

Rationell isolering av klimatskärmen på befintliga flerbostadshus

Förstudie inför teknikupphandling



Upprättad av

Kristina Mjörnell, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Göran Werner, WSP Environmental

Borås, oktober 2010

Förord

Förstudien visar att man i många fall har sparat upp till 60 % i energianvändning genom att utföra energiåtgärder i samband med renovering såsom tilläggsisolering, fönsterbyte, lufttäthetsåtgärder, byte av ventilation och uppvärmningssystem. Av dessa åtgärder kan uppskattningsvis hälften hänföras till tilläggsisolering och förbättrad lufttäthet i klimatskärmen.

Rationell tilläggsisolering skulle därmed kunna vara till en viktig energiåtgärd vid renovering av befintliga flerbostadshus och bidra till att Sverige uppnår de nationella miljömålen med en minskning av energianvändningen på 20 % till 2020 och en halvering av energianvändningen till 2050.

Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus, Bebo vill med denna förstudie sammanställa befintlig kunskap om tilläggsisolering av klimatskärmen i flerbostadshus och undersöka om det finns behov av utveckling av rationella system för tilläggsisolering vid renovering och om en sådan utveckling kan drivas fram genom en teknikupphandling.

Projektets initiativtagare och anslagsmottagare för förstudien har varit Göran Werner, WSP Environmental samt ansvarig för Bebo. Projektledare för förstudien och författare till rapporten har varit Kristina Mjörnell, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Kristina Mjörnell

Borås, oktober 2010

Sammanfattning

Målsättningen med teknikupphandlingen är att få en marknadsdriven utveckling av rationella lösningar för förbättrad energiprestanda (isolering och täthet) hos klimatskärmen. Lösningarna ska kunna produceras och monteras på ett rationellt sätt, vara kostnadseffektiva och ha en låg miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv och vara beständiga vilket innebär lågt underhållsbehov och låg risk för skador.

I Sverige finns dag ca 800 000 lägenheter som byggdes under rekordåren 1961-1975. Av dessa ligger drygt hälften i de tre storstads länen. Lamellhus är den vanligaste typen med ca 300 000 lägenheter. Ett mindre antal har redan byggts om men enligt SABO återstår drygt 300 000 lägenheter att renovera bara i SABO-företagens bestånd. Om alla dessa företag gör omfattande renovering som både omfattar tilläggsisolering och byte av ventilations- och uppvärmningssystem så kan man spara drygt 2 TWh per år i energianvändning vilket motsvarar knappt tio procent av totala energianvändningen för bebyggelsen i Sverige. Företagen har dock mycket olika förutsättningar att finansiera en renovering. Rationella och kostnadseffektiva systemlösningar är en viktig förutsättning för att företagen ska genomföra en omfattande renovering.

För att undersöka intresset i branschen utfördes intervjuer och enkäter med beställare/förvaltare, entreprenörer, arkitekter och byggnadskonstruktörer samt intervjuer och enkäter med byggmaterial och byggsystemtillverkare (Isover, Paroc, Sundolitt, Europrofil, Derome och Strängbetong). Aktörerna i branschen svarade att det viktigaste motivet för att utföra en fasadrenovering är nödvändigt underhåll av konstruktionen. De näst vanligaste anledningarna är att få en mer estetiskt tilltalande fasad eller att spara energi. Ekonomin är den viktigaste förutsättningen eller begränsningen för att genomföra ett projekt. Om projektets budget är större så öppnar det upp för flera alternativa lösningar. De viktigaste parametrarna för val av lösning är enkel montering, låga kostnader, varaktighet och minskning av energiförbrukningen och de mest intressanta energibesparingsåtgärderna som bör integreras i framtida fasadsystem är tilläggsisolering följt av integrerad ventilation. Samtliga tillfrågade materialtillverkare är intresserade av att utveckla rationella lösningar för tilläggsisolering och flera har redan systemlösningar att erbjuda. Flera var intresserade av att integrera installationer i fasaden men understryker att det kräver ytterligare utvecklingsarbete. Många material- och systemtillverkare anser att de kommer in väldigt sent i byggprocessen då de viktiga systemvalen redan är gjorda. En lösning skulle kunna vara att byggherren engagerar en material- eller systemtillverkare tidigt i processen för att tillsammans med utveckla en systemlösning för det aktuella objektet.

Det finns många pilotprojekt både i Sverige och i Europa som visar att det går att tilläggsisolera och sänka energianvändningen avsevärt. Tilläggsisolering görs ofta i kombination med byte av värme- och ventilationssystemet. Renovering med kvarboende är möjligt med flera system som redan finns på marknaden som har använts i projekt i Europa. De flesta projekten med omfattande renoveringar är kostnadskrävande och har lång återbetalningstid. För att sänka kostnaderna har en del pilotprojekt tillämpat en hög grad av prefabricering, som dock kräver viss anpassning på byggplatsen. Många företag menar att energieffektiviseringsåtgärder inte är lönsamma men det beror mycket på hur man räknar och vad som anses vara allmänt underhåll och vad som anses vara energiåtgärder.

Summary

The goal of technical procurement is to obtain a market-driven development of rational solutions for improved energy (insulation and air-tightness) of the building envelope. The solutions should be produced and assembled in a rational way, be cost effective and have low environmental life cycle perspective and be persistent, which means low maintenance requirements and low risk of damages.

In Sweden, there are today about 800 000 apartments built during the record years of 1961-1975. Of these, just over half are situated in the three metropolitan counties. Buildings with slab block construction is the most common type with about 300 000 apartments. A small number of apartments have already been renovated but according to SABO there are over 300 000 apartments left to renovate only in SABO-corporate stock. If all these companies, make extensive renovation that includes both additional insulation and replacement of the ventilation and heating systems so you can save over 2 TWh per year in energy use which corresponds to almost ten percent of the total energy use for buildings in Sweden. The companies have very different conditions to finance a renovation. Therefore, rational and cost-effective system solutions are essential for companies to implement an extensive refurbishment.

In order to investigate the interest of the Swedish building industry in the developing such solutions, we conducted interviews and surveys with building owners, contractors, architects and design engineers as well as interviews with building materials and building systems manufacturer (Isover, Paroc, Sundolitt, Euro Profile, Derome and Strängbetong). The actors in the building industry said that the main motive for performing a facade renovation is necessary maintenance of the façade structure. The second, most common is to have a more aesthetically pleasing facade or to save energy. The economy is the most important possibility or limitation to conduct a project. If the project budget is larger, it opens up for more alternative solutions. The most important parameters to consider when choosing the solution are easy installation, low cost, durability and reduction in energy use and the most interesting energy saving measures which should be integrated in future façade systems are adding insulation, followed by integrated ventilation. All of the material manufacturers are interested in developing rational solutions for insulation, and several already have solutions to offer. Several of them were interested in the integration of installations but stress that it requires further development. Many material- and systems manufacturers believe that they are contracted too late in the construction process when the critical choice of system has already been made. One solution to avoid this could be that the client engages a material- or system manufacturer in the process to develop a system solution for the current item.

There are many pilot projects in Sweden and in Europe showing that it is possible to put additional insulation on the building envelope and lower the energy consumption considerably. An additional insulation is often done in combination with replacement of the heating and ventilation system. Renovation with people staying in their homes is possible with several systems already existing on the market and these have been used in projects in Europe. Most extensive renovations are costly and have long payback period. To cut costs, some pilot projects have used a high degree of prefabrication, which, however, requires some adjustment on site. Many companies believe that energy efficiency measures are not profitable but it depends a lot on how they calculate and what is considered general maintenance and what is considered to be energy measures.

Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning	3
Summary	4
Inledning.....	8
Bakgrund	8
Målsättning	9
Syfte med studien.....	10
Genomförande	11
Potentialen för nya lösningar.....	13
Beskrivning av det svenska beståndet av flerbostadshus	13
Modernismens flerbostadshus byggda 1940-1960	13
Rekordårens flerbostadshus byggda 1961-1975	15
Vanliga fasad och takmaterial på befintliga hus	18
Klimatskärmens tekniska status	19
Isoleringsförmåga.....	19
Skador och brister i det svenska bostadsbeståndet.....	20
Uppskattad kostnad för att åtgärda skador	20
Sammanlagd kostnad för att åtgärda skador	21
Redan utfört underhåll.....	21
Kvarstående underhållsbehov.....	23
Byggprocessen och ägarförhållanden.....	24
Byggprocessen och dess aktörer	24
Ägarförhållanden	24
Hur tas beslut att renovera?	25
Varför genomförs inte lönsamma energieffektiva renoveringar?	25
Marknadsanalys	26
Analys av möjligheter och hinder för renovering.....	26
Besparingspotential i form av sparad energi.....	26
Ekonomiska förutsättningar.....	26
Finansieringsmodeller	28
Minska driftkostnader	28
Höja hyror.....	29
Olika framtidsscenarier	29
Hur ser aktörerna inom byggbranschen på rationell isolering av klimatskärmen?	31
Fastighetsförvaltare, projektörer och entreprenörer	31
Motivering för renovering av fasader.....	31
Förutsättningar och begränsningar för renovering av fasader	32
Kriterier för val av prefabricerade fasadsystem.....	32
Möjliga energibesparingsåtgärder att integrera i framtida fasadsystem.....	33
Summering av fastighetsförvaltare, projektörer och entreprenörer	34
Tillverkare av byggmaterial och byggsystem.....	34
Isover	34
Paroc Panelsystem och byggisolering	35
Sundolitt	35
Europrofil.....	35
Derome	35
Strängbetong.....	36
Summering byggmaterialtillverkare och byggsystemtillverkare	36

Internationella erfarenheter av rationell isolering av klimatskärmen med prefabricerade element.....	37
Forskningsprojektet TES -prefabricerade element med trästomme	37
Risør tekniska gymnasium i Norge	37
Flerbostadshus i Zürich, Schweiz	39
GAP-Solution	46
Linz.....	48
Dieselweg, Graz.....	49
Variotec.....	51
Sammanställning över fler genomförda internationella projekt.....	53
Nationella erfarenheter av rationell isolering av klimatskärmen	55
Katjas Gata 119 i Backa	56
Brogården i Alingsås.....	59
Orrholmen i Karlstad.....	61
Norrbäck i Sigtuna	63
Projekterade projekt med rationella metoder för tilläggsisolering.....	65
Kv. Trondheim, Järva.....	65
Kv. Medicinaren, Huddinge.....	66
Erfarenheter från industrialiserat nybyggande	67
Fördelar med industrialiserat byggande	67
Nackdelar med industrialiserat byggande.....	67
Metodik vid industrialiserat byggande.....	67
Vad är en teknikupphandling?.....	69
Teknikupphandlingens syfte	69
Processen vid en teknikupphandling	69
Effekter av en teknikupphandling.....	70
Tidigare genomförda teknikupphandlingar	70
Fönster	70
Kyl/frys	70
Luftbehandlingsaggregat.....	71
Små solvärmesystem.....	71
Tappvattenarmaturer för bostadssektorn	71
Värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus	71
Upplägg för kravspecifikation för teknikupphandlingen	73
Allmänt.....	73
Förutsättningar.....	73
Allmänt.....	73
Överordnade krav	73
Krav på funktion och beständighet	73
Krav på inomhusmiljö	74
Krav på energieffektivitet	74
Krav på varsamhet med hänsyn till befintlig bebyggelse	74
Krav på drift och underhållsinstruktioner	75
Krav på uppföljning	75
Krav på kostnadsredovisning.....	75
Krav på leverantören	75
Krav på hyresgästhänsyn	76
Utvärdering.....	76
Utvärderingsstrategi.....	76
Plan för utvärdering	76
Framgångsfaktorer	76

Risikanalyser	77
Diskussion	77
Slutsatser	78
Referenser	79
Bilaga A: Intervjuguide/enkätfrågor till fastighetsägare, fastighetsförvaltare, entreprenörer, arkitekter och konsulter.	81
Bakgrundsinformation	81
Information angående arbete med renovering av byggnader	81
Motivering för renovering av fasader	81
Förutsättningar för renovering av fasader	82
Prefabricerade produkter för renovering av fasader	82
Kriterier för val av prefabricerade fasadsystem	83
Möjliga energibesparingsåtgärder i framtida fasadsystem	84
Bilaga B: Intervjuguide/enkätfrågor till byggmaterial- och byggsystemtillverkare	85
Bakgrundsinformation	85
Produkter	85
Produktionsprocess	85
Transport av produkter	86
Marknad	86
Ekonomi	86
Möjlighet att leverera	86

Inledning

Bakgrund

Idag är byggsektorn den största energianvändaren i EU (ca 40 %) och bidrar till största delen av emission av växthusgaser (36 % av EUs totala CO₂ emissioner). Målet är att reducera energiavtrycket och mängden CO₂ emissioner för såväl nya som renoverade byggnader. Målet är också att skapa mer energieffektiva områden (distrikt) och städer och att förbättra livskvaliteten för invånarna. Europeiska rådet satte bl a följande mål för 2020: Öka energieffektiviteten för att nå en minskning på 20 % av totala energianvändningen jämfört med 2005 års nivå. 20 % bidrag av förnyelsebar energi (11,5 % över 2005 års nivå), 20 % minskning av växthusgaser jämfört med 1990 års nivå, (14 % under 2005 års nivå). År 2050, kan de flesta byggnader och områden vara energineutrala och inte ha några utsläpp av emissioner. En betydande andel byggnader kommer att vara energipositiva och fungera som små energiproducenter genom att integrera förnyelsebar energikällor och distribuera "ren" energi genom ny distributionsteknik och smarta nät på distriktsnivå. Man tänker sig att utvecklingen sker i tre steg:

1. Minska energianvändningen i byggnader och minska den negativa miljöpåverkan.
2. Byggnaderna täcker sitt eget energibehov.
3. Transformera byggnader till att bli energiproducenter, företrädesvis på distriktsnivå.

Ett nyckelområde för att minska den totala energianvändningen och CO₂ utsläppen är att renovera existerande byggnader till energieffektiva byggnader. Det kan göras genom att införa energieffektiva uppvärmnings- och ventilationssystem samt genom åtgärder för att minska transmissionsförluster och luftläckage genom byggnadsskalet. För åtgärder i byggnadsskalet behövs en utveckling av nya isoleringsmaterial anpassade för energieffektivisering av existerande byggnader. Man ser gärna ny teknik som kan monteras med kvarboende hyresgäster. Det finns även ett behov av att utveckla tunna isolerande paneler med hög prestanda och lång livslängd som kan användas för utvändigt isolering utan att äventyra byggnadens estetik och som samtidigt är lätta att installera och har ett lågt pris. Multifunktionella fasadsystem med integrerade system för produktion, distribution och lagring av energi är ett mycket aktuellt område. Material, produkter, komponenter och byggteknik måste utvecklas och anpassas till de förutsättningar och begränsningar som finns i existerande byggnader.

Det finns givetvis en mängd hinder för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder. I samband med en intervjustudie som gjordes för att belysa några svenska erfarenheter, åsikter och inställningar vad det gäller främst icke-tekniska barriärer för ombyggnation till energieffektiva flerbostadshus framkom att bostadsföretagen saknar krav i BBR på energieffektivisering av befintlig bebyggelse och att kraven i EU känns långt borta. Man har också ett kortsiktigt ekonomiskt tänkande vilket försvårar att ta höga investeringskostnader med lång återbetalningstid. Många anger att det finns för få tekniska lösningar för renovering. Några aktörer anger kravet på att bevara 60 och 70-tals husen som kulturellt arv som ett hinder för åtgärder på byggnadsskalet. Strategier som nämndes för att överbrygga hindren var just att utveckla standardiserade industriella lösningar för renovering av klimatskalet. Utvecklingen av sådana skulle kunna påskyndas av en teknikupphandling.

Teknikupphandling är ett styrmedel för att främja utveckling av ny teknik. Av avgörande betydelse för att nå ett framgångsrikt resultat i en teknikupphandling är att det finns möjlighet till utveckling av ny teknik eller förbättringspotential för befintlig teknik samt att det finns en marknad för den nya tekniken. Det är viktigt att man gjort ett gott förberedelsearbete men det är också av stor vikt att organisationen som genomför teknikupphandlingen har hög trovärdighet samt att beställargruppen visar engagemang genom hela teknikupphandlingsprocessen.

Målsättning

Målsättningen med teknikupphandlingen är att få en marknadsdriven utveckling av tekniska lösningar för förbättrad energiprestanda hos klimatskärmen i form av bättre värmeisolering och täthet. Dessa tekniska lösningar ska kunna produceras och monteras på ett rationellt sätt. De ska vara kostnadseffektiva och ha låg miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv samt ha god beständighet vilket betyder ett lågt underhållsbehov och låg risk för skador.

Syfte med studien

Syftet med förstudien är att:

- Kartlägga potentialen (typologi och potential för nya tekniska lösningar) genom litteraturstudier av forskningsrapporter och andra utredningar.
- Kartlägga marknaden och berörda aktörer samt aktörskedjan.
- Analysera möjligheter och hinder bl a genom intervjuer med aktörer.
- Kartlägga vad som gjorts tidigare genom att titta på tekniska lösningar som redan finns framme.
- Dra slutsatser om vilket behov det finns av utveckling av industriella lösningar för tilläggsisolering.
- Dra slutsatser om det finns ett behov av att driva på utvecklingen och beskriva hur det i så fall ska göras.
- Identifiera en beställargrupp, referensgrupp, expertgrupp som ska vara med och ta fram teknikupphandlingen.
- Identifiera lämpliga objekt (byggnader eller grupper av byggnader) som ska ingå i teknikupphandlingen.
- Beskriva arbetsgången för teknikupphandlingsprojektet.

Genomförande

Förstudien har genomförts genom ett antal aktiviteter:

Det första steget var att göra en kartläggning av potentialen för att använda rationella lösningar för förbättring av klimatskalets energiprestanda. Det gjordes genom att gå igenom hur byggnadsbeståndet ser ut i Sverige med avseende på ålder, typ av byggnader, konstruktionsutformning, byggmaterial, förekommande skador, nuvarande energiprestanda, ägandeform etc. Kartläggningen gjordes som en litteraturstudie. Resultatet ger en bild av hur stor möjlighet det finns att replikera en viss renoveringsteknik på ett stort antal byggnader.

Det gjordes även en kartläggning av marknaden och berörda aktörer samt aktörskedjan. Vem är det som beställer och vem bestämmer vilken teknisk lösning som ska användas, vilka produktleverantörer finns på marknaden etc. Kartläggningen gjordes delvis genom intervjuer och enkäter men baserades också på erfarenheter från olika pilotprojekt.

Därefter gjordes en analys av möjligheter och hinder för att införa och använda den nya tekniken. Denna analys baserar sig till stor del på enkäter och intervjuer med ett antal aktörer från olika grupper; beställare, arkitekter, konstruktörer, entreprenörer, byggmaterial- och byggsystemtillverkare. Ett antal intervjuer genomförs med personer som representerar dessa aktörer inom branschen för att få deras syn på möjligheter och hinder med rationell isolering av klimatskärmen. Det som togs upp var:

- Tekniska aspekter
- Ekonomiska aspekter (pay-back tider, paketylösningar)
- Produktionsaspekter
- Kulturhistoriska aspekter och bevarandaspekter
- Organisatoriska aspekter
- Lagar och regler (byggrätter)
- Hyresgästaspekter (samråd, alla måste vara med, hyressättning, kvarboende, evakuering)

Det gjordes också en översiktlig marknadsanalys för att uppskatta marknadens efterfrågan på rationella lösningar för tilläggsisolering av klimatskalet. Denna baserar sig på ett antal scenarior som kan tänkas utspela sig beroende på vilken vilja företagen har att renovera. Det beror främst på kostnader för renovering, energipriset, kalkylräntan och möjligheten till hyreshöjningar.

Förstudien omfattar även en sammanställning av vad har gjorts sedan tidigare i omvärlden. Detta gjordes genom en genomgång och beskrivning av några praktiska exempel där man renoverat med industriella lösningar såsom prefabricerade element för tilläggsisolering av klimatskaket. Resultatet visar att det finns ett antal exempel på lösningar som använts för att energieffektivisera olika typer av byggnader i Europa. Dessutom har en genomgång och beskrivning gjorts av några svenska projekt där man tilläggsisolerat klimatskalet med mer eller mindre rationella metoder. Dessutom tas några projekt upp som är på projekteringsstadiet.

Nästa steg var att identifiera en beställargrupp. Flera beställare har redan visat intresse såsom: Svenska Bostäder, Förvaltaren i Sundbyberg och Stena fastigheter. Förfrågan ställs även till fler fastighetsförvaltare. Beställargruppen har sedan till uppgift att identifiera lämpliga objekt (byggnader eller grupper av byggnader) som ska ingå i teknikupphandlingen.

Därefter gjordes en beskrivning av arbetsgången för teknikupphandlingsprojektet steg för steg t ex att först upprätta en kravspecifikation, utföra statusbesiktning och mätning av energiprestanda och inomhusmiljö i byggnaderna före och efter åtgärd genom brukarenkäter

och mätning av t ex termisk komfort, termografering, lufttäthet, fukt, luftkvalitet samt att dokumentera processen.

Framtagande av utkast till kravspecifikation att utgå ifrån vid arbetet med att ta fram teknikupphandlingen.

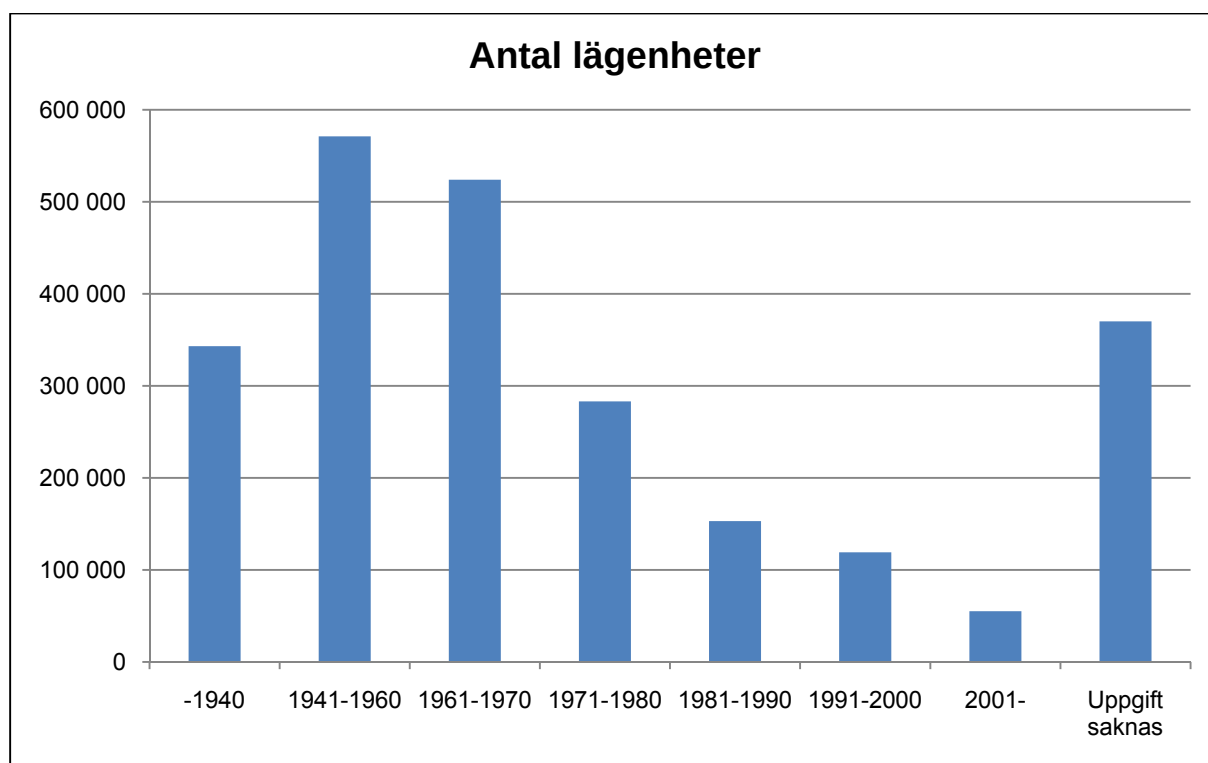
Som huvudman för teknikupphandlingen har SABO utsetts.

Potentialen för nya lösningar

Följande avsnitt kommer att ge en bild av hur det svenska byggnadsbeståndet ser ut vad beträffar; ålder, typ av byggnad, konstruktionsutformning, byggmaterial, skador, nuvarande energiprestanda, samt ägandeform. Det är betydelsefull information för att kunna uppskatta vilka förutsättningar det finns för att upprepa goda rationella lösningar. Därefter redovisas ett antal scenarior som visar energibesparingspotentialen vid genomförande av åtgärder i olika omfattning samt vilka möjligheter det finns för företagen att finansiera dessa åtgärder.

Beskrivning av det svenska beståndet av flerbostadshus

I Sverige finns 2,4 miljoner lägenheter i flerbostadshus, vilket innebär 176 miljoner m² uppvärmd area (SCB 2007a). De två största grupperna är byggda under modernismen (1945-1960) och under rekordåren (1961-1975). I förstudien läggs störst fokus på byggnader uppförda under dessa perioder eftersom det finns störst potential för att utveckla rationella lösningar anpassade till dessa byggnader.



Figur 1 Antal lägenheter i flerbostadshus i Sverige. Källa: SCB (2009).

Modernismens flerbostadshus byggda 1940-1960

En stor del av modernismens flerbostadshus är byggda efter 1945 och före 1960. Av det totala antalet befintliga lägenheter eller totalarean i flerbostadshus i Sverige är ca en fjärdedel byggda under tidsperioden 1941-1960. De svarar även för drygt en fjärdedel av totala energianvändningen i alla svenska flerbostadshus (7,3 TWh av 27,9 TWh) (SCB 2007). Modernismens hus har en värmeisoleringsnivå som är låg i jämförelse med dagens flerbostadshus. Många fasader behöver renoveras, framför allt de som är putsade. Ibland behöver fönster renoveras eller bytas. I flerbostadshus byggda under perioden 1941-1960 värms 79% av antal lägenheter och den uppvärmda ytan med fjärrvärme, 3 % med

oljeeldning, 0,6 % med elvärme och 0,5 % med naturgas och 16,5 % med andra uppvärmningssätt såsom olika typer av värmepumpar, ved, flis och pellets.

Det finns många bevarandevärden hos modernismens hus såsom god dagsljusbelysning och möjlighet till vädning med korsdrag, bra planlösning, yteffektiva lägenheter som är mycket välplanerade, ljusa och lätta att möblera. Fasaderna är ofta karaktäristiska för sin tid och det kan vara intressant att bevara dess färgsättning och materialstruktur. Takens utformning är en viktig del av husens tidskaraktär och det är viktigt att materialen inte ändras utan återanvänds eller kompletteras. Om fönstersnickerier inte är allvarligt skadade är det värt att renovera och återanvända dessa.

Lamellhus

Flertalet av modernismens hus är lamellhus (Björk 2002). Det finns två typer av lamellhus, tjockhus och smalhus. Bredden varierar mellan olika städer. Husen byggdes ofta i tre till fyra våningar och ett källarplan. Ytterväggen är bärande och består av högporöst tegel eller lättbetong som medför ökad isoleringsgrad och minskad vikt. Fasaderna är ofta i tegel eller putsade i ljusa kulörer. Bjälklagen består av betong som fortsätter genom yttervägg och bildar balkongplatta. Ovan betongbjälklagen lades ett regelgolv som isolerades med koksaska. Hjärtväggen byggdes av betong i källarplanet och lättbetong eller tegel på ovanliggande plan. Takkonstruktionen är trä täckt med tegelpannor utformat som ett sadeltak. Byggnaden har en grund bestående av plintar eller grundsulor i armerad gjutbetong. Fasadmaterial är ofta puts eller tegel. Fönstren har ofta två lufte med kopplade inåtgående bågar. (Björk et al 1984). Huskropparna placerades antingen parallellt eller i rät vinkel mot varandra. Dessa flerbostadshus ventileras framförallt med självdrag. En del av husen har renoverats och förmodligen fått en uppgradering av ventilationssystemet till s.k. förstärkt självdrag. Även användning av mekanisk frånluftsventilation ökade under perioden 1945-1960, (Blomsterberg et al 2008).



Figur 2 Lamellhus byggt 1954.



Figur 3 Lamellhus byggt 1948.

Punkthus

Under 40-talet hade punkthusen 3-8 våningar medan de under 50-talet byggdes högre med 8-11 våningar. Taken på 40-talet byggdes lutande men övergick på 50-talet till plana tak utan takutsprång. Ytterväggarna är bärande och uppbyggda av tegel eller betong isolerade med

gasbetong, alternativt bestod de enbart av gasbetong. Även mellanväggarna är bärande och består under 40-talet av tegel för att sedan övergå till platsgjuten betong under 50-talet. Taket är uppbyggt av trä och grundläggningen av armerad betong. Mellanbjälklagen består av betong med reglat golv som fyllts med koksaska. Balkongplattorna är en förlängning av bjälklagsplattorna. (Björk et al 1984).



Figur 4 Punkthus på Guldheden, Göteborg byggt 1950.

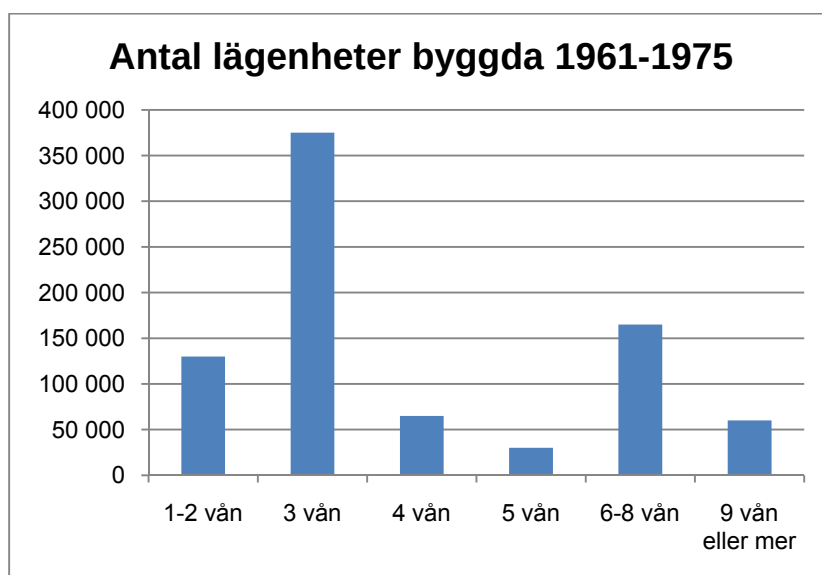


Figur 5 Punkthus byggt 1950.

Rekordårens flerbostadshus byggda 1961-1975

Rekordårens flerbostadshus är en annan stor grupp av flerbostadshus. Dessa tillverkades i hög grad med prefabricerad teknik som på 70-talet innebar elementbyggda hus. Ca 60% av dessa hus ventileras med frånluft. En del hus har renoverats och därmed fått en uppgradering av fläktarna. En del hus med självdragsventilation har renoverats och fått en uppgradering av ventilationssystemet till förstärkt självdrag.

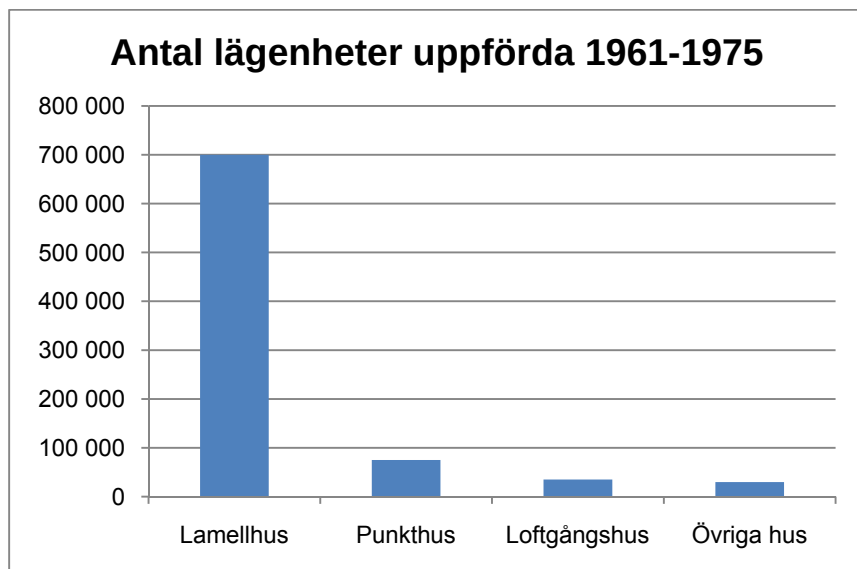
De flesta av rekordårens flerbostadshus, byggda 1961-1975 har tre våningar.



Figur 6 Antal uppförda lägenheter med olika våningsplan, Källa: Boverket (2003).

Lamellhus

Lamellhusen är den absolut vanligaste konstruktionen bland rekordårens flerbostadshus.



Figur 7 Antal uppförda lägenheter 1961-1975 fördelat på byggnadstyp.

Stommen består av gjuten betong med bärande mellanväggar och ibland även bärande pelare. Utfackningsväggen är uppbyggd som en träregelvägg eller består av lättbetong. Fasadmaterialet kan vara tegel, puts eller träpanel. Under perioden började man att använda bärande prefabricerade väggelement. Elementen var av sandwichtyp med isolering mellan två betongplattor. Bjälklagen består av betong på vilka golvbelägningen appliceras direkt utom i vardagsrum där man ofta har golvparkett ovanpå ett sandlager. Balkongplattan är fäst med armering som gjutits fast i bjälklaget med isolering mellan plattorna. I indragna balkonger kan balkongplattan bestå av en förlängning av bjälklagsplattan som ovan isolerats och pågjutits. Grundläggningen är en armerad betongplatta som pålats vid behov. Takkonstruktionen kan vara av trä eller plåt och är ofta låglutande eller platta. (Björk et al 1984.)



Figur 8 Lamellhus i Brogården före ombyggnad.



Figur 9 Lamellhus i Halmstad före ombyggnad.

Skivhus

Skivhusen har liknande utformning och byggnadsteknik som lamellhusen, oftast med prefabricerade byggnadselement. Vad som skiljer dem från lamellhusen är att de är högre och därmed har fler våningar, liksom punkthusen vanligen 8-9 våningar. (Björk et al 1984).



Figur 10 Skivhus på Guldheden i Göteborg.

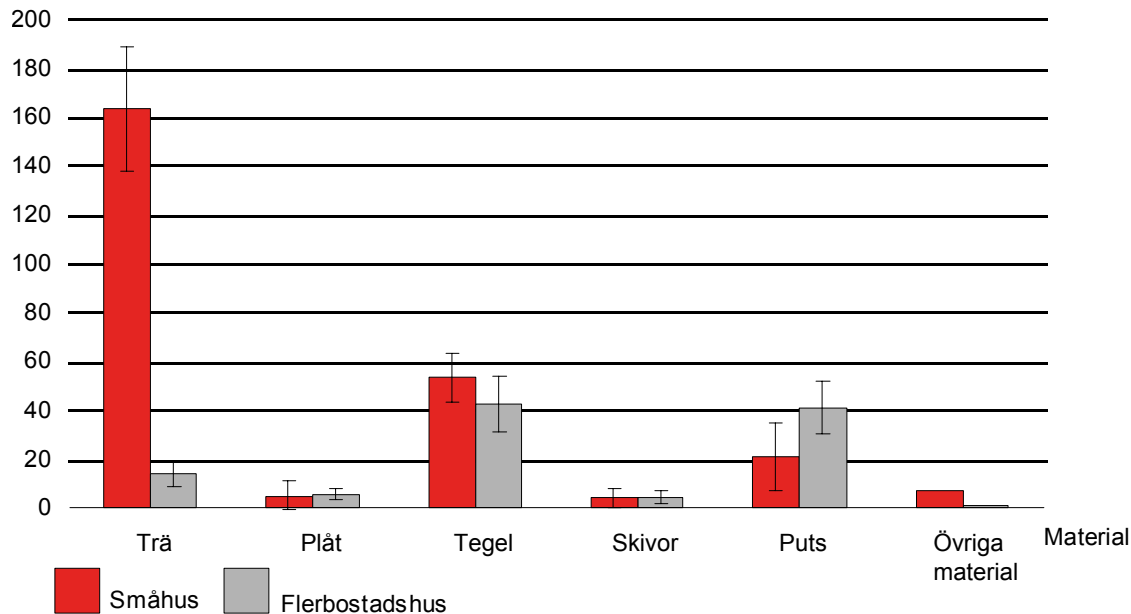


Figur 11 Skivhus i Majorna, Göteborg, byggt 1972:

Vanliga fasad och takmaterial på befintliga hus

De flesta småhus har träfasad och de flesta flerbostadshus har puts- eller tegelfasad.

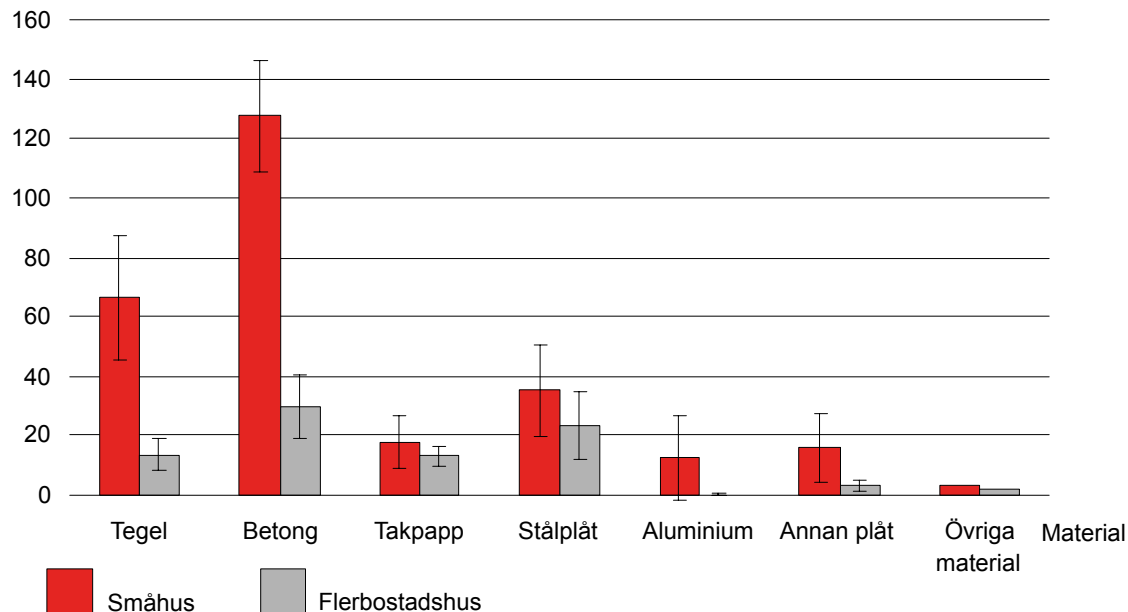
Antal miljoner kvm



Figur 12 Fasadmaterial på småhus och flerbostadshus. Källa: Boverket 2009.

Den vanligaste takbeläggningen småhus och flerbostadshus är betongtakpannor följt av tegelpannor och stålplåt. För flerbostadshus är det vanligaste takbeläggningsmaterialet betong följt av stålplåt.

Antal miljoner kvm

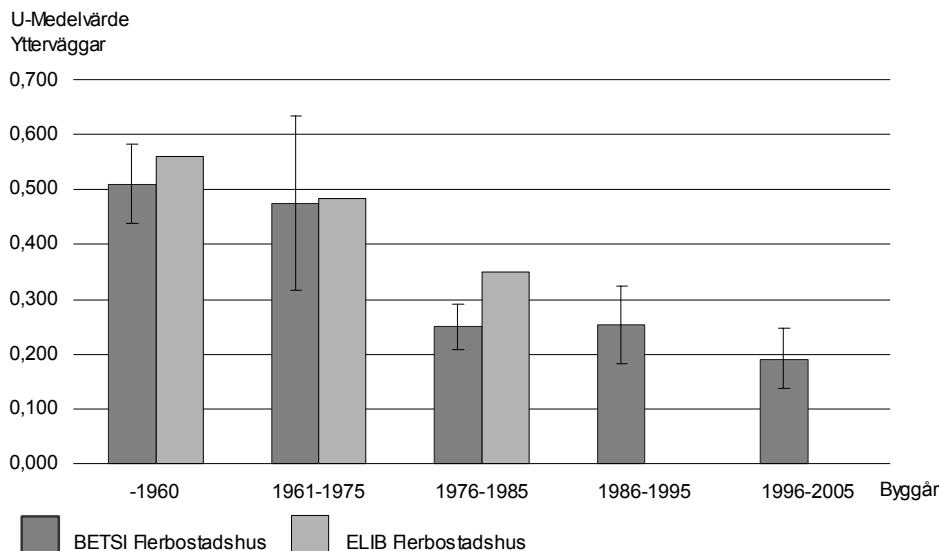


Figur 13 takmaterial på småhus och flerbostadshus i antal miljoner kvadratmeter. Källa: Boverket 2009.

Klimatskärmens tekniska status

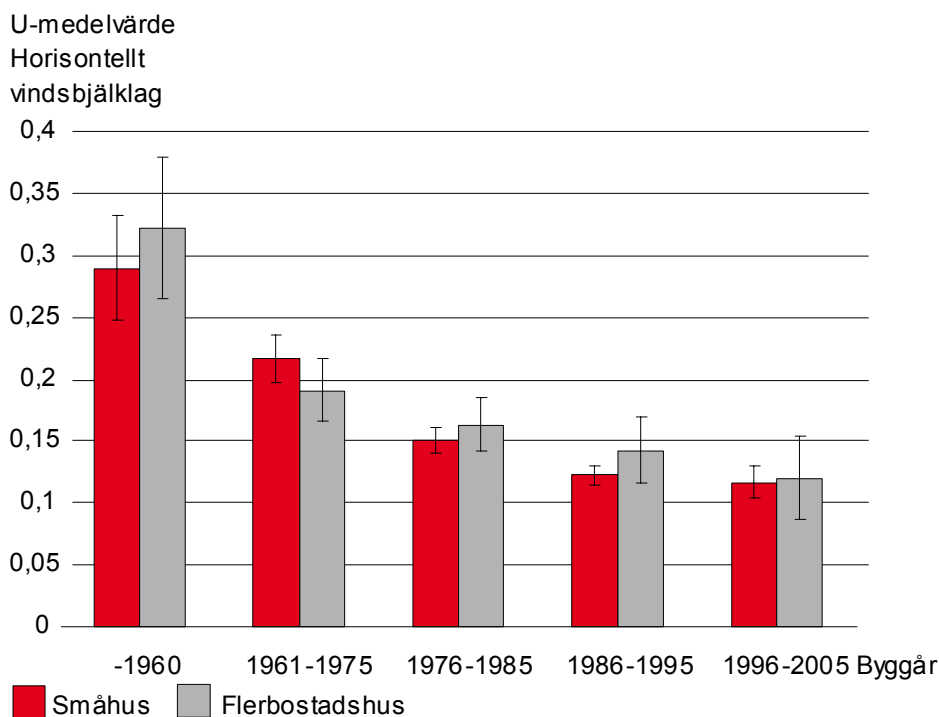
Isoleringsförmåga

U-medelvärden för ytterväggar i flerbostadshus har förbättrats avsevärt fram till och med perioden 1976-1985. För att i de äldre byggnaderna uppnå ett lika lågt U-värde som de nyare behövs en tilläggsisolering motsvarande 190 mm mineralull, Boverket (2009).



Figur 14 U-medelvärden för flerbostadshus. En jämförelse mellan resultat från ELIB och BETSI studierna. Källa: Boverket 2009.

U-medelvärdet för vindsbjälklag sjunker för nyare bostadshus för att plana ut i de två yngsta kategorierna. För att de äldre byggnadskategorierna ska erhålla ett lika lågt U-värde som de yngre skulle det i genomsnitt krävas en tilläggsisolering motsvarande 250 mm lösull.



Figur 15 U-medelvärden för horisontellt vindsbjälklag från BETSI studien. Källa: Boverket 2009.

Skador och brister i det svenska bostadsbeståndet

Radon

Resultatet från mätningarna i BETSI visar att ca 75 000 lägenheter har förhöjd radonhalt, över 200 Bq/m³ luft, vilket motsvarar ca 15 000 byggnader. En orsak kan vara att det förekommer gasbetong tillverkad av alunskiffer, så kallad lättbetong som kan ge upphov till förhöjda radonhalter i inomhusluften. Blåbetong användes som byggnadsmaterial under åren 1929-1975. Besiktningspersonalen inom BETSI studien har bedömt att blå lättbetong förekommer i ca 30 000 flerbostadshus. (Boverket 2009).

Inomhusbuller

I BETSI studien har bullersituationen kartlagts i bebyggelsen genom besiktningspersonaler men även genom enkäter till de boende. Resultaten från enkäterna visar att i flerbostadshus besväras upp till 25% av de boende av enskilda störningskällor och 22% störs ganska till oerhört mycket av buller från vägtrafik utifrån. Detta kan åtgärdas genom bättre fönster samt tätning och tilläggsisolering av fasaden.

Fukt och mögel

Enkätundersökningen som gjordes inom BETSI visar att 9 % av lägenheterna i flerbostadshus har haft en fukt- eller vattenskada. Av dessa skador kan 3% hänföras till vindar, 1% till ytterväggar och 7% till grunder. Tabell 1 visar antal flerbostadshus med mögelpåväxt eller mögellukt i minst en byggnadsdel (grund, vind eller yttervägg). Bedömningen är gjord av besiktningspersonalen.

Tabell 1 Antal flerbostadshus med mögelpåväxt eller mögellukt i minst en byggnadsdel (grund, vind eller yttervägg). Källa Boverket 2009.

Byggår	Antal tusen
-1960	10±7
1961-1975	3,2±2,9
1976-1985	≤1,1
1986-1995	≤1,0
1996-2005	1,6±1,3
Totalt	16±7,7

Uppskattad kostnad för att åtgärda skador

I BETSI studien har man uppskattat kostnaden för att åtgärda olika typer av byggnadsskador för det befintliga bostadsbeståndet.

Radon

Det återstår att sanera ca 15 000 flerbostadshus. Den totala investeringskostnaden beräknas till 0,4 miljarder kronor vid en antagen genomsnittlig investeringskostnad på 24 000 kr per byggnad.

Inomhusbuller

För att uppfylla Boverkets nya delmål för inomhusbuller beräknas man behöva ljudrelaterade åtgärder i en tredjedel av samtliga flerbostadshus, totalt ca 50 000 byggnader. Uppskattningsvis är kostnaden för de åtgärder som krävs omkring 25-50 miljarder kronor. Utav dessa är mellan 5-15 miljarder fasadåtgärder.

Fukt och mögel

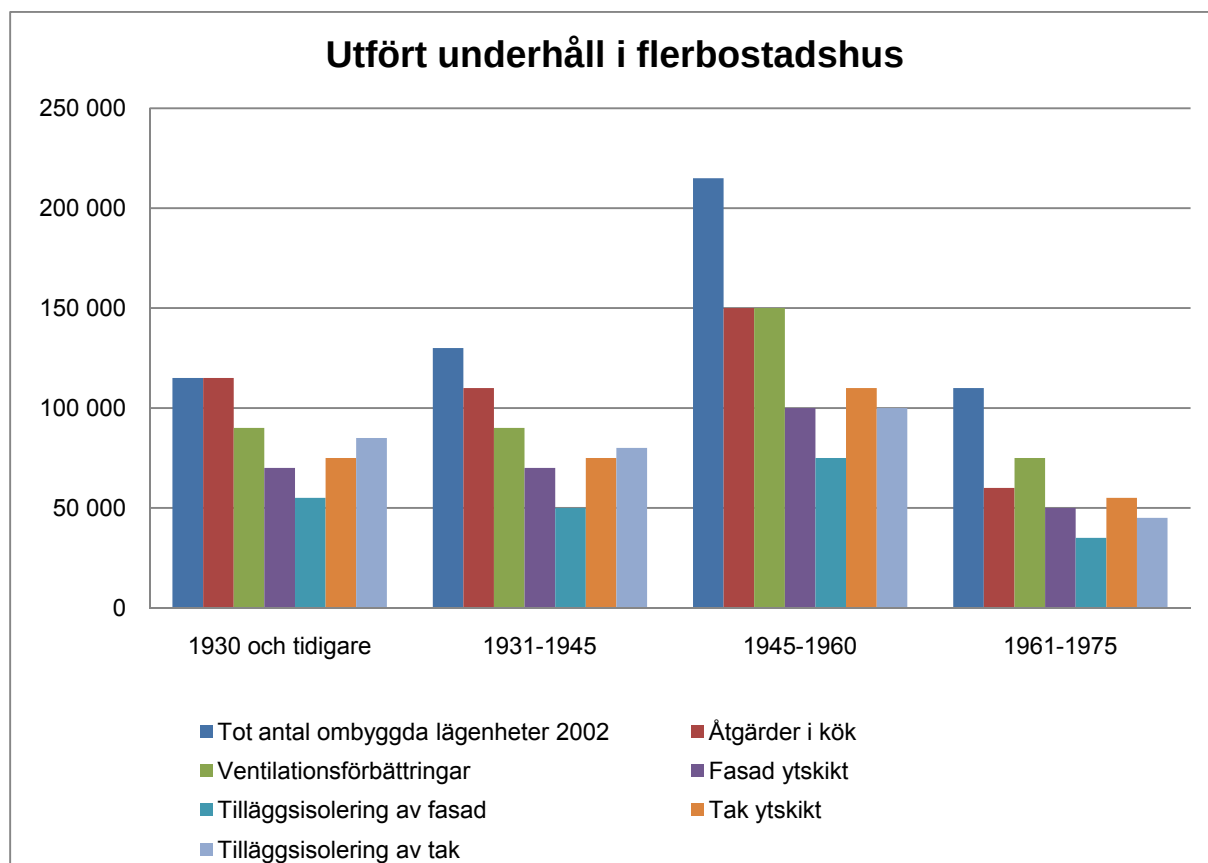
Kostnader för att åtgärda fuktskador bedöms uppgå till 3 miljarder kronor för flerbostadshus fördelat på 0,03 miljarder för yttertak, 1,5 miljarder för fasader och 1,5 miljarder för grunder.

Sammanlagd kostnad för att åtgärda skador

Räknar man ihop antalet byggnader som behöver åtgärdas med avseende på fukt och mögel, radon och inomhusmiljö så är det sammanlagt 75 000 flerbostadshus till en kostnad av ca 30-55 miljarder där 7-17 miljarder är för fasadåtgärder med tyngdpunkt på åtgärder för att minska ljudet från trafiken inomhus.

Redan utfört underhåll

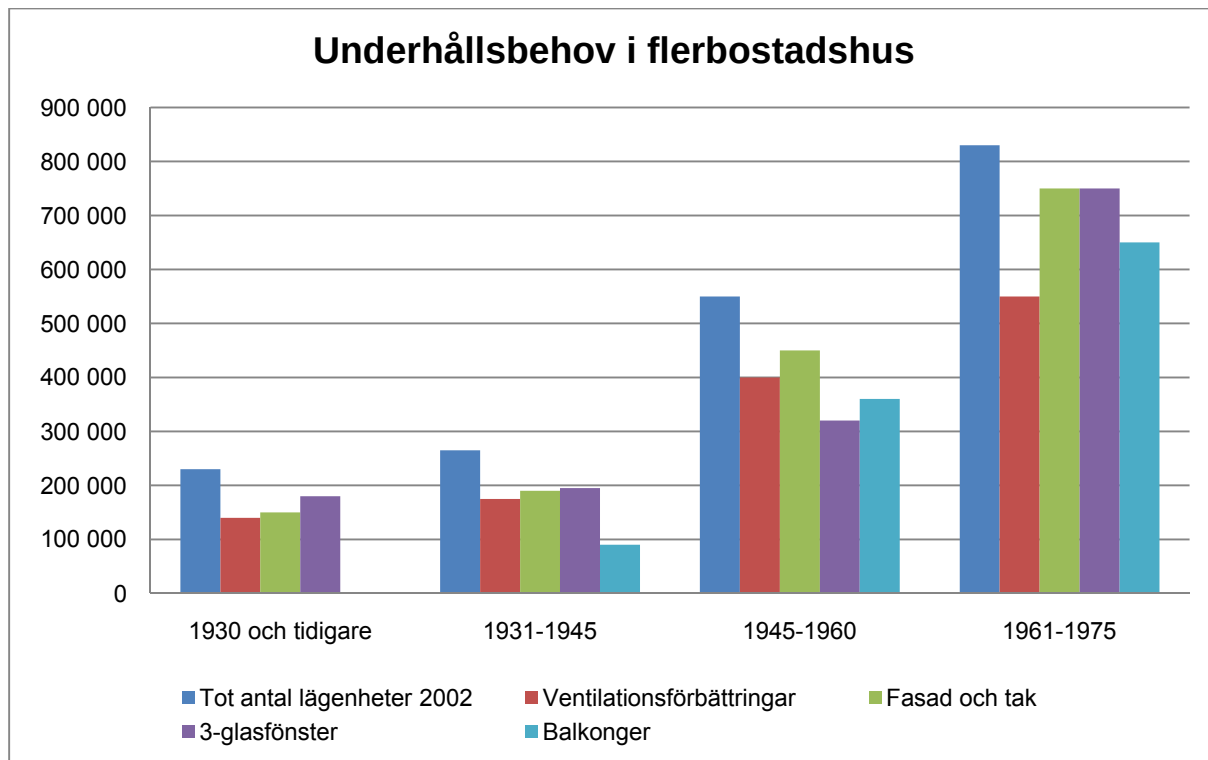
Det man kan utläsa från BOOM gruppens statistik är att man i stor grad har koncentrerat sig på invändigt underhåll. Samtliga lägenheter som är äldre än 1930 har nytt kök. Det är kanske inte så konstigt eftersom köksstandarden har förändrats så radikalt sedan 1930-talet och livslängden för ytskikt och köksinredning inte är så lång. Det är sannolikt också det som hyresgästerna och bostadsägarna är mest angelägna om att åtgärda. Det är också de åtgärderna som ger möjlighet att höja hyran för fastighetsägaren.



Figur 16 Redan utfört underhåll 2002 i flerbostadshus beräknat i antal lägenheter fördelat på byggnadsperiod och olika kategorier av underhåll. Källa: BOOM gruppen.

Kvarstående underhållsbehov

Ur figuren nedan kan man se att det finns ett stort behov av underhåll av fasad och tak, speciellt i byggnader byggda under modernismen och rekordåren. Det omfattar sannolikt både ytskikt och tilläggsisolering. Det finns även ett stort behov av att sätta in 3-glas fönster samt reparera eller byta ut befintliga balkonger.



Figur 17 Underhållsbehov beräknat på antal lägenheter. Källa: BOOM-gruppen.

Byggprocessen och ägarförhållanden

Byggprocessen och dess aktörer

Byggprocessen består av olika skeden; program, projektering, produktion, förvaltning och slutligen rivning. Beroende på entreprenadform så kan upphandlingen göras i olika skeden. Entreprenadformen påverkar även vilken aktör som ansvarar för projektering. Antingen är det beställaren (byggherren) genom konsulterna vid en s k. generalentreprenad eller entreprenören vid en totalentreprenad. Vill byggherren öka sitt inflytande och insyn kan han välja att handla upp alla entreprenörerna och leda projektet själv i en delad entreprenad. Det finns även andra entreprenadformer såsom CM-entreprenad *Construction Management* som innebär att byggherren anlitar en konsult för att samordna byggprojektet. Det finns former av utökad totalentreprenad där entreprenören kopplas in redan i idéskedet.

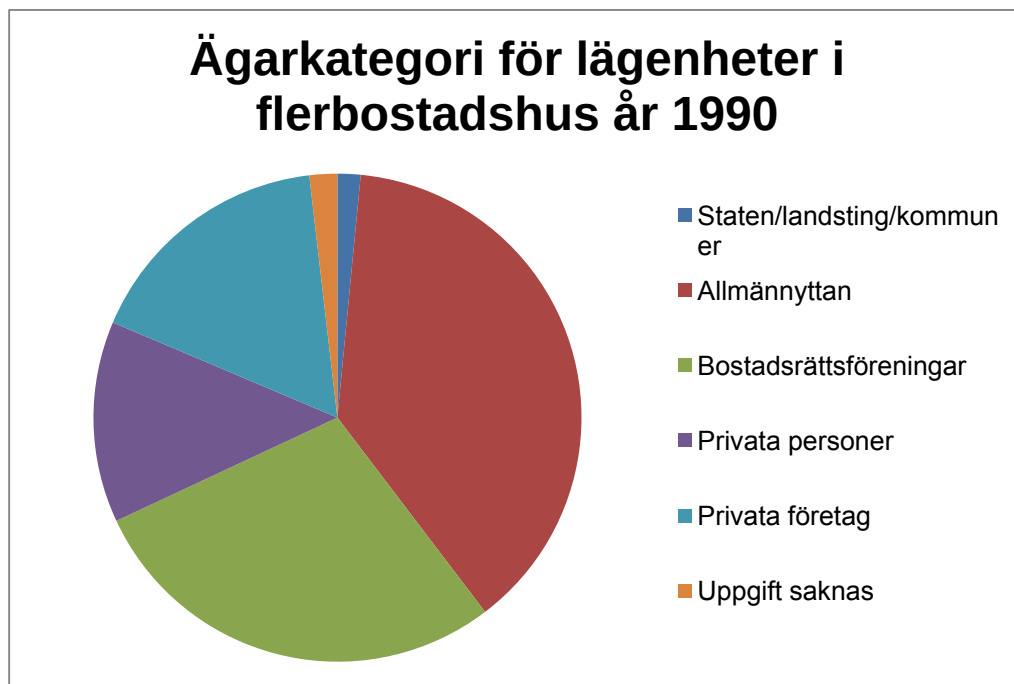
Funktionsentreprenad är en form av totalentreprenad där entreprenören ansvarar för drift och underhåll under en längre tid. En annan entreprenadform är partnering där byggherren samarbetar med entreprenören och strävar mot ett gemensamt mål. Parterna har helt öppna böcker mot varandra och arbetar i en gemensam budget ofta i kombination med incitament, (Boverket 2007).

Under programskedet utreds förutsättningarna för att uppföra en byggnad och byggherren specificerar sina krav. Under projekteringsfasen visas genom ritningar och beskrivningar hur byggnaden och dess system skall utformas för att kraven ska uppfyllas.

Projekteringshandlingarna beskriver i detalj hur slutprodukten ska bli och i viss mån hur produktionen ska genomföras. I vissa fall, exempelvis vid totalentreprenad kan produktionsfasen påbörjas innan projekteringen är helt genomförd. Då utför entreprenören byggnaden enligt de specificerade tekniska och funktionsmässiga kraven. Vid produktionens slutförande överlämnas byggnaden till beställaren (byggherren) eller till den som ska förvalta fastigheten och inte byggherren byggt i egen regi. Under förvaltningsskedet kan de huvudsakliga aktiviteterna delas upp i ekonomisk förvaltning, administrativ förvaltning och teknisk förvaltning. Den tekniska förvaltningen kan delas in i tre områden; drift, fastighetsskötsel och underhåll. Fastighetsskötsel kan delas upp i yttre och inre skötsel. Underhåll innebär ett uppfyllande av kraven i PBL om att behålla ett vårdat yttre skick samt att följa kraven i BVL om att de tekniska egenskaperna ska bevaras. Dessutom handlar det om att behålla eller höja byggnadens värde genom att bevara byggnadens grundläggande funktioner såsom hållfasthet och klimatskydd, (Nordstrand 2008).

Ägarförhållanden

Enligt Energistatistik för flerbostadshus 2008 (SCB 2009) ägdes 1990 den största delen flerbostadshus av allmännyttan tätt följd av bostadsrättsföreningar. Detta gör att förutsättningarna för att genomföra omfattande åtgärdspaket är stora. Det är mycket besvärligare om varje lägenheterna ägs av respektive boende utan en organiserad förening vilket är fallet i flera andra europeiska länder exempelvis Spanien och Bulgarien, (Mjörnell 2010).



Figur 18 Ägarförhållanden för lägenheter i flerbostadshus, statistik från 1990. Källa SCB 2009.

Hur tas beslut att renovera?

Ägare av hyresfastigheter ansvarar för och tar beslut om renovering av byggnaden och lägenheterna. Fastighetsägaren behöver dock ett godkännande från hyresgästerna för att göra omfattande förändringar i lägenheterna som innebär betydande hyreshöjningar. För bostadsrätter är det bostadsrättsföreningen som har ansvar och fattar beslut om renovering av byggnaden. I stadgarna finns regler för hur kostnader för renovering och underhåll ska fördelas mellan bostadsrättsägarna. Varje bostadsrättsägare ansvarar för renovering och underhåll av sin egen lägenhet.

Varför genomförs inte lönsamma energieffektiva renoveringar?

I en utredning från 2005 redogör Boverket för ett antal faktorer som kan hindra marknaden att genomföra energieffektiviserande åtgärder: Det kan handla om faktorer som hindrar att resurser används så optimalt som möjligt såsom brister i incitamentsstrukturen vilket innebär att den som beslutar om en ekonomisk aktivitet inte är densamme som betalar för den och asymmetrisk information d v s att olika aktörer har olika kunskapsnivå vilket leder till att beslut fattas på felaktiga grunder. (Boverket, 2005), (Gerdin och Hammarberg, 2010). Det kan också handla om marknadsbarriärer som innebär att investeringar som är till synes lönsamma inte genomförs. En sådan kan vara att osäkerhet ger högre avkastningskrav. Vid framtida energieffektiviseringar är energipriset direkt avgörande för investeringens lönsamhet. Det kan också handla om tekniska osäkerheter om energieffektiviseringen håller vad den lovar och om det i framtiden kommer att finnas en billigare och energieffektivare lösning än idag. Finansieringssvårigheter är en annan faktor som påverkar beslut om investering. Finns inte egna medel för att finansiera en investering eller om det finns en ovilja hos kreditinstituten att låna ut medel kan detta hindra energieffektiviseringsåtgärder. Det kan

också bero på bristande insikt och förståelse hos kreditgivaren för vad investeringen leder till i form av minskade kostnader. Olika aktörer har även olika kostnader för att låna kapital.

I (Gerdin och Hammarberg, 2010) anger författarna åtgärder för att komma till rätta med detta: Utbilda beslutsfattare kring vilka ekonomiska nyckeltal som finns, motverka asymmetrisk information mellan energikonsult och beslutsfattare, paketering av åtgärder för att väldigt lönsamma investeringar ska hjälpa till att finansiera mindre lönsamma samt att skapa engagemang och en positiv attityd hos brukaren för energieffektiviseringar genom att införa åtgärder som tvingar fram ett ändrat beteende.

Marknadsanalys

Analys av möjligheter och hinder för renovering

Besparingspotential i form av sparad energi

Frågan är hur långt man kan komma med rationella lösningar? Lönar det sig verkligen att tilläggsisolera och hur lång är återbetalningstiden? Om man jämför kostnaden för att energieffektivisera så skiljer den sig mycket mellan olika projekt. I vissa fall, t ex i Brogården har man tagit ett helhetsgrepp och så gott som renoverat byggnaderna till nybyggnadsstandard och nästan nått energikraven för passivhus. I andra projekt, t ex Orrholmen har man gjort nödvändiga åtgärder för att uppfylla krav på god inomhusmiljö och sanerat miljöskadliga ämnen och i samband med det även passat på att tilläggsisolera och därmed gjort en avsevärd energibesparing om än inte lika stor som den i Brogården. Enligt förvaltaren av Orrholmen, Karlstads Bostads AB har energianvändningen minskat från 255 kWh/m², år till 110 kWh/m², år till en kostnad av ca 120 000 kronor per lägenhet medan i Brogården har energianvändningen minskat från 157 kWh/m², år till 52 kWh/m², år till en kostnad av ca 750 000 - 1 000 000 kronor per lägenhet varav energiåtgärderna endast står för en del av denna kostnad. Det betyder att Orrholmen procentuellt sett sänkt sina energikostnader till än mycket lägre kostnad än AB Alingsåshem. Det bör dock beaktas att man inte gjort några invändiga renoveringar på Orrholmen medan hela Brogården är renoverad invändigt och att delar av Brogården har nybyggnadsstandard. Det är också skillnader mellan byggnadernas ursprungliga tekniska status, byggnadssätt och utformning som påverka kostnaden för renovering. En annan relevant fråga är om hur mycket hade merkostnaden varit att lägga till några centimeter isolering för att ytterligare sänka energianvändningen i Orrholmen. Energiombyggnaden av pilothuset i Backa Röd innebär enligt uppgift från Bostads AB Poseidon en merkostnad på 240 000 kronor per lägenhet, vilket betyder ca 3 000 kr/m² BOA. Ombyggnaden medför minskad energianvändning på ca 6 800* kr/år och lägenhet, baserad på 2009 års energipris. Om projektet Katjas Gata 119 är lönsamt beror på framtida energipriser. En kostnadskalkyl för Norrbackavägen 23 visar att kostnaden för energiåtgärderna går på 2 300 000 kr i verklig investering, vilket är 164 300 kr per lägenhet om den fördelas på 14 lägenheter, eller 2030 kr/m². Av dessa kan 107 000 kr hänföras till invändig isolering av ytterväggen, 169 000 kr till takisolering, 370 000 kr till fönsterrenovering och 398 000 kr till golvisolering vilket utslaget på 14 lägenheter blir ca 75 000 kr per lägenhet, (Levin et al 2010).

Ekonomiska förutsättningar

Förutsättningarna för att genomföra en upprustning av 1960-70 talets bostadsbebyggelse varierar mellan olika bostadsföretag och ägandeformer. Det finns exempel på privatägda företag som inte vill höja hyran för att de ska kunna behålla sina trogna hyresgäster. Delägarna i en bostadsrättsförening kanske inte alltid ser vinsten i att göra en kostsam

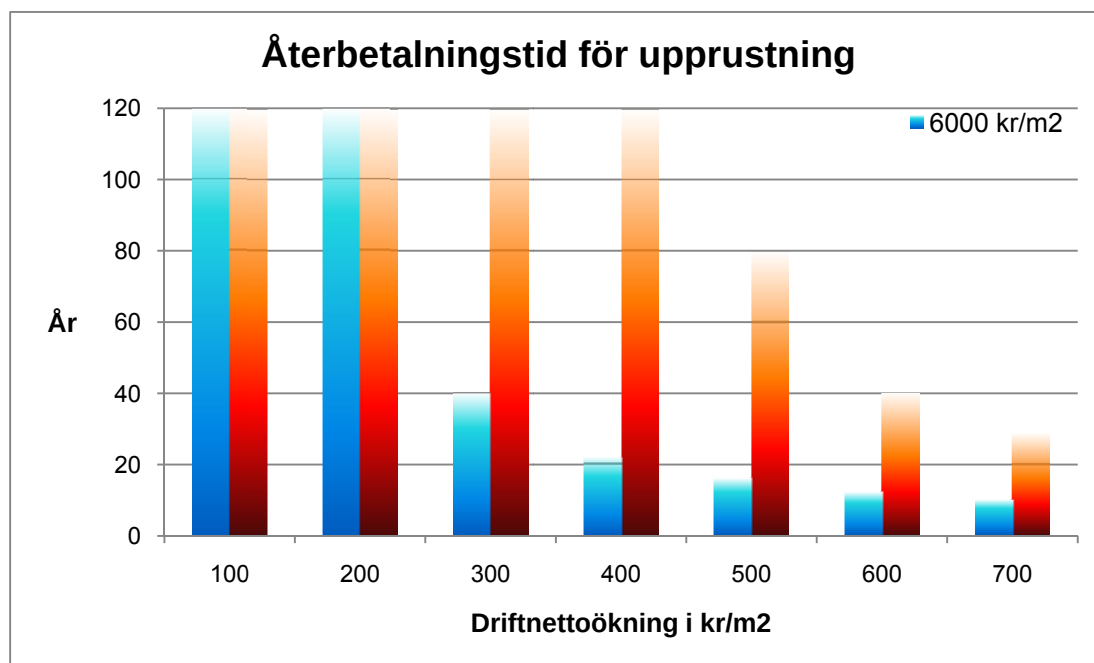
energieffektivisering utan lägger kanske hellre pengarna på att renovera kök och badrum vilket troligtvis höjer lägenheternas värde vid en eventuell försäljning. Företag inom allmännyttan har också olika förutsättningar beroende på var de ligger och i vilken uthyrningsgrad de har. Företag med god ekonomi med bostäder på starka bostadsmarknader har i princip inga vakanser och stora möjligheter till att höja hyrorna i samband med en upprustning. Företag med svag ekonomi med fastigheter i vikande marknader med höga vakanser har däremot mycket små möjligheter att finansiera en upprustning. I SABOs rapport "Hem för Miljoner – Förutsättningar för upprustning a miljonprogrammets – rekordårens bostäder", delar man in företagen i fyra kategorier efter vilka ekonomiska förutsättningar de har:

Kategori	Karaktär	Antal bostäder byggda 1961-1975 i behov av renovering
A. Företag med god ekonomi och starka bostadsmarknader	Främst omkring Stockholm, Göteborg och Malmö. I princip inga vakanser, hög soliditet	91 000
B. Företag med ekonomi och bostadsmarknad i balans	Mellanstora företag på mellanstora orter främst i regionstäder. Låg vakans. God soliditet.	71 000
C. Företag med pressad ekonomi och på en priskänslig bostadsmarknad	Små till mellanstora företag på mindre orter. Viss vakans. Svårighet att finansiera upprustning.	85 000
D. Företag med svag ekonomi på vikande bostadsmarknad	Små företag i små kommuner. Höga vakanser. Låg soliditet. Saknar möjlighet att finansiera upprustning av beståndet från rekordåren.	53 000

De skilda förutsättningarna som gäller i olika delar av landet, för olika företag och i olika bostadsområden kommer givetvis att avgöra vad som är rimligt att göra. Man föreslår fyra upprustningsnivåer:

1. Fullständig upprustning (ca 12 000 kr/m²)
2. Begränsad upprustning (ca 6000 kr/m²)
3. Minimal upprustning (ca 2000 kr/m²) och
4. Rivning (1000 kr/m² för rivning och 3000 kr/m² för nedskrivning)

Man har även analyserat företagens olika ekonomiska förutsättningar för att genomföra olika upprustningsnivåer. Resultatet beror givetvis på vilken återbetalningstid och driftsnetto (hyresintäkter minus fastighetens drift- och underhållskostnader) man räknar med. Det behövs relativt stora driftnettoökningar för att upprustningen ska kunna återbetalas inom rimlig tid.



Figur 19 Återbetalningstid av upprustningsinvestering för 6000 kr/m² respektive 12 000 kr/m² för olika driftsnettoökningar. Kalkylräntan 4 % har använts som medelvärde för långsiktig ränteutveckling. Källa SABO 2009.

Finansieringsmodeller

I SABOs rapport föreslår man ett antal åtgärder för att påskynda utvecklingen och möjliggöra för fler fastighetsägare att börja rusta upp och energieffektivisera sina flerbostadshus:

- Partneringavtal mellan beställare och entreprenör som i Brogården
- Utveckla ny kostnadseffektiv teknik i liten skala (pilotus)
- Etappindela projekten och utvärdera efter varje etapp
- Besparing genom upprepning
- Utveckla kompetensen både i upphandlings- och byggprocessen
- Effektiv kvalitetssäkring
- Renovera med kvarboende för att slippa evakuera hyresgäster
- Utnyttja konjunktursvängningar
- Utbildning av yrkesarbetare med ROT kompetens som kan genomföra flera moment

Minska driftkostnader

Ett sätt att öka driftnettot för att finansiera energieffektiviseringsåtgärderna är givetvis genom sänkta driftkostnader. Enligt SABOs ekonomiska statistik uppgår driftkostnaderna i genomsnitt uppgår till 169 kr/m² varav värmen motsvarar 102 kr/m². Kostnaderna för underhåll och reparationer som uppgick enligt statistiken i genomsnitt till ca 205 kr/m² år 2008. Om man antar att man kan sänka driftkostnaderna med ca 100 kr/m² kan driftkostnadsbesparingen finansiera en investering på 1 375 kr/m² beräknat med annuitetskalkyl med en ränta på 4 % och 20 års återbetalningstid, (SABO 2009). Det är alltså inte några stora investeringar som kan bekostas genom sänkta driftkostnader. Att nå driftkostnadsbesparingar på 100 kr/m² bedöms kräva större insatser än vad kostnadsminskningen kan finansiera. Risken finns också att energileverantörerna kompenserar för mindre leveranser med högre avgifter. Slutsatsen är att minskade driftkostnader kan förbättra kalkylerna men inte finansiera upprustningen.

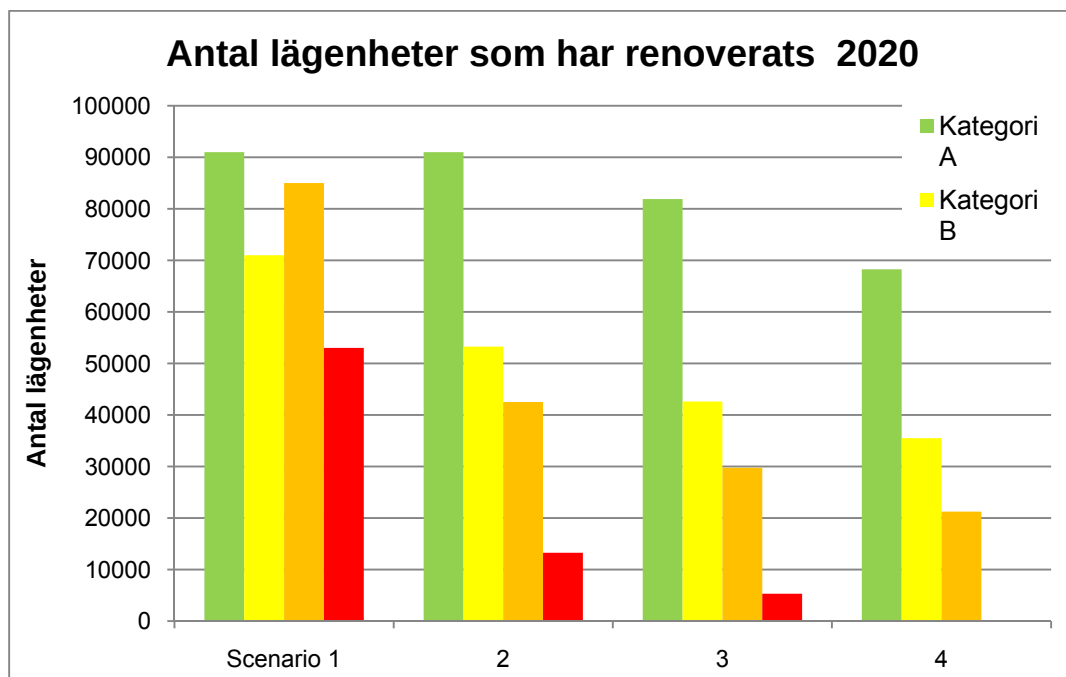
Höja hyror

Ett annat sätt att öka driftnettot för att finansiera energieffektiviseringsåtgärderna är att höja hyrorna. Eftersom genomsnittshyrorna i landet ligger på mellan 577 och 1064 kronor per m² så innebär en ökning på 300 kr/m² en kraftig hyreshöjning. Slutsatserna enligt SABOs rapport är att det i princip inte är ekonomiskt rimligt att genomföra mer än begränsad upprustning för någon av företagskategorierna A och B och endast minimal upprustning för kategori C och för kategori D bör man överväga rivning.

Det bör även påpekas att energieffektiviseringsåtgärder inte alltid medför en standardhöjning som berättigar till hyreshöjning i förhandling med hyresgästföreningen såsom t ex upprustning av kök och badrum.

Olika framtidsscenarier

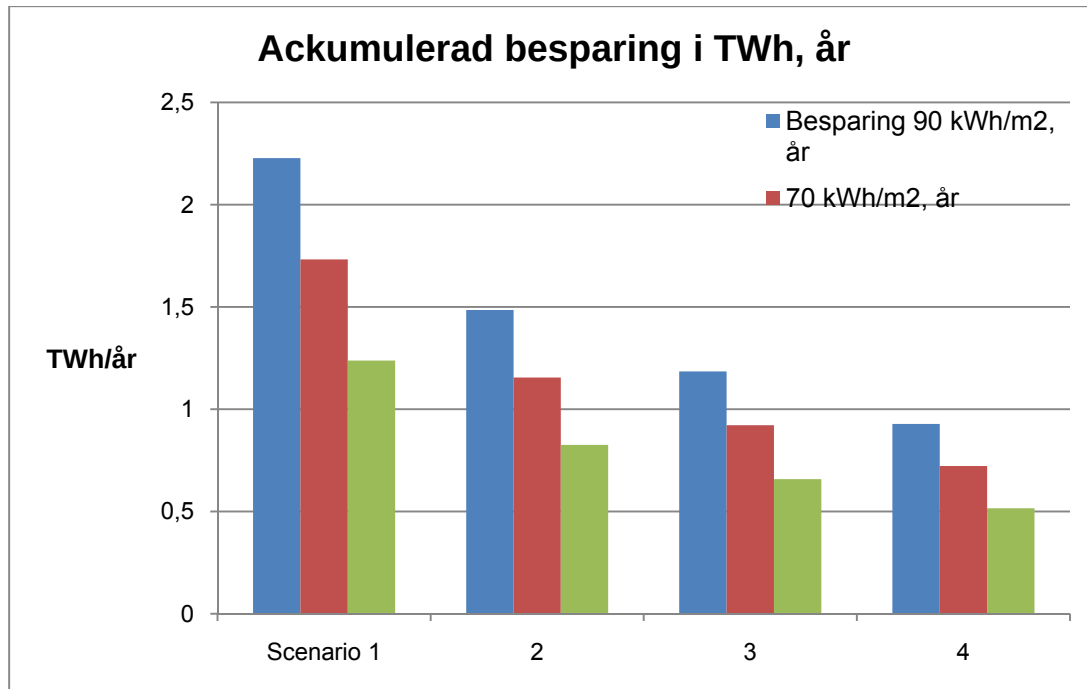
Inom Bebo har man räknat på olika scenarier baserat på SABOs rapport, (SABO 2009). Man har utgått från att det finns ett renoveringsbehov i 300 000 lägenheter, d v s ca 36 % av miljonprogrambeståndet. Man gör antagelsen att fastighetsföretagen renoverar samma antal byggnader varje år i tio år framöver och räknar på fyra olika scenarier, det första som innebär att företag i alla fyra kategorier renoverar sina byggnader med renoveringsbehov oavsett om de ligger i storstadsregioner eller i avfolkningsbygd. Det andra scenariot innebär att 100 % av företagen i kategori A, 75 % i kategori B, 50 % i kategori C och 25 % i kategori D renoverar sina byggnader. Det tredje scenariot innebär att 90 % i kategori A, 60 % i B, 35 % i C och 10 % i A och det fjärde scenariot innebär att 75 % i A, 50 % i B, 25 % i C och 0 % av byggnaderna i företagen i kategori D renoveras.



Figur 20 Fyra scenarier för att uppskatta antal lägenheter som kommer att renoveras de kommande tio åren. Källa: Werner 2010.

Om man förutsätter att företagen gör ett antal åtgärder som medför en viss energibesparing kan man beräkna en ackumulerad energibesparing per år. Tre olika nivåer på energibesparing har använts i beräkningarna; en besparing på 90 kwh/m², år, d v s ca en halvering av energianvändningen vilket kräver omfattande åtgärder, 70 kwh/m², år vilket kräver relativt omfattande åtgärder samt 50 kwh/m², år vilket kräver lite mindre åtgärder. Man har gjort an-

tagelsen att genomsnittslägenheten har en yta på 75 m². Resultatet redovisas i figuren nedan.



Figur 21 Ackumulerad energibesparing beräknat för ett antal scenarior, där man gör olika omfattande energieffektiviseringar och renoverar olika antal lägenheter per år. Källa: Werner 2010.

Hur ser aktörerna inom byggbranschen på rationell isolering av klimatskärmen?

Inom förstudien har intervjuer och enkäter genomförts med aktörer inom branschen (bygg-
herrar, entreprenörer, konsulter, arkitekter) för att undersöka deras syn på möjligheter och
hinder med industriella lösningar för tilläggsisolering av klimatskalet såsom. Det som tagits
upp är: Tekniska aspekter, Ekonomiska aspekter (pay-back tider, paketlösningar),
Produktion, Kulturhistoriska och bevarandaspekter, Organisatoriska aspekter, Lagar och
regler (byggrätter), Hyresgästaspekter (samråd, alla måste vara med, hyressättning,
kvarboende, evakuering). Kontakter har också tagits med ett antal materialtillverkare och
byggsystemtillverkare som främst fått svara på en enkät anpassad till de frågeställningar
som rör dem.

Följande byggherrar, entreprenörer, konsulter och arkitekter har intervjuats eller svarat på
enkäten, se bilaga A.

- Johan Lundquist, Svenska Bostäder (F)
- Dahn Gidbom, SSSB (F)
- Jan-Olof Lagerstedt, Skanska (E)
- Johan Alte, Veidekke (E)
- Jonny Kellner, Veidekke (E)
- Lissie Rossing, Liljewall arkitekter (A)
- Nils Krus, White Arkitekter (A)
- Kjell Nordin, SLB (K)
- Sigurd Friedstedt, VBK (K)

Följande tillverkare av byggmaterial och byggsystem har intervjuats eller svarat på enkäten,
se bilaga B.

- Mikael Johansson, Derome
- Patrik Johansson, Europrofil
- Dick Karlsson, Paroc, Finland
- Johan Engberg, Sundolitt
- Thomas Kling, Strängbetong
- Hanne Dybro, Isover

Nedan ges en sammanfattning av dessa intervjuer och enkätsvar.

Fastighetsförvaltare, projektörer och entreprenörer

Intervjuer och enkätundersökning gjordes med några aktörer från olika byggnadsentreprenö-
rer (E1, E2, E3), arkitekter (A1, A2), fastighetsförvaltare (F1, F2) och två byggnadskonstruk-
törer (K1, K2).

Motivering för renovering av fasader

Vid frågan av vilken erfarenhet man hade av motivering för att renovera fasaden gavs flera
alternativ som de tillfrågade fick gradera som oviktigt, viktigt eller väldigt viktigt. I resultatet
som redovisas i Tabell 2 kan man utläsa att den viktigaste motivering för att utföra en fasad-
renovering är nödvändigt underhåll av konstruktionen. De näst vanligaste anledningarna är
att få en mer estetiskt tilltalande fasad eller att spara energi. Dock var alla nämnda motiv
viktiga.

Tabell 2 Resultat av intervjuer och enkäter avseende motiv för renovering av fasader.

Motiv	Väldigt viktigt	Viktigt	Oviktigt
Estetisk förbättring	E1, A1, A2	E2, E3, K1, K2	F2
Nödvändigt underhåll av konstruktionen	E2, A1, A2, E3, K1, F1, K2	E1, F2	
Utbyggnad	E2, K1	E1, E3, A1, A2, F2, K2	
Ändring av funktion och planlösning	E2, K1	E1, E3, A1, A2, F2, K2	
Integrera ny teknik	E3, F2, K2	E1, E2, A1, A2, K1	
Sänka energibehovet	A1, E1, E3, F2, K2	E2, A2, K1	

Förutsättningar och begränsningar för renovering av fasader

Den tydligaste parametern av de nämnda i Tabell 3 som skapar förutsättningar eller begränsningar för ett projekt är ekonomin. Om projektets budget är större så öppnar det upp för fler alternativa lösningar. Efter ekonomin är det byggregler och den befintliga byggnadskonstruktionen som har störst betydelse för vilka lösningar som är möjliga att använda. Detaljplan och bevarandekrav är viktiga att ta hänsyn till men är inte avgörande för val av teknik. Förutom de alternativ nämnda i Tabell 3 så angav E1 att användarnas åsikter är väldigt viktiga.

Tabell 3 Resultat av intervjuerna och enkäterna avseende vad som skapar förutsättningar eller begränsningar för val av renoveringsteknik.

Förutsättning	Väldigt viktig	Viktig	Oviktig
Ekonomi	E1, E2, A2, K1, F1	A1, E3, F2, K2	
Detaljplan	E1,	E2, A1, A2, K1, F2	E3, F1, K2
Byggregler	E1, A1	E2, E3, A2, K1, F1, F2, K2	
Bevarandekrav	F1	E1, E2, E3, A1, A2, K1, K2, F2	
Begränsningar på grund av den befintliga byggnadskonstruktionen	A1, F2	E1, E2, E3, A2, K1, K2, F1	

Kriterier för val av prefabricerade fasadsystem

Resultatet visar att det ställs höga krav på produkterna. Alla de valda parametrarna ansågs viktiga eller väldigt viktiga av majoriteten som tillfrågades. Det var relativt liten skillnad mellan alternativen men man kan utläsa att de viktigaste parametrarna var enkel montering, låga kostnader, robust och varaktighet, estetisk användning av material samt minskning av

energiförbrukningen. De parametrar som ansågs vara minst viktiga var att produkten är slimmad.

Tabell 4 Resultat från intervjuerna och enkäterna avseende vilka kriterier som är viktigast för den lösning som skall användas.

Kriterium	Väldigt viktigt	Viktigt	Oviktigt
Bevara fasadens ursprungliga uttryck	A2, E3, F1, K2	E1, K1, F2	E2, A1
Frihet i design	A2, E3	E1, A1, K1, F1	E2, F2
Estetisk användning av material	E1, E3, A1, A2, K2	F1, F2	K1
Enkel montering som medför kortare arbetstid på plats	E1, E3, A2, K1, K2, F1	E2, A1, F2	
Montering på plats utan flytt av brukarna	A1, E3, F1, K2	E1, E2, K1, F2	A2
Låga kostnader	E1, E2, A2, K1, F1	A1, E3, F2, K2	
Erfarenhet av produkten	E2, E3, K2	E1, A1, A2, K1, F1, F2	
Enkelt underhåll	E1, K1, F1, F2,	E2, E3, A1, A2, K2	
Robust och varaktig	E2, A1, K1, F1, F2	E1, E3, A2, K2	
Låg vikt		E1, E3, A1, A2, K1, K2, F1, F2	E2
Slimmad		E1, E2, A2, F2	A1, E3, K1, K2
Minska energiförbrukningen	E1, E3, A1, K1, K2, F1, F2	E2, A2	

Möjliga energibesparingsåtgärder att integrera i framtida fasadsystem

I Tabell 5 redovisas resultatet av frågan vilken typ av installationer som är intressant att integrera i en framtida produkt för att spara energi. Den mest intressanta åtgärden är att tilläggsisolera följt av integrerad ventilation. För övriga åtgärder var det små skillnader i intresse mellan åtgärdena.

Tabell 5 Resultat av intervjuerna avseende vilka typer av funktioner som kan vara intressant att integrera i framtida prefabricerade ytterväggar.

Åtgärd	Väldigt intressant	Intressant	Inte intressant
Förbättrad isolering	E1, E2, E3, A1, A2, K1, K2, F1, F2		
Integrerad solavskärmning	A2, F1	E1, E2, A1, A2, K1, F2	E3, K2
Integrerade solceller	K1, F1, F2	E2, A1, A2	E1, E3, K2
Integrerade solfångare	F2	E1, E2, A1, A2, K1, F1	E3, K2
Integrerad ventilation	E1, E2, A1, K1, F1	A2, E3, F2, K2	
Integrerad uppvärmning	E2, K1, F2	E1, A1, A2, F1	E3, K2
Integrerad kylning	E2, K1	E1, A1, A2, F2	E3, F1, K2

Summering av fastighetsförvaltare, projektörer och entreprenörer

Sammanfattningsvis kan man säga att underhåll och energieffektivisering är det viktigaste motivet till att man renoverar fasaden. Ekonomi är den viktigaste förutsättningen men också begränsningen för att man ska göra energieffektiviseringsåtgärder. De viktigaste kriterierna som ska uppfyllas för en rationell isolering av klimatskärmen anser man var enkel montering, låga kostnader, varaktighet och minskning av energiförbrukningen. De mest intressanta funktionerna som kan vara intressanta att integrera i fasaden är förbättrad isolering och integrerad ventilation.

Tillverkare av byggmaterial och byggsystem

Isover

Isover har arbetat med att ta fram lösningar för hur man kan tilläggsisolera befintliga hus. Man har tagit fram konceptet "hattmetoden" som innebär att man klär av byggnaden den gamla fasadbeklädnaden och tar bort takutsprånget och därefter gör en lufttätning med vindskyddsdukar och takunderlagsdukar som är diffusionsöppna, men näst intill lufttäta. När man har gjort lufttätningen med dukarna får man också ett väderskydd som bör vara tillräckligt tätt under montagetiden. Man arbetar nu tillsammans med tillverkare av vindskyddsduk för att utveckla detta koncept. På denna är det tänkt att man ska montera element med tilläggsisolering. Isover är intresserade av att vidareutveckla detta koncept tillsammans med t ex en småhustillverkare som skulle kunna leverera fasad och takelement som snabbt kan monteras på ett fuktsäkert sätt. De anser att det är relevant att förse tak- eller fasadelement med installationer såsom solfångare, solceller och ev. kablar för kompletterande installationer. De betonar att det är viktigt att den valda lösningen är optimal ur teknisk, ekonomisk och estetisk synvinkel. Ingen av delarna får vara ett misslyckande.

Paroc Panelsystem och byggisolering

Paroc tillverkar lätta sandwichelement med en kärna av stenull och ytmaterial av plastbelagd tunnplåt som används som ytterväggar, innerväggar och undertak i kontorsbyggnader, lager och industrihallar samt idrottshallar. Produktens funktion är främst isolering och lufttätet. Andra viktiga egenskaper är brandegenskaper och bärförmåga. De anser att det även skulle kunna vara intressant att integrera installationer i fasadsystemet men är tveksam till lönsamheten i dagsläget. Produktionsprocessen är i huvudsak automatiserad med undantag av manuella steg för val av typ av stenull och stål. Fördelen med automatiserad produktion är att man säkerställer kvaliteten. Elementen monteras på plats mekaniskt med skruvas direkt mot stommen. Elementen är skräddarsydda produkter vad gäller längd, tjocklek och färg. Paroc tror att det finns en marknad för prefabricerade fasadsystem för renovering av byggnader och är intresserade av utveckla lösningar, gärna tillsammans med en stor entreprenör. Paroc kontaktas i vissa projekt i programfasen, i andra i systemhandlingsfasen eller i detaljfasen. Det är olika från projekt till projekt.

Sundolitt

Sundolitt anser att det är mest kostnadseffektivt att tilläggsisolera. De tillverkar byggnadsisolering för tak, fasad och grund av EPS (expanderad polystyren) och XPS (extruderad polystyren). Materialet används både till nybyggnad och vid renovering. De viktigaste egenskaperna är att materialet ger ökad isolering, lufttätet och att det har låg vikt. Nästan hela tillverkningsprocessen är idag automatiserad. Granulat förskummas för att sedan gjutas till block eller formgjutet gods. Blocken sågas till skivor. Skivorna fästs mekaniskt eller limmas. Sundolitt har arbetat med Caparol och tagit fram ett system med EPS cellplast som putsas. Systemet är kostnadseffektivt och kan användas som en rationell renoveringsmetod. Det har bl a använts som tilläggsisolering på Bostads AB Poseidons pilotprojekt i Backa. Sundolitt är inte främmande för att integrera installationer i fasadsystemet men menar att det kräver en hel del utveckling. Sundolitt anser att de kontaktas för sent i byggprojekten, ofta i samband med upphandlingen.

Europofil

Europofil tillverkar allt från enkla plåtprofiler till utfackningsväggar samt kompletta byggnader genom samarbetspartners. Produkterna används både till nybyggnads- och ombyggnadsprojekt. De funktioner som kan integreras i systemet är isolering, lufttätet och ljudreduktion. Europofil nämner en rad andra viktiga egenskaper för att prefabricerade fasadsystem ska vara användbara såsom beständighet hos konstruktionen, arbetsmiljön, klimathänsyn, systemfunktion, ekonomi samt optimering av montagemetoder och materialanpassning. De påpekar dock att prefabricering av byggnadskomponenter inte alltid är det mest kostnadseffektiva, utan beror helt på projektets förutsättningar. Europofil anser liksom flera andra materialtillverkare att de kommer in för sent i byggprocessen, vanligtvis i detaljprojekteringsfasen då systemvalen redan är gjorda. Europofil tycker att det skulle kunna vara intressant att integrera installationer i fasadsystemet. De tycker också att det kan vara intressant att integrera andra system såsom förbättrad isolering, solavskärmning samt solfångare alltefter som förutsättningar finns i de enskilda fallen. Europofil är intresserad av att tillverka den här sortens produkter i framtiden.

Derome

Derome tillverkar ett flertal olika prefabricerade produkter i byggnader bland annat väggelement, takkassetter, takstolar och bjälklag. Produkterna tillverkas i trä och skräddarsys efter kundens önskemål. Detta medför att de får stor flexibilitet, som är en tillgång för kunden, men att det krävs stora volymer för att få lönsam ekonomi. Idag så används extra isolering för att

få ner kostnaderna men Derome är tveksamma till att integrera installationer eftersom det leder till mer komplicerade tillverkningsmetoder som medför ökade kostnader. Om det däremot finns motivering för att få en god produktionsekonomi är de intresserade. Att få täckning för produktionskostnaderna underlättas vid stora volymer då ställtiderna minskar. Derome tror generellt att det är billigare med prefabricerade element men om byggnadsentreprenörerna har tillgång till billig arbetskraft genom resursöverskott så kan fältfabriker ge svår konkurrens. Då produkterna tillverkas enligt kundens önskemål är stor del av processen för mer komplicerade produkter manuell. Enklare produkter som till exempel takstolar har en högre automatiseringsgrad.

Strängbetong

Strängbetong tillverkar idag element som integrerats med solavskärmning, installationer för el och ventilation. Elementen består av betong med en fasad som kan ha olika struktur och materialsammansättning. Komplicerade byggnadsdelar som kompletta ytterväggselement produceras manuellt på grund av att få element har samma uppbyggnad. För mindre komplicerade byggnadsdelar som till exempel trappor kan fler moment ske automatiskt. Det största problemet med att använda prefabricerade element på befintliga byggnader anser de är hur man ska hantera den extra lasten som uppstår. Det kan vara svårt att montera infästningar i befintlig stomme och det är inte säkert att stommen klarar av den ökade lasten. Klarar man att lösa detta problem så tror de att det finns en marknad för tillverka väggelement med integrerade installationer. Det är viktigt att komma in tidigt i planeringsprocessen eftersom placering av skarvar kommer att ha stor betydelse för hur lång tid montaget kräver och därmed kostnaderna.

Summering byggmaterialtillverkare och byggsystemtillverkare

Samtliga tillfrågade materialtillverkare är intresserade av att utveckla rationella lösningar för tilläggsisolering och flera har redan systemlösningar att erbjuda. Några av de intervjuade tycker att det skulle vara intressant att integrera installationer i fasaden men menar att det kräver ytterligare utvecklingsarbete. Många materialtillverkare kommer in väldigt sent i byggprocessen. De flesta kontaktas inte förrän i detaljprojekteringsfasen då de viktiga systemvalen redan är gjorda. Det betyder att de har lite inflytande på utförandet. En lösning skulle kunna vara att byggherren engagerar en material- eller systemtillverkare tidigt i processen för att tillsammans med utveckla en systemlösning för det aktuella objektet.

Internationella erfarenheter av rationell isolering av klimatskärmen med prefabricerade element

I följande avsnitt ges några exempel på erfarenheter från europeiska projekt där man energioptimerat flerbostadshus genom att tilläggsisolera klimatskärmen med prefabricerade element. Både element med och utan integrerade installationer har använts. Detta har resulterat i olika stor energibesparing och givetvis till olika kostnad per kvadratmeter.

Forskningsprojektet TES -prefabricerade element med trästomme

TES är ett forskningsprojekt med partners från HUT, NCC och Stora Enso i Finland, från Tekniska Universitetet i München, O.Lux timber Construction, Gump & Mater GmbH, Anton Ambros GmbH i Tyskland och Norges Vetenskapliga och Tekniska Universitetet, Geomatics, Trebyggeriet AS och Arkitektstudio Bodö från Norge. I TES projektet tar man fram prototyplösningar för prefabricerade element med trästomme. Projektet riktar sig mot renovering och energieffektivisering av byggnader uppförda från 1950 till 1980-talet. Man tar in prefabricering som ett sätt att bättre kunna förutsäga kostnader och för att korta byggtiden och minska störningen av boende. Forskarlaget ska samla in och sammanställa lokala erfarenheter från ett antal pilotprojekt och utifrån dessa ta fram riktlinjer för utvecklingen av teknik och metoder. TES-metoden bygger på att en BIM-modell tas fram genom fotogrammetri och skanning av den befintliga byggnaden. Informationen kan sedan användas genom hela processen: projektering, elementtillverkning, ombyggnation och underhåll.

Risør tekniska gymnasium i Norge

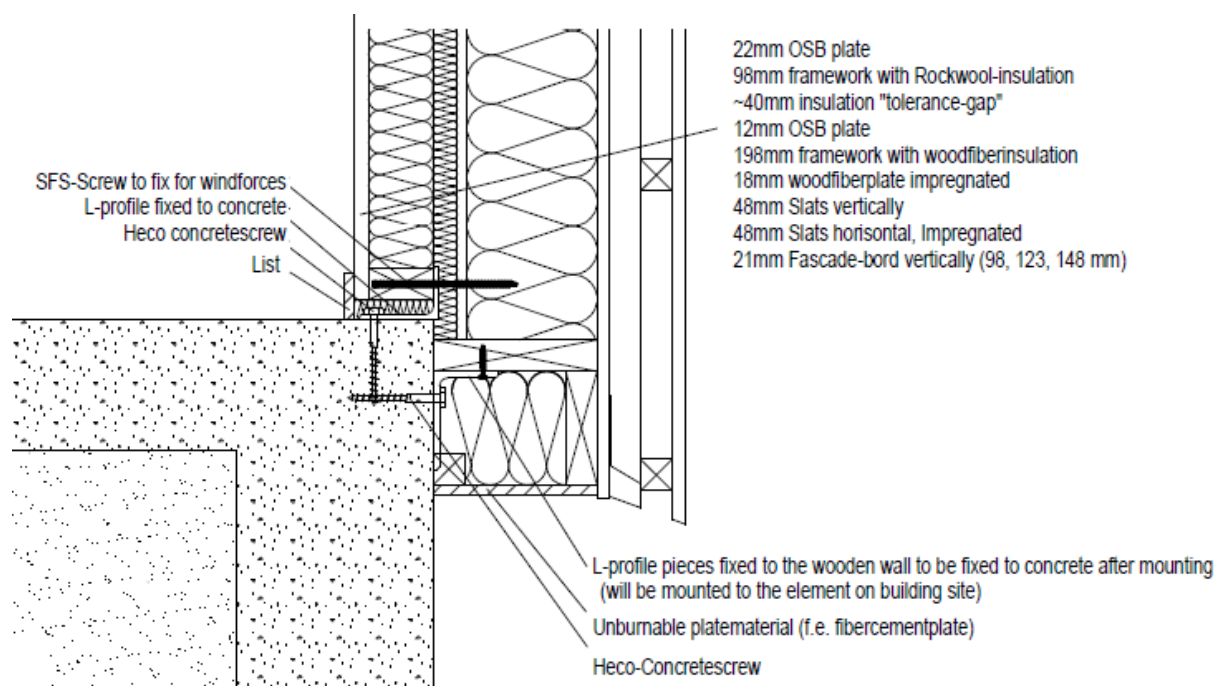
Risør tekniska gymnasium i Norge är ett pilotprojekt inom TES och innefattar två huskroppar från mitten på 60-talet med klassrum respektive laboratorielokaler och grupprum. Energiförlusterna genom väggarna var stora och väggar och fönster var i mycket dåligt skick. Dessutom hade man ingen användning för de stora glasytorna i laboratorielokalerna varför man valde att byta ut hela den befintliga utfackningsväggen. Målet var inte passivhusstandard, men att dramatiskt förbättra energiprestandan. Scanningen och 3D-modellen användes inte i detta TES-projekt, eftersom originalfasaden skulle rivas. Ombyggnaden skedde rum för rum och studenterna behövde endast flyttas ut en dag. Elementen består av två delar. En inre som monteras på betongplattan och en yttre som hängs i den befintliga betongkonstruktionen med hjälp av stålkonsoler (se figur).



Figur 22. Före renovering



Figur 23. Efter renovering



Figur 24. De inre och yttre väggelementen i profil. Notera infästningen med vinkeljärn. Källa IEA ECBCS Annex 50.



Figur 25. Yttrelement vilandes på vinkeljärn. Källa IEA ECBCS Annex 50.



Figur 26. Montage av element, det inre elementet är på plats och det yttre ska monteras. Källa IEA ECBCS Annex 50.



Figur 27. Montage av ett yttrelement med kran. Källa IEA ECBCS Annex 50.

Flerbostadshus i Zürich, Schweiz

Flerbostadshuset byggdes 1954 och hade före renoveringen oisolerade tegelväggar och originalfönster (varav några utbytta mot tvåglas). Maximal boendeyta har eftersträvat. Vinden har gjorts om till en extra våning genom en ny takkonstruktion och en ny del med vardagsrum och nya större balkonger har byggts till. Renoveringen har gjorts för att klara certifiering enligt den schweiziska passivhusstandarden *Minergie-P*, som är en utveckling av lågenergistandarden *Minergie*. Det nya ventilationssystemet är integrerat i prefab-elementen och förs in ovanför de nya fönstren. På så vis undviks sänkningar av innertaket på grund av nydragna ventilationskanaler. Ett kritiskt moment är inpassningen av ventilationskanalerna vid anslutningarna mellan prefab-elementen.

Kostnaden för renoveringen blev 1,3 mil Euro, varav 77 000 var subventionerade. Detta motsvarar ungefär 60 % av kostnaden för nybyggnation.

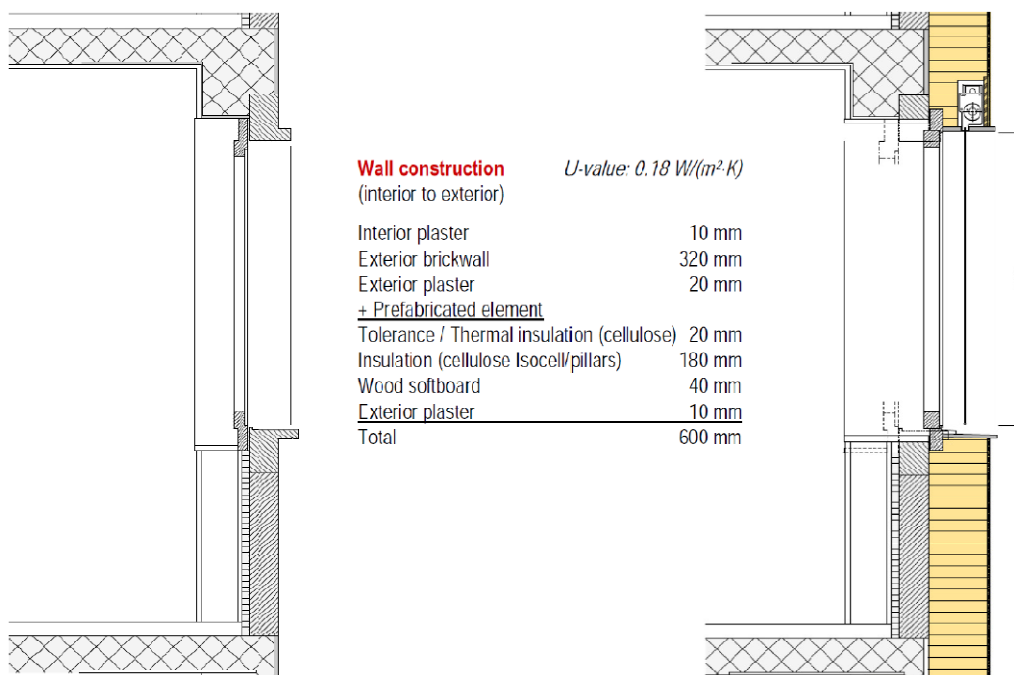
Renoveringsåtgärder	Före	Efter
Ytterväggar	320 mm oisolerad tegelvägg	Påbyggnad med 250 mm prefab-element (mineralull, trä-softboard, puts)
Balkonger	Korrosionsskador	Nya balkonger
Fönster	Original från 1954 (vissa utbytta mot 2-glas)	Treglasfönster ($U=0,8$) med motordrivna persienner.
Kök- och badrum	Originalkök	Nya
Uppvärmning	Oljepanna med radiatorer	- Bergvärme till 260m djup. - Solfångare (12.2 m² värmer 75% av varmvattnet och 7 % av rumsvärmen) - Solceller (115 m², 15KWp)
Uppvärmning av vatten	Separata elvärmare	Central
Lufttäthet (vid 50 Pa)	Information saknas	Befintliga husdelar: standardkrav: 1.5 1/h uppmätt: 0.5 1/h Vind (nybyggd): standardkrav: 0.6 1/h uppmätt: 0.4 1/h
Ventilation		Integrerad i prefab-elementen



Figur 28. Före renovering.
Källa: IEA ECBCS Annex 50.



Figur 29. Efter renovering. Sadeltaket är byggt om till en uthyrbar våning och hörnet har byggt till med vardagsrum och nya balkonger. Källa: IEA ECBCS Annex 50.



Figur 30. Snitt igenom väggen, till vänster före renovering och till höger efter renovering.
Källa: IEA ECBCS Annex 50.



**Figur 31. Montering av prefab-
elementen. Källa: IEA ECBCS
Annex 50.**



**Figur 32. Elementens placering. De gröna linjerna visar
gränserna mellan element. Källa: IEA ECBCS Annex 50.**



**Figur 33. Nord-östra fasaden. Det nya ventilations-
systemet är integrerat prefab-elementen. Källa: IEA
ECBCS Annex 50.**



**Figur 34. Syd-östra fasaden. Källa:
IEA ECBCS Annex 50.**



**Figur 35. Inpassning av ventilationskanaler vid montage av element.
Källa: IEA ECBCS Annex 50.**

Tabell 6 Energitekniska data för pilothuset i Zürich. Källa: IEA ECBCS Annex 50.

Energitekniska data	Före	Efter
Uppvärmning, kW/(m ² år) (primary energy)	154	30
U-värde Yttervägg (W/m ² K)	1,07	0,18
U-värde Tak	1,19	0,11
U-värde Källare	1,6	0,18
U-värde Fönster	2,5	0,8
Boyta	380 m ²	517 m ²

Radhus i Roosendaal, Nederländerna

Området Kroeven består av 370 enfamiljshus som byggdes 1965. Efter 40 år av små förbättringsåtgärder och normalt underhåll kommer 246 stycken hus att renoveras och 124 nya hus att byggas som ersättning för 100 befintliga som rivs. Två arkitektföretag och energikonsulter har anlåtats för att utveckla olika koncept för att renovera dessa hus till "passivhus" med lågt energibehov för uppvärmnings och varmvatten. Renoveringen kommer att genomföras medan hyresgästerna bor kvar i husen vilket kräver en snabb renoveringsprocess med lite inkräktande och störning hos de boende.

Det första konceptet användes på två försökshus för att demonstrera hur husen kan isoleras genom att använda antingen 200 mm EPS isolering med en putsad fasad, "passivhusfönster" med treglas, och prefabricerade trätakselement fyllda med 350 mm cellulosaisolering. Från 2010 till 2012 kommer det här konceptet att användas på 112 hus. Det andra konceptet användes på ett försökshus som demonstrerar hur husen kan isoleras med 350 mm tjocka element av trästomme med cellulosa isolering, och treglas "passivhusfönster" och samma prefabricerade trätakelement fyllda med 350 mm isolering som i det första konceptet. Det andra koncepthuset har en utvändig fasadbeklädnad av natursten. Från 2010 till 2012 kommer detta renoveringskoncept att användas på 134 hus.

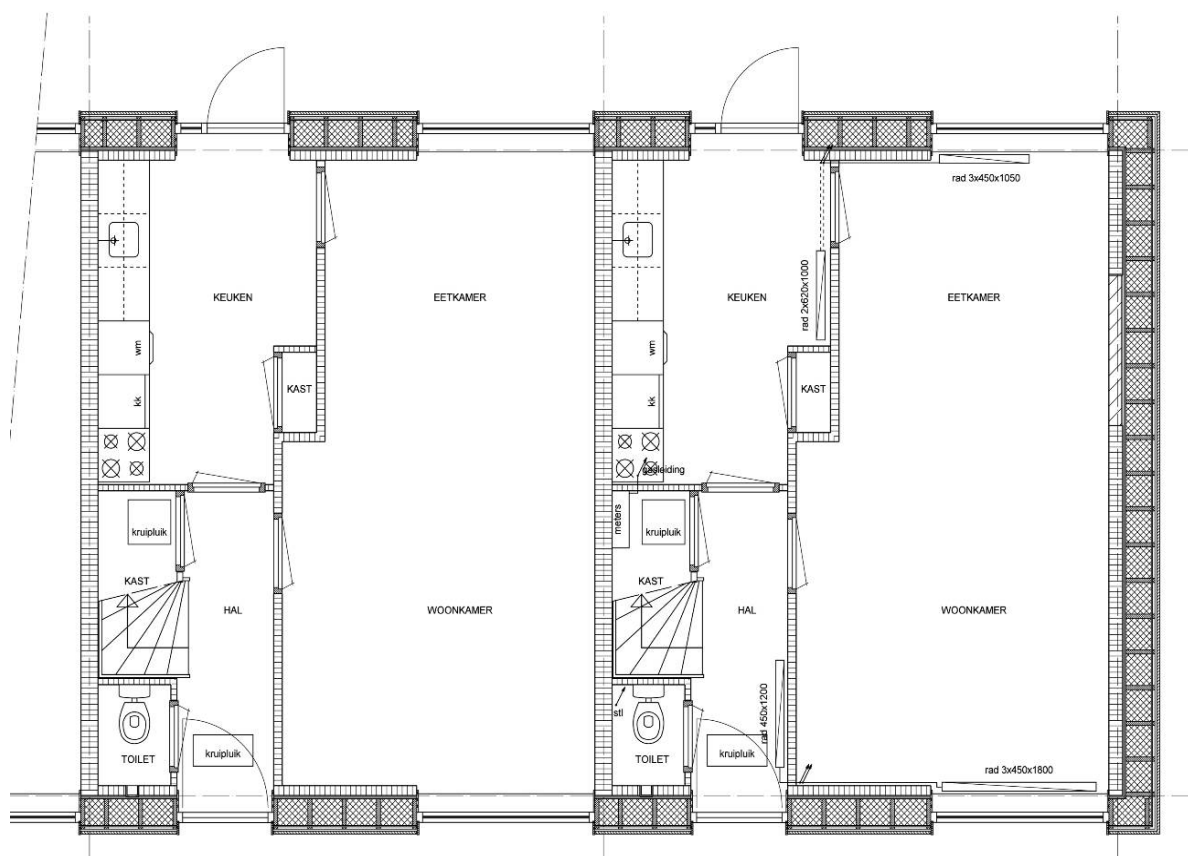
I projektet har man använt sig av energiberäkningar för att utvärdera olika renoveringskoncept och man har provtryckt husen med blower-door inför renovering för att få reda på lufttäthet i befintligt hus. Ägaren och förvaltaren Aramis Alleewonen har garanterat sina hyresgäster lägre energikostnader som kompensation för högre hyresnivåer. (Mjörnell et al. 2010)



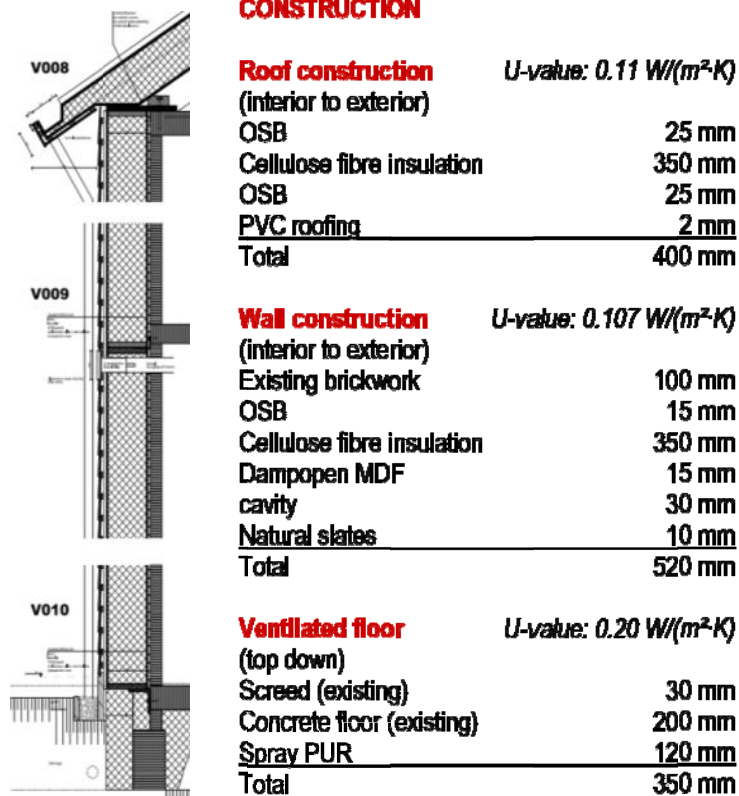
Figur 36. Två försökshus med renoveringskoncept bestående av tilläggsisolering med EPS isolering och puts på fasad och prefabricerade takelement i trä med cellulosaisolering. Källa: Aramis Alleewonen.



Figur 37. Ett försökshus med prefabricerade fasadelement och takelement av trästomme med cellulosaisolering. Till vänster syns även det icke renoverade grannhuset. Källa: Aramis Alleewonen.



Figur 38. Plan över två lägenheter med tilläggsisolering utanför de befintliga massiva tegelväggarna. Källa: Aramis Alleewonen.



Figur 39. Utformning av den nya tilläggsisolerade klimatskärmen, renoveringskoncept 2.
Källa: Aramis Alleewonen.



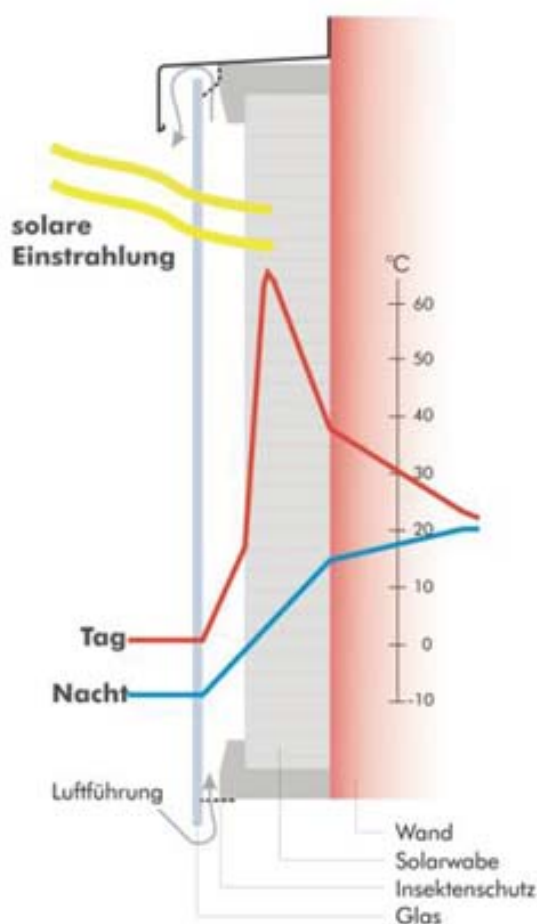
Figur 40. Montage av prefabricerade fasadelement.
Källa: Aramis Alleewonen.

**Tabell 7 Teknisk status och energiprestanda för pilothusen i Roosendaal.
Källa: Aramis Alleewonen.**

Ursprunglig konstruktion	Efter renovering
Tak:	Tak: Påbyggnad med prefab element (15 mm OSB, 350 mm cellulosaisolering, 15 mm OSB)
Ytterväggar: 100 mm oisolerad tegelvägg	Yttervägg: Påbyggnad med prefab element (15 mm OSB, 350 mm cellulosaisolering, träreglar, 15 mm ångöppen MDF board) luftspalt, natursten. U-värde: 0,107
Fönster från 1965	Treglas passivhusfönster
Information om lufttätet saknas	Lufttätet vid 50 Pa

GAP-Solution

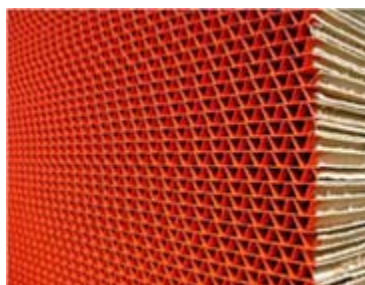
GAP-Solution är ett tyskt koncept som bygger på prefabricerade träreglade isoleringselement som togs fram i TES projektet med en värmeabsorberande panel utanpå. Här tas två genomförda Österrikiska projekt upp, ett i Linz och ett i Graz. Den värmeabsorberande panelen är speciell för GAP-Solution. Den består av en glasfasad som släpper in ljus till ett absorberande skikt av cellulosa i vaxkakestruktur (se figur 41, 43). När solen står lågt på vintern träffar strålarna en större yta av absorptionsskiktet än på sommaren. För att skydda mot överhettning och fukt är luftspalten ventilerad. Panelerna fästs tillsammans med nya fönster på en träregelkonstruktion. Det prefabricerade elementet hängs sedan på huset som ska renoveras. Nya ventilationskanaler och solpaneler kan integreras i fasaden. Fasaden sägs ha goda ljudabsorberande egenskaper.



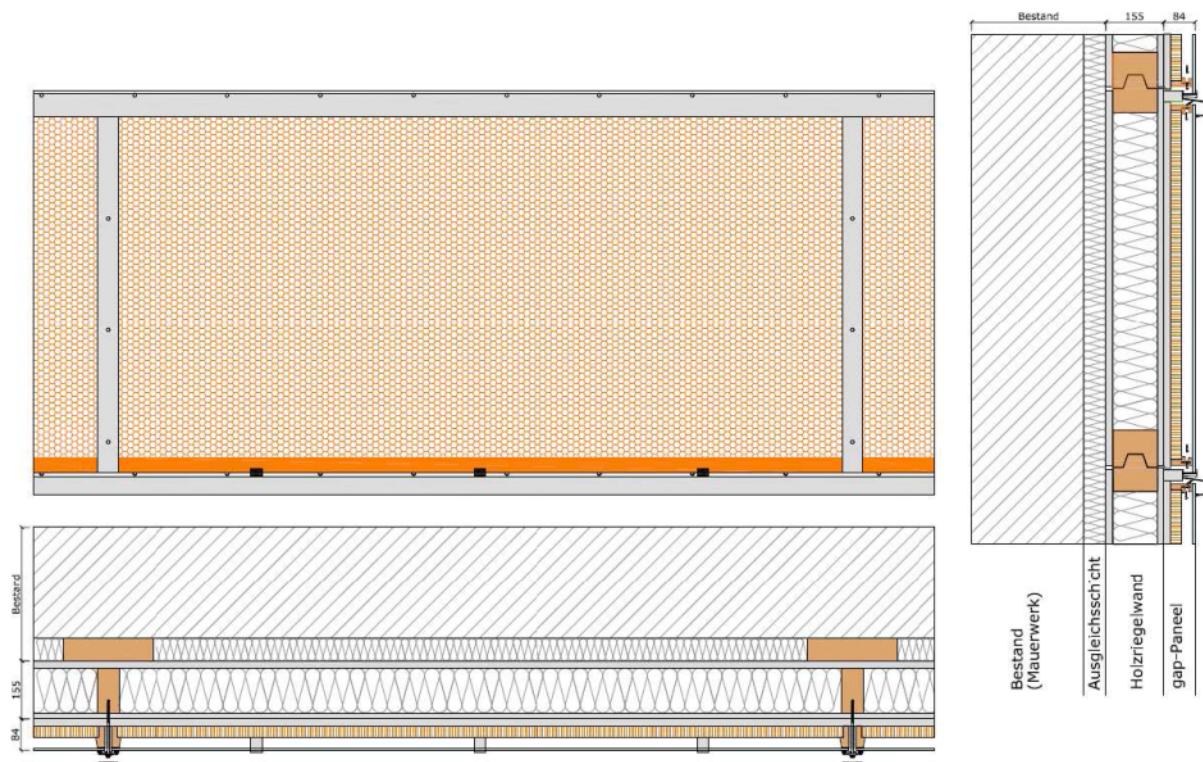
Figur 41. GAP-panelen bestående av glas, ventilerad luftspalt och solabsorbent.
Källa: Gap-solution.



Figur 42. Panelen vid montage.
Källa: Gap-solution.



Figur 43. Fasadens uttryck kan påverkas genom att cellulosaabsorbenten målas i valfri färg.
Källa: Gap-solution.



Figur 44. Elementens utformning och montage på befintlig vägg. De prefabricerade elementen med Gap-panelen fästs på en underkonstruktion som först monteras på den befintliga väggen. Källa: Gap-solution.



Figur 45. Montage av elementen. Gap-panelerna monterade på träregelementen lyfts på plats av en kran och fästs på den bakomliggande konstruktionen. Källa: Gap-solution.

Linz

Ett renoveringsprojekt som utförts med GAP-Solution finns på Markatstrasse i Linz. Huset har 50 lägenheter, 5 våningar och en total yta på drygt 3100 m². Uppvärmningskostnaden för en lägenhet på 60 m² kunde sänkas från runt 40 till 4.73 Euro.



Figur 46. Före renovering. Källa: Gap-solution.



Figur 47. Efter renovering. Källa: Gap-solution.

Tabell 8 Teknisk status och energiprestanda för Markatstrasse, Linz. Källa: Gap-solution.

Tekniska data	Före	Efter
Värmebehov (kWh/m ² år)	Ca. 179,0	14,4
Värmelast (kWh/m ²)	Ca. 118,0	11,3
Totalt värmebehov (kWh/år)	Ca. 500.000	45.000
U-värde Yttervägg(W/m ² K)	Ca. 1,2	0,082 (med solinstrålning)
U-värde Tak	Ca. 0,9	0,094
U-värde Källare	Ca. 0,7	0,21
U-värde Fönster	Ca. 3,0	0,86
Boyta	2.755,68 m ²	3.106,11 m ²
CO ₂ -utsläpp per år	160.000 kg	14.000 kg
Ventilationssystem	Inget	Rumsaggregat monterade i yttervägg, verkningsgrad 73 %.

Dieselweg, Graz

Ett annat projekt där GAP-Solution använts är renoveringen av 204 lägenheter, byggda mellan 50- och 70-talen, på Dieselweg i Graz. Här har solfångare integrerats i fasaden och solanläggningens totala yta är ca 3 m²/lgh. Ventilationen sköts rumsvis med en temperaturverkningsgrad på ca 73 %. Kanalerna är integrerade i fasadelementen.



Figur 48. Före renovering. Källa: Gap-solution.



Figur 49. Efter renovering. Källa: Gap-solution.



Figur 50. Före renovering (hus 4, 6, 8).



Figur 51. Efter renovering (hus 4, 6, 8)

Tabell 9 Tekniska data och energiprestanda för hus 4, 6, och 8.

Teknisk status	Före renovering	Efter renovering
Uppvärmning (kWh/m ²)	184	9,6
Varmvatten (kWh/m ²)		
Hushållsel (kWh/m ²)		24,1
Fastighetsel (kWh/m ²)		
Totalt(kWh/m ²)		33,7
Ytterväggar (W/m ² °C)	1,28	0,2
Fönster (W/m ² °C)	2	0,85

Variotec

Variotec är ett tyskt företag som utvecklar teknik och produkter för bland annat passivhus, energibesparing, fasader, ventilation och vakuumisolering med mera. Ett av deras koncept bygger på fasadrenovering med vakuumisolerade prefab-element och liknar på flera sätt idén bakom TES.



Figur 52. Uppmätning av avdelning av element.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 53. Montage av fönster i ett färdigt element.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 54. Elementen väntar på att lastas.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 55. Upphängningspunkter på den befintliga väggen.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 56. Upphängning av elementen.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 57. Upphängning av elementen.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>



Figur 58. Det färdiga resultatet.
Källa: <http://praxisberichte.eu/hp894/GEDT-Grosselement-Daemmtechnik.htm>

Sammanställning över fler genomförda internationella projekt

PROJEKT	Marktstrasse*	Schule Schwanenstadt	Haus Ambros	Neue Burse
Före				
Efter				
Hustyp	Bostäder	Skola	Bostäder	Studentlägenheter
Byggår	1957/58		1961	1977
Golvarea	2800 m ²	ca. 3000 m ²	588 m ² (420 m ² före)	8.420 m ²
Volym m ³	2781 m ³		1403 m ³	28.220 m ³
A/V			0,45	0,40
Enheter	50		6	600
Gata	Makartstraße 30, 32, 34, Richard Wagner Straße 6	Mühlfeldstraße	Hauptstrasse 1	Max-Horkheimer-Str. 14-16
Stad	4020 Linz/OÖ	50215 Schwanenstadt	87659 Hopferau	42119 Wuppertal
Land	Österrike	Österrike	Tyskland	Tyskland
Beställare				
Arkitekt	ARCH+MORE, Puchenu	PAUAT Heinz Plöderl	Michael Felkner, Waltenhofen	Architektur Contor Müller u. Schlüter, Wuppertal
Elementbyggare	gap solar, Technoloiepark 17, A-4320 Perg www.gap-solar.at	Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH, Johann-Pabst-Straße 20, A-4690 Schwanenstadt www.obermayr.at	Josef Ambros GmbH, Hauptstraße 5 D-87659 Hopferau www.ambros-haus.de	O.LUX GmbH & Co. Gewerbestraße 10 D-91166 Georgensgmünd www.o-lux.de
HUSKONSTRUKTION				
Stomme	Betong	betongskelett	Tegel	Betongskelett
Väggar	Betong	Betong	Tegel	Betongsandwich
U-värde	1,4 W/m ² K			0,56 W/m ² K
Tak				
U-värde				0,85 W/m ² K
RENOVERING				
Energimål	Faktor 10	Faktor 10	Faktor 10	Faktor 10
Väggkonstruktion				
U-värde	0,158 W/m ² K	0,1 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,15 W/m ² K (2. BA)
Takkonstruktion				insulation top ceiling
U-värde	0,093 W		0,102 W/m ² K	0,11 W/m ² K (2. BA)
mätmetod				
ENERGIBEHOV				
"primär" energi* (före)	179,46 kWh/m ² a		251 kWh/m ² a	ca. 203 kWh/m ² a
Värmeenergi (före)	157,15 kWh/m ² a	165 kWh/m ² a	155 kWh/m ² a	161 kWh/m ² a
primary energy (efter)	27,71 kWh/m ² a		41 kWh/m ² a	ca. 90 kWh/m ² a
Vämenenergi (efter)	13,3 kWh/m ² a	15 kWh/m ² a	15 kWh/m ² a	(15) 30 kWh/m ² a
KÄLLA	21/2007 Haus der Zukunft	Haus der Zukunft	Ambros	BINE Informationsdienst 04/06

* Primär energi – Den energi som går åt till vatten- och rumsvärme.

PROJEKT	Entsorgung Remscheid	Georg-Schulhoff- Realschule	Hofheim*	Luzernerstraße Ebikon	Altenheim Landeck
Före					
Efter					
Hustyp Byggår Golvarea Volym m³ A/V Enheter Gata Stad Land Beställare Arkitekt Elementbyggare	Kontor och verkstad 1960 2.660 m² (office) 2.000 m² (workshop) Nordstraße 48 42853 Remscheid Tyskland Architektur Contor Müller u. Schlüter, Wuppertal O.LUX GmbH & Co. Gewerbestraße 10 D-91166 Georgensgmünd www.o-lux.de	Skola 1962 Kamper Weg 291 40627 Düsseldorf Tyskland Wollenweber Architektur, Düsseldorf Lemm & Overberg, Frenkingstr. 33 D-44894 Bochum www.lemmundoverberg.de	Bostäder 1927 273 m² 853 m³ 0,63 Wilhelmstraße 65719 Hofheim Tyskland Hofheimer Wohnungsbau GmbH www.variotec.de	Bostäder 1969, 1972 2 x 44 Luzernerstraße 6030 Ebikon Schweiz Wohnbaugesellschaft Ebikon AG Lustenberger & Cond- rau, dipl. Architekten ETH SIA, Ebikon Kost Holzbau AG, Industrie Fänn Ost, CH-6403 Küssnacht am Rigi www.kost-ag.ch	Bostäder 1976 7.640 m² 23.330 m³ Schulhausplatz 11 6500 Landeck Österrike Stadamt Landeck gharakhanzadeh sandbichler architekten, Wien Vorhofer Holzbau, Urtweg 32, A-6500 Landeck www.holzbau-vorhofer.at
HUSKONSTRUKTION Stomme Väggar U-värde Tak U-värde	betongskelett	Betongskelett gasbetong, tegel 1,73 W/m²K 0,35 W/m²K	Tegel	betong / tegel	Betong
RENOVERING Energimål Väggkonstruktion U-värde Takkonstruktion U-värde mätmetod	Faktor 4	fönster 1,3 W/m²K 0,24 W/m²K 0,206 W/m²K	Stora VIP-element på ena sidan av huset 0,10 W/m²K		ca. 0,22 W/m²K 0,219 W/m²K
ENERGIBEHOV "primär" energi * (före) Värmeenergi (före) primary energy (efter) Vämeenergi (efter)	440 kWh/m²a 370 kWh/m²a 96,8 kWh/m²a 35-50 kWh/m²a	ingen beräkning ingen beräkning ingen beräkning ingen beräkning	313,0 kWh/m²a 194,0 kWh/m²a 33,0 kWh/m²a 48,0 kWh/m²a		23,18 kWh/m²a
KÄLLA	Müller-Schlüter	Bauhandwerk 9/2007	www.enob.info www.iwu.de , BINE 4/08	Tagungsband 11. IHF 2006	Revitalisering med S.A.M. Haus der Zukunft 10/2004

Källa: Latke, F., Tagungsbeitrag 5. Freiburger Holzbautage – Mötesbidrag 5 Träbyggarseminariet i Freiburg.
Titel: Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz.

http://www.tesenergyfacade.com/downloads/081010_TES%20Freiburg.pdf

Nationella erfarenheter av rationell isolering av klimatskärmen

I följande avsnitt ges några exempel på erfarenheter från svenska projekt där man energioptimerat flerbostadshus genom att tilläggsisolera klimatskärmen. Mer eller mindre rationella lösningar har använts. Detta har resulterat i olika stor energibesparing och givetvis till olika kostnad per kvadratmeter.

Katjas Gata 119 i Backa

Katjas Gata 119 som är en del av Backa 79:2 består av en fyra våningars byggnad utan hiss med 16 lägenheter. Ursprungligen hade byggnaden pulpettak klätt med papp och en ventilerad kallvind. Fasaden bestod av prefabricerad betongstomme av sandwichfasadelement. Fasaden var otät och det förekom karbonatiseringsskador på fasadelementen. Det fanns köldbryggor bl a vid balkongplattorna som ligger instuckna under bärande vägg på en sida. Fönstren var 2-glas. Grundläggningen är ventilerad krypgrund. Byggnaden försörjdes av fjärrvärme med undercentralen i en annan byggnad. Värmesystemet bestod av ett vattenradiatorsystem. Värmerören hade stora läckage och rostskador. Avloppsrören av vit plast var av mycket dålig kvalitet. Det förekom fuktskador vid väggbrunnar i bad p g a sättnings-skador. Ventilationssystemet var mekanisk frånluftsventilation med spaltventiler ovan fönster. Byggnaden var otät både i fasaden och mellan lägenheterna. Det förekom drag från utfackningsväggen vid balkongen och kalla golv orsakade av köldbryggan från balkongplattan. Det förekom även drag i köket från en ventil i skafferiet.

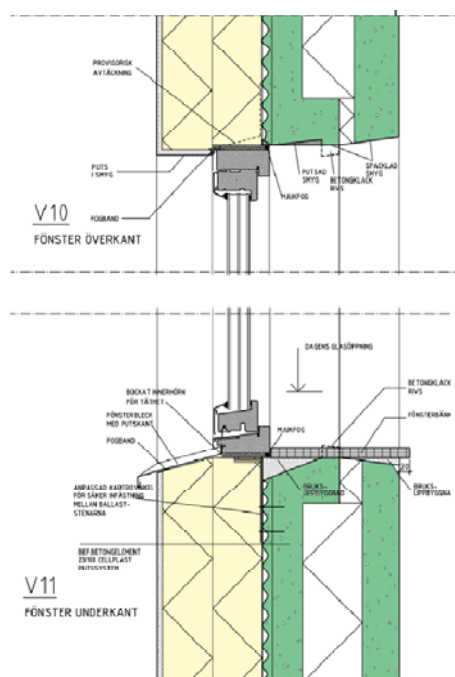


Figur 59 Katjas gata 119 i Backa, före ombyggnad. Källa foto: SP.

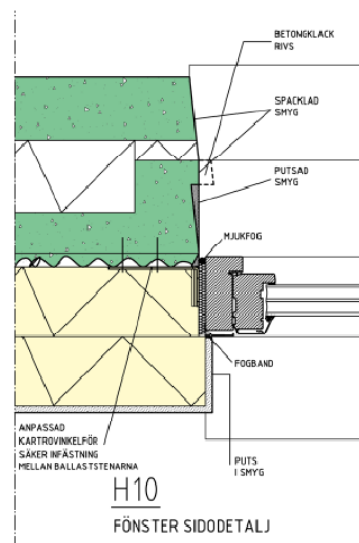


Figur 60 Katjas gata 119 i Backa, efter ombyggnad. Källa foto: SP.

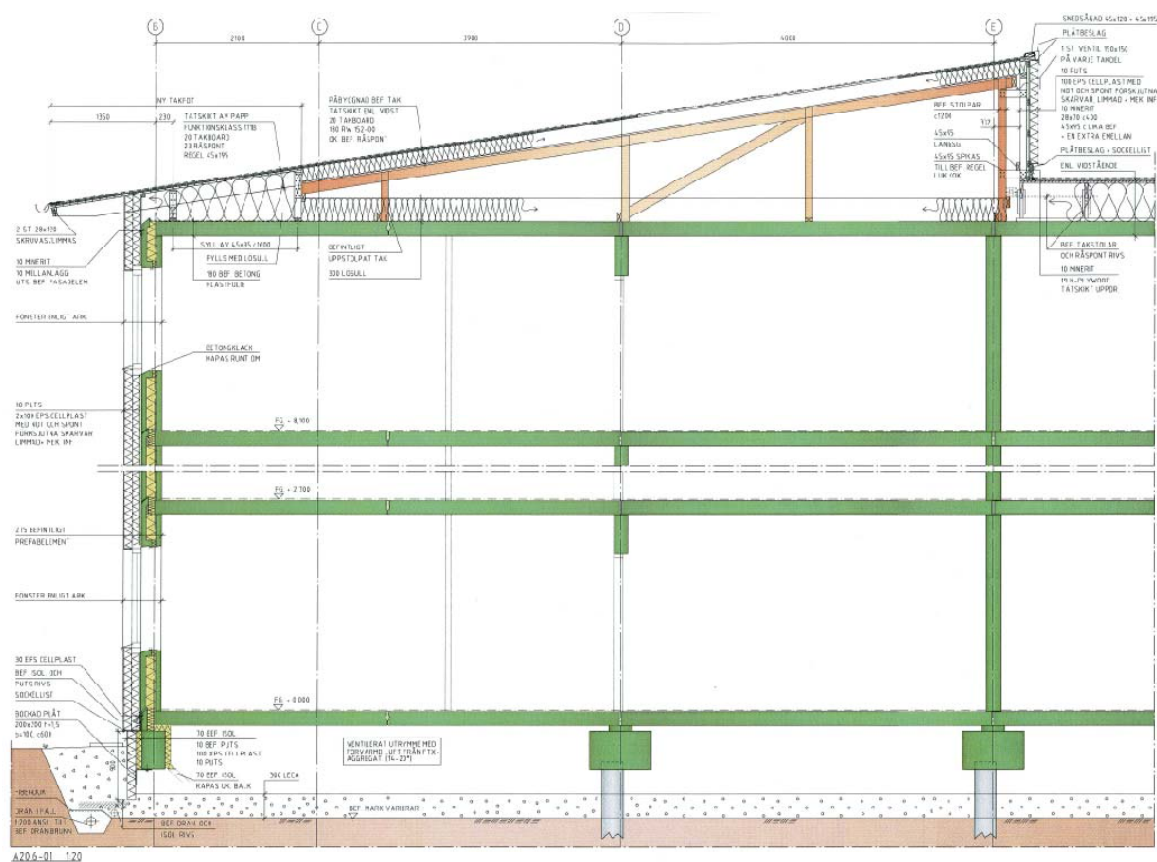
Energieffektiviseringsåtgärder vid renovering var att vinden gjordes om till en begränsat ventilerad kallvind. Utsida råspont tilläggsisolerades och nytt papptak lades. Även vinden tilläggsisolerades. Den prefabricerade betongstommen med sandwichfasadelement tilläggsisolerades med ett system av 200mm cellplast och tunnputs. Detta förbättrade U-värdet avsevärt men även tätheten i fasaden. Fogar mellan lägenheterna tätades genom att golvytorna flytspacklades. Efter renoveringen har byggnaden en mycket god lufttäthet. Nya fönster (3-glas med solskyddsglas) monterades utanför den gamla fasaden för att komma i liv med den tilläggsisolerade fasaden. Krypgrunden tilläggsisolerades med Leca samt gjordes lufttät. Krypgrunden är nu TF-ventilerad med förvärmad tilluft. Byggnaden försörjs med fjärrvärme med undercentral i en annan byggnad. Man har installerat ett centralt FTX aggregat i ett nytt fläktrum på vinden. Ventilationen är ett tilluft- frånlufts-system med värmeåtervinning med roterande växlare. Det finns en spisfläkt i varje lägenhet med imkanaler som leder ut luften från köket i det fria utan värmeväxling. Vattenradiatorsystemet finns kvar i lägenheterna för uppvärmning. Man har också ett helt nytt VA-system och nytt elsystem.



**Figur 61 Detalj vid fönsterinfästning.
Källa: Bostads AB Poseidon.**



**Figur 62 Detalj vid fönsterinfästning.
Källa: Bostads AB Poseidon.**



Figur 63 Ritning av tilläggsisolering av tak, fasad och grund. Källa: Bostads AB Poseidon.

Tabell 10 U-värden för klimatskärmen för pilothuset på Katjas gata i Backa före och efter renovering. Källa: Bostads AB Poseidon.

Klimatskärmen	U-värde före renovering (w/m ² °C)	U-värde efter renovering (w/m ² °C)
Ytterväggar	0,31	0,12
Fönster	2,4	0,9
Vindsbjälklag	0,14	0,1
Sockel	0,48	0,3
Bottenbjälklag	0,4	0,1
Lufttäthet	1,17 l/s kvm	0,13 l/s kvm

Tabell 11 Energianvändningen för pilothuset på Katjas gata i Backa före och efter renovering. Källa: Bostads AB Poseidon.

Energianvändning	Energibehov före renovering (kWh/m ²)	Energibehov efter renovering (kWh/m ²)
Uppvärmning	133*	25**
Varmvatten	32*	25**
Kulvertförluster	5*	4**
Hushållselektricitet		
Allmän fastighets el	8	6
Totalt energibehov	178	60

*Fjärrvärme 170 kWh/m² fördelat på (A_{temp}), ** Fjärrvärme på totalt 54 kWh/m² fördelat på (A_{temp}).

Energiombyggnaden innebär enligt uppgift från Bostads AB Poseidon en merkostnad på 240.000 kronor per lägenhet vilket betyder ca 3.000 kr/m² BOA). Ombyggnaden medför minskad energianvändning på ca 6.800* kr/år och lägenhet, baserad på 2009 års energipris. Om projektet Katjas Gata 119 är lönsamt beror på framtida energipriser.

Brogården i Alingsås

Brogården består av 16 stycken trevånings lamellhus utan hiss med totalt ca 300 lägenheter. Husen ägs och förvaltas av AB Alingsåshem. Renoveringen av Brogården utförs som en partneringentreprenad mellan AB Alingsåshem och Skanska AB samt flera mindre entreprenörer. Speciellt med Brogården är att byggnaderna efter renovering så gott som uppfyller kraven för passivhus. Ursprungligen hade huskropparna mycket låglutande sadeltak bestående av trätakstolar uppstämpade på stående regler som står på vindbjälklaget av betong. Taket utgörs av råspont med papptäckning. Före renoveringen var vindbjälklaget isolerat med ca 30 cm isolering. Stommen består av platsgjuten betong (bokhyllstomme) med tvärgående bärande mellanväggar och gavlar och platsgjutet betongbjälklag. Facken var ursprungligen fyllda med isolerade regelstommar med folierad gipsskiva på insidan. De indragna partierna innanför balkongerna var ursprungligen klädda med skivor utvändigt. Övrig fasad var klädd med guld tegel. Den befintliga tegelfasaden var skadad, troligtvis av frost, och behöver bytas ut. Husen hade treglasfönster med U-värde 2,0 W/m², °C. Balkongplattan av betong är infäst i den bärande betongstommen vilket ger en köldbrygga. I det första huset som renoverades bestod grundkonstruktionen ursprungligen av en pålad 180 mm betongplatta på mark utan underliggande isolering. Andra byggnader har kryppgrund eller inredda källare som används till förråd. Före ombyggnad hade byggnaderna ett F-system där tilluften togs genom fönsterspjället och frånluften sögs ut från kök och bad. Lägenheterna var dragiga före renoveringen. I bottenvåningen finns fuktskador i golvet i vissa lägenheter.



Figur 64 Brogårdens fasad före renovering. Källa foto: SP.



Figur 65 Fasad på Brogården efter renovering. Källa foto: SP.



Figur 66 Tilläggsisolerad fasad och nya fönster utifrån sett. Källa foto: SP.



Figur 67 Tilläggsisolerad fasad och fönster inifrån sett, Brogården. Källa foto: SP.

På den befintliga råsponen lades ett lager av 100 mm isolering för att minska nedkylningen av insidan yttertak och därmed risken för kondens till följd av nattutstrålning under kalla, klara nätter. På vindsbjälklaget lades ca 300 cm ny isolering. I samband med renoveringen förlängdes takfoten på det låglutande sadeltaket för att täcka den tjockare tilläggsisolerade fasaden. I princip revs de ursprungliga fasaderna ned till den platsgjutna betongstommen. I facken monterades nya utfackningsväggar av isolerade plåregelstommar (totalt 480 cm i första etappen och 440 cm i nästkommande etapper) med gipsskiva på insidan och västkustskiva på utsidan. De gamla balkongerna är inbyggda och utgör nu en del av vardagsrummet. Nya fristående balkonger har byggts utanför den nya fasaden. Fasaden är klädd med gult skärmtegel. Vid balkongpartierna är fasaden klädd med fibercementskivor. Vid renoveringen sattes nya treglasfönster in med U-värde $0,9 \text{ W/m}^2$, (öppningsbara) och $0,8 \text{ W/m}^2$, °C (icke öppningsbara), se figur 66. Stor omsorg lades vid att få lufttäta anslutningar mellan vägg och fönster, se figur 67. Det översta lagret av betongplattan bilades bort för att få plats med ny isolering utan att ge avkall på takhöjden. På den befintliga betongplattan lades en EPDM gummimatta som fuktskydd, ovanpå denna göts cellbetong som är både isolerande och tar upp ojämnheter. Ovanpå denna en cellplast och ytterligare cellbetong. För att minska köldbryggan vid sockeln frilades grundmuren i samband med att man dränerade om och grundbalken isolerades med 270 mm cellplast och som skydd limmades en fibercementskiva utanpå cellplasten.

Tabell 12 U-värden för klimatskärmen för Brogården, etapp 1 före och efter renovering. Källa: AB Alingsåshem.

Klimatskärmen	U-värde före renovering ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)	U-värde efter renovering ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
Ytterväggar	0,4 (0,35**)	0,11** (0,09*)
Fönster	2,0	0,85 (kryptongasfyllda)*
Tak	0,3 (0,21**)	0,10
Grund	0,5**	0,26**
		12,4 l/s gentemot utomhus

*Enligt uppgifter på AB Alingsåshems hemsida. www.alingsashem.se.

** Berggren et al. 2008.

Tabell 13 Energianvändningen i Brogården, etapp 1, före och efter renovering, Källa: AB Alingsåshem och Alingsås energi.

Energianvändning	Energibehov före renovering (kWh/m^2)	Energibehov efter renovering (kWh/m^2)
Uppvärmning	115	27
Varmvatten	42	25
Hushållselektricitet	39	27
Allmän fastighets el	20	13
Totalt energibehov	216	92

Renoveringen i Brogården är så omfattande att man måste evakuera hyresgästerna. I lägenheterna i bottenplan rivs även mellanväggarna och de byggs om helt till nybyggnadsstandard. I övriga lägenheter behålls innerväggar samt delar av skåpsinredningen. Badrummen gjordes större för att öka tillgängligheten. Detta görs genom att flytta ut badrumsväggen en bit in i det befintliga vardagsrummet. Den förlorade ytan kompenseras av att delar av de ursprungliga balkongerna byggs in innanför den nya klimatskärmen och blir en del av vardagsrummet.

Orrholmen i Karlstad

På Orrholmen i Karlstad renoverade Karlstads Bostads AB tio sjuvåningshus med totalt 630 lägenheter som uppfördes mellan 1966 och 1967, (Beställargruppen Bostäder, 2008). Renoveringen utfördes i partneringsamverkan mellan Skanska och KBAB. Byggnaderna hade betongfasad med frilagd ballast. Sprickor i fasaderna hade orsakat fuktskador i byggnaderna. Det förekom även otätheter som bidrog till drag i lägenheterna som fick kompenseras med högre inomhustemperaturer. Dessutom förekom PCB-baserad fogtätning i elementskarvarna som man behövde sanera, (Beställargruppen Bostäder, 2008). Ett annat skäl till att renovera var att sänka energiförbrukningen och därmed energikostnaderna. Den ursprungliga energi-användningen för värme, varmvatten och fastighetsel låg på 255 kWh/m² och år. Energi-effektiviseringen utfördes i två steg. I första steget genomfördes stambyten, våtrumsrenove-ring. Samtidigt togs även två stora fläktar på taket ur bruk, vars uppgift var att blåsa ned varmluft i garaget. Andra fläktar som förvärmde luft till trapphusen togs också bort. Detta medförde en sänkning av energianvändningen med 80 kWh/m² per år. I nästa steg åtgärda-des klimatskalet som sänkte energianvändningen med ytterligare 65 kWh/m² per år.

Fasadrenoveringen startade med att man tog bort de PCB-baserade fogarna där man inte gjort det tidigare och sågade bort en bit av den intilliggande betongen som också var förore-nad. Den gamla fogen ersattes med fogskum som sprutades in till bjälklag och lägenhetsav-skiljande väggar. Detta medförde förutom täthet mot vind och ljud utifrån även en bättre ljud-och lufttäthet mellan lägenheterna. Fasaden tvättades därefter med högtryckstvätt och lösa betongdelar demonterades. Putsbruk användes för att fylla ut håligheter och ojämnheter. Därefter monterades nya fönster (u=1,2). De nya fönstren monterades med beslag i betong-elementen ca 10 cm ut i fasaden och för att behålla byggnadernas ursprungliga utseende, något som Stadsbyggnadskontoret hade som krav, (Borlinger et al, 2009). Utrymmet mellan fönster och betongelement skummades. Därefter fästes 70 mm tjocka cellplastskivor på de befintliga betongelementen. Skivorna både limmades och skruvades i den gamla fasaden. Fogen mellan cellplast och fönster skummades därefter för att få extra säkerhet mot fuktin-trängning. Taket har isolerats med 25 cm lösull och taksargen har höjts för att skapa bättre avrinning. Betongelementen som utgör balkongplattorna har behållits trots att de utgör köld-bryggor. Balkongpartiet har försetts med nya glaspartier och balkongdörr med bättre U-värde och utfackningsväggarna har tilläggsisolerats och belagts med ett ytskikt av plastlaminat.



Figur 68 Orrholmen under fasadrenovering.
Källa: www.KBAB.se.



Figur 69 Babordsgata på Orrholmen efter reno-vering. Källa: www.KBAB.se.

Tabell 14 U-värden för klimatskärmen för Orrholmen i Karlstad före och efter renovering. Källa: Borlinger, 2009.

Klimatskärmen	U-värde före renovering (w/m ² °C)	U-värde efter renovering (w/m ² °C)
Gavelväggar	0,30	0,19
Utfackningsväggar	0,43	0,29
Övriga väggar	0,43	0,24
Fönster	2-3	1,2
Tak	0,34	0,11
Källarbjälklag	i.u.	i.u.

Tabell 15 Energianvändningen för Orrholmen i Karlstad före och efter renovering, Källa: Berggren, 2008.

Energianvändning	Energibehov före renovering (kWh/m ²)	Energibehov efter renovering (kWh/m ²)
Uppvärmning	225	90
Varmvatten		
Hushållselektricitet		
Allmän fastighets el	30	20
Totalt energibehov	255	110

Fönsterbyten, tilläggsisolering och tätning av fasaden medförde en sänkning av energianvändningen med 65 kWh/m² och år. Kostnaden för dessa åtgärder beräknades till 120 000 kr per lägenhet vilket enligt KBABs beräkningar med hänsyn tagen till ökade energipriser och årlig minskning av energi- och effekt- kostnader får en återbetalningstid på 15 år.

Eftersom de även de befintliga utfackningsväggarna behölls kunde renoveringen utföras utan att man behövde tapetsera om samt att man inte behövde stänga av och demontera radiatorer vilket gjorde att de boende inte påverkades i så stor omfattning. Denna renovering var möjlig att utföra med kvarboende, (Borlinger et al. 2009).

Norrbacka i Sigtuna

Norrbacka är ett område med 50 flerfamiljshus i två våningar med 12 till 14 lägenheter i varje byggnad. Området är byggt 1972 till 1973.



Figur 70 Norrbacka före renovering.

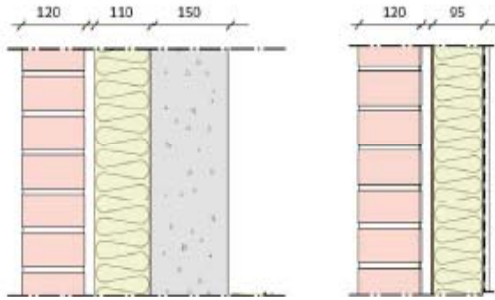


Figur 71 Norrbacka efter renovering.

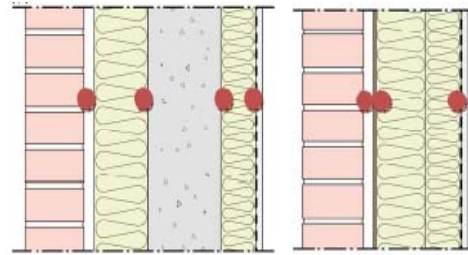
Tabell 16 Beskrivning av ursprunglig byggnadsteknik och byggnadsmaterial.

Stomme	Cellstomme av betong med utfackningsväggar av träkonstruktion
Ytterväggar	Fasadtegel med luftspalt, 3 mm hårs träfiberskiva, 110 mm mineralull mellan reglar, plastfilm och 13 mm gipsskiva eller betongstomme (gavel) Fasadtegel med luftspalt, 3 mm hård träfiberskiva, 95 mm mineralull mellan träreglar, plastfilm och 13 mm gipsskiva (långsida) Fjällpanel utan luftspalt, 3 mm hård träfiberskiva, 140 mm mineralull mellan träreglar, plastfilm och 13 mm gipsskiva (långsida).
Tak	Låglutande pulpettak med uppstolpade trätakstolar. Papptäckning på råspont. Vindsbjälklag av 160 mm betong och ovanpåliggande 150 mm mineralullsskivor.
Fönster	Kopplade tvåglas av trä
Grund	Platta på mark med underliggande ca 100 lättklinkerisolering.

De åtgärder som har genomförts på klimatskärmen är: Tilläggsisolering av vind med 400 mm cellulosaisolering, tilläggsisolering invändigt av ytterväggar med 70 mm mineralull, samt isolering av alla golv i bottenvåningen utom badrum med 30 mm cellplast. Renovering av fönster inklusive ny inneruta med isolerglas och argonfyllning. Igensättning av ventilationsfönster och vardagsrumsfönster. Ny balkongdörr. Igensättning av brevinkast i ytterdörr. På Norrbacka vägen 23 har FTX ventilation med värmeåtervinning installerats samt nya ventilationskanaler. Dessutom har åtgärder utförts på värme och VA-systemet, energieffektivisering av allmän belysning samt individuell mätning av hushållsel och kall- och varmvatten.



Figur 72 Ursprungliga väggar. Källa: Stein. 2010.



Figur 73 Tilläggsisolerade väggar med mät-punkter markerade. Källa: Levin 2010.

Tabell 17 U-värden för klimatskärmen för Norrbackavägen 23 i Sigtuna före och efter renovering.

Klimatskärmen	U-värde före renovering (w/m ² °C)	U-värde efter renovering (w/m ² °C)
Yttervägg (tegel)	0,41	0,25
Yttervägg (trä)	0,30	0,20
Fönster	2,8	1,2
Tak	0,22	0,12
Grund	0,33	0,27
Lufttäthet vid 50 Pa (l/m ² , s)	1,2 (uppskattat)	0,65

Tabell 18 Energianvändningen för Norrbackavägen 23 i Sigtuna före och efter renovering. Källa: Levin et al. 2010.

Energianvändning	Energibehov före renovering (kWh/m ² , år)	Energibehov efter renovering (kWh/m ²)
Uppvärmning och varmvatten	184 MWh/år/1134 m ² =162	87
Hushållselektricitet	28 007 ¹ /1134=24,7	Ca 25 ³
Allmän fastighets el	8 148 ¹ /1134=7,2	8,2
Totalt energibehov	194	120

A_{temp}=1134 m² före och 1112 m² efter. ¹) Uppmätt. ²) Beräknat. ³) Uppskattat.

Energiberäkningar för Norrbackavägen 23 visar att med nytt klimatskal skulle man nå ned till 120 kWh/m², år i fjärrvärme och 7,2 i fastighetsel. Om man dessutom installerar ett FTX system med verkningsgrad 75 % och individuell mätning i lägenheterna skulle man kunna nå ned till 87 kWh/m², år och 8,2 kWh/m² i fastighetsel. En kostnads kalkyl för Norrbackavägen 23 visar att kostnaden för dessa åtgärder går på 2 300 000 kr i verklig investering, vilket är 164 300 kr per lägenhet om den fördelas på 14 lägenheter, eller 2030 kr/m². Av dessa kan 107 000 kr hänföras till invändig isolering av ytterväggen, 169 000 kr till takisolering, 370 000 kr till fönsterrenovering och 398 000 kr till golvisolering vilket utslaget på 14 lägenheter blir ca 75 000 kr per lägenhet, (Levin et al 2010).

Projekterade projekt med rationella metoder för tilläggsisolering

I följande avsnitt presenteras några projekt där man har projekterat för olika typer av rationell isolering av klimatskärmen. I det ena exemplet i form av prefabricerade element med integrerade enheter för ventilation med värmeåtervinning och i det andra exemplet ett platsbyggt alternativ där ventilationskanalerna läggs i fasaden för att möjliggöra kvarboende.

Kv. Trondheim, Järva

Byggnaden i kvarteret Trondheim i Järva uppfördes ursprungligen 1973. År 2006 byggdes ytterligare en våning på byggnaden. Det ursprungliga byggsystemet är prefabricerade bärande massiva betongelement och ytterväggar av sandwichelement bestående av betong och isolering. De ursprungliga fönsterna var tvåglas. U-värdet för den befintliga väggen är $0,333 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. K. Energianvändningen före ombyggnad var 140 kWh/m^2 .

Den planerade renoveringen omfattar tilläggsisolering med 100 mm isolering. Nya treglasfönster med U-värde $1,115 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ och nya ytterdörrar med U-värde $1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Installation av mekanisk ventilation med värmeåtervinning med en verkningsgrad på 64 %. Det förväntade beräknade energibehovet för uppvärmning beräknas bli 42 kWh/m^2 .

Ett alternativt renoveringskoncept "hatt och överrock" har föreslagits. Idén bygger på ett självbärande system av ytterväggar som kan användas som tilläggsisolering för befintliga byggnader. Dimensionerna på elementen bör anpassas för den befintliga byggnadens element med lämpliga öppningar för fönster och dörrar i väggarna. Det skulle innebära en snabb installation med minimalt behov att påverka interiören. Den nya väggen med de nya fönstren bör installeras så att de gamla fönstren kan tas bort. Fönsterbrädan blir därefter djupare. Det beräknade U-värdena för de prefabricerade väggarna är: U-värde för vägg $= 0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, U-värde för fönster $0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. I väggelementen monteras små luftväxlingsenheter med upp till 91 % värmeåtervinning som tar in luft och för ut luft växelvis. Enheterna monteras i ytterväggen i varje rum. Fördelen med detta system är att enheterna kan monteras i de prefabricerade elementen transporteras till byggplats. Hålet borrar på plats i den befintliga väggen innan elementet monteras.



Figur 74 Fasad före renovering. Källa: IVL Cerbof rapport.



Figur 75 Luftväxlingsenheten inVENTer som kan integreras i ett prefabricerat fasadelement. Källa: IVL Cerbof rapport.

Erfarenheter från industrialiserat nybyggande

EU-projektet ManuBuild var ett av Europas största EU-finansierade utvecklingssatsningar någonsin avseende industrialisering av byggbranschen. Projektet strävade efter att radikalt reducera byggkostnaderna, byggtiden samt arbetsplatsolyckorna. I rapporten trycker man på vikten av att tillgodose kundens behov. De flesta vill ha en byggnad med sin egen prägel och därför behöver produkterna tillgodose detta. Det innebär att även om man vill ha en standardiserad produkt så måste det finnas möjlighet att kunna variera den för att inte få det homogena bostadsbestånd som byggdes under rekordåren (1961-1975).

Fördelar med industrialiserat byggande

De kvalitetsgarantier som kan erhållas genom en industrialiserad process ("noll-fel") lyfts fram som en stor fördel. Genom ett bättre kontrollerat materialflöde, tillverknings- och monteringsprocess samt styrt kommunikationsflöde kan en kostnadssänkingspotential erhållas vilket också ses som en stor fördel. En annan stor fördel är möjligheten att minska arbetsplatsolyckorna, något som man framförallt uppmärksammade utomlands. Intervjuade som representerade försäkringsbolag underströk den omedelbara fördelen av att ha en tydlig och klar ansvarsfördelning och gränsdragning i ett mycket tidigt skede av byggprojektet. De redovisade fördelarna med minskad byggkostnad, minskad byggtid, säkrare arbetsplats, ett stort differentierat utbud uppfattades som mycket positivt.

Nackdelar med industrialiserat byggande

Allmänt uttrycktes åsikten att det finns en risk att denna typ av byggsystem blir alltför rigida, inte så kostnadseffektiva som planerat samt att de estetiska kraven som ställs av slutanvändarna/kunderna inte kan uppfyllas. Man befarar också att hantverkskunskapen och känslan av hantverk kan gå förlorad. En möjlig lösning föreslogs att man kanske kan lägga denna kunskap på något annat moment så att man fortfarande behåller kunskapen.

Farhågan att det man bygger kommer se ut på samma sätt och ingen vill bo där allt ser likadant ut uttalades. Detta sågs både som en nackdel men också som en utmaning. Grovfunktionen och designen kan vara fix men sen kan man styla den efter kundens önskemål för att ge personlighet. Här gjordes jämförelsen med biltillval för att ge den unika känslan. Man måste ta fasta på att det måste finnas valmöjligheter. Vad det beträffar bostäder så ansåg många av de intervjuade att det inte är så många kunder som är intresserade att välja stomme, man vill istället ha komfort såsom till exempel temperatur. Kunden har i många fall inte kunskap om vad de skall välja vad det beträffar balkar, bjälklag, isolering etc. Däremot är till exempel färg på kakel, var toaletterna skulle ligga i förhållande till andra utrymmen viktiga frågor.

Metodik vid industrialiserat byggande

Att definiera en enda metod för OSM (Off Site Manufacturing) är svårt. Däremot är det så att om processen, avseende vad som behöver övervägas och vilka åtgärder som måste vidtas, är känd kan designen och specifikationen av OSM-anläggningen göras mer robust. Resultaten av ett delprojekt inom ManuBuild föreslår att följande punkter skulle kunna användas för att beskriva kraven på en OSM-anläggning:

- Förstå den produkt som skall tillverkas
 - Förstå helhetssynen på denna produkt
 - Förstå helhetssynen på produkten avseende underenhetsmontering och montering
 - Förstå helhetssynen på produkten i en byggnad

- Integrera design och produktionsteam
 - Överväg konsekvenserna av de ingående gränssnitten (anslutningarna) till den tillverkade produkten
 - Specificera vilka toleranser som krävs
- Utvärdera processkartor för själva tillverkningen
 - Definiera kritiska tillverkningsprocesser
 - Utvärdera rätt grad av automatisering och innovativa processer
 - Avväg mot volymer och kostnader
- Utvärdera processkartor för logistisk
 - Definiera kritiska logistiska frågor
 - Leverantörskedja med flera aktörer
 - Val av lämpliga ICT (information-kommunikation-teknik, IKT)-lösningar
- Iterativ granskning av processkartorna
- Introducera processimulering som ett tillverkningsstöd
- Utarbeta processimuleringsmodeller av centrala processer och tillverkningsytor
- Förstå flaskhalsar, maskinutnyttjande och jämför olika processteknik med varandra
- Tänk på hur OSM-anläggningen utförs hållbar
- Upprätta en slutlig processflödeskarta för tillverknings- och logistiska lösningar

Vad är en teknikupphandling?

Följande avsnitt är en sammanfattning av rapporten "Teknikupphandling som styrmedel – metodik och exempel". Rapport skriven på uppdrag av Statens energimyndighet.

Teknikupphandling är ett styrmedel för att främja utvecklingen av ny teknik.

Definitionen på teknikupphandling är: En upphandling av produkter eller system för vilka utvecklingen av ny teknik eller av en produktionsprocess i vilken tekniken tas fram, är nödvändig för att beställarens krav skall uppfyllas.

Avgörande betydelse för att nå ett framgångsrikt resultat i en teknikupphandling är bl a:

- Tekniska möjligheter. (Frågor som bör ställas är om den aktuella tekniken är relevant? Finns det möjligheter till utveckling av ny teknik? Vilken förbättringspotential finns? etc.)
- Marknadsförutsättningarna för den nya tekniken
- Ett väl genomfört förberedelsearbete
- Att den genomförande organisationen har hög trovärdighet och arbetar aktivt med förtroendebyggande samt
- Att genomförandeorganisationen och beställargruppen visar engagemang genom hela teknikupphandlingen.

Teknikupphandlingens syfte

Teknikupphandling är en process snarare än ett projekt och omfattar ett antal olika arbetssteg och ett flertal olika aktörer, var och en med olika syfte att delta i processen. Teknikupphandling är en fullständig anbudsprocess vars syfte är att främja och påskynda utveckling av ny teknik. Meningen med teknikupphandlingen är att få fram nya produkter, system eller processer som tillgodoser köparnas krav bättre än de produkter som redan finns på marknaden. Syftet är också att sprida ny effektiv teknik (produkter, system och processer) på marknaden. Teknikutvecklingen måste understödjas av en rad olika åtgärder för att få spridning och användning av de nya produkterna, systemen och processerna, och det krävs att den som leder teknikupphandlingen har god kännedom om och kontakter med marknaden.

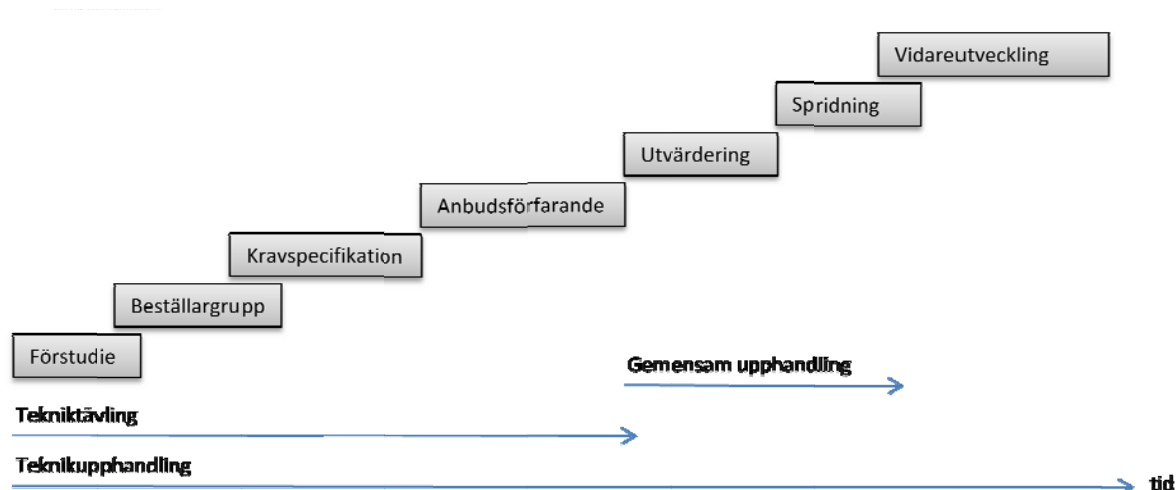
Genom att samla en grupp beställare får de större tyngd genom en större beställarvolym och därigenom större påverkansmöjlighet på tillverkarna. Tillverkarna kan i sin tur se möjligheter att nå nya marknadssegment och få uppmärksamhet för sina nya produkter, system eller processer.

Det grundläggande syftet med teknikupphandling som styrmedel är att främja ny teknik eller nya applikationer av befintlig teknik. Detta kan ske på flera olika sätt:

- Bidra till att tidigarelägga introduktionen för ny teknik
- Tidigare användning av ny teknik
- Påskynda acceptans för ny teknik
- Bidra till högre marknadsmättnadsgrad för ny teknik

Processen vid en teknikupphandling

Processen för en teknikupphandling omfattar allt från förstudie, formering av beställargrupp, upprättande av kravspecifikation, anbudsförfarande, utvärdering och spridning av den nya tekniken samt vid behov även vidareutveckling.



Figur 80 Schematisk bild över arbetsgången i teknikupphandling, tekniktävling och gemensam upphandling. Bilden fritt efter Persson, 2009.

Effekter av en teknikupphandling

Det finns en lång rad genomförda teknikupphandlingar. De flesta har lett till goda resultat med direkta effekter i form av nya effektiva produkter, system eller processer. Det finns också några exempel på teknikupphandlingar där man inte nått de mål som har satts upp inom ramen för projektet. Förutom direkta effekter leder teknikupphandlingar ofta till indirekta effekter såsom förändrad branschstandard, ökat utbud av energieffektiva produkter och system, ökad kunskap, ökat samspel mellan olika grupper av aktörer och ökad efterfrågan på effektivare produkter och system. Det ger också beställarna möjlighet att föra fram sina önskemål och krav till tillverkarna. Teknikupphandling leder dessutom till ökad kunskap, utbildning och uppmärksamhet kring energieffektiv teknik, (Persson, 2004).

Tidigare genomförda teknikupphandlingar

Fönster

Teknikupphandlingen av fönster genomfördes av Statens energiverk NUTEK 1990-1995. Projektet ledde till direkta effekter i form av kommersialisering och marknadsintroduktion av fönster med 45% lägre värmegenomgångsförluster än gällande marknadsstandard och indirekta effekter i form av totalt sett genomsnittligt lägre energiförluster för de produkter som fönsterbranschen idag tillverkar och säljer. Kravspecifikationen innehöll bland annat krav på värmegenomgångsförluster, dagsljus- transmittans, ingen färgförändring på grund av låg-emissionsbeläggningar, hållfasthet, andel glas av totala fönsterarean, konstruktionsstorlek, garantitid, montagevänlighet och krav på barnsäkerhet. Ursprungligen var kravet på högsta värmegenomgångstal $0,9 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$. Det visade sig vara väl ambitiöst så detta reviderades senare till $1,0 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$.

Kyl/frys

Teknikupphandlingen av energieffektiva kombinerade kyl/frysar genomfördes av Statens energiverk NUTEK 1990-1992. Projektet ledde till direkta effekter i form av kommersialisering av kyl/frysar med lägre energiförluster och indirekta effekter i form av generellt lägre energiförluster för andra produkter inom vitvaruområdet. Kravspecifikationen innehöll bland annat krav på energianvändning, storlek för att passa in i normala existerande svenska kök, färg, vikt, köldmedium, användarvänlighet, bullernivå, service, garantitid samt kapacitet. Energi-kraven sattes till att halvera energiförlusterna. Detta uppfylldes och överträffades. Projektet

inspirerade vidareutveckling inom ramen för den EU-gemensamma teknikupphandling Energy+ som resulterade i kyl/frysar med ytterligare 25 % effektivare energianvändning.

Luftbehandlingsaggregat

Teknikupphandlingen av luftbehandlingsaggregat i skolor genomfördes 1994 till 1996. Kravspecifikationen innehöll bland annat krav på eleffektivitet, system, övertoner, styrutrustning, ljudnivå och underhåll. Denna teknikupphandling uppnådde inte de direkta effekter som eftersträvades i projektet. Det berodde sannolikt på att beställargruppen bestämde sig för att ställa krav på en specifik aggregatstorlek istället för en serie storlekar. Endast ett fåtal aggregat av den vinnande sorten har blivit installerade. Projektet bidrog dock till att effektivitetstal som "specific fan power" (SFP) uppmärksammades och att livscykelkostnadskalkyler (LCC) kom att användas mer.

Små solvärmesystem

Teknikupphandlingen av små solvärmesystem för tappvattenvärmning för bostäder genomfördes inom ramen för International Energy Agency's task 24 där Energimyndigheten och Bygghörsamningsrådet ingick som svenska deltagare. Man valde att omforma projektet till en tekniktävling istället för en teknikupphandling. Projektet startade 1999 och vinnare utsågs 2001. Kravspecifikationen innefattade bland annat systemkrav för solvärmeanläggningen som inkluderade all installation från rör mellan solfångare och varmvattenberedare, krav på styrutrustning, krav på uppgifter omkostnad vid leverans av minst 1000 stycken anläggningar samt krav på enkelt montage. Projektet har haft direkta effekter i form av en klar ökning av antalet installerade solvärmeanläggningar. Det har haft en avgörande betydelse i form av förändring av solvärmebranschen med övergång från hantverksbetonad tillverkning till en mer industriell tillverkning. Projektet har varit mycket framgångsrikt framförallt tack vare att man lyckades ta fram väsentligt billigare solvärmesystem och att systemen är enkla att installera.

Tappvattenarmaturer för bostadssektorn

Teknikupphandlingen av energieffektiva tappvattenarmaturer för bostäder genomfördes i samarbete mellan Energimyndigheten och Stockholms stads kansli för det lokala investeringsprogrammet. Projektet pågick från 2000 till 2002. Beställargruppen var mycket aktiv och engagerad vilket bidrog till att projektet blev framgångsrikt. Kravspecifikationen var uppdelad i tre delar, en för blandare för dusch/badkar, blandare för tvättställ och blandare för diskåda. Specifikationen innehöll krav på energianvändning, vattenanvändning, tryck, ljud, installationsvänlighet, hälsa och säkerhet, underhåll och reparationer samt ergonomi och användning. Endast ett anbud inlämnades. Det inlämnade anbudet höll dock mycket hög kvalitet och uppfyllde samtliga skallkrav samt de flesta börkrav. Eftersom ingen jämförelse kunde ske med andra inlämnade förslag och för att säkerställa att en marknadsjämförelse ändå genomfördes så gjordes en extra utvärdering där tävlingsanbudet ställdes mot ett antal av de bästa befintliga produkterna på marknaden. Projektet har lett till direkta effekter i form av kommersiellt tillgängliga tappvattenarmaturer för bostadsändamål som är i genomsnitt ca 40 % mer energieffektiva än de mest köpta engreppsprodukterna på marknaden.

Värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus

Teknikupphandlingen för värmeåtervinningssystem för befintliga flerbostadshus påbörjades 2010 och pågår fortfarande. Den genomförs i ett samarbete mellan Energimyndigheten med SABO som huvudman. Kravspecifikationen innefattar krav på energieffektivitet, kostnader, inneklimatparametrar, byggnadens design och funktion, installation, robusthet, drift och underhåll, uppföljning av temperatur, flöden och energianvändning samt systemflexibilitet. Erfarenheter så här långt är att man fått in få förslag. Tillverkarna har inte förstått att teknikupphandlingen var riktad till dem. Syftet var att få tillverkarna att gå ihop med en entreprenör

och tillsammans erbjuda ett koncept men det har inte skett. Dessutom har kostnadskravet varit tufft. I övrigt var kraven ganska modesta. Man håller på att utse vinnare och därefter kommer en etapp där utrustningen installeras och utvärderas i demonstrationshusen. Därefter ska kravspecifikationen förbättras innan den går ut på offentlig upphandling. Först därefter kan man säga något om direkta och indirekta effekter på marknaden.

Upplägg för kravspecifikation för teknikupphandlingen

I följande avsnitt redovisas ett förslag till kravspecifikation som är utgångspunkten för vidare arbete med kravspecifikationen till teknikupphandlingen.

Allmänt

Att få fram och använda kompletta system för rationell isolering av klimatskärmen i befintliga flerbostadshus.

Förutsättningar

Teknikupphandlingen omfattar system som kan användas för att förbättra prestandan hos klimatskärmen i befintliga flerbostadshus såsom minskad värmetransmission i fasad, fönster, tak, grund, ökad lufttäthet, beständighet, fuktsäkerhet. Teknikupphandlingen omfattar ett fullständigt system för tilläggisolering inklusive fönster, lufttäthetsåtgärder, fuktsäkra anslutningar mot fönster, balkonger, tak, grund etc. inklusive montage och kvalitetssäkring.

Utöver kraven i teknikupphandlingen förutsätts "tävlingsbidraget"/anbudet även omfattar ett i övrigt komplett och väl fungerande fasad/tak system som uppfyller "normkrav" vid ändring av byggnad t ex varusamhetskrav, tillgänglighet, brandkrav etc. D v s rådande lagar och regler, och förordningar gäller.

Allmänt

De krav och önskemål som föreslås uttrycks i form av "skall krav" respektive "börkrav".

Överordnade krav

Tillämpliga krav enligt Lag 1994:847 om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m m BVL§2.

1. Bärförmåga, stadga och beständighet
2. Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö
3. Säkerhet i händelse av brand
4. Skydd mot buller
5. Energihushållning och värmeisolering

Tillämpliga krav enligt Boverkets föreskrifter.

Krav på funktion och beständighet

Förslaget är att hänvisa till relevanta avsnitt i P-märkning av byggprodukter. Certifieringsregel 021. Byggsystem för ytterväggar och fasader. Maj 2009. Dessa omfattar krav på:

- Regntäthet
- Fuktberäkning
- Lufttäthet
- Bärförmåga, stadga och beständighet
- Brand
- Värmeisolering
- Ljudisolering
- Komponentkrav
- Fasadsystem
- Fasadskivor/vindskyddsskivor

- Fasadmaterial
- Värmeisolering
- Tätskikt/spärrskikt/tätningar
- Infästningar
- Reglar/profiler
- Massiva stommaterial
- Samt eventuella tilläggskrav

Det finns även krav på platsbyggande.

Krav på inommiljö

Kraven på inommiljö såsom luftkvalitet, termisk komfort, ljud och ljusmiljö mm kan förslagsvis hämtas från P-märkt inommiljö, SPCR 114.

Krav på energieffektivitet

Vi siktar på att halvera energianvändningen och tilläggsisoleringen ska stå för ca hälften av denna.

Man kan också uttrycka kravet i att byggnadens behov av energi för uppvärmning (rums och tappvattenvärmning) ska minskas med ... Y kWh/m² A_{temp}, år.

Byggnadens behov av fastighetselektriciteten ökar inte mer än Y... kWh/m² A_{temp}, år.

Dessutom föreslås att man ställer krav på förbättrade U-värden för olika byggnadsdelar samt krav på förbättrad lufttäthet. Värdena i tabellen är ett förslag till kravnivåer.

U-värde	KRAV Ska uppfyllas	KRAV Bör uppfyllas
Ytterväggar	0,12	
Fönster	0,9	
Tak/vind	0,1	
Grund		0,25
Lufttäthet	0,5 l/s	

Krav på varsamhet med hänsyn till befintlig bebyggelse

I plan- och bygglagen, PBL, 3 kap 10-13 och 15 §§, ställs krav på varsamhet och hänsyn till befintliga värden vid alla typer av åtgärder i befintlig bebyggelse. Det gäller all bebyggelse, inte bara den som är klassificerad eller särskilt skyddsvärd. Det är inte bara de kulturhistoriska värdena som ska beaktas utan även vardagliga och tidstypiska liksom tomternas och omgivningars kvaliteter.

När åtgärder behöver vidtas bör man utgå från befintliga förutsättningar och kvaliteter. Reversibla åtgärder är att föredra, men om stora förändringar planeras ska man vara noggrann med att bedöma konsekvenserna av förändringarna.

Tänk stegvis:

1. Byt inte ut byggnadsdetaljer såsom fasad, fönster eller dörrar som inte är skadat

2. Om byggnadsdetaljer är skadade, ersätt dem med något motsvarande, avseende material, färg och utformning.

3. Vid behov av större förändringar och renoveringar, kontakta antikvarisk kompetens

I övrigt här hänvisas till vad som gäller i respektive kommun.

Krav på drift och underhållsinstruktioner

PARAMETER	KRAV Ska uppfyllas	KRAV Bör uppfyllas
Drift och underhållsinstruktioner ska levereras till driftspersonalen innan byggnaden tas i bruk.		
Lättförståeliga användarbeskrivningar ska levereras till de boende. T ex vad som gäller för håltagning i fasad, fönstervårdring etc.		

Krav på uppföljning

PARAMETER	KRAV Ska uppfyllas	KRAV Bör uppfyllas
Mätning av temperatur i rumsluften inomhus och utomhus. Mätning av temperaturen på golv i vistelsezonen.		
Energianvändning fördelat på uppvärmning, tappvarmvatten, fastighetsel och hushållsel.		
Enkät till boende om deras upplevelse av termisk komfort, ljud och ljusmiljö.		

Krav på kostnadsredovisning

PARAMETER	KRAV Ska uppfyllas	KRAV Bör uppfyllas
Redovisa kostnader enligt bilaga X	X	

Krav på leverantören

Här ställs krav på leverantören såsom:

- Ekonomisk status och soliditet
- Storlek och omsättning (att de har möjlighet att ta sig an den här storleken på projekt)
- Erfarenhet (att de har tidigare erfarenhet från renoveringsprojekt)
- Kvalitetssystem och rutiner etc.

Krav på hyresgästhänsyn

Krav på kvarboende

Krav på minimering av störning av hyresgäst

Krav på information till hyresgäster

Kravspecifikationen tas fram tillsammans med beställargruppen i teknikupphandlingen fas 1.

Utvärdering

Utvärderingsstrategi

Uppföljningen och utvärderingen i provhusen ska ge svar på:

- Brukarnas och förvaltarnas upplevelse av termisk komfort, ljudmiljö och dagsljusinsläpp.
- Uppfyllelse av utlovad funktion enligt valda nivåer i kravspecifikationen.
- Behov av eventuella förbättringar.

Plan för utvärdering

Utvärdering av de skriftliga anbuden kommer att göras av en jury och ett vinnande förslag till vart och ett av demonstrationshusen utses.

I nästa etapp testas och utvärderas de vinnande förslagen i demonstrationshusen. En jury utser ett eller flera vinnande förslag. Kravspecifikationen förbättras som underlag till nästa etapp.

I den sista etappen beskriver beställargruppen vilka typer av system som ska fortsättningsvis ska handlas upp för andra byggnader i beställarna bestånd. Detta görs genom offentlig upphandling genom ramavtal eller lokal entreprenadupphandling.

Framgångsfaktorer

För att lyckas med teknikupphandlingen krävs omfattande informationsinsatser såsom:

- Utskick till tänkbara anbudslämnare.
- Seminarium riktade till tänkbara anbudslämnare.
- Marknadsföring av teknikupphandlingen i facktidningar.
- Upprättande och spridning av delrapporten i form av lägesrapporter.
- Ständig information till projektdeltagare.
- Löpande avrapportering i facktidningar t ex Energi&Miljö och Bygg&Teknik.
- Seminarier riktade till förvaltare.
- Riktad information till förvaltare.
- Slutrapport från hela projektet.

Riskanalys

Den mest överhängande risken är att det inte kommer in några förslag alls eller att de förslagen som kommer in inte uppfyller kraven och därmed inte kan beaktas. Det finns också en risk att kraven inte är tillräckligt väl formulerade så att det kommer in förslag som uppfyller kravspecifikationen men ändå har uppenbara brister.

Andra risker är att beställargruppen som ställer sina byggnader till förfogande av någon anledning inte kan fullfölja renoveringen. En annan risk är att förutsättningarna för renoveringen ändras. Till följd av att det framkommer ytterligare uppgifter om byggnadernas tekniska status som inte fanns med i underlaget till upphandlingen.

Diskussion

Ett antal diskussionspunkter som uppkommit under arbetet med förstudien och som bör tas om hand i teknikupphandlingen är:

- Ska TU täcka tilläggsisolering av hela klimatskärmen, fasad, tak och grund eller varje del för sig?
- Hur ska fönster inkluderas? Ev. kan man lägga fönster utanför upphandlingen eller använda ett typfönster. Anslutningar mellan fasad och fönster måste beaktas.
- Hur ska ventilations- och uppvärmningskoncept samt solceller integrerade i tak/fasadsystemet beaktas?
- Ska inbyggnad av balkonger inkluderas? Hur göra med nya balkonger?
- Vissa områden är "grönmärkta" vilket betyder att man inte kan ändra fasadens utseende märkbart.

Slutsatser

Slutsatsen från förstudien är att det finns en stor potential för en marknadsdriven utveckling av rationella lösningar för isolering av klimatskärmen i befintliga flerbostadshus eftersom:

- Det finns över en miljon lägenheter byggda under modernismen (1945-1960) och under rekordåren (1961-1975) som är i stort behov av renovering.
- Bland dessa byggnader finns en stor mängd byggnader med likartade konstruktionsutformning, exempelvis lamellhusen som byggdes både under modernismen och under rekordåren, vilket underlättar vid framtagande av rationella lösningar som ska kunna upprepas.
- Den termiska isolerförmågan i ytterväggar och vindsbjälklag i dessa hus är väsentligt sämre än i nybyggda hus vilket betyder att en tilläggsisolering skulle innebära en stor förbättring.
- Det finns ett stort underhållsbehov i byggnader uppförda 1945-1975, avseende ventilationsåtgärder, balkonger, fönster, tak och fasader.
- Den största andelen lägenheter i flerbostadshus ägs av allmännyttan, vilket gör att förutsättningar för att utföra omfattande åtgärdspaket är stora.
- De flesta renovering är mycket kostnadskrävande och har lång återbetalningstid vilket gör att företagen tvekar inför att genomföra sådana.
- Det finns därför ett behov av att ta fram kostnadseffektiva och rationella lösningar så att fler företag har råd att genomföra tilläggsisolering av klimatskärmen.
- Det finns många pilotprojekt i Europa där man använt sig av prefabricerade system för tilläggsisolering som visat sig minska energianvändningen i husen avsevärt.
- Flera pilotprojekt har renoverats med kvarboende vilket visar att detta är möjligt när man använder prefabricerade systemlösningar.
- Det finns material och systemtillverkare på den svenska marknaden som är intresserade av att utveckla rationella lösningar för isolering av klimatskärmen och flera av dessa har redan systemlösningar att erbjuda.

Referenser

AB Alingsåshem. Broschyr om brogården.

AB Alingsåshems hemsida: www.alingsashem.se.

Beställargruppen Bostäder BeBo, Orrholmen – renovering med fokus på energi. (Elektroniskt) pdf-format. Tillgänglig på:
<http://www.bebostad.se/Goda%20Exempel/GodaEx_orrholmen.pdf>. (2008-11-07).

Björk, C., Kallstenius, P., Reppen, L., 1984. Så byggdes husen 1880-2000.

Borlinger, H, Larsson, M, Rosén, K-J. (2009) Energieffektivisering av flerbostadshus från rekordåren – Analys av åtgärder med fokus på ytterväggar. Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör. Inst. För bygg- och miljöteknik. Chalmers Tekniska högskola, Examensarbete 2009:31.

Bostads AB Poseidon. Information i form av riktningar och fakta på u-värden och energianvändning, Projektledare Cathrine Gerle.

Bostads AB Poseidon. Uppgifter på kostnad för energiåtgärder vid ombyggnad av Katjas gata 119. Presentation vid Bebo seminarium 2010-09-14 i Göteborg.

Boverket, 2003. Bättre koll på underhåll. Diarienummer: 2081-2114/2002. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Boverket, 2005. Piska och morot, Boverkets utredning om styrmedel för energieffektivisering i byggnader. Diarienummer: 10839-1921/2005. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Boverket, 2007. Byggherren i centrum. ISBN: 978-91-85751-36-5.

Boverket, 2009. Så mår våra hus – redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning mm. ISBN tryck: 978-91-86342-28-9, ISBN pdf: 978-91-86342-29-6.

Förstudie – Energieffektivisering och bevarande av modernismens flerbostadshus (1940-1960). Blomsterberg, Å., Edström, M.,

Flerbostadshusen i Sverige, 1985. BOOM gruppen, KTH.

Gerdin, C., Hammarberg, L., Varför genomförs inte lönsamma energieffektiva investeringar? – en studie av beslutsfaktorerna vid investeringsbeslut inom fastighetsbranschen. Examensarbete i Technology Management – Nr 202/2010, ISSN 1651-0100. Lund 2010.

IEA ECBCS Annex 50. Information från pågående projekt inom Annex 50. Prefab Retrofit of Buildings.

IVL, Cerbof Rapport om renovering av Kvarteret Trondheim.

Jansson, U, Berggren, B, Sundqvist, H, 2008. Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus, Lunds Universitet och Skanska Teknik. (Elektronisk) pdf-format. Tillgänglig på:
http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Slutrapport_SBU_F_081204-justeradUJ-v_2.pdf.

Karlstads fastighets ABs hemsida. www.KBAB.se

Lattke, F., Tagungsbeitrag 5. Freiburger Holzbautage – Mötesbidrag 5 Träbyggarseminariet i Freiburg. Titel: Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz.
http://www.tesenergyfacade.com/downloads/081010_TES%20Freiburg.pdf

Levin, P, Jidinger, A., Larsson, A., 2010. Rekorderlig renovering, demonstrationsprojekt för energieffektivisering i befintliga flerbostadshus från miljonprogramstiden. Objektrapport för Norrbacka – Sigtunahem, etapp 1&2.

ManuBuild – erfarenheter från ett EU-projekt om industriellt bostadsbyggande (SBUF-projekt 12260).

Mjörnell, K et al. SQUARE final report, 2010. Elektronisk version tillgänglig på www.iee-square.eu.

Nordstrand, U., Byggprocessen. Stockholm Liber. 2008.

Persson, A., Teknikupphandling som styrmedel – metodik och exempel. Rapport skriven på uppdrag av Statens energimyndighet. 2004.

P-märkning av byggprodukter. Certifieringsregel 021. Byggsystem för ytterväggar och fasader. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Maj 2009.

SABO 2009. Hem för Miljoner Förutsättningar för upprusning av miljonprogrammet – rekordårens bostäder. SABO Sveriges allmännyttiga bostadsföretag.

SCB 2009a. ES 2009:08. Energistatistik för flerbostadshus 2008.

SCB 2009b. Byggandet. Ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2009. Sveriges officiella statistik, statistiska meddelanden. BO 21 SM 1001.

SPCR 114. Certifieringsregler för P-märkt inomhusmiljö. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Wahlström, Å, Blomsterberg, Å, Olsson, D, Värmeåtervinningssystem för befintliga flerbostadshus. Förstudie inför teknikupphandling. BeBo 2009. www.bebostad.se.

Werner, G., Beräkningar av ett antal scenarier för energibesparingspotentialen till följd av energieffektivisering av miljonprogrammets bebyggelse. Ingångsdata är baserat på SABOs uppskattning av antal lägenheter som är i behov av renovering som ägs av företag i olika kategorier, allt från ekonomiskt starka i storstäderna till företag som är ekonomiskt svaga i små kommuner.

Bilaga A: Intervjuguide/enkätfrågor till fastighetsägare, fastighetsförvaltare, entreprenörer, arkitekter och konsulter.

Bakgrundsinformation

1. Vilket typ av företag arbetar du på?
(Arkitekt, fastighetsförvaltning, konsult, entreprenör)
2. Hur stort är ert företag?
(Anställda, storlek på uppdrag, kundkrets)

Information angående arbete med renovering av byggnader

3. Hur stor andel av era uppdrag består av renoveringsuppdrag?
4. Vilken typ av byggnader renoverar ni huvudsakligen?
5. Hur omfattande är era renoveringsuppgifter?
(Total renovering, delvis renovering eller bara "ansiktslyftning")

Motivering för renovering av fasader

6. Jag kommer nu att nämna olika motiv för renovering av fasader. Överväg om varje motiv är väldigt viktigt, viktigt eller oviktigt för de flesta av era renoveringsuppgifter.

Motiv	Väldigt viktigt	Viktigt	Oviktigt
Estetisk förbättring			
Nödvändigt underhåll av konstruktionen			
Utbyggnad			
Ändring av funktion och planlösning			
Integrera ny teknik			
Sänka energibehovet			
Andra motiv (ange vilka)			

7. Om något av dessa motiv är väldigt viktiga, kan du förklara på vilket sätt?
8. Vilka är de viktigaste åtgärderna för att sänka energiförbrukningen bland de kunder som efterfrågar energiförbättringsåtgärder? (Efterfrågar ökad isoleringsgrad, lufttät-het, värmepump, mekanisk ventilation, solpaneler, etc.)

Förutsättningar för renovering av fasader

9. Jag kommer nu att nämna olika förutsättningar (begränsningar) för fasadrenovering. Överväg om varje förutsättning är väldigt viktig, viktig, eller oviktig för de flesta av era renoveringsuppgifter.

Förutsättning	Väldigt viktig	Viktig	Oviktig
Ekonomi			
Detaljplan			
Byggregler			
Bevarandekrav			
Begränsningar på grund av den befintliga byggnadskonstruktionen			
Andra förutsättningar (ange vilka)			

10. Om någon av dessa förutsättningar är väldigt viktig, kan du förklara på vilket sätt?

Prefabricerade produkter för renovering av fasader

11. Vilken typ av byggprodukter och material använder ert företag normalt när ni renoverar fasader?
12. Har ni övervägt att använda prefabricerade produkter vid renovering av fasader? I så fall: Vilken sort?
13. Använder ert företag prefabricerade fasader i nya byggnader? I så fall: Vilken sort?
14. Känner du till någon typ av prefabricerade fasadsystem för renovering eller nya byggnader?
15. Vilka av dessa system verkar attraktiva? Varför?
16. Vilka av dessa system verkar inte attraktiva? Varför?
17. Kan du ange några fördelar med att använda prefabricerade system för fasadrenovering istället för platsbygge?
18. Kan du ange några nackdelar med att använda prefabricerade system för fasadrenovering istället för platsbygge?

19. Vilka involverade i byggnadsprocessen tror du har störst påverkan angående val av byggprodukter för fasadrenovering?
(Arkitekt, fastighetsförvaltare, projekterande konsult, entreprenör)

Kriterier för val av prefabricerade fasadsystem

20. Jag kommer nu nämna olika kriterier för val av prefabricerade system för fasadrenovering. Överväg om varje förutsättning är väldigt viktig, viktig, eller oviktig för ert eventuella val att använda prefabricerade system för fasadrenovering.

Kriterium	Väldigt viktigt	Viktigt	Oviktigt
Bevara fasadens ursprungliga uttryck			
Frihet i design			
Estetisk användning av material			
Enkel montering som medför kortare arbetstid på plats			
Montering på plats utan flytt av brukarna			
Låga kostnader			
Erfarenhet av produkten			
Enkelt underhåll			
Robust och varaktig			
Låg vikt			
Slimmad			
Minska energiförbrukningen			

21. Om något av dessa kriterier är väldigt viktigt, kan du förklara på vilket sätt?

Möjliga energibesparingsåtgärder i framtida fasadsystem

22. Jag kommer nu att nämna olika energibesparingsåtgärder för eventuell integration i framtida prefabricerade system för fasadrenovering. Vilka av dessa energibesparingsåtgärder tycker du vore intressant att integrera.

Åtgärd	Väldigt intressant	Intressant	Inte intressant
Förbättrad isolering			
Integrerad solavskärmning			
Integrerade solceller			
Integrerade solfångare			
Integrerad ventilation			
Integrerad uppvärmning			
Integrerad kylning			

Bilaga B: Intervjuguide/enkätfrågor till byggmaterial- och byggsystemtillverkare

Bakgrundsinformation

1. Hur många anställda är det i ert företag?
2. Hur många av era anställda arbetar i produktionshallen?
3. Finns det arkitekter eller industridesigners i företaget?
4. Hur stor är er årliga omsättning?

Produkter

5. Vilken typ av prefabricerad produkter tillverkar företaget?
6. Används era produkter främst i ombyggnads- eller nybyggnadsprojekt?
7. Kan du beskriva typiska projekt där era produkter har används? (*typ av byggnad, storlek, plats, markförhållanden*)
8. Vad är från ert perspektiv de främsta fördelarna med att prefabricera dessa byggnadsdelar istