

## - SAMMANFATTNING

### ENERGIEFFEKTIVISERING VID RENOVERING AV REKORDÅRENS FLERBOSTADSHUS



LUNDS UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola



Författare:

Ulla Janson

Björn Berggren

Henrik Sundqvist

- Lunds Universitet/ LTH, Energi och ByggnadsDesign

- Skanska Sverige AB/Skanska Teknik, FoU

- Skanska Sverige AB/Skanska Teknik, FoU

© copyright Björn Berggren, Ulla Janson, Henrik Sundqvist, Skanska Teknik och Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign.

## **Förord**

Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus är framtagen under 2007 - 2008 i samarbete mellan Skanska Teknik, Malmö och Energi och ByggnadsDesign på Lunds Tekniska Högskola. Projektet är finansierat av SBUF och Energimyndigheten.

Från Skanska Teknik har Björn Berggren, Henrik Sundqvist och Jens-Erik Jörgensen Wichmand medverkat och från Energi och ByggnadsDesign, LTH, har Ulla Janson och Maria Wall medverkat.

Projektet ingår även som en del i ett internationellt forskningsprojekt inom International Energy Agency (IEA). Detta projekt, IEA SHC Task 37 Advanced housing renovation with solar and conservation, pågår 2006-2010 och har tolv deltagande länder.

Arbetsgruppen vill rikta ett stort tack till MKB för deras samarbete i projektet. Tack även till den referensgrupp som stöttat under arbetets gång.

Malmö/Lund, november 2008.

Ulla Janson  
Björn Berggren  
Henrik Sundqvist

## Bakgrund

Befintlig bostadsbebyggelse i Sverige står för ca 37 % av landets totala energianvändning (Energiläget 2006). Av det befintliga flerbostadshusbeståndet i Sverige utgörs ca 35 % av hus från de s.k. rekordåren, vilket avser hus byggda mellan 1960-75. Större delen av dessa hus härstammar från miljonprogrammet. Den största delen av beståndet står nu inför omfattande åtgärder då de nått en ålder av ca 40 år. Här finns en mycket stor potential för energieffektivisering och förbättring, till förmån för en långsiktigt hållbar energiförsörjning och rimlig boendekostnad. Vissa av dessa byggnader är redan renoverade, dock sällan med syfte att minska byggnadernas energibehov. Det finns undersökningar som pekar på att marknaden för renoveringar av äldre flerbostadshus kommer att tredubblas inom de närmaste 15 åren, se exempelvis *Bättre koll på underhåll* (Boverket 2003). Fasader, tak, fönster, installations-system och många andra delar i husen från rekordåren är i dåligt skick och behöver åtgärdas. Vidare bör man ta itu med de problem som ofta förkommer i fråga om otrygghet och genomföra förbättringar av den yttre miljön.

Extra investeringskostnader för att genomföra energibesparande åtgärder i samband med renoveringar blir relativt låga och har en kort återbetalningstid. Speciellt gäller detta i flerbostadshusen från rekordåren tack vare den stora potentialen i att reducera energianvändningen till små merinvesteringar vid en samtidig renovering. Det finns också stora vinster att göra i fråga om komfort och inneklimat. Om man däremot missar chansen att genomföra energibesparande åtgärder vid en samtidig renovering dröjer det i de flesta fall mycket lång tid innan man får möjligheten igen.

Idén att renovera befintliga flerbostadshus med passivhusteknik är mycket intressant med tanke på den svenska energimarknadens förväntade utveckling. Ett rimligt antagande är att vi i takt med den ökande konkurrensen på energimarknaden inom EU kommer att få se ökande energipriser i Sverige.

## Syfte och Metodik

Studien avgränsas till att gälla flerbostadshus byggda mellan 1960-75.

Syftet med denna studie är att finna lämpliga metoder och renoveringsåtgärder för att kraftigt reducera energianvändningen för rums- och varmvattenanvändning i ett gammalt byggnadsbestånd. Fokus kommer att ligga på att identifiera och analysera lämpliga tekniska lösningar vid renovering/ombyggnad av hus från rekordåren.

Arbetet inriktas mot att samla erfarenheter och sprida kunskap om byggnadernas potential och möjligheter. Detta genom att dels samla in erfarenheter från tidigare projekt samt göra detaljerade studier av ett referensprojekt i Malmö

Vid renovering är det av yttersta vikt att aktivt jobba med fuktsäkerhetsfrågor. I denna studie beräknas minskad energianvändning för konventionell tilläggsisolering. Fuktsäkerhetsprojektering utförs ej.

## Resultat

### Litteraturstudier

Under åren 1960-75 uppfördes över en miljon bostäder med en väsentligt högre standard än vad som hade varit vanligt tidigare. Bostäderna byggdes med balkong, generösa badrum och välplanerade kök. Rekordårens byggande har ofta allmänt förknippats och blivit synonymt med höghus (6-8 våningar) med betongfasader i storskaliga områden. Verkligheten är dock annorlunda. Det finns en stor variation och att en tredjedel av alla bostäder som uppfördes under rekordåren uppfördes i form av småhus glöms ofta bort.

Under 1950-talet introducerades det industrialiserade byggandet. Detta innebar i första hand förtillverkade fasadelement och stommar. Det traditionella byggandet som främst bestod i murning på plats trängdes successivt undan. I början av 1960-talet var det fortfarande mycket vanligt med murade stommar av lättbetong. Lättbetongstommarna uppfördes ofta på plats genom murning men uppfördes även med limmade fogar. De tidiga stomsystemen byggde ofta på att samtliga ytterväggar nyttjades som bärande. I samma takt som det industrialiserande byggandet ökade minskade ovanstående stomsystem till fördel för ett system där man nyttjade gavelväggar samt tvärväggar som bärande. Detta system brukar ofta kallas bokhyllstomme eller lamellstomme. Pelarsystem var ovanliga.

De flesta flerbostadshus uppfördes som friliggande i form av en raka enkla längor med två eller flera trapphus. Det förekommer även hus i vinklar och böjda bågformer. Både de raka och de böjda/vinklade hustyperna kallas lamellhus.

Lamellhusen är i särklass den vanligaste hustypen från perioden 1960-75, knappt 85 % av alla lägenheter som uppfördes under perioden var av denna hustyp.

Byggandet av lamellhus skiftade en aning över åren men underskred aldrig 75 % av den totala bostadsproduktionen. Under mitten av 1960-talet stod lamellhusen för 90 % av alla uppförda lägenheter.

Bokhyllstommar kompletterades med utfackningsväggar, framför allt med lätta och tunna träkonstruktioner klädda med tegel, kalksandsten, trä eller något skivmaterial.

Vanliga skivmaterial var korrugerad eller slät aluminiumplåt, stål eller aluminiumplåt med plastlaminerad yta eller kopparplåt. De bärande gavelväggarna i byggnader med bokhyllstomme kläddes ofta med ett annat material än utfackningsväggarna. Byggnader där samtliga ytterväggar är bärande har vanligtvis putsade fasader. Tegelfasader och putsade fasader är de vanligaste fasadbeklädnaderna.

Ventilationssystemen som används i flerbostadshus i Sverige byggda mellan 1961 – 1975 är framför allt mekaniska frånluftssystem, 58 % (ELIB 1993). En liten andel, ca 4 % ventileras med från- och tilluftssystem och resterande 38 % ventileras med självdrag. Troligtvis har flera av fastigheterna från denna tid behövt renovera ventilationssystemen och förstärka självdragsventilerade fastigheter med en förstärkande fläkt. Många hus byggda under rekordåren har platta eller mycket svagt lutande tak med litet eller obefintligt vindsutrymme. Fläktar fick därför inte plats att monteras på vind, utan har placerats på yttertak i takhuvar med direktdrift av fläkthjulet (Orestål 1996).

## **Inventering av projekt**

En inventering har utförts av renoveringsprojekt utförda med energifokus där många av projekten deltar i eller har presenterats i IEA – SHC Task 37. Objekten har valts bland både svenska och utländska projekt. Flera av de svenska renoveringsprojekten är goda referenser för renovering av rekordårens bebyggelse. För detaljerad information se rapport.

### ***Svenska***

De svenska inventerade projekten har redan innan renovering isolerade konstruktioner av väggar, golv och tak. Konstruktionerna behöver dock förbättras för att få ner den höga energiförbrukningen för uppvärmning i bostäderna. Ett stort problem är även otätheter, som uppkommit dels i skarvar mellan prefabricerade byggelement samt där tätningsmaterial åldrats och skapat sprickor.

En mycket vanlig åtgärd för att minska energianvändningen för uppvärmning för en byggnad är att tilläggsisolera klimatskalet. I tre av de svenska inventerade objekten genomfördes ingen tilläggsisolering. I dessa objekt har byggnadernas energibehov minskat med 15-54 kWh/m<sup>2</sup>, år. 63 % av de svenska objekten har valt att tilläggsisolera både tak och yttervägg. Samtliga objekt som tilläggsisolerade valde även att byta till fönster med lägre U-värde, alternativt renovera och montera energiglas i befintlig konstruktion. Av de projekt som har minskat sitt behov av köpt energi med  $\geq 70$  kWh/m<sup>2</sup>, år har samtliga tilläggsisolerat byggnaden/byggnaderna i varierande utsträckning.

Individuell mätning och debitering av varmvatten är en effektiv åtgärd för energibesparing. Tidigare undersökningar visar att varmvattenförbrukningen kan minska med 15-30 % vid individuell mätning och debitering av varmvatten (Berndtsson, 2003 och Boverket, 2002). Att byta befintliga armaturer till snålspolande armaturer ger inte lika stor effekt, mätningar visar då en minskad varmvattenförbrukning på 5-15 % (Boverket, 2007). I det inventerade objektet Östlyckan i Alingsås minskade vattenförbrukningen med 25 % vid byte av befintliga armaturer till mer resurseffektiva. Att installera en värmepump (frånluftsvärmepump) alternativt återvinning av värmen/energin ur frånluften med värmeväxling (FTX) är en vanlig åtgärd. 63 % av objekten har valt denna åtgärd, då renoveringen av de aktuella byggnaderna även kräver en renovering av befintligt ventilationssystem och lösningen med värmepump/FTX ger en stor energibesparing. Samtliga objekt, utom ett, som har installerat någon form av energiåtervinning har minskat sitt behov av köpt energi med  $\geq 70$  kWh/m<sup>2</sup>, år. Det objektet som inte nådde 70 kWh/m<sup>2</sup>, år nådde troligtvis inte så långt på grund av ett det ej tilläggsisolerades. Inget av de svenska objekten har installerat spillvattenåtervinning.

### ***Övriga Europa***

Det befintliga fastighetsbeståndet i Europa saknar i många fall isolering av klimatskalet. Kraven på ventilation av bostäder är lägre än de svenska kraven och i vissa fall obefintligt. Bevarandekraven av fasader är i många fall höga, vilket ger utmaningar vid tilläggsisolering och installation av värme- och ventilationssystem. De höga energipriserna som varit i Europa under en längre tid, motiverar många fastighetsägare att renovera för att minska fastighetens energibehov.

Samtliga projekt har tilläggsisolerat i varierande utsträckning, vilket är den här vanligaste åtgärden för energieffektivisering. Med förbättringar av klimatskalet nås enkelt en förbättring av byggnadens energiprestanda. Ofta fås även en avsevärd komforthöjning för hyresgästen, inte endast på grund av förbättrat klimatskal utan även genom att mekanisk ventilation installeras. I Österrike har nyrenoverade objekt besökts som helt saknar mekanisk ventilation. Utan mekanisk ventilation är det mycket svårt/omöjligt att installera återvinning av energin ur frånluften.

Installation av flödesmätare för individuell mätning av tappvatten har länge varit vanligt i Europa, så också i dessa inventerade projekt. I de inventerade renoverade projekten finns även enkla styrsystem för reglering av ventilationssystem. Dessa kan vara indelade i olika hastigheter, som hyresgästen själv reglerar efter behov, så att inte onödig energi går åt för luftdistribution.

69 % av de inventerade projekten har installerat återvinning av energin ur frånluften, vanligtvis i form av en frånluftsvärmepump.

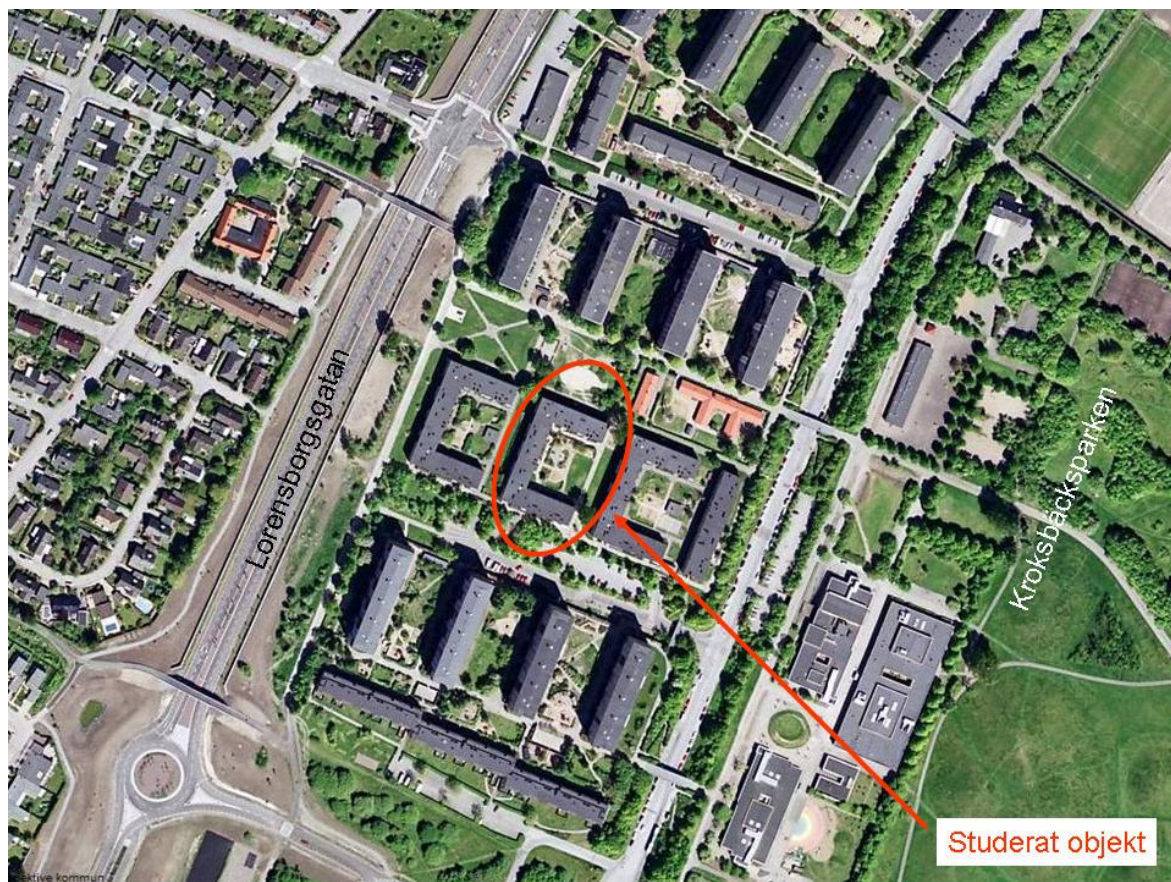
I europeiska renoveringsprojekt med energifokus är det vanligt med lokala värmedistributionssystem, där ett par fastigheter går samman om en undercentral. Fjärrvärmenäten är ofta inte lika utbyggda som de svenska näten och är sällan ett alternativ. Undercentralen kan lokalt producera värme i en gaspanna, som sedan distribueras till fastigheterna runtomkring. I vissa av de inventerade projekten förekommer även lokal produktion av el, där en Sterlingmotor kopplats till gaspannan.

Solfångare är mycket vanligt för tappvarmvattenproduktion och förekommer framförallt i Tyskland, Österrike och Schweiz. Solceller är inte lika vanligt, men förekommer för lokal produktion av el. Tyskland har ett mycket förmånligt bidragssystem, som uppmuntrar fastighetsägare till produktion av el i solceller.

### **Studie av referensprojekt**

Kroksbäck är ett bostadsområde i stadsdelen Hyllie i Malmö. I området finns både hög och låg bebyggelse. Området är beläget mellan Bellevuevägen och Kroksbäcksparken, söder om Ärtholmsvägen. Området delas av Lorensborgsgatan. Väster om Lorensborgsgatan finns villor, den östra sidan består av flerfamiljshus. I figur 1 visas en översiktsbild över området.

Det studerade objektet är en trevåningsbyggnad med åtta stycken trapphus och 19 lägenheter på varje plan, totalt 57 stycken lägenheter. Samtliga lägenheter utom de som är 1 RoK har balkong. Ägare och förvaltare är det allmännyttiga bostadsbolaget i Malmö, MKB. I figur två visas två fotografier på aktuell byggnad.



Figur 1 Satellitbild över del av Krokås (www.hitta.se)



Figur 2 t v – ny balk monteras ovan fönster. T h – vissa tegelstenar har utsatts för frostsprängning och byts ut

### *Studerade åtgärder*

Tidigt i projektet formulerades en schematisk förteckning över olika åtgärder som skulle studeras Dessa valdes baserat på de vanligaste åtgärder som valts i de inventerade objekten. Åtgärderna har delats in efter vilken princip som ligger till grund för energibesparingen. Den schematiska uppdelningen redovisas i tabell 2. För varje åtgärd har tre olika nivåer av energieffektivisering studerats. Dessa littereras T (typisk) som är den lägsta nivån för renovering. Därefter följer nivå A och B där B är det alternativ som ger den största minskningen av energibehov.

*Tabell 1 Studerade åtgärder*

Huvudindelning	Underindelning
1. Begränsning av värmeförluster	A. Tilläggsisolering av yttervägg B. Tilläggsisolering av källarbjälklag C. Tilläggsisolering av vindsbjälklag D. Fönster E. Åtgärd av köldbryggor F. Tätning
2. Energiåtervinning	A. Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX) B. Frånluftsvärmepump C. Spillvattenåtervinning
3. Begränsning av energitillförsel	A. Individuell debitering och mätning av varmvatten B. Snålspolande armaturer/blandare
4. Lokal energiproduktion	A. Solvärme B. Solel C. Bergvärmepump

### *Beräknade resultat av energibehov för studerade åtgärder*

De olika åtgärderna studeras med hjälp av simuleringar med DEROB-LTH

I simuleringarna av enskilda åtgärder framstår vissa åtgärder mer effektiva än andra. Tilläggsisolering av yttervägg är den mest effektiva åtgärden vid åtgärder för klimatskalet, energibehovet för uppvärmning minskar med 8-20%, beroende av val gällande mängd isolering. Med hänsyn tagen till byggnadens energianvändning beräknas behovet minska med upp till drygt 12 %. Byte av fönster samt åtgärder för ett tätare klimatskal och tilläggsisolering av vindsbjälklag minskar byggnadens energibehov för uppvärmning med 5-10 %. Tas hänsyn till byggnadens energianvändning är minskningen lägre, cirka 2-7 %.

Installation av FTX är den åtgärd som ger den största minskningen av energianvändning för uppvärmning. FTX-aggregat med verkningsgrad 80 % resulterar i ett minskat energibehov för värme med 25-30 %. Byggnadens totala energianvändning beräknas minska med 12-18 %.

Om samtliga delar av byggnadens klimatskal förbättras samt FTX installeras uppnås en minskning av uppvärmningsbehovet med 70%. Byggnadens energianvändning minskar då med knappt 50 %.



### *LCC<sub>ENERGI</sub> + Investering*

För enskilda åtgärder på klimatskalet är det två stycken åtgärder som visar sig lönsamma, förutsatt att kalkylperioden är 20 år eller mer. De lönsamma åtgärderna är tilläggsisolering av vindsbjälklag och tilläggsisolering av grundbalk. Gällande tilläggsisoleringen av vindsbjälklag är det ej lönsamt att riva befintlig takkonstruktion och bygga en ny för att på så sätt få plats med mer isolering.

Gällande installation av centrala FTX-aggregat är aggregatet med en verkningsgrad 80 % lönsamt om kalkylperioden är 20 år eller mer. För att ett centralt aggregat med 60 % verkningsgrad skall bli lönsamt måste kalkylperioden vara längre än 30 år. Om energipriserna ökar blir fler åtgärder lönsamma.

### *Renovering till passivhus*

Är det möjligt att renovera till så lågt energibehov för uppvärmning att radiatorsystemet kan tas bort och endast den tilluft som ändå behövs kan tempereras och värma lägenheterna?

För att kunna värma med tilluften är det viktigt att inblåsningstemperaturen hålls på en behaglig nivå, dels för en bra luftspredning i donet och dels för att undvika en doft av bränt. Simuleringar har utförts för att se på inblåsningstemperaturer i lägenheterna om fastigheten värms med luft, då samtliga delar av byggnadens klimatskal förbättras samt FTX installeras. Beräkningarna har gjorts för februari månad då utetemperaturen är som lägst. Lägenheternas inomhustemperatur är i beräkningen satta till 20°C, trapphus och källare till 18°C.

Den högsta inblåsningstemperaturen enligt denna simulering krävs i de två källarvolymerna. De har dålig isolering i klimatskalet, inget soltillskott och inga internlast. Inblåsningstemperaturen i den del av källaren som ligger mot gaveln överskrider vid ett tillfälle 40°C. Luftens inblåsningstemperatur i lägenheterna ligger som högst runt 35°C.

På de övre två planen krävs i en av lägenheterna en inblåsningstemperatur på över 35°C för att kunna hålla rumstemperaturen på 20°C.

Beräknas effektbehovet för uppvärmning vid renovering enligt kombination B fås ett effektbehov för hela trapphuset den kallaste dagen på 9,8 W/m<sup>2</sup>. Detta är under det effektbehov på 10 W/m<sup>2</sup> som är maxgräns för passivhus med en area över 200 m<sup>2</sup>, byggda i den södra klimatzonen.

Resultatet från simuleringar av inblåsningstemperaturer indikerar att det är möjligt att värma lägenheterna med ventilationsluften om en kraftig förbättring av byggnadens klimatskal genomförs samt FTX installeras, men gränsvärdet är precis på marginalen.

## Generella slutsatser

Beroende på ekonomiska förutsättningar kan olika nivåer av renovering av rekordårens bebyggelse utföras. Det går att reducera energianvändningen drastiskt om det finns finansiering för relativt stora ingrepp och utvändigt tilläggsisolering av fasad är möjlig med hänsyn till bland annat bevarandenaspekter. Lönsamheten för energisparåtgärder ökar om de görs i samband med underhåll.

Genomförda ekonomiska studier förutsätter att energibesparingen skall finansiera hela renoveringskostnaden. Med stor sannolikhet föreligger ett underhållsbehov i grundfallet som är en stor kostnad och som inte har ingår i studien. Troligtvis kan fler åtgärder visa sig lönsamma, ekonomisk, om underhållskostnader vägs in i kalkylerna.

Simuleringar visar att om man tilläggsisolerar vindsbjälklaget med 250 mm mineralull och ytterväggar med 20 mm mineralull, har detta marginellt energiförbättrande verkan på konstruktionen. Om däremot vindens 250 mm tilläggsisolering kompletteras med 100 mm mineralull på yttervägg, bättre fönster, åtgärdade köldbryggor, installerar FTX-aggregat och en tätare konstruktion, kan energibehovet för uppvärmning sänkas med upp till 55 %. Om vindsisoleringen fördubblas, ytterväggsisoleringen nästan tredubblas och fönstren blir ännu något bättre, kan detta i kombination med åtgärdade köldbryggor, installation av FTX och en tätare konstruktion sänka energibehovet för uppvärmning med 70 %. Det är dock inte helt enkelt konvertera en byggnad med självdrag till att använda mekanisk ventilation. Kanaler, ljuddämpare och don måste ofta nymonteras samtidigt som takhöjden bör behållas så gott det går. Det är viktigt att använda fläktar som använder lite el i FTX-aggregaten.

Mängden genererad koldioxidekvivalent följer i stort sett beräknad energianvändning.

Analysen visar att de mest lönsamma åtgärderna vid renovering av klimatskalet är i ett livscykelkostnadsperspektiv att tilläggsisolera vindsbjälklag och tilläggsisolera grundbalk. Det är i detta perspektiv ej lönsamt att bygga en ny takkonstruktion för att få plats med ytterligare isolering. Livscykelanalyser, energi, visar även att installation av FTX-system med en verkningsgrad på 80 % behöver en kalkylperiod på 20 år, för en verkningsgrad på 60 % måste kalkylperioden vara över 25 år.

Den kombinerade lösning som är enklast att använda då utseendet på befintlig fastighet ej får ändras, är byte av fönster, installation av FTX-aggregat och ökad täthet. Det beräknade energibehovet sänks då med cirka 47 %. För att få denna renovering lönsam ur ett livscykelperspektiv måste kalkylperioden överstiga 30 år.

Om fastigheten utsätts för en omfattande renovering kan det teoretiskt klara effektbehovet för passivhus.