideklaration av byggnader mm. Motsvarande begrepp i Boverkets byggregler är ”specifik energianvändning”. Vidare likställs byggkostnader med investeringskostnader.

Den övergripande metoden kan delas upp i följande steg:

1. En lågenergibyggnad identifieras och väljs ut (nollalternativ)
2. Mätdata och data om byggnaden samlas in
3. Lågenergibyggnaden förändras teoretiskt till en BBR19-nivå sett ur energisynpunkt (förändringsalternativet)
4. Utvärdering av skillnaden mellan lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-byggnaden görs.

För att utvärdera påverkan på övriga tekniska egenskaper har utgångspunkten varit lågenergibyggnaden där jämförelser har gjorts med



teoretiska BBR 19-byggnader samt BETSI-undersökningen<sup>9</sup> där det varit möjligt.

## Genomförande

### 1.1 Urval av byggnader och datainsamling

För att kunna utvärdera befintliga lågenergibyggnader samlades data in enligt följande:

- Lågenergibyggnader valdes ut (29 byggnader varav 9 småhus, 10 flerbostadshus, 10 lokaler)
- De 29 byggnaderna inventerades. Mätutrustning installerades i de utvalda lågenergibyggnaderna (22 byggnader varav 8 småhus, 6 flerbostadshus, 8 lokaler)
- När mätare var installerade påbörjades insamling av data om energianvändning och andra parametrar för att följa upp övriga tekniska egenskaper i de utvalda byggnaderna.

Resultatet av mätningar och övriga indata om byggnaderna samlas i en databas på Energimyndigheten. Databasen kommer också att innehålla resultaten från mätningarna i nya lågenergibyggnader som ingår i Energimyndighetens demonstrationsprogram. Databasen kommer att kunna användas som underlag i framtida utredningar.

Mätdata för de första byggnaderna började levereras i december 2014. Ambitionen var att få fram energimodeller med preliminära data för alla byggnader i urvalet. Eftersom det har varit mer komplicerat att göra mätningar och att ta fram modeller än planerat har det medfört att myndigheterna inte fått fram underlag för alla byggnader till den här rapportering. Kompletterande uppgifter om byggkostnader för alla byggnader kommer att levereras under år 2016, när ett års mätdata finns.

### 1.2 Energiberäkningar

Mätdata i utvalda lågenergibyggnader samlades in för att verifiera byggnadens specifika energianvändning enligt Boverkets byggregler, BBR 19. Med hjälp av data för lågenergibyggnaderna togs teoretiska

---

<sup>9</sup> Under 2007 till 2008 genomförde Boverket en rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö (BETSI). Besiktningar och mätningar genomfördes i cirka 1 800 byggnader i 30 kommuner. Se rapporten ”Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa - resultat från projektet BETSI”, Boverket, 2009. De senaste årens byggnader har använts för jämförelse.

energimodeller av byggnaderna fram. En för respektive byggnad som kalibreras med hjälp av uppmätta värden<sup>10</sup>. För mer information om energiberäkningar se bilaga 2.1.

### 1.3 Kostnadsberäkningar

Med hjälp av de framtagna energimodellerna och kostnadsunderlaget har skillnaden i nettonuvärde mellan en lågenergi- och en BBR19-byggnad beräknats med hänsyn till byggkostnader och drift- och underhållskostnader för de olika energieffektiviseringsåtgärderna.

På så sätt tas hänsyn till den ekonomiska livslängden och byggnadens livscykel. Lågenergibyggnadens nollalternativ är den specifika energianvändningen uppmätt enligt BBR. Varje lågenergibyggnad försämras sedan, i teorin, genom att energieffektiviseringsåtgärder plockas bort. Till exempel får byggnaden tunnare isolering, vilket försämrar byggnadens energiprestanda. Byggnaden försämras tills den når den energiprestanda som motsvarar specifik energianvändning enligt BBR19. Kostnadsberäkningarna genomfördes med ett fastighetsekonomiskt perspektiv. För mer ingående beskrivning av hur kostnaderna beräknas, se bilaga 2.2.

### 1.4 Uppföljning av övriga tekniska egenskaper

Energihushållningskravet i BBR är mer eller mindre sammankopplat med andra tekniska egenskapskrav i byggreglerna. Därför har det varit viktigt i denna utredning att få fram om det finns indikationer på brister i uppfyllande av övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibyggnaderna. Motsvarande brister kan dock förekomma i byggnader som byggts enligt BBR 19. Således går det inte att fastställa att dessa brister bara är kopplade till lågenergibyggnader utan resultatet får tas som indikationer på brister i övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibyggnaderna.

Uppföljningen av övriga tekniska egenskaper baseras på mätvärden och en enkätundersökning. Målgruppen för enkätundersökningen var boende/arbetande i byggnaderna. Enkätundersökningen och iakttagelser vid inventering samt vid installation av mätarna kompletterar de mätningar som har genomförts.

---

<sup>10</sup> För att få en kalibrering av hög kvalitet, som tar hänsyn till en byggnads säsongsvariation behövs mätdata för ett helt år.

Totalt besvarades enkätstudien av boende/arbetande i 27 lågenergibyggnader (10 flerbostadshus, 7 småhus och 10 lokaler (4 kontor, 3 förskolor och 3 vårdboenden). Att antalet byggnader som följs upp med en enkätundersökning är fler än antalet där det installerats mätutrustning beror på att utgångspunkten var att ett 30-tal byggnader ska ingå i undersökningen. Urvalet av byggnader beskrivs närmare i avsnitt 2.

## 1.5 Bedömning av klimatpåverkan

Denna utredning avgränsar analysen av miljöaspekter till klimatpåverkan. För bedömning av klimatpåverkan har livscykelanalyser (LCA) genomförts enligt metod i bilaga 2.4 samt IVL-rapport U1576 Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda.

Syftet med beräkningarna är att analysera och jämföra klimatpåverkan vid byggande av byggnader som byggs enligt energihushållningskraven i BBR19 och byggande av lågenergibyggnader med bättre energiprestanda än BBR-kraven.

För analys av byggnadernas klimatpåverkan har livscykelanalyser (LCA) genomförts för två av byggnaderna. För LCA-beräkningarna har en livscykel på 50 år använts. Skillnaden i klimatpåverkan mellan lågenergibyggnad och den teoretiska BBR19-byggnaden redovisas för faserna byggande, drift och underhåll samt slutligen rivning.

Bedömning av klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda görs på två sätt. Byggnadens klimatprestanda för både den verkliga lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-versionen bestäms och byggnadens miljöåterbetalningstid beräknas.

Klimatprestanda för både lågenergi- och BBR19-version av byggnaden bestäms genom att total klimatpåverkan för byggnadens livscykel ”från vaggan till graven” analyseras. Skillnaden i klimatpåverkan mellan den befintliga lågenergibyggnaden och den fiktiva BBR19-versionen redovisas för byggnadens olika livscykelkedan. Detta beskrivs mer ingående i bilaga 2.4.

Miljöåterbetalningstid har beräknats för att visa hur skillnaden i klimatpåverkan vid byggande/produktion förhåller sig till skillnaden i klimatpåverkan under byggnadens livslängd, (i huvudsak klimatutsläpp från energianvändning under driftfasen). Miljöåterbetalningstiden är ett mått som liknar ekonomisk pay-off, men här är utsläppen av växthusgaser uttryckt i koldioxidekvivalenter i fokus. I beräkningarna identifieras och beräknas den klimatpåverkan som åtgärderna medför för byggnaden i

produkt-och byggskedet. Denna klimatpåverkan jämförs sedan med klimatpåverkan under byggnadens livstid som åtgärden innebär.

## 1.6 Exempelbyggnader

För att komplettera underlaget i denna redovisning har teoretiska exempelbyggnader tagits fram. Dessa exempelbyggnader har tidigare använts som underlag till rapporten “Optimala kostnader för energieffektivisering”<sup>11</sup>. Med utgångspunkt i tidigare kända data och specifik energianvändning har dessa beräknats med ett enklare dynamiskt verktyg, [www.energiberakning.se](http://www.energiberakning.se), för att fastställa vilka åtgärder som behöver göras i byggnaderna för att nå ner till 25 respektive 50 procent lägre specifik energianvändning än BBR 19-kravet. Nollalternativet utgörs av en byggnad som har 50 procent lägre specifik energianvändning än BBR19. Därifrån försämras sedan energiprestandan i exempelhusen till BBR19-nivån.

Modeller för två småhus (elvärme respektive fjärrvärme) och två flerbostadshus (elvärme respektive fjärrvärme) har använts.

## 1.7 Svårigheter vid genomförandet

Det vanligaste sättet att utvärdera kostnader mellan en mer energieffektiv byggnad och en BBR-byggnad har hittills varit att göra en teoretisk beräkning innan byggnaden byggts. I detta projekt har ambitionen varit att ta analysen ett steg längre genom att utgå från redan befintliga byggnader och basera beräkningarna på deras uppmätta energianvändning. På så sätt är det möjligt att basera utvärderingen på verkliga byggnader och det blir också möjligt att utvärdera påverkan på övriga egenskaper. Det här utvärderingssättet kräver dock avsevärt större insatser i form av personresurser, kostnader och kalendertid.

När det gäller byggande och utvärdering av byggnaders egenskaper tar det generellt lång tid. Det kan handla om ett till flera år för att få fram ett pålitligt underlag. När det gäller energiegenskaper behövs ett års mätresultat för att ta hänsyn till bl.a. säsongsvariationer.

Under genomförandet har det visat sig att välja ut lämpliga byggnader, träffa avtal med fastighetsägare, val och inkoppling av mätsystem, databaskonstruktion och upphandling av ett flertal aktörer varit tidskrävande. För att detaljerat kunna beskriva byggnaderna har stora insatser gjorts för att få fram relevanta tekniska uppgifter för byggnaderna. Det avser både byggnadsfysikaliska data som uppgifter om de ingående skikten i klimat-

---

<sup>11</sup> Optimala kostnader för energieffektivisering, Rapport 2013:2 Boverket

skalet och materialens lambdavärden, mjukvarurelaterade uppgifter om principer för driftstyrning. En del system innehåller företagsexklusiv information vilket har gjort det omöjligt att få tillräckligt detaljerad redovisning. Det har därför varit svårt i vissa fall att få en fullständig bild av byggnaden och dess energistyrning. Allt detta har inneburit att genomförandet tagit avsevärt längre tid.

## 2 Urval av lågenergibyggnader

I uppdragsbeskrivningen, se bilaga 1, presenteras ett antal kriterier för urvalet av lågenergibyggnader. Tillämpningen av den i uppdraget framtagna metoden ska ske i befintliga, nybyggda och nyrenoverade lågenergibyggnader (om möjligt demonstrationsprojekt som initierats för satsningen på främjandeåtgärder för implementeringen av näronnenergikraven). Uppdraget ska omfatta både offentliga och privatägda fastigheter samt innefatta byggnader med olika energiprestandanivåer.

I utredningen definieras en lågenergibyggnad vara en byggnad med en specifik energianvändning som är minst 25 procent lägre än kravet enligt BBR19. Utredningen omfattar endast befintliga byggnader. Nybyggda och nyrenoverade lågenergibyggnader ingår i Energimyndighetens program för mätning och demonstration av lågenergibyggnader mellan åren 2014-2016. Inga av dessa byggnader har kunnat lämna mätdata inom uppdragets tidsram.

Ytterligare krav för att ingå i urvalet har varit att:

- det är tekniskt möjligt att genomföra mätningar
- fastighetsägare har tillåtit myndigheterna att genomföra mätningar och vill delta i enkätstudie
- nödvändiga bygghandlingar har varit tillgängliga för att kunna utföra energiberäkningar
- flerbostadshus innehåller minst 80 procent lägenhetsarea.
- lokalbyggnader innehåller minst 80 procent lokalarea.

Utöver dessa kriterier eftersträvades en så jämn spridning som möjligt gällande:

- byggnadstyper (småhus/flerbostadshus/lokalbyggnader),
- klimatzon (I, II och III),
- uppvärmningssätt (eluppvärmd/fjärrvärme),
- ägandeform (offentligt/allmännyttigt/privat).

## 2.1 Urval för mätning och utvärdering

Urvalet baseras på av myndigheterna kända lågenergibyggnader, genom källor som LÅGANs Marknadsöversikt, miljö- och energiklassificeringssystem, nätverket Bebo samt forskningsprogrammet CERBOF. Urvalet är därmed inte representativt för hela beståndet av lågenergibyggnader. Utvärderingen är en fallstudie där mätningar, resultat och analyser baseras på de utvalda byggnaderna och därför är det inte möjligt att dra generella slutsatser om lågenergibyggnader.

### Urvalet för fallstudien

Myndigheterna avsåg initialt att genomföra mätning och utvärdering av ett 30-tal lågenergibyggnader. Byggnaderna inventerades och förutsättningarna för att genomföra mätning undersöktes. Resultatet från inventeringen klargjorde att det inte var tekniskt eller tidsmässigt möjligt att inom uppdragets tidsram genomföra mätningar i alla 30 byggnaderna. Därför begränsades urvalet ytterligare, framförallt vad gäller geografisk spridning. Boverket och Energimyndigheten valde ut totalt 22 befintliga lågenergibyggnader (färdigställda mellan åren 2006 och 2013) för mätning och utvärdering av energianvändning och andra tekniska egenskaper. För två av byggnaderna omfattar utvärderingen även en livscykelanalys (LCA) av deras miljöpåverkan. I tabell 2.1 presenteras de lågenergibyggnader som ingår i uppdraget.

### Urvalet i denna rapportering

Till den här rapporteringen har det inte varit möjligt att få tillräckligt med data för de 22 utvalda lågenergibyggnaderna. Denna rapportering omfattar tre befintliga lågenergibyggnader, ett flerbostadshus (F1), ett småhus (S2) och en kontorsbyggnad (L8). För dessa byggnader har det funnits data från minst ett års mätning, vilket gjort det möjligt att utvärdera och analysera dessa. Alla tre byggnaderna finns i klimatzon III och har fjärrvärme som uppvärmningssätt.

Bedömningen av miljöpåverkan omfattar två befintliga lågenergibyggnader (ett småhus och ett flerbostadshus). Analysen av miljöpåverkan har kompletterats med livscykelanalyser för de fyra exempelbyggnaderna.

Tabell 2.1. Utvalda lågenergibyggnader

Byggnad <sup>12</sup>	Kategori	Klimatzon	Uppvärmning <sup>13</sup>	Ägandeform	Mätning	LCA	Enkät
S1	Småhus	III	Bvp	Privat	X		X
S2*	Småhus	III	Fjv	Privat	X	X	X
S3	Småhus	I	El	Privat	X		X
S4	Småhus	I	Biobränsle	Privat	X		X
S5	Småhus	III	El	Privat	X		X
S6	Småhus	III	Bvp	Privat			X
S7	Småhus	III	Fjv	Privat	X		X
S9	Småhus	III	El	Privat	X		X
S10	Småhus	III	Vp+El	Privat	X		X
F1*	Flerbostadshus	III	Fjv	Allmännyttigt	X	X	X
F2	Flerbostadshus	II	Fjv	Allmännyttigt			X
F3	Flerbostadshus	II	Fjv+Vp	Allmännyttigt	X		X
F4	Flerbostadshus	II	Fjv	Allmännyttigt	X		X
F5	Flerbostadshus	III	Bvp	Allmännyttigt			X
F6	Flerbostadshus	III	Fjv	Privat			X
F9	Flerbostadshus	III	Fjv	Allmännyttigt	X		X
F10	Flerbostadshus	III	El	Allmännyttigt	X		X
F11	Flerbostadshus	I	Fjv	Allmännyttigt	X		X
F12	Flerbostadshus	III	Fjv	Allmännyttigt			X
L1	Lokal/skola	III	Fjv	Offentligt	X		X
L2	Lokal/kontor	III	Bvp	Privat	X		X
L3	Lokal/kontor	III	Fjv	Privat	X		X
L4	Lokal/skola	I	Fjv+Vp	Offentligt	X		X
L6	Lokal/vård	I	Fjv	Offentligt			X
L7	Lokal/skola	II	Bvp	Offentligt	X		X
L8*	Lokal/kontor	III	Fjv	Privat	X		X
L9	Lokal/vård	III	Fjv	Offentligt	X		X
L10	Lokal/kontor	III	Bvp	Privat	X		X

<sup>12</sup> Byggnadernas beteckning är inte fullständigt kronologisk då vissa byggnader fallit bort under urvalsprocessen.

<sup>13</sup> Bvp = Bergvärmepump, El= Direkt el, Fjv = Fjärrvärme, Vp = Värmepanna



Byggnad <sup>12</sup>	Kategori	Klimatzon	Uppvärmning <sup>13</sup>	Ägandeform	Mätning	LCA	Enkät
L11	Lokal/vård	III	Gas	Allmännyttigt			X

\* Byggnader som inkluderas i denna rapport

## 2.2 Urval till enkätundersökningen

För att undersöka hur personer som bor i lågenergibyggnaderna upplever aspekter som kan kopplas till övriga tekniska egenskaper har en enkätundersökning genomförts. Enkätundersökningen har besvarats av boende/brukare i 27 byggnader, där det i 7 byggnader inte genomförs mätningar (se tabell 2.1).

Enkätundersökningen vände sig till boende/arbetande i både bostäder och lokaler. Urvalet utgör ett stickprov i flerbostadshus och lokaler. Enkäter skickades ut enligt följande:

- I småhus skickades en enkät till varje hushållsmedlem (vuxna, ungdomar, barn) samt en bostadsenkät.
- I flerbostadshus skickades enkäter till cirka hälften av alla lägenheter, där urvalet gjordes slumpmässigt, men med viss styrning för att uppnå en jämn fördelning mellan olika våningsplan. En vuxen hushållsmedlem i de utvalda lägenheterna fick en personenkät och en bostadsenkät.
- I kontorslokaler gjordes ett slumpmässigt urval med viss styrning för att nå jämn fördelning mellan olika våningsplan. Ungefär hälften av personalen fick en enkät.
- På förskolor fick all personal varsin enkät.
- På vårdboenden fick all personal varsin enkät.

I bostäderna adresserades varje utskick till en särskild person, medan lokalenkäterna var numrerade, men ej spårbara till en specifik person. Lokalenkäterna förmedlades istället via en kontaktperson på respektive arbetsplats. Kontaktpersonen samlade även in enkäterna, med undantag av kontor L8, där varje medarbetare själv sände tillbaka enkäten i ett svarskuvert.

### Svarsfrekvenser och bortfall

Antalet utskickade och inkomna enkäter för varje byggnadstyp återfinns i Tabell 2.2. För flerbostadshus anges även det totala antalet lägenheter i studien.

Tabell 2.2. Antal och andel svarande för de olika enkäterna och byggnadstyperna. *Antal byggnader/lägenheter* anger det totala antalet som ingår i studien, *nettourvalet* anger de som fått enkäten och också har möjlighet att svara (avflyttade och sjuka personer borträknade), *antal svarande* anger de enkäter som kommit tillbaka ifyllda och *andel svarande* hur många av nettourvalet som också har fyllt i och skickat tillbaka enkäterna.

	Antal byggnader (lägenheter*)	Nettourval**	Antal svarande (inkomna och ifyllda enkäter)	Andel Svaranden (%)***
<b>Småhus</b>	9			
Bostadsenkät		8	7	88
Vuxenenkät		16	14	88
Ungdomsenkät		2****	2	100
Barnenkät		6	4	67
<b>Flerbostadshus</b>	10 (361)			
Bostadsenkät		206	104	50
Vuxenenkät		206	106	51
<b>Kontor</b>	4	363	170	47
<b>Förskola</b>	3	59	38	64
<b>Äldreboenden</b>	3	85	47	55

\* Gäller enbart för flerbostadshusen

\*\* Nettourval = Bruttourval – Naturligt bortfall (avflyttade, personer som p.g.a. ålder, sjukdom eller längre frånvaro inte har möjlighet att svara)

\*\*\* Andel svarande = Antal svarande/Nettourval

\*\*\*\* Ungdomsenkäterna riktas till barn 13-17 år. En av de personer som har fyllt i en ungdomsenkät visade sig vara 18 år. I studien räknas ändå denna enkät in bland ungdomsenkäterna.

Vid studiens början deltog 9 småhus. De boende i ett av småhusen (S5) har inte varit tillgängliga under enkätstudien och räknas därmed till det naturliga bortfallet. Nettourvalet för småhusen blev därför 8 hushåll, 16 vuxna, 2 ungdomar och 6 barn, se tabell 2.2.

## 3 Livscykelkostnader för energieffektiviseringsåtgärder

I detta kapitel redovisas resultat från undersökningen om kostnader baserat på utfall från tre lågenergibyggnader och beräkningar från fyra exempelbyggnader. Skillnaden i investeringskostnader, energianvändning och årliga driftskostnader presenteras för alla byggnader. Resultaten från analyserna bidrar till den totala sammanvägningen vid bedömningen om en byggnad med bättre energiprestanda, än de som anges i BBR19, innebär större nytta än kostnad. Realt oförändrade energipriser har inledningsvis antagits. I känslighetsberäkningarna görs ett antagande om en årlig real energiprisutveckling på 2 procent. Mer information finns i bilaga 2.2.

Eftersom utvärdering baseras på endast tre faktiska lågenergibyggnader är det inte möjligt att dra generella slutsatser. Alla resultat ska därför tolkas och användas med försiktighet.

### 3.1 Energianvändning - uppmätta och projekterade värden

För de tre utvalda lågenergibyggnaderna är nollalternativet varje respektive byggnads uppmätta energianvändning. Varje lågenergibyggnad försämras sedan, i teorin, genom att energieffektiviseringsåtgärder försämras. Till exempel får byggnaden tunnare isolering, vilket försämrar byggnadens energiprestanda. Byggnaden försämras tills den når den energiprestanda som motsvarar energikraven i BBR19, för mer information se bilaga 2.2. De teoretiskt beräknade byggnaderna är lågenergibyggnadens jämförelsealternativ.

För de fyra exempelbyggnaderna är nollalternativet att byggnaderna har 50 procent lägre specifik energianvändning än BBR19. Därefter försämras energiprestandan, dels till 25 procent lägre än BBR19, dels till BBR19-nivå. Samtliga fall baseras på teoretiska värden. För mer information om byggnaderna se bilaga 4.

I tabell 3.1 redovisas BBR19-krav, projekterad energiprestanda, uppmätt och normalårskorrigerad energiprestanda för de tre utvalda lågenergibyggnader som det pågår mätningar i. För mer information om byggnaderna se bilaga 3.

Tabell 3.1. Uppgifter om kategori av byggnad, BBR19-krav, projekterad-, uppmätt-, och normalårskorrigerad energiprestanda i de tre utvalda byggnader som det pågår mätningar i.

Byggnad	Kategori	Specifik energi- användning BBR19-krav <sup>14</sup> kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	Specifik energi- användning Projekterad kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	Specifik energi- användning Uppmätt <sup>15</sup> kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	Specifik energian- vändning Normalårskorrigerad kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>
F1	Flerbostadshus	90	50	46	56
L8	Lokal/kontor	86	68	56	52
S2	Småhus	90	61	55	59

För dessa tre byggnader, flerbostadshuset F1, lokalen L8 och småhuset S2 har beräkningar gjorts eftersom det finns historiska mätdata för dessa som använts. Alla tre byggnaderna har fjärrvärme som uppvärmningssätt och är placerade i klimatzon III. För bostadshuset (F1 och S2) är kravnivån 90 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och år. De normalårskorrigerade värdena för dessa byggnader är 56 respektive 59 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, vilket innebär en lägre specifik energianvändning på 38 och 34 procent i förhållande till BBR 19.

För kontorsbyggnaden L8 motsvarar energikraven i BBR19 av 86 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och år. Det normalårskorrigerade värdet är 52 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, vilket innebär 40 procent lägre specifik energianvändning i förhållande till BBR19.

### 3.2 Hur påverkas kostnader av att byggnader har olika energiprestandanivåer?

Det här avsnittet redovisar skillnaden i kostnader för investeringar, energianvändning och drift mellan byggnadens nollalternativ och olika jämförelsealternativ.

#### Lågenergibyggnaderna

Lågenergibyggnaderna har valts ut så att byggnadernas specifika energianvändning är minst 25 procent lägre än specifik energianvändning i BBR19. I tabell 3.2 redovisas uppgifter om byggnaderna, investeringskostnadsförändringar och förändringar i driftkostnader.

<sup>14</sup> Beroende på uppvärmningssätt

<sup>15</sup> Okorrigerat

Tabell 3.2. Energinivåer och dess påverkan på investeringskostnader samt driftskostnader i lågenergibyggnaderna.

Byggnad	Projekterad specifik energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Skillnad i investeringskostnad jämfört med nollalternativet (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ) <sup>16</sup>	Årlig energiökning (kWh, kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ) jämfört med nollalternativet	Årlig driftkostnadsökning (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ) jämfört med noll alternativet <sup>17</sup>
S2, småhus, fjärrvärme, 140 m <sup>2</sup> , nollalternativet, 34 % bättre än BBR19	59	0 kr	0 kWh	0 kr
S2, BBR19-nivå	90	-138 728 kr (-988 kr/m <sup>2</sup> )	4 451 kWh (31,7 kWh/m <sup>2</sup> )	3 961 kr (28 kr/m <sup>2</sup> )
F1, flerbostadshus, fjärrvärme, 2 740 m <sup>2</sup> , nollalternativet, 43 % bättre än BBR19	51 (56)	0 kr	0 kWh	0 kr
F1, 26 % bättre än BBR19	67	-462 500 kr (-169 kr/m <sup>2</sup> )	45 243 kWh (16,5 kWh/m <sup>2</sup> )	40 266 kr (15 kr/m <sup>2</sup> )
F1, 9 % bättre än BBR19	82	-2 368 750 kr (-865 kr/m <sup>2</sup> )	84 229 kWh (30,7 kWh/m <sup>2</sup> )	74 964 kr (27 kr/m <sup>2</sup> )
F1, BBR19-nivå	90	-2 368 750 kr (-865 kr/m <sup>2</sup> )	106 255 kWh (38,8 kWh/m <sup>2</sup> )	94 567 kr (35 kr/m <sup>2</sup> )
L8, kontor, fjärrvärme, 13 061 m <sup>2</sup> , nollalternativet ca 40 % bättre än BBR19	52	0 kr	0 kWh	0 kr
L8, ca 20 % bättre än BBR19	68	-2 100 000 kr (-161 kr/m <sup>2</sup> )	214 201 kWh (16,4 kWh/m <sup>2</sup> )	152 511 kr (12 kr/m <sup>2</sup> )
L8, BBR19-nivå	84 (86)	-2 928 000 kr (-224 kr/m <sup>2</sup> )	411 442 kWh (31,5 kWh/m <sup>2</sup> )	292 932 kr (22 kr/m <sup>2</sup> )

<sup>16</sup> För småhus och flerbostadshus är siffrorna inklusive moms, för kontor exklusive moms.

<sup>17</sup> Elpris 1,46 kr/kWh inklusive moms (flerbostadshus och småhus), 1,17 kr/kWh exklusive moms (kontor). Fjärrvärmepriset 0,89 kr/kWh inklusive moms (flerbostadshus och småhus), 0,71 kr/kWh exklusive moms (kontor).

Småhuset S2 är 140 kvadratmeter stort och värms upp med fjärrvärme. Lågenergibygnadens specifika energianvändning är 34 procent lägre än BBR19 och använder 59 kWh per kvadratmeter  $A_{temp}$  och år. Kravnivån i BBR19 ligger på 90 kWh per kvadratmeter. Med S2-byggnadens faktiska förhållande som nollalternativ, när specifika energianvändningen ökar från 34 procent lägre än BBR19 till BBR19 ( $90 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$ ) beräknas investeringskostnaden minska med 138 728 kronor, eller 988 kronor per kvadratmeter  $A_{temp}$ . Den årliga energiökningen blir 4 451 kWh, en årlig ökning med 31,7 kWh per kvadratmeter  $A_{temp}$ . Kostnaden för energiökningen beräknas till 3 961 kronor årligen, eller 28 kronor per kvadratmeter  $A_{temp}$ .

Genom att beräkna investeringskostnadsminskningen till en årlig genomsnittlig kostnadsminskning per kWh<sup>18</sup> är det möjligt att jämföra det med fjärrvärmepriset<sup>19</sup>. Den genomsnittliga kostnadsminskningen uppgår till 2,07 kronor per kWh. Detta kan jämföras med kostnaden av energiökningen per kWh som här är lika med fjärrvärmepriset på 0,89 kronor per kWh.

Genom att försämra energiprestandan i S2-byggnaden, från 34 procent lägre specifik energianvändning än BBR19 till BBR 19, sparas 1,18 kronor per kWh ( $2,07 - 0,89$ ) under investeringens livslängd<sup>20</sup>. Ett alternativt sätt att uttrycka detta på är att värdet av energiminskningen, när man går från BBR19 till 31 procent lägre specifik energianvändning än BBR19, inte är tillräckligt stort i S2-byggnaden för att finansiera investeringskostnadsökningen. Andra faktorer som köpare är villiga att betala för som t.ex. byggnadens placering ("läget"), arkitektonisk utformning etc. får bidra till finansieringen av energiinvesteringen<sup>21</sup>.

Investeringskostnadsminskningen på drygt 138 000 kronor är liten i relativa termer för ett småhus, vars totala byggkostnad kan uppgå till cirka 1,5 miljoner kronor. Beräkningarna visar på svårigheten att räkna hem förbättringen i energiprestandan om analysen endast avser energiaspekter.

---

<sup>18</sup> Detta har gjorts med hjälp av annuitetsberäkning. Kalkylräntan har antagits till 6 procent och den ekonomiska livslängden till 40 år.

<sup>19</sup> 0,89 kr/kWh (inkl. moms) enl. Statistiska meddelanden EN24SM1501

<sup>20</sup> Vi har antagit ett reallt oförändrat fjärrvärmepris. Beräkningen visar att det skulle krävas väsentliga årliga procentliga ökningarna i fjärrvärmepriset för att räkna hem förbättringen i energiprestanda från BBR19 till 34 procent lägre än BBR19.

<sup>21</sup> När myndigheterna fastställer energikrav konstanthålls samtliga faktorer förutom energifaktorer. Kravnivån sätts så att värdet av de samlade energiminskningarna (nuvärdet), sett över energiinvesteringens livslängd, kan finansiera ökningen i investeringskostnaden, samtidigt som övriga egenskaper inte försämras.

Flerbostadshus F1 värms upp med fjärrvärme. Arean uppgår till 2 740  $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  och energianvändning 51  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ , vilket är 43 procent lägre än BBR19. Med det som nollalternativ innebär en försämring av prestandan till 67  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  att energiprestandan är 26 procent lägre än BBR19. Försämringen innebär att investeringskostnaden minskar med 462 500 kronor (169  $\text{kr}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ), den årliga energiökningen blir 45 243  $\text{kWh}$  (16,5  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) och den årliga kostnaden för denna ökning blir 40 266 kronor (15  $\text{kr}/\text{m}^2$ ).

Om energiprestandan försämras ytterligare, till 9 procent lägre än BBR19 (82  $\text{kWh}/\text{m}^2$ ), minskar investeringskostnaden med 2 368 750 kronor (865  $\text{kr}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) i förhållande till nollalternativet. Den årliga energiökningen uppgår till 84 229  $\text{kWh}$  (30,7  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) till en årlig kostnad på 74 964 kronor (27  $\text{kr}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

9 procent lägre än BBR19 (82  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) är så långt som nås när lågenergibyggnaden F1 skalas av genom att byta ut olika energiförbättringsåtgärder. Skälet är att det är omöjligt att försämra byggnaden mer utan att också försämra det krav på U-värde som finns i energihushållningskraven. För att ändå belysa vilken effekt en försämring till BBR19-nivå 90  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  innebär görs följande beräkning. Det antas att minskningen i investeringskostnaden blir densamma som den föregående energiprestandanivån, 2 368 750 kronor, men ökningen i energianvändningen motsvarar 90  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ . Årligen ökar då energianvändningen med 106 255  $\text{kWh}$  (38,8  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) och kostnaden för denna energianvändning blir 94 567 kronor (35  $\text{kr}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

Kontorsbyggnad L8 har en energiprestanda som är 40 procent lägre än BBR19, med en användning på 52  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  och år. Detta utgör nollalternativet. Arean uppgår till 13 061  $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ . En försämring av energiprestandan till 20 procent lägre än BBR19, 68  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ , minskar investeringskostnaden med 2 100 000 kronor. Den årliga energiökningen uppgår till 214 201  $\text{kWh}$  (17  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) och den årliga kostnaden för denna ökning 152 511 kronor (12  $\text{kr}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

En ytterligare försämring till 84  $\text{kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  och år minskar investeringskostnaden med 2 928 000 kr. Den årliga energiökningen blir 411 442  $\text{kWh}$  och kostnaden för detta uppgår till 292 932 kronor per år.

### Exempelbyggnaderna

Som komplement till de utvalda byggnaderna i den här fallstudien har ett mindre antal (4) teoretiska byggnader använts som beräkningsexempel. Exempelbyggnaderna består av två småhus och två flerbostadshus. Byggnaderna har antingen fjärrvärme eller elvärme som uppvärmningssätt.

Kraven i BBR19 för en elvärmad byggnad i klimatzon III är 55 kWh per  $m^2 A_{temp}$  och år samt att U-värdeskravet är  $0,4 \text{ W/m}^2 A_{temp} \text{ K}$ . Högsta tillåtna installerade eleffekt får beräknas för vart fall med utgångspunkt i  $A_{temp}$  och i kontorsfallet även ventilationsgrad. För annat uppvärmningssätt än elvärme är högsta tillåtna specifika energianvändning  $90 \text{ kWh/m}^2 A_{temp} \text{ år}$  och U-värdeskravet  $0,4 \text{ W/m}^2 A_{temp} \text{ K}$ .

De projekterade energivärdena för exempelbyggnaderna speglar en situation där byggnaderna har lägre specifik energianvändning med 25 respektive 50 procent i förhållande till BBR19. För det eluppvärmda flerbostadshuset innebär en 25-procentig lägre specifik energianvändning ett energiprestandakrav på  $41,3 \text{ kWh per } m^2 A_{temp}$  och år respektive  $27,5 \text{ kWh per } m^2 A_{temp}$  och år med en 50-procentig lägre specifik energianvändning.

Om flerbostadshuset har fjärrvärme som uppvärmningssätt är kravnivån  $90 \text{ kWh per } m^2 A_{temp}$  och år enligt BBR19. En 25 och 50 procentig förbättring av energiprestandan innebär krav på  $67,5 \text{ kWh per } m^2 A_{temp}$  och år samt  $45 \text{ kWh per } m^2 A_{temp}$  och år.

För beskrivningar av åtgärderna för att nå 25 respektive 50 procent förbättringar se bilaga 4.

Tabell 3.3. Energiprestandanivåer och dess påverkan på investeringskostnader samt driftskostnader i exempelbyggnaderna.

Byggnad	Projekterad specifik energianvändning ( $\text{kWh/m}^2 A_{temp}$ )	Skillnad i investeringskostnad jämfört med BBR19 (kronor, $\text{kronor/m}^2 A_{temp}$ )	Årlig energiökning (kWh, $\text{kWh/m}^2 A_{temp}$ )	Årlig driftkostnadsökning (kronor, $\text{kronor/m}^2 A_{temp}$ )
Småhus elvärme, $154 \text{ m}^2$ , nollalternativet 50 % förbättring	28,1	0 kr	0 kWh	0 kr
Småhus elvärme 25 % förbättring	41,4	-74 201 kr (-482 $\text{kr/m}^2$ )	2 035 kWh (13,2 $\text{kWh/m}^2$ )	2 971 kr (19 $\text{kr/m}^2$ )
Småhus elvärme BBR19-nivå	54,6 (55)	-163 819 kr (- 1064 $\text{kr/m}^2$ )	4 073 kWh (26,5 $\text{kWh/m}^2$ )	5 947 kr (39 $\text{kr/m}^2$ )
Småhus fjärrvärme, $154 \text{ m}^2$ , nollalternativet 50 % förbättring	45	0 kr	0 kWh	0 kr
Småhus fjärrvärme 25 % förbättring	67	-172 696 kr (-1 121 $\text{kr/m}^2$ )	3 388 kWh (22 $\text{kWh/m}^2$ )	3 015 kr (20 $\text{kr/m}^2$ )



Byggnad	Projekterad specifik energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Skillnad i investeringskostnad jämfört med BBR19 (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Årlig energiökning (kWh, kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Årlig driftkostnadsökning (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )
Småhus fjärrvärme BBR19-nivå	89,8 (90)	-255 904 kr (-1 662 kr/m <sup>2</sup> )	6 904 kWh (44,8 kWh/m <sup>2</sup> )	6 344 kr (41 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus elvärme, 1 440 m <sup>2</sup> , nollalternativet, 50 % förbättring	28	0 kr	0 kWh	0 kr
Flerbostadshus elvärme, 25 % förbättring	41	-1 000 590 kr (-695 kr/m <sup>2</sup> )	18 720 kWh (13 kWh/m <sup>2</sup> )	27 331 kr (19 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus elvärme, BBR19-nivå	55	-1 899 828 kr (-1 319 kr/m <sup>2</sup> )	38 973 kWh (27,1 kWh/m <sup>2</sup> )	56 901 kr (40 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus fjärrvärme, 1 440 m <sup>2</sup> nollalternativet 50 % förbättring	45	0 kr	0 kWh	0 kr
Flerbostadshus fjärrvärme 25 % förbättring	68	-169 468 kr (-118 kr/m <sup>2</sup> )	33 120 kWh (23 kWh/m <sup>2</sup> )	32 327 kr (22 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus fjärrvärme, BBR19-nivå	91,5 (90)	-700 500 kr (-486 kr/m <sup>2</sup> )	66 950 kWh (46,5 kWh/m <sup>2</sup> )	62 436 kr (43 kr/m <sup>2</sup> )

Siffrorna i tabell 3.3 ska tolkas på samma sätt som i tabell 3.2 för de verkliga lågenergibygnaderna. Till exempel innebär en 50 procent lägre energianvändning än BBR19-nivån (55 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>) en kravnivå på 28 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> för det eluppvärmda flerbostadshuset som är 1 440 kvadratmeter stort. Detta är byggnadens nollalternativ.

Energiprestandan försämras sedan till 25 procent lägre än BBR19. Investeringskostnaden minskar drygt 1 miljoner kronor eller 695 kronor per m<sup>2</sup>. Den årliga energiökningen uppgår till 18 720 kWh, vilket är 13 kWh per m<sup>2</sup>. Den årliga kostnaden för energiökningen blir 27 331 kronor, 19 kronor/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>.

En ytterligare försämring till BBR19-nivån ger en minskning av bygginvesteringskostnaden på knappt 1,9 miljoner kronor i förhållande till nollalternativet, 1 319 kronor per m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Den årliga energiökningen av

denna försämring uppgår till 38 973 kWh ( $27,1 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ ) och den årliga kostnaden ökar med 56 901 kronor ( $40 \text{ kr/m}^2 A_{\text{temp}}$ ).

Uppgifterna i tabell 3.4 för de övriga exempelbyggnaderna ska tolkas på motsvarande sätt.

### 3.3 Energiprestandaförbättringen sett ur ett livscykel-kostnadsperspektiv

Beräkningar som genomförts ovan beskriver det ekonomiska utfallet av en försämring av energiprestandan i småhuset S2. Metoden som använts översätter total investeringskostnadsminskning till en årlig genomsnittlig kostnadsminskning per kWh, vilket gör att det går att jämföra med fjärrvärmepriset.

En annan metod att beräkna det ekonomiska utfallet är livscykelkostnadsmetoden. Då används samma uppgifter om minskade investeringskostnader och ökade driftkostnader på grund av försämringen i energiprestandan. Med livscykelkostnad avses de totala kostnaderna (investeringskostnader plus de samlade driftkostnaderna) sett över investeringens livslängd. Eftersom förändringen i investeringskostnaden och i driftkostnaden studeras blir slutresultatet i analysen förändringen i livscykelkostnaden.

Metoden är en traditionell investeringskalkyl (nettonuvärdesmetoden) och är densamma som används inom EU vid bestämning av kostnadsoptimala nivåer. Följande antaganden görs i kalkylerna:

- Kalkylperioden är 30 år för bostadshus och 20 år för kommersiella byggnader
- Kalkylräntan sätts till 6 respektive 4 procent<sup>22</sup>
- Kalkylen görs i fasta priser (2015 års priser)
- Energipriserna antas vara reall oförändrade, alternativt årligen öka med 2 procent
- Klimatskalsåtgärder: Livslängd 40 år.
- FTX: Livslängd 20 år.

---

<sup>22</sup> I rapporten ”Optimala kostnader för energieffektivisering” används 6 respektive 4 procent. En högre kalkylränta leder till att framtida värden på kostnader och energibesparingar blir lägre när de nuvärdesberäknas.

- Eleffektiva fläktar: Livslängd 20 år
- Restvärdena i kalkylerna beräknas med en linjär värdeminskning

### Lågenergibyggnaderna

I tabell 3.4 redovisas byggnadernas förändrade livscykelkostnad baserat på ovanstående antaganden och uppgifter om förändringar i investeringskostnader och ökade driftkostnader.

Tabell 3.4 Förändringar i livscykelkostnaden för lågenergibyggnaderna. Realt förändrade energipriser. 6 procent i real kalkylränta.

Byggnad	Projekterad specifik energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av kostnadsminskningar (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av årliga driftkostnadsökningar (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Förändrad livscykelkostnad (kronor, kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )
S2, småhus, fjärrvärme, 140 m <sup>2</sup> , nollalternativet 34 % bättre än BBR19	59	0 kr	0 kr	0 kr
S2, BBR19-nivå	90	-132 690 kr (945 kr/m <sup>2</sup> )	54 528 kr (388 kr/m <sup>2</sup> )	-78 162 kr (-557 kr/m <sup>2</sup> )
F1, flerbostadshus, fjärrvärme, 2 740 m <sup>2</sup> , nollalternativet, 43 % bättre än BBR19	51 (56)	0 kr	0 kr	0 kr
F1, 26 % bättre än BBR19	67	-566 447 kr (-207 kr/m <sup>2</sup> )	554 258 kr (202 kr/m <sup>2</sup> )	-12 188 kr (4 kr/m <sup>2</sup> )
F1, 9 % bättre än BBR19	82	-2 389 722 kr (-872 kr/m <sup>2</sup> )	1 031 864 kr (377 kr/m <sup>2</sup> )	-1 357 858 kr (-496 kr/m <sup>2</sup> )
F1, BBR19-nivå	90	-2 389 722 kr (-872 kr/m <sup>2</sup> )	1 301 698 kr (475 kr/m <sup>2</sup> )	-1 088 024 kr (-397 kr/m <sup>2</sup> )
L8, kontor, fjärrvärme, 13 061 m <sup>2</sup> , nollalternativet 40 % bättre än BBR19	52	0 kr	0 kr	0 kr
L8, ca 20 % bättre än BBR19	68	-2 100 000 kr (-161 kr/m <sup>2</sup> )	1 749 290 kr (134 kr/m <sup>2</sup> )	350 710 kr (-27 kr/m <sup>2</sup> )
L8, BBR19-nivå	84 (86)	-2 798 913 kr (-214 kr/m <sup>2</sup> )	3 359 912 kr (257 kr/m <sup>2</sup> )	560 999 kr (43 kr/m <sup>2</sup> )

Småhuset S2 har en specifik energianvändning som är 34 procent lägre än BBR19. Med det som nollalternativ innebär en försämring av energiprestandan till BBR19 i att investeringskostnaden minskar. Nuvärdena av kostnadsminskningarna uppgår till 132 690 kronor, eller  $945 \text{ kr/m}^2 A_{\text{temp}}$ <sup>23</sup>. De ökade driftkostnaderna leder till att de samlat över den 30-åriga kalkylperioden uppgår till 54 528 kronor. Per kvadratmeter  $A_{\text{temp}}$  blir det 388 kronor. Sammantaget leder det till att livscykelkostnaden blir 78 162 kronor lägre med den sämre energiprestandanivån. Återigen pekar kalkylresultaten på att det ekonomiska utfallet är bättre med en försämrade energiprestanda.

Energiprestandan i flerbostadshuset F1 är 43 procent lägre än BBR19. När prestandan försämras till 26 procent lägre än BBR19, minskar nuvärdena av kostnadsminskningarna till 566 447 kronor. Nuvärdena av kostnaderna för energiökningar blir 554 258 kronor. Kostnadsökningarna är således lägre än kostnadsminskningarna för detta steg och livscykelkostnaden minskar med 12 188 kronor om energiprestandan försämras.

En större energiprestandaförsämring, till 9 procent lägre än BBR19, leder också till en lägre livscykelkostnad. Kostnadsminskningarna sett över kalkylperioden uppgår till 2 389 722 kronor medan de samlade kostnadsökningarna för den ökade energianvändningen 1 031 864 kronor.

Det sista steget i kostnadsanalysen av flerbostadshuset F1 är att undersöka utfallet vid antagandet att BBR19-nivån nås utan att det resulterar i ytterligare kostnadsminskningar, samtidigt som kalkylen belastas av kostnaderna för ytterligare energiökningar. Som kan konstateras blir utfallet av livscykelkostnadsanalysen fortfarande negativt, det vill säga att det fastighetsekonomiska utfallet är bättre med en sämre energiprestanda än med en bättre.

Kontorslokalen L8 har i utgångsläget en energiprestanda som är 40 procent lägre än BBR19. Om den försämras till 20 procent lägre än BBR19 minskar livscykelkostnaden med 350 710 kronor. Om den försämras ytterligare till att motsvara BBR19 ökar livscykelkostnaden. Ökningen blir 560 999 kronor. Resultaten pekar på att det är fastighetsekonomiskt fördelaktigt att förbättra energiprestandan i förhållande till BBR19, dock inte så långt som till L8:s faktiska nivå.

---

<sup>23</sup> Skälet till att nuvärdena av kostnadsminskningar är lägre än minskningen i byggkostnaden är att kalkylperioden har valts till 30 år. Den ekonomiska livslängden av investeringen är dock 40 år. Då uppstår ett restvärde i slutet av år 30, vilken nuvärdesberäknas.

## Exempelbyggnaderna

Förändring i investeringskostnad och i driftkostnad innebär en förändring i livscykelkostnaden. I tabell 3.5 presenteras livscykelkostnader för exempelbyggnaderna. Samma antaganden som i livscykelkostnadsanalysen för lågenergibyggnaderna och med uppgifter om förändringar i investeringskostnader och ökade driftkostnader som i tabell 3.3 har använts.

Tabell 3.5. Förändringar i livscykelkostnaden för exempelbyggnaderna. Realt oförändrade energipriser. 6 procent i real kalkylränta.

Byggnad	Projekterad specifik energianvändning kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av kostnadsminskningar jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av årliga driftkostnadsökningar jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Förändrad livscykelkostnad jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )
Småhus elvärme, 154 m <sup>2</sup> , nollalternativet 50 % förbättring	28,1	0 kr	0 kr	0 kr
Småhus elvärme 25 % förbättring	41,4	-89 416 kr (-581 kr/m <sup>2</sup> )	40 897 kr (266 kr/m <sup>2</sup> )	-48 519 kr (-315 kr/m <sup>2</sup> )
Småhus elvärme BBR19-nivå	54,6 (55)	-175 132 kr (-1 137 kr/m <sup>2</sup> )	81 854 kr (532 kr/m <sup>2</sup> )	-93 279 kr (-606 kr/m <sup>2</sup> )
Småhus fjärrvärme, 154 m <sup>2</sup> , nollalternativet 50 % förbättring	45	0 kr	0 kr	0 kr
Småhus fjärrvärme 25 % förbättring	67	-169 864 kr (-1 103 kr/m <sup>2</sup> )	41 505 kr (270 kr/m <sup>2</sup> )	-128 358 kr (-833 kr/m <sup>2</sup> )
Småhus fjärrvärme BBR19-nivå	89,8 (90)	-250 667 kr (-1 628 kr/m <sup>2</sup> )	87 325 kr (567 kr/m <sup>2</sup> )	-163 342 kr (-1 061 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus elvärme, 1 440 m <sup>2</sup> nollalternativet, 50 % förbättring	28	0 kr	0 kr	0 kr
Flerbostadshus elvärme, 25 % förbättring	41	-1 277 253 kr (-887 kr/m <sup>2</sup> )	376 209 kr (261 kr/m <sup>2</sup> )	-901 044 kr (-626 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus elvärme, BBR19-nivå	55	-2 112 238 kr (-1 467kr/m <sup>2</sup> )	783 227 kr (544 kr/m <sup>2</sup> )	- 1 329 011 kr (-943 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus fjärrvärme, 1 440 m <sup>2</sup> , nollalternativet 50 % för-	45	0 kr	0 kr	0 kr

Byggnad	Projekterad specifik energianvändning kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av kostnadsminskningar jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Summa nuvärden av årliga driftkostnadsökningar jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Förändrad livscykelkostnad jämfört med nollalternativet kronor, (kronor/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )
bättring				
Flerbostadshus fjärrvärme 25 % förbättring	68	-201 930 kr (-140 kr/m <sup>2</sup> )	444 973 kr (309 kr/m <sup>2</sup> )	243 043 kr (169 kr/m <sup>2</sup> )
Flerbostadshus fjärrvärme, BBR19-nivå	91,5 (90)	-711 693 kr (-494 kr/m <sup>2</sup> )	859 414 kr (597 kr/m <sup>2</sup> )	147 722 kr (103 kr/m <sup>2</sup> )

För småhuset som har el som uppvärmningssätt och för småhuset som har fjärrvärme som uppvärmningssätt kommer en energiprestandaförsämring att minska på livscykelkostnaden. Det fastighetsekonomiska utfallet förbättras således med försämrade energiprestanda.

Flerbostadshuset som uppvärms med el och som har 50 procent lägre energianvändning än BBR19 utgör nollalternativet med en specifik energianvändning på 28 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. En försämring av energiprestandan till 25 procent lägre energianvändning än BBR19 (41 kWh/m<sup>2</sup>) resulterar i att nuvärdena av kostnadsminskningarna blir knappt 1,3 miljoner kronor (887 kr/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>). Nuvärdena av kostnaderna för energiökningen beräknas till 376 209 kronor (261 kronor/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>). I förhållande till nollalternativet leder energiprestandaförsämringen till att livscykelkostnaden minskar med drygt 900 000 kronor.. Utfallet blir än bättre om energiprestandan försämras till BBR19-nivån. Livscykelkostnaden blir då drygt 1,3 miljoner kronor lägre.

För det fjärrvärmda flerbostadshuset som har 50 procent lägre energianvändning än BBR19-kraven, byggnadens nollalternativ, innebär det en energiprestanda på 45 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. En försämring till 25 procent lägre energianvändning resulterar i att nuvärdena av kostnadsminskningar beräknas till drygt 200 000 kronor. Det leder också till att nuvärdena av kostnaden för energiökningen blir knappt 445 000 kronor. Förändringen i livscykelkostnaden blir här positiv, drygt 243 000 kronor. Det blir dyrare att försämma energiprestandan i förhållande till nollalternativet.

### Känslighetsanalys för lågenergi- och exempelbyggnaderna

En känslighetsanalys innebär att centrala parametrar i kalkylmodellen ändras för att studera hur känsligt eller robust slutresultatet är. Två centrala parametrar är energiprisutvecklingen och kalkylräntan.

- Diskonteringsräntan minskar från 6 procent till 4 procent.
- Istället för reall oförändrade energipriser antas
  - 2 procent real ökning per år

Resultatet av känslighetsanalysen visar att det ekonomiska utfallet förbättras. Livscykelkostnaden minskar fortfarande med försämrad energiprestanda i småhuset och i flerbostadshuset i lågenergibyggnaderna. Det innebär att det fortfarande är fördelaktigare med sämre energiprestanda för dessa byggnader. I kontorsbyggnaden ökar livscykelkostnaden ytterligare med försämrad energiprestanda.

I exempelbyggnaderna förbättras också resultaten men fortfarande leder en försämrad energiprestanda till att livscykelkostnaden blir lägre i småhuset som uppvärms med fjärrvärme, i småhuset med elvärme och i flerbostadshuset med elvärme. I flerbostadshuset med fjärrvärme som uppvärmningsform ökar däremot livscykelkostnaden ytterligare med sämre energiprestanda.

### Slutsatser

En förbättrad energiprestanda i en byggnad medför ökade energiinvesteringar. I de tre lågenergibyggnaderna, som alla har fjärrvärme som uppvärmningssätt, har småhuset en kostnadsökning i storleksordningen 140 000 kronor. För flerbostadshuset beräknas investeringskostnaden öka med drygt 2,3 miljoner kronor och för kontorsbyggnaden med drygt 2,9 miljoner kronor.

Beräkningar utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv visar för de tre byggnaderna, att det kan vara svårt att finansiera den ökade investeringskostnaden med lägre driftkostnader för energi. Livscykelkostnaden minskar med försämrad energiprestanda i småhuset och i flerbostadshuset. I den studerade kontorsbyggnaden gäller dock det motsatta, det vill säga försämrad energiprestanda ökar livscykelkostnaden.

En 50 procentig lägre specifik energianvändning än BBR 19 i exempelbyggnaderna ökar investeringskostnaden med knappt 165 000 kronor i det eluppvärmda småhuset och till 255 000 kronor när småhuset istället har fjärrvärme som uppvärmningssätt. I det elvärmda flerbostadshuset beräknas investeringskostnadsökningen till knappt 1,9 miljoner kronor, och till 700 000 kronor när byggnaden istället använder fjärrvärme.

Livscykelkostnadsberäkningar för exempelbyggnaderna innebär att livscykelkostnaden minskar med försämrad energiprestanda i småhuset, både med el och också fjärrvärme som uppvärmningssätt. Livscykelkost-

naden minskar också för flerbostadshuset med elvärme. Däremot ökar livscykelkostnaden med försämrade energiprestanda för flerbostadshuset som värms med fjärrvärme. I det senare fallet innebär det således att en förbättrad energiprestanda också förbättrar det fastighetsekonomiska utfallet.



## 4 Påverkan på inomhusmiljö och övriga tekniska egenskaper

I detta avsnitt redovisas resultat kring påverkan på inomhusmiljön och övriga egenskaper, dels från mätningar<sup>24</sup>, dels av en enkätundersökning<sup>25</sup> som besvarats av boende/arbetande i 27 utvalda lågenergibyggnader.

Samhällets krav på de tekniska egenskaperna i en byggnad utgår ifrån PBL 8 kap 4§. De är nio till antalet, varav energihushållning och värmeisolering är ett<sup>26</sup>. Kraven är mer eller mindre sammankopplade med varandra och en förändring i en egenskap kan påverka övriga egenskaper i den ena eller den andra riktningen. I regelverket har inget egenskapskrav företräde framför något annat utan samtliga krav ska vara uppfyllda i en nyuppförd byggnad. Därför har det varit viktigt i denna utredning att få fram om det finns indikationer på brister i uppfyllande av övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibyggnaderna. Motsvarande brister kan dock förekomma i byggnader som byggts enligt BBR 19. Således går det inte att fastställa att dessa brister bara är kopplade till lågenergibyggnader utan resultatet får tas som indikationer på brister i övriga tekniska egenskaper i de undersökta lågenergibyggnaderna.

Uppföljningen har gjorts genom mätningar och genom enkäter till de som brukar byggnaderna samt vissa genom besiktningar på plats och genomgång av ritningar. De krav som valts ut att följa upp är:

- Säkerhet vid brand/Brandskydd
- Hygien, hälsa och miljö/
  - Luftkvalitet
  - Dagsljus
  - Termisk komfort

---

<sup>24</sup>„Ventilationseffektivitet, temperaturfördelning och komfort i luftvärmade lågenergihus, Högskolan i Gävle”, 2015

<sup>25</sup> Rapport ”Kvalitativ utvärdering av inomhusmiljön i lågenergibyggnader: enkätundersökning i bostäder och lokaler”, SP, 2015 samt rapport ”Inomhusmiljön i lågenergibyggnader – en enkätstudie ingående i energiprojektet Kontrollstation”, Miljömedicin MM konsult AB, 2015

<sup>26</sup> De övriga är Bärförmåga, Säkerhet vid brand, Hygien, hälsa och miljö, Säkerhet vid användning, Skydd mot buller, Lämplighet, Tillgänglighet samt Vatten och avfall.

- Fuktsäkerhet
- Vatten och avlopp
- Bullerskydd/Ljud
- Energihushållning och värmeisolering

### Resultat från mätningar samt beräknade värden från inventering<sup>27</sup>

**Säkerhet vid brand/Brandskydd:** Balansen mellan till- och frånluft i en byggnad måste vara rätt. Ett för stort undertryck kan annars bildas och leda till att utrymning försvåras. Blir undertrycket för stort riskeras också negativ påverkan på tätningsåtgärderna. Mätningar av tryckskillnader har genomförts och resultaten av mätningarna visar att höga undertryck uppmättes i några av byggnaderna när spisfläkten var igång, med utrymningsproblem som följd. Det kan bli svårt, eller i det närmaste omöjligt att öppna ytterdörrar under förutsättning att alla fönster är stängda.

**Luftkvalitet:** Spridning av lukter är vanlig i både flerbostadshus och lokaler, vilket troligen hör samman med ventilationssystemet. I de luftvärmda lågenergibygnaderna finns brister i omblandningen av rumsluften. Även kortslutning mellan avluft och luftintag har konstaterats.

**Dagsljus:** Ljusavsnittet i BBR handlar om att kunna få in tillräcklig mängd direkt dagsljus i byggnaderna. Beräkningar för dagsljus- och solvärmelasttal(SVL) har gjorts för flera av bostäderna baserade på vid inventeringen insamlade underlag. Det visar sig att inga av de undersökta bostäderna når angivna nivåer enligt det allmänna rådet i BBR 19 när hänsyn tas till fönsterglasets ljustransmission (g-värde).

**Termisk komfort:** Då värmekälla saknades eller bedömdes underdimensionerad i ett badrum gjordes en momentan mätning av golvtemperatur vintertid. Resultat från denna byggnad redovisas i rapporten och utfallet bedömdes vara godkänt

**Fuktsäkerhet:** Temperatur och den relativa fuktigheten mäts inomhus eftersom kraftigt förhöjda fukthalter vintertid ökar risken för fukt- och mögelskador i det tjockare klimatskalet. Moderna välisolerade vindsbjälklag bedöms vara en riskkonstruktion och därför mäts också temperatur och

---

<sup>27</sup> Rapport ”Ventilationseffektivitet, temperaturfördelning och komfort i luftvärmda lågenergihus”, Högskolan i Gävle, 2015 samt ytterligare konsultunderlag som beställts till denna utredning.

relativ fuktighet på de kallvindar som är åtkomliga utan åverkan på byggnaden. Som ett komplement har även en momentan mätning av tryckskillnaden över klimatskärmen gjorts. Ett övertryck ökar risken för att varm fuktig luft ska tränga ut i klimatskärmen och orsaka fuktskador.

De mätningar av temperatur och relativ fuktighet på kallvindar som har påbörjats har endast pågått under några få vinterveckor och ännu inte under några kritiska perioder. Därför föreligger inga resultat i denna del. Mätningar av tryckskillnader över klimatskalet är svåra att utföra och förutsätter relativt vindstilla förhållanden vid mättillfället. Mätning har därför inte genomförts i alla byggnader där detta hade varit önskvärt. De mätningar som ändå gjorts visar inga tydliga indikationer på kontinuerliga övertryck.

Många övriga tekniska egenskaper är svåra att mäta, alternativt säger mätvärden inte allt. Som ett komplement till mätningarna har också en enkätundersökning, bl.a. riktade till de boende/arbetande i lågenergibyggnadern genomförts.

### **Resultat från enkätundersökning kring boendes/arbetandes upplevelse av inommiljön i lågenergibyggnader<sup>28</sup>**

Resultaten från enkätstudien pekar huvudsakligen på följande positiva effekter på övriga tekniska egenskaper:

- Luftkvaliteten i bostäder och kontor är generellt bra. I småhus och flerbostadshus vädras det betydligt mer sällan vintertid jämfört med BETSI:s nyaste byggnadsbestånd.
- I flertalet kontor upplever man heller inga behov av vädring. Detta indikerar en god luftkvalitet.
- Ljudkomforten upplevs vanligen som mycket god i lågenergibyggnaderna, troligen sammanhängande med den omfattande isoleringen. I både småhus och flerbostadshus upplevs ljudförhållandena betydligt oftare som "mycket bra" jämfört med BETSI.

Vidare indikerar resultaten i huvudsak att följande brister gällande tekniska egenskaper kan kopplas till lågenergibyggnadskonstruktionen:

---

<sup>28</sup> Rapport "Kvalitativ utvärdering av inommiljön i lågenergibyggnader: enkätundersökning i bostäder och lokaler", 2015, SP samt rapport "Inomhusmiljön i lågenergibyggnader – en enkätstudie ingående i energiprojektet "Kontrollstation"", Miljömedicin MM konsult AB, 2015

- Täta flerbostadshus kombinerat med användning av köksfläkt skapar i flera fall sådant undertryck att ytterdörren blir svåröppnad..
- Inrykning från eldstad vid eldning har konstaterats när spisfläkten är igång. Detta ger luftkvalitetsproblem.
- Bristande termisk komfort är vanlig i samtliga typer av byggnader, främst i form av att byggnaderna upplevs kalla vintertid, men även upplevd övertemperatur sommartid.
- Problem med drag från bland annat ventilationssystemet är också vanligt. I flera fall saknas manuell solavskärmning i byggnader med övertemperatur. Installation av solavskärmning skulle kunna avhjälpa problemet helt eller delvis.
- Spridning av lukter är vanlig i både flerbostadshus och lokaler, vilket troligen hör samman med ventilationssystemet.
- En stor del av de boende i flerbostadshusen har noterat invändig kondens på fönstren..
- Även om ljudkomforten ofta upplevs som mycket god i lågenergi-byggnader upplever personalen i flera förskole- och vårdlokaler att ventilation och fläktar skapar väsentliga bullerstörningar. Fläktar och ventilation skapar även buller i vissa av flerbostadshusen.
- Ett fåtal boende upplever det svårt att bli av med fuktig luft i dusch/badrum.

### Slutsatser

Energihushållningskravet i BBR är mer eller mindre sammankopplat med andra tekniska egenskapskrav. I regelverket har inget egenskapskrav företräde framför något annat utan samtliga krav ska vara uppfyllda i en nyuppförd byggnad.

Resultaten från framförallt den genomförda enkätundersökningen tyder på att särskilt luftkvalitet, ljusmiljö, termisk komfort och brandsäkerhet bör uppmärksammas och noga följas upp vid framtida lågenergibyggande.

Via enkätundersökningen får vi reda på personers upplevelser av att bo i lågenergibygnader. Dessa upplevelser är viktiga att få reda på i en utvärdering, men de behöver inte nödvändigtvis vara ett mått på om kraven i BBR nås eller inte. I de fall enkäter indikerar en försämrad inomhusmiljö bör detta följas upp på plats genom observationer, inventering och mät-

ning eftersom vissa människor är mer känsliga än andra (allergiker, astmatiker etc.).

Underlaget i studien är högst begränsat, varför generella slutsatser gällande lågenergibygnader och deras uppfyllande av övriga tekniska egenskaper enligt BBR inte kan dras. Däremot ger resultaten en indikation på vilka egenskaper som skulle kunna påverkas av lågenergibyggnader och därmed behöver uppmärksammas ytterligare.

## 5 Bedömning av klimatpåverkan

Avsnittet beskriver hur olika energiprestandanivåer påverkar den totala klimatpåverkan under en byggnads livscykel, ”från vaggan till graven”. Syftet är att visa jämförelse av klimatpåverkan vid byggande av byggnader som byggs i nivå med energihushållningskraven i BBR19 och byggande av lågenergibyggnader med lägre specifik energianvändning än BBR 19.

Klimatprestanda presenteras för två befintliga lågenergibyggnader och de motsvarande BBR19-byggnaderna. Beräknad miljöåterbetalningstid presenteras för flerbostadshuset (F1) med en stomme av betong och småhuset (S2) med en lätt konstruktion och platta på mark samt för fyra exempelbyggnader. Eftersom endast två verkliga byggnader omfattas är det inte möjligt att dra generella slutsatser och resultatet ska därför tolkas och användas med försiktighet.

### Genomförande

Metoden bygger på att det finns minst ett års uppmätta värden för byggnadens energianvändning, att en energibalansberäkning finns och att den är kalibrerad med uppmätta värden samt att byggnaden skalats av energibesparande åtgärder till en fiktiv BBR19-nivå enligt metod för energiberäkningar, se bilaga 2.1.

För bedömning av olika miljöaspekter har livscykelanalyser (LCA) genomförts för både den utvalda lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-versionen samt beräkningar för exempelbyggnaderna. Beräkningarna har utförts av IVL<sup>29</sup>. Resultatet bygger på IVL:s underlag och är endast delvis baserat på Energimyndighetens energiscenarier över Sveriges energisystem<sup>30</sup>. Detta kan betyda att resultatet är något högre än om Energimyndighetens energiscenarier använts.

I denna utredning redovisas LCA-resultatet som en klimatdeklaration, det vill säga alla utsläpps bidrag till klimatpåverkan. Bidraget till klimatpåverkan från olika växthusgaser räknas samman till en koldioxidekvivalent

---

<sup>29</sup> Se IVL-rapport U1576 ”Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda” som omfattar metodbeskrivning samt LCA-beräkningar för de båda lågenergibyggnaderna. Se även IVL-rapport U5226 ”Miljöåterbetalningstid för energieffektivisering i förhållande till BBR19” presenteras beräkningar för exempelbyggnaderna.

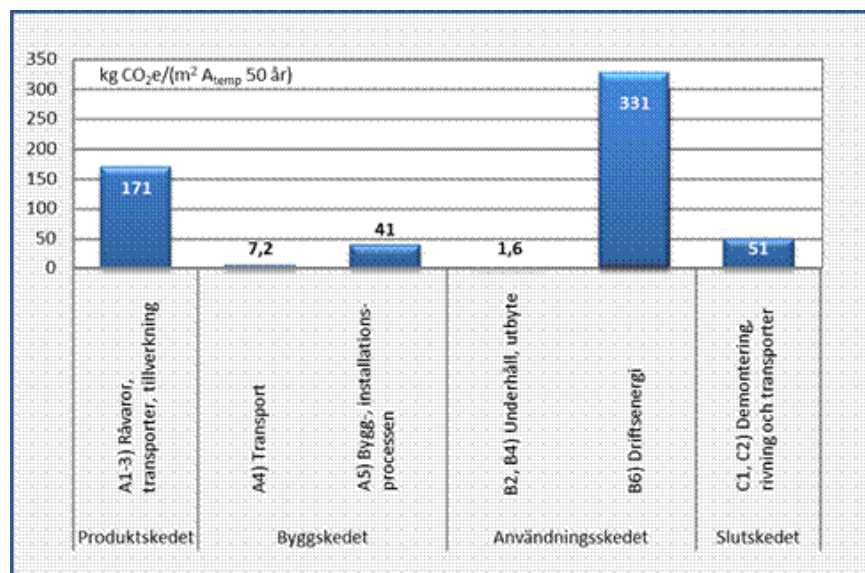
<sup>30</sup> Scenarier över Sveriges energisystem, Energimyndigheten ER 2014:19

(CO<sub>2</sub>e). Den modell som används för att göra detta är tidsberoende och vanligast är att klimateffekten under 100 år används som grund för koldioxidkvivalenterna (förkortas ofta GWP100).

Resultatet visar skillnaden i klimatpåverkan uppdelad i olika skeden under livstiden samt jämförelse av klimatpåverkan från lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-byggnaden. I de beräkningar som görs ställs den extra miljöpåverkan det innebär att bygga ett hus med bättre miljöprestanda i relation till driftsskedets minskade miljöpåverkan. I kalkylerna är drifttiden 50 år. Även den miljöåterbetalningstid som anger hur lång tid det tar att inhämta den miljöpåverkan som en investering har orsakat har beräknats för F1, S2 och exempelbyggnaderna.

### Småhuset S2

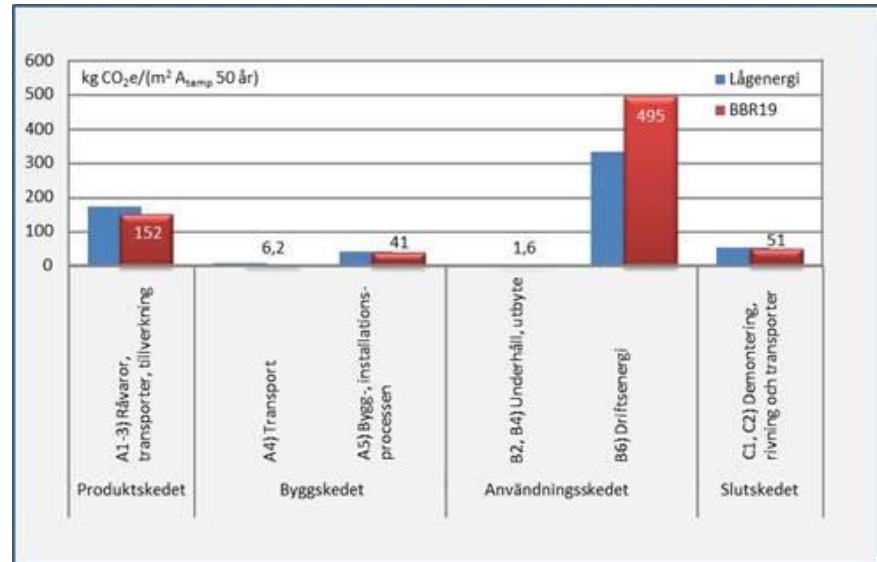
Figur 5.1 visar klimatpåverkan för ett småhus (S2) med lätt konstruktion och platta på mark i lågenergiutförande, som värms upp med fjärrvärme, under dess livscykel uppdelat på ett antal livscykelstegen. Klimatpåverkan är beräknad för 50 års drift. Det framgår tydligt att för småhuset utgör driftenergin den största klimatpåverkan. Produktskedet och byggskedet utgör i storleksordningen 60 procent av klimatpåverkan från driftenergin. I analysen ingår bara yttre underhåll. Vid 30 års drift är driftenergens klimatpåverkan 198 kg CO<sub>2</sub>e/(m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>).



Figur 5.1 Klimatpåverkan för småhuset (S2) med en platta på mark och trästomme med lågenergi-prestanda under 50 års drift.

Figur 5.2 visar en jämförelse av klimatpåverkan för småhuset S2 i teoretiskt BBR19 utförande och lågenergiutförande. Jämförelsen visar att under produktskedet har lågenergiutförandet en högre klimatbelastning än

BBR19-utförandet. Även klimatpåverkan från transporter under byggskedet är något högre för lågenergibyggnaden. Skillnaden är desto större för klimatpåverkan för driftenergin.



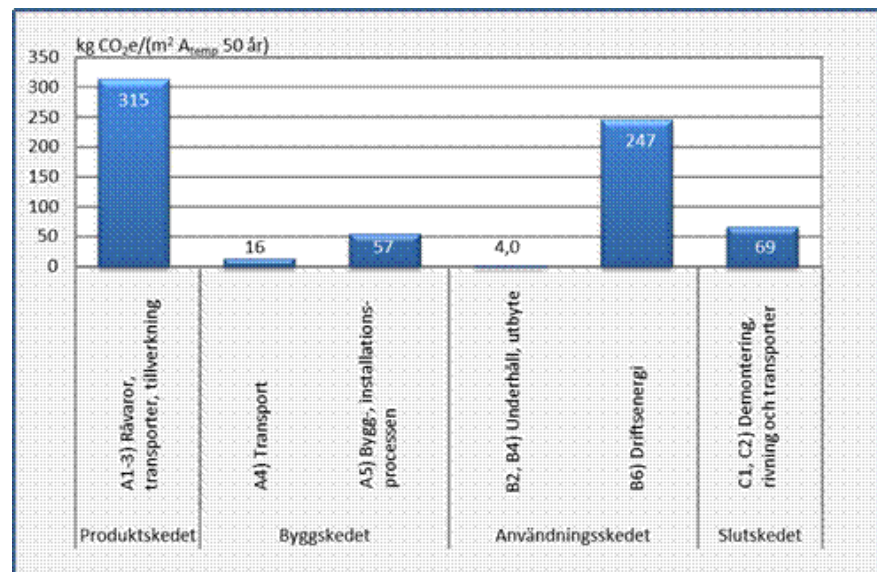
Figur 5.2 Jämförelse av klimatpåverkan för småhuset (S2) med en platta på mark och trästomme med lågenergi- och BBR19-prestanda under 50 års drift. (numeriska värdena på blå staplar enligt Figur 5.1).

Klimatpåverkan är relativt lika för de båda utförandena under byggskedet, underhåll samt för slutskedet. Den största skillnaden finns för drifttiden, det vill säga klimatpåverkan till följd av byggnadens energianvändning. Miljöåterbetalningstiden för småhuset är 6 år.

### Flerbostadshuset F1

Figur 5.3 visar klimatpåverkan för ett flerbostadshus med betongstomme (F1) i sitt ursprungliga lågenergiutförande, som värms upp med fjärrvärme, under en kalkylperiod på 50 år. Klimatpåverkan är uppdelad på ett antal livscykelkedor och inkluderande informationsmoduler.



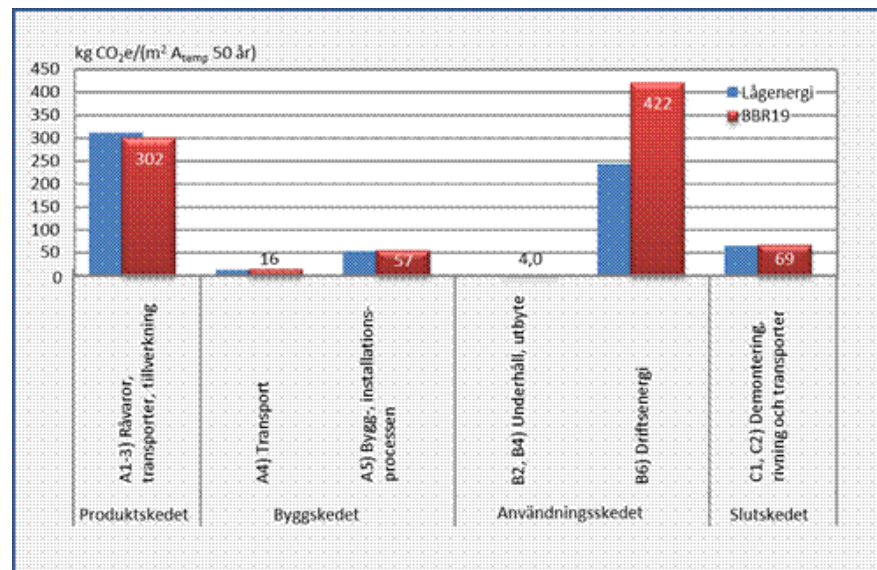


Figur 5.3 Klimatpåverkan för flerbostadshuset (F1) med en betongstomme och med lågenergiprestanda under 50 års drift. Vid 30 års drift är driftenergis klimatpåverkan 148 kg CO<sub>2</sub>e/(m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>).

För flerbostadshuset är det tydligt att produktions- och byggskedet ger betydligt större miljöpåverkan än driftskedet under byggnadens livslängd. Närmare dubbelt så mycket klimatpåverkan sker vid produktion och byggande för byggnad F1. I analysen ingår bara yttre underhåll i kombination med att de flesta ytor är underhållsfria, vilket sammantaget gör att nästan inget underhåll hinner utföras. Byggnaden har en putsad yta som målas en gång under livslängden.

Det är tydligt att produktskedet tillsammans med byggskedet utgör den största andelen av byggnadens totala klimatpåverkan med en drifttid på 50 år. Vid 30 års drift är driftenergis klimatpåverkan 148 kg CO<sub>2</sub>e/(m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>).

Skillnaden i klimatpåverkan mellan den ursprungliga lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-byggnaden redovisas i Figur 5.4 för byggnadens livscykel under en livscykel på 50 år.



Figur 5.4 Jämförelse av klimatpåverkan för ett flerbostadshus med en betongtomme (F1) och med lågenergi- och BBR19-prestanda under 50 års drift. (numeriska värdena på blå staplar enligt figur 5.3).

Jämförelsen visar att under produktskedet har lågenergiutförandet en något högre klimatbelastning än BBR19-utförandet. Skillnaden är desto större för klimatpåverkan under driftfasen. Där driftenergin är närmare dubbelt så stor för BBR19-versionen än för lågenergibyggnaden.

I och med att skillnaden i klimatpåverkan är relativt lika för de båda energiprestandanivåerna under byggnadens byggskede, underhåll och slutskede blir miljöåterbetalningstiden för flerbostadshuset F1 3,8 år. Det vill säga den ökade klimatpåverkan som byggandet av lågenergibyggnaden medför har miljön ”tjänat in” i minskad påverkan under driftfasen på 3,8 år.

### Miljöåterbetalningstider

För att bedöma miljönyttan av investering i en bättre energiprestanda i förhållande till BBR19 har byggnadens miljöåterbetalningstid beräknats. I beräkningarna ställs den extra miljöpåverkan det innebär att bygga en byggnad med bättre miljöprestanda i relation till driftsskedets minskade miljöpåverkan.

Miljöåterbetalningstiden (MÅT) anger hur lång tid det tar att tjäna tillbaka den miljöpåverkan som den aktuella investeringen orsakat. Metoden motsvarar den som gäller för en ekonomisk återbetalningstid (Pay-off eller Pay-back-tid).

**Miljöåterbetalningstid (MÅT),**

$$\text{MÅT} = \frac{\Delta \text{ byggnadsinvestering}}{\Delta \text{ energiprestanda}}$$

där  $\Delta$  anger skillnad i miljöprestanda

Beräkning av miljöåterbetalningstid har genomförts för de två utvalda lågenergibyggnaderna S2 och F1 (6 år respektive 3,8 år). Dessutom har beräkningar även genomförts för fyra teoretiska exempelbyggnader, två småhus och två flerbostadshus. Baserat på en typisk byggnadsutförning som uppfyller BBR19 har energiförbättringar gjorts som leder till 25 procent respektive 50 procent lägre specifik energianvändning än BBR 19.

Redovisningen i tabell 5.1 är en sammanställning av klimatpåverkan och miljöåterbetalningstider för exempelbyggnaderna. För exempelbyggnaderna har två olika lågenerginivåer beräknats, 25 procent- respektive 50 procent lägre specifik energianvändning än BBR19.

Tabell 5.1. Sammanställning av klimatpåverkan och miljöåterbetalningstider för exempelbyggnaderna.

Byggnad	Specifik energianvändning, [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	Klimatpåverkan köpt energi [kg CO <sub>2</sub> e /kWh]	Skillnad i klimatpåverkan [kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	Miljöpåverkan för alla åtgärder (kgCO <sub>2</sub> e)	Årlig energibesparing (kWh/m <sup>2</sup> )	Miljöåterbetalningstid (år)
<b>Exempelbyggnader</b>						
Flerbostadshus elvärme, BBR19	55,1	0,043	-	-	-	-
-25 % bättre än BBR19	41,0	0,043	0,6	6,3	14,0	10,4
-50 % bättre än BBR19	27,6	0,043	1,2	6,4	27,0	5,4
Småhus elvärme, BBR19	54,6	0,043		-	-	-
-25 % bättre än BBR19	41,3	0,043	0,6	0	13,0	0
-50 % bättre än BBR19	28,1	0,043	1,1	3,9	26,0	3,4
Flerbostadshus, fjärrvärme,	91,5	0,105		-	-	-

Byggnad	Specifik energi-användning, [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	Klimat-påverkan köpt energi [kg CO <sub>2</sub> e /kWh]	Skillnad i klimatpåverkan [kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	Miljöpåverkan för alla åtgärder (kgCO <sub>2</sub> e)	Årlig energi-besparing (kWh/m <sup>2</sup> )	Miljöåterbetaltningstid (år)
BBR19						
25 % bättre än BBR19	67,9	0,100	2,8	1,9	24,0	0,8
50 % bättre än BBR19	45,0	0,098	5,2	2,9	46,0	0,6
Småhus, fjärrvärme, BBR19	89,8	0,111		-	-	-
25 % bättre än BBR19	67,0	0,109	2,7	0,1	23,0	0,02
50 % bättre än BBR19	45,0	0,106	5,2	0,9	45,0	0,2

I tabell 5.1 visas en sammanställning för exempelbyggnaderna med fjärrvärme som huvudsaklig energikälla för uppvärmning. För de fjärrvärme-uppvärmda exempelbyggnaderna kan noteras att miljöåterbetaltningstiderna är korta. På mindre än ett år har miljöpåverkan från investeringen hämtats in i minskad klimatpåverkan från energianvändningen.

Fjärrvärmda byggnaders energiprestanda har i exempelbyggnaderna främst förbättrats genom byte till mer högpresterande isolering (lamda värde), fönster, dörrar och effektivare energiåtervinning av ventilationsluften samt minskad luftläckning. Miljöåterbetaltningstiderna för de utvalda lågenergibyggnaderna S2 och F1 som även de har fjärrvärme som huvudsaklig energikälla för uppvärmning är 6 respektive 3,8 år. Att tiden är lägre för de båda utvalda byggnaderna beror på att utvalda åtgärder har större miljöpåverkan än de åtgärder som valts ut för de fiktiva exempelbyggnaderna.

Miljöåterbetaltningstiderna är längre för eluppvärmda byggnader än för motsvarande byggnad som värms upp med fjärrvärme. En förklaring till detta är att den specifika energianvändningen är lägre för eluppvärmda byggnader redan i BBR19-utförandet. Detta medför att det krävs mer om-

fattande åtgärder för att förbättra energiprestanda, i eluppvärmda byggnader än i fjärrvärmeuppvärmda byggnader. Trots mer omfattande åtgärder för eluppvärmda byggnader så blir miljöåterbetalningstiden aldrig längre än 10 år.

### **Slutsatser och diskussion**

Ur ett miljöperspektiv är det mer fördelaktigt att bygga med en högre ambition i avseende på energiprestanda än kraven på energihushållning i byggreglerna BBR19. Detta gäller även om en så kort livslängd som 30 år analyseras och förstärks ytterligare vid en längre livslängd på 50 år. Denna slutsats gäller oavsett byggnadstyp som analyseras.

Beräkningarna visar att den ökade miljöpåverkan som en investering i bättre energiprestanda medför blir återbetald inom 5 år för flerbostadshuset (F1) och inom 10 år för småhuset (S2). För flera av exempelbyggnaderna som värms upp med fjärrvärme är miljöåterbetalningstiden mindre än 1 år. Skillnaden mellan BBR 19-byggnad och lågenergibyggnad är som störst i användningsskedet, framförallt klimatpåverkan för driftse-  
nergien.

Intressant är även att trots att mer miljöpåverkande åtgärder valts för S2 och F1 än för exempelbyggnaderna, så att miljöåterbetalningstiderna för de båda utvalda byggnaderna blir längre än för exempelbyggnaderna, så är miljöåterbetalningstiden relativt kort.

Beräkningarna visar även att det är andra delar av byggnaden än materialval i ett termiskt bättre klimatskal som bidrar till klimatpåverkan. Bättre isolerade byggnader ger relativt sett litet ökat bidrag till klimatpåverkan vid produkt- och byggskedet jämfört med sämre isolerade byggnader. Sett till byggnadens hela livscykel med driftskedet är nyttan med att bygga energieffektivt tydlig.

En slutsats är att de beräkningar som gjorts visar att klimatskalet vid nybyggnad av lågenergibyggnader är så bra, att det är hur installationerna fungerar i praktiken som får en avgörande betydelse för de energibesparingar som kan göras. Det betyder även att om installationer inte uppfyller den prestanda som utlovats så kommer inte dessa byggnader att klara projekterade värden. På samma sätt är det för lågenergibyggnader viktigt att hantera köldbryggor och att se till att byggnaderna är lufttäta då det relativa bidraget från dessa potentiella felkällor har större betydelse än för en byggnad som bara uppfyller dagens normkrav.

Att miljöåterbetalningstiderna för exempelbyggnaderna som värms upp med fjärrvärme är betydligt kortare än motsvarande byggnader som

värms upp med el kan delvis förklaras med att kraven på specifik energianvändning i nuvarande byggregler är mer generösa än för motsvarande byggnader som värms upp av el. Detta betyder att utgångsläget för byggnadens specifika energianvändning har stor betydelse för vilken klimatpåverkan en förbättring i energiprestanda har. För eluppvärmda byggnader är utgångsläget lägre än för de fjärrvärmeuppvärmda byggnaderna, detta påverkar vilka åtgärder som är möjliga att vidta för en förbättrad energiprestanda. Sannolikt krävs mer klimatpåverkande åtgärder för de eluppvärmda byggnaderna.

## 6 Slutsatser

Nedan följer en sammanfattning av våra slutsatser som inleds med en diskussion kring den metod som har använts.

### Metoden

Uppgiften har varit att följa upp och utvärdera utfallet av lågenergibygnader efter det att byggnaderna har uppförts och tagits i bruk. Sådana utvärderingar, s.k. ex-postutvärderingar, är ovanliga och kräver mycket resurser, speciellt om utvärderingar inte har varit planerade redan i projekteringsstadiet. I möjligaste mån ska ex-postutvärderingar bygga på uppmätta värden, vilket också har eftersträvat i denna utredning.

Utgångspunkten i metoden har varit att definiera ett s.k. nollalternativ. Det har fallit sig naturligt att välja den utvalda lågenergibygnaden som nollalternativ. För att undersöka vilka effekter som byggandet av lågenergibygnader har på de tekniska egenskaperna enligt byggreglerna samt investeringskostnader och drift- och underhållskostnader, är det också naturligt att som förändringsalternativ välja en BBR-byggnad. Det vill säga hur skulle BBR-varianten av den utvalda lågenergibygnaden se ut? För detta krävs bl.a. att lågenergibygnadens energiprestanda försämrats till dess att BBR-nivån nås.

Energihushållningskravet i BBR består av tre delar. Energikrav ( $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ ), effektkrav ( $\text{kW}$ , endast för eluppvärmda byggnader) samt krav på U-värden ( $\text{W/K, m}^2$ ). Vanligtvis är det energikravet mätt i  $\text{kWh/m}^2 \text{år}$  som är i fokus, men de andra kraven kan också vara dimensionerande.

### Lärdomar

Metoden att utgå från en lågenergibygnad och "skala" av energieffektiverande åtgärder tills BBR-nivån nås har visat sig vara utmanande då det, i vissa fall, varit svårt att nå BBR-nivån mätt i  $\text{kWh/m}^2$ . I dessa fall har något av de två andra energihushållningskraven i BBR, effektkravet i eluppvärmda byggnader eller U-värdeskravet varit begränsande.

En annan lärdom är valet av programvara. Det finns inget egenvärde av att använda komplicerade modeller om analysen lika gärna skulle kunna göras med enklare modeller. Transparensen är central, allt från inmatning av data, hur och vad som modellen beräknar, till hur slutresultaten ska tolkas. Brister det i något av stegen kommer tilltron till modellen att försämrats och mycket arbetstid går till spillo. Eftersom bostadsbyggnader (flerbostadshus och småhus) är enklare i sin byggkonstruktion är det

myndigheternas uppfattning att enklare modeller kan användas för att analysera dessa byggnader än vad som ursprungligen användes vid denna utvärdering. Lokalbyggnader är mer komplicerade och då krävs mer avancerade modeller.

### **Hur påverkar olika energiprestandanivåer investeringskostnader?**

Boverkets byggregler BBR är minimikrav som avser den faktiska energi-användningen när byggnaden är uppförd och tagen i bruk. De angivna kravnivåerna i reglerna får inte överskridas, men det är tillåtet att bygga bättre.

Denna fallstudie visar att för de tre utvalda lågenergibygnaderna har kostnaderna för energirelaterade investeringar ökat för att bygga energieffektivare än kravet enligt byggreglerna, BBR 19. I de tre utvalda lågenergibygnaderna som studerats, samtliga med fjärrvärme som uppvärmningsform, har småhuset en kostnadsökning i storleksordningen 140 000 kronor. För flerbostadshuset beräknas investeringskostnaden öka med drygt 2,3 miljoner kronor och för kontorsbyggnaden med drygt 2,9 miljoner kronor.

Analyser utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv visar i denna fallstudie att det för småhuset och flerbostadshuset inte går att finansiera den ökade investeringskostnaden med lägre driftkostnader för energi, medan det för kontoret går. Livscykelkostnaden minskar med försämrad energiprestanda i småhuset och i flerbostadshuset. I den studerade kontorsbyggnaden gäller dock det motsatta, det vill säga försämrad energiprestanda ökar livscykelkostnaden.

I de undersökta exempelbyggnaderna förbättras prestandan med 25 respektive 50 procent i förhållande till BBR19. En 50 procentig förbättring öka investeringskostnaden med knappt 165 000 kronor i det eluppvärmda småhuset och till 250 000 kronor när småhuset uppvärms med fjärrvärme. I det elvärmda flerbostadshuset beräknas investeringskostnadsökningen till knappt 1,9 miljoner kronor, och till 700 000 kronor när byggnaden använder fjärrvärme.

Livscykelkostnadsanalyser på exempelbyggnaderna leder fram till resultaten att livscykelkostnaden minskar med försämrad energiprestanda i småhuset, såväl när det uppvärms med el som med fjärrvärme. En minskad livscykelkostnad blir också resultatet för flerbostadshuset med elvärme. Däremot ökar livscykelkostnaden med försämrad energiprestanda för flerbostadshuset som uppvärms med fjärrvärme. I det senare fallet in-



nebar det således att en förbättrad energiprestanda också förbättrar det fastighetsekonomiska utfallet.

Det kan vara svårt vid genomförandet att bygga bättre än energikraven i BBR, trots en uttalad målsättning. Det vill säga att huset projekteras och byggs för en lägre energiprestanda än vad som sedan uppnås. Det visar Boverkets utvärdering av Lågan<sup>31</sup>, ett program för byggnader med mycket låg energianvändning. Trots den uttalade målsättningen på 25 procent bättre energiprestanda än BBR av 56 energideklarerade byggnader, uppfylldes denna målsättning endast av 15 byggnader, dvs. 26 procent<sup>32</sup>. Det visar, enligt myndigheterna, svårigheten, och att kunskapen många gånger inte är tillräcklig, för att bygga bättre än BBR.

### **Påverkan på andra tekniska egenskaper**

För att kunna utvärdera en lågenergibygnad måste man finna hur de övriga tekniska egenskaperna uppfylls i den aktuella byggnaden, i förhållande till en byggnad som precis uppfyller kraven i BBR. Uppträder negativa effekter bör en uppskattning om vad det skulle kosta att korrigera dessa göras. Det kan vara så att vanliga byggprojekt inte heller uppfyller BBR-kraven vilket gör det särskilt viktigt att kontrollera vilka parametrar som skiljer sig mellan lågenergibygnader och en vanlig BBR-byggnad.

Enkätundersökningen visar att inomhusmiljön påverkas i lågenergibygnaderna och vid en jämförelse med BETSI-undersökningen kan konstateras att uppmärksamhet bör läggas på att säkerställa övriga tekniska egenskaper. Uppfylls inte övriga tekniska egenskaper kan det i förlängningen misskreditera lågenergibygnader.

I denna undersökning har enkäter och i viss mån mätningar använts. Enkätsvaren ger en bild av hur inomhusmiljön och komforten upplevs och hur byggnaden används, men de ger ingen information om hur byggnaden fungerar rent tekniskt.

I de fall enkätsvaren indikerar en försämrad inomhusmiljö bör detta följas upp på plats genom observationer, inventering och mätning. Intervjuer med de som vistas i byggnaden kan också användas för att skapa en fördjupad förståelse för problematiken.

---

<sup>31</sup> Boverket (2014) "Skärpta energihushållningskrav" Rapport 2014:19

<sup>32</sup> Totalt undersöktes 150 byggnader. I Boverkets utvärdering gick myndigheten vidare med de 56 byggnader som hade energideklarerats. 21 av 56 byggnader, 37 procent, uppfyllde inte BBR-kraven.

Eftersom underlaget i enkätundersökningen är begränsat kan resultaten endast ses som indikationer på problem som behöver beaktas.

Om enkäter används för uppföljningar av inomhusmiljön rekommenderas att enkäter utgår till samtliga boende/personal i en byggnad. Merkostnaden för att distribuera fler enkäter är liten och ett större analysunderlag kan samlas in.

Det är känt att en grupp människor är mer känsliga än andra (allergiker, astmatiker etc.). På grund av det begränsade underlaget i den här studien är det inte möjligt att dra några slutsatser gällande hur dessa extra känsliga personer upplever lågenergibygnader. Det kan vara så att personer i denna grupp är under eller överrepresenterade i underlaget.

### **Bedömning av klimatpåverkan**

Ur ett miljöperspektiv är det mer fördelaktigt att bygga med en högre ambition avseende energiprestanda än kraven på energihushållning i byggreglerna, BBR19, sett till den enskilda byggnaden. Detta gäller även om en så kort livslängd som 30 år analyseras och förstärks ytterligare vid en längre livslängd på 50 år. Denna slutsats gäller oavsett byggnadstyp som analyseras.

Beräkningarna visar att den ökade miljöpåverkan som en investering i bättre energiprestanda medför blir återbetald inom 5 år för flerbostadshuset (F1) och inom 10 år för småhuset (S2). För flera av exempelbyggnaderna är miljöåterbetalningstiden mindre än 1 år. Intressant är även att trots att mer miljöpåverkande åtgärder valts för S2 och F1 än för exempelbyggnaderna, så att miljöåterbetalningstiderna för de båda utvalda byggnaderna blir längre än för exempelbyggnaderna, så är tiden för miljöåterbetalning ändå relativt kort.

Beräkningarna visar även att det är andra delar av byggnaden än materialval i ett termiskt bättre klimatskal som bidrar till klimatpåverkan. Bättre isolerade byggnader ger relativt sett litet ökat bidrag till klimatpåverkan i produkt- och byggskedet jämfört med sämre isolerade byggnader. Sett till byggnadens hela livscykel är nyttan med att bygga energieffektivt tydlig.

Skillnaden mellan BBR19-byggnad och lågenergibygnad är som störst i användningsskedet, där framförallt klimatpåverkan för driftsenergin är betydligt högre för BBR19-byggnaden.

En slutsats är att de beräkningar som gjorts visar att klimatskalet vid nybyggnad av lågenergibygnader är så bra, att det är hur installationerna

fungerar i praktiken som får en avgörande betydelse för de energibesparingar som kan göras. Det betyder även att om installationer inte uppfyller den prestanda som utlovats så kommer inte dessa byggnader att klara projekterade värden. På samma sätt är det för lågenergibyggnader viktigt att hantera köldbryggor och se till att byggnaderna är lufttäta då det relativa bidraget från dessa potentiella felkällor har större betydelse än för en byggnad som bara uppfyller dagens BBR-krav.

För eluppvärmda byggnader är utgångsläget svårare än för de fjärrvärmeuppvärmda byggnaderna, detta påverkar vilka åtgärder som är möjliga att vidta för en förbättrad energiprestanda. Sannolikt krävs mer klimatpåverkande åtgärder för dessa byggnader.

### **En sammanvägning**

Lågenergibyggnader sparar energi och har därmed lägre resursutnyttjandet i driftfasen. Men det förutsätter större investeringar i klimatskal och installationer och denna fallstudie visar att det kan vara svårt att få tillbaka hela denna merkostnad i form av minskade uppvärmningskostnader under byggnadens livslängd.

Det krävs särskild kunskap och noggrannhet för att bygga lågenergibyggnader. Även om det inte går att dra slutsatsen att det är kopplat till endast lågenergibyggnader så visar undersökningen att det under sommartid kan det bli för varmt inomhus och på vintern för kallt. Samtliga egenskapskrav i BBR ska vara uppfyllda i en nyuppförd byggnad. Enkätundersökningen visar på att särskilt luftkvalitet, ljusmiljö, termisk komfort och brandsäkerhet bör uppmärksammas vid framtida lågenergibyggande. Undersökningen visar även på positiva effekter när det gäller luftkvalitet och ljudkomfort i de undersökta byggnaderna. Ur ett klimatperspektiv är det mer fördelaktigt att bygga med en högre ambition avseende energiprestanda än kraven på energihushållning i Boverkets byggregler, BBR19, sett ur den enskilda byggnaden.

## 7 Vilka effekter får val av byggnaders energiprestandanivå i ett nationellt och globalt perspektiv?

I kapitel 5 Bedömning av olika miljöaspekter beskrivs skillnaden mellan en lågenergibygnad och en BBR19-byggnad. Val av energiprestandanivå påverkar t.ex. byggherrar, fastighetsägare och boende eftersom skillnaden kan påverka t.ex. byggkostnader och inomhusmiljön. Att minska energianvändningen i byggnader bidrar till nå delar av generationsmålet, en god hushållning med naturresurser. Det bidrar i sin tur till den samhällsomställning som gör att de nationella miljö kvalitetsmålen på sikt nås.

### 7.1 Energianvändning i nya byggnader är en liten del av den totala slutanvända energin år 2030

Den temperaturkorrigerade slutanvända energin till uppvärmning och varmvatten i bostäder och lokaler var 85 TWh år 2011. Det motsvarade drygt 20 procent av den totala slutanvända energin år 2011. I Energimyndighetens energiscenarier 2014 minskar energianvändningen till uppvärmning och varmvatten till cirka 77 TWh år 2030, det motsvarar 20 procent av den totala slutanvända energin år 2030. För de nya byggnaderna beräknas värmebehovet från nya byggnader med hjälp av kraven i energihushållningsreglerna och antagande om den tillkommande ytan. I Energimyndighetens energiscenarier 2014 antas att uppvärmningsbehovet av värme och varmvatten i befintlig bebyggelse effektiviseras med 0,5 procent per år. Om befintliga byggnader kommer att renoveras mer energieffektivt kommer energieffektiviseringstakten att öka. Bostadsbyggandet är större i södra Sverige, vilket tas hänsyn till i prognosen eftersom värdet som används ligger mellan kraven för klimatzon 2 och 3, det vill säga 100 kWh per kvadratmeter. Det innebär förmodligen att värmebehovet i nybyggda bostäder och lokaler överskattas eftersom även energi till komfortkyla och fastighetsel ingår i Boverkets krav.

I tabell 7.1 visas det totala värmebehovet per byggnadskategori för åren 2011 till 2030 i Energimyndighetens energiscenarier 2014, och om energihushållningskraven skärps med 25 respektive 50 procent. Beroende på energihushållningskravnivå, och baserat på Energimyndighetens energiscenarier 2014, kommer energianvändning till uppvärmning och varmvatten i nya byggnader motsvara ungefär 3-6 procent av den totala slutanvända energin.

Tabell 7.1. Beräknat tillkommande värmebehov per byggnadskategori i Energi- myndighetens energiscenarier 2014 och om energihushållningskraven skulle skärpas med 25 respektive 50 procent.

	från 2011 till 2030, TWh BBR19	från 2011 till 2030, TWh 25 procent av BBR19	från 2011 till 2030, TWh 50 procent av BBR19
Småhus	2,1	1,5	1,0
Flerbostadshus	2,1	1,6	1,1
Lokaler	0,4	0,3	0,2
Summa	4,6	3,5	2,3

### **Energitillförsel som används i byggnader har låga mängder fossilt bränsle**

Energisystemet kan delas in i tillförsel, omvandling och slutanvändning. Energitillförseln består av tillfört bränsle till användarsektorerna och till omvandlingsanläggningar som kraftvärmeverk. I Sverige är mängden fossila bränslen i el- och fjärrvärmeproduktionen låg redan idag och minskar ytterligare i Energimyndighetens scenarier till år 2030.

Nästan 60 procent av energianvändningen i sektorn bostäder och service går till uppvärmning och varmvatten. I Sverige dominerar fjärrvärme och el (delvis värmepumpar) på uppvärmningsmarknaden. När det gäller bränsleanvändningen i bostäder och lokaler har oljan minskat kraftigt och i scenarierna försvinner den helt. Sverige har till skillnad från många andra länder i Europa endast en liten naturgasanvändning och även denna minskar i scenarierna. Vi har istället en relativt stor, och i scenarierna ökande, användning av biobränsle.

## **7.2 Utsläpp av växthusgaser regleras i tillförsel till energisystemet på internationell nivå**

All energianvändning har miljöpåverkan. Det finns ofta någon skatt eller avgift för att minska denna påverkan och för att t.ex. anläggningar som släpper ut koldioxid ska få incitament att effektivisera eller byta till ett mer miljövänligt bränsle. Argumentet framförs ofta, att skärpta energihushållningskrav innebär att utsläpp av växthusgaser minskar. Om det blir en verklig utsläppsminskning är osäkert. Det beror på att de anläggningar som tillför energi (el och fjärrvärme) för uppvärmning och varmvatten omfattas av utsläppshandelssystemet EU-ETS. Det innebär att de totala utsläppen av koldioxid inom EU har ett tak. Om efterfrågan av t.ex. fjärrvärme minskar i Sverige, kommer de svenska utsläppen att minska. I det perspektivet gör den minskade efterfrågan som lågenergibyggnader

innebär skillnad för utsläpp av växthusgaser. Men eftersom utsläppsrätterna kan säljas inom systemet kan den minskade nationella utsläppen istället bli utsläpp någon annanstans. Det här resonemanget gäller även de utsläpp som är beräknade i byggfasen eftersom tillverkare av byggmaterial också ingår EU-ETS, om tillverkningen sker inom Europa.

### 7.3 Försörjningstrygghet

Försörjningstrygghet kan både kopplas till den enskilda byggnaden (i vilken grad den påverkas av störningar i el- och värmeförsörjning) och i ett större perspektiv där frågan kopplas till energisystemet i stort.

Resonemanget i det här kapitlet beskriver båda perspektiven men inte med koppling till de lågenergi- och exempelbyggnader som omfattas av den här fallstudien.

#### **Grundprinciper för trygg energiförsörjning**

Vad som är en trygg energiförsörjning eller inte varierar utifrån olika energianvändares specifika behov och förutsättningar. Det som är tillfredställande för en energianvändare vid en tidpunkt kan vid en annan tidpunkt, eller för en annan energianvändare, vara helt oacceptabelt. Av denna anledning går det inte att helt tydligt fastslå vad trygg energiförsörjning innebär. En grundläggande utgångspunkt är att tryggheten utgår från användares individuella och kollektiva behov. Trygghet ska i första hand säkerställas genom väl fungerande energimarknader. Ansvar för en trygg energiförsörjning ligger på många olika aktörer. Marknaderna, som i allt större utsträckning är internationella, ska genom sina funktionsätt kunna förebygga och lindra avbrott och bristsituationer. De som tillhandahåller energi har ett långtgående ansvar för att förebygga och lindra de störningar som kan uppstå. Energianvändare har även ett ansvar för att kunna hantera konsekvenser av de störningar och avbrott i energileveranser som uppstår.

Minskad energianvändning och energieffektivisering leder inte per automatik till förbättrad försörjningstrygghet. Försörjningstrygghet handlar i praktiken om att användares behov ska tillgodoses genom att störningar och avbrott minimeras samt att konsekvenser av dessa – om de ändå inträffar – kan förebyggas och lindras. Till exempelvis kan en minskad energianvändning leda till lägre diversifiering av tillförseln, vilket skulle kunna öka konsekvenserna för användaren om störningar eller avbrott inträffar.

Specifika förutsättningar har stor betydelse för arbetet med trygg energiförsörjning. Det är därför viktigt att analysera konsekvenser för försörj-

ningstryggheten utifrån den specifika situationen och de förändringar som sker och planeras, samt löpande utveckla åtgärder för en god försörjningstrygghet anpassad till användarnas behov.

### **Lågenergibyggnader och försörjningstrygghet**

#### **Lågenergibyggnader är bättre på att behålla värmen**

För att uppvärmningen i en lågenergibyggnad ska fungera behövs det el. Lågenergibyggnader är i sina konstruktioner bättre isolerade än många andra byggnadstyper och kyls därmed generellt sett inte ut lika fort om det skulle ske ett avbrott i antingen el- eller fjärrvärmeförsörjningen. En studie som Energimyndigheten gjorde år 2007 visar att en lågenergiovilla med träfasad från samma år kommer att nå inomhustemperaturen +5 grader efter ca 6 dygn då utomhustemperaturen är -10 grader. För en 90-talsvilla med träfasad skulle det ta ca 3 dygn vid samma utomhustemperatur<sup>33</sup>.

Lågenergibyggnaders förmåga att motstå störningar i fjärrvärmeförsörjningen, och om lågenergibyggnader innehåller tekniska installationer som är känsliga för långvarigt el- eller värmebortfall, är inte tillfullo kartlagt.

### **Efterfrågeförändringar av uppvärmning kan påverka försörjningstryggheten**

#### **Påverkan på energisystemet**

Energimyndigheten ser att det kan finnas faktorer som kommer att påverka förutsättningarna för fjärrvärmebranschen i framtiden, bl.a. kommer val av uppvärmningssätt för nya byggnader samt graden av effektivisering i det befintliga byggnadsbeståndet att påverka efterfrågan av fjärrvärme. Svensk Fjärrvärme bedömer att minst 12-15 procent av nuvarande fjärrvärmelast i miljonprogrammet försvinner på 15-20 års sikt.<sup>34</sup> En ökande andel lågenergibyggnader skulle alltså på sikt kunna göra fjärrvärmebranschen mindre lönsam då mindre energi behövs för uppvärmningen av dessa byggnader. Det skulle med andra ord kunna innebära minskat intresse från branschen för underhåll av befintliga fjärrvärmesystem samt investeringar i utbyggnaden av nya. Om detta sker skulle det kunna påverka försörjningstryggheten för både värme och varmvatten i stora delar av samhället. Ett sådant scenario skulle sannolikt kunna bidra till ökad efterfrågan på el för uppvärmning och därmed krav på ökad el-

---

<sup>33</sup> Hur snabbt blir huset kallt vid el- eller värmeavbrott= (ET 2007:40)

<sup>34</sup> Fjärrvärme i lågenergihus 2011 (ISBN 978-91-85775-04-0)

produktion, särskilt under kalla vinterdagar då effektbehovet är som störst.

## Försörjningstrygghet och uppvärmning

### El

El är en förutsättning för i stort sett all annan energiförsörjning och intar därför en särställning inom energiförsörjningen. Tillgång på el är i många fall även en förutsättning för att andra tekniska system ska fungera, t.ex. fjärrvärmesystem som förser mer än hälften av alla bostäder och lokaler med värme i Sverige. Därför ställs det stora krav på tillgängligheten i elleveranserna. Alla avbrott, både korta och längre, skapar konsekvenser i samhället. Eftersom den svenska elproduktionen är starkt beroende av framförallt två produktionsslag, vattenkraft och kärnkraft (som tillsammans står för 86 procent av den svenska elproduktionen), är elsystemet sårbart om en störning skulle ske i båda kraftslagen samtidigt. De elavbrott som inträffar orsakas dock ytterst sällan av störningar i elproduktionen eller av störningar i eltillförseln från annat land, utan beror oftast på händelser i lokal- och regionnäten. De senaste årens höst- och vinterstormar är exempel på sådana händelser. Ett funktionskrav infördes den 1 januari 2011 i ellagen med innebörden att oplanerade avbrott i elöverföringen inte får överstiga 24 timmar, såvida det inte beror på orsaker som är utom elnätsföretagens kontroll<sup>35</sup>. Detta funktionskrav har bl.a. bidragit till att allt fler elnätsföretag har genomfört omfattande vädersäkringsåtgärder.<sup>36</sup> Funktionskravet är riktat till nätföretagen, men det innebär också att elanvändare behöver ha en förmåga att kunna hantera konsekvenser av ett elavbrott som är minst 24 timmar långt.

### Fjärrvärme

Försörjningen av värme har stor betydelse för det moderna samhället, särskilt i Sverige som är ett land som är kallt stora delar av året. Fjärrvärme har varit det dominerande energislaget för uppvärmning och varmvatten i Sverige under i princip hela 2000-talet och är huvuduppvärmningsform för cirka 4,5 miljoner boende i Sverige. Under år 2012 distribuerades cirka 52,3 TWh fjärrvärme. Energimyndigheten gör bedömningen att fjärrvärmeanvändningen i sektorerna industri samt bostäder och service m.m. ökar fram till år 2020 för att sedan minska till år 2030. Denna utveckling har sin förklaring i ökad konkurrens från andra uppvärmningsal-

<sup>35</sup> Ellagen (1997:857) 3 kap 9a§

<sup>36</sup> Trädsäkra ledningar definieras enligt Els föreskrift EIFS 2013:1 som ledningar som genom tekniskt utförande eller på grund av ledningsgatans bredd är av sådan karaktär att avbrott i överföring av el inte ska kunna orsakas av träd som faller på ledning.



ternativ som till exempel värmepumpar och effektiviseringar i användarledet.

Generellt anses fjärrvärmen idag som relativt trygg utifrån ett försörjningsperspektiv för boende och verksamheter med få avbrott och med begränsade konsekvenser. Den ökade användningen av biobränslen med begränsade lagringsmöjligheter vid produktionsanläggningar påverkar dock risknivån<sup>37</sup> Med en växande andel användare av fjärrvärme minskar den enskilde användarens flexibilitet avseende värmeförsörjning. Samtidigt blir samhället mer sårbart för störningar i värmeleveranserna, ur ett försörjningsperspektiv. Följden kan bli att förväntningarna och kraven ökar på att fjärrvärmeleverantören tar ansvar för den enskildes värmeförsörjning. Energimyndigheten gör bedömningen att fjärrvärmeanvändningen i sektorerna industri samt bostäder och service m.m. ökar fram till år 2020 för att sedan minska till år 2030.<sup>38</sup> Denna utveckling har sin förklaring i ökad konkurrens från andra uppvärmningsalternativ som till exempel värmepumpar och effektiviseringar i användarledet.

Fjärrvärmesystemets beroende av gasförsörjningen

Ett avbrott i naturgasförsörjningen kan vintertid leda till problem med fjärrvärmeförsörjningen i exempelvis Malmö och Göteborg. Under 2012 svarade naturgas för cirka 6 procent av bränsle- och energitillförsel, för värmeproduktion i kraftvärme- och värmeverk i svenska fjärrvärmesystem. Om naturgasleveranserna till de stora gasförbrukarna avbryts kan det innebära problem med att upprätthålla fjärrvärmeleveranserna i några nät. För cirka fem fjärrvärmenät kan beroendet till naturgas, direkt eller indirekt som spillvärme, anses som stort.

### **Avsaknaden av krav kring beredskapsåtgärder inom fjärrvärmesystemet**

En nulägesanalys<sup>39</sup> som Energimyndigheten låtit göra visar att det generellt sett saknas krav kring beredskapsåtgärder i alla delar av värmeförsörjningskedjan. Det betyder att det inte finns några krav i form av minsta godtagbara krisberedskap för större händelser hos fjärrvärmebolagen förutom i form av generella författningar inom skydd mot olyckor och krisberedskap, samt frivilliga rekommendationer som finns i generella standarder om krisberedskap och kontinuitetshantering. Vidare saknas det idag också reglering avsedd att användas för att säkerställa att fortsatta

---

<sup>37</sup> Energiläget 2013 (ET 2013:22)

<sup>38</sup> Scenarier över Sveriges energisystem – 2014 års långsiktiga scenarier, ett underlag till klimatrapporeringen (ER 2014:19)

<sup>39</sup> GSN Energi – Nulägesanalys inom värmeförsörjningen – Delrapport (dnr 2012-9068)

leveranser av fjärrvärme kommer till stånd om ett fjärrvärmeföretag (eller en restvärmeindustri) går i konkurs. Energimyndigheten har dock i 2015 års regleringsbrev i uppdrag att bl.a. utvärdera de svenska fjärrvärmeföretagens ekonomiska ställning och förmåga att hantera betydande förändringar i omgivningen som påverkar deras ekonomiska ställning.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Regleringsbrev för budgetåret 2015 avseende Statens energimyndighet inom utgiftsområde 21 Energi

# Referenser

## Underlagsrapporter som beställts till denna utvärdering

Dessa finns att ladda ner på Boverkets och Energimyndighetens webbplatser.

- Inomhusmiljön i lågenergibyggnader – en enkätstudie ingående i energiprojektet ”Kontrollstation”, Miljömedicin MM konsult AB, 2015
- Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda, NR U 5176, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2015
- Kvalitativ utvärdering av innemiljön i lågenergibyggnader: enkätundersökning i bostäder och lokaler, 2015, SP
- Miljöåterbetalningstid för energieffektivisering i förhållande till BBR19, NR U 5226, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2015
- Ventilationseffektivitet, temperaturfördelning och komfort i luftvärmade lågenergihus, Högskolan i Gävle, 2015

## Övrigt

- Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2011:26, BBR (BBR 19)
- Scenarier över Sveriges energisystem, ER 2014:19, Energimyndigheten, 2014
- Skärpta nivåer för energihushållning, Rapport: 2014:19; Boverket, 2014
- Optimala kostnader för energieffektivisering, rapport: 2013:2, Boverket, 2013
- Energiläget 2013, ET 2013:22, Energimyndigheten 2013
- Lägsta möjliga energianvändning i nya byggnader och kostnadskonsekvenser, Rapport: 2011:31, Boverket, 2011
- Så mår våra hus - redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m., Boverket, 2009

- Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa - resultat från projektet BETSI, Boverket, 2009





Box 534, 371 23 Karlskrona  
Telefon: 0455-35 30 00  
Webbplats: [www.boverket.se](http://www.boverket.se)



Box 310, 631 04 Eskilstuna  
Telefon: 016-544 20 00, Fax: 016-544 20 99  
E-post: [registrator@energimyndigheten.se](mailto:registrator@energimyndigheten.se)  
Webbplats: [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)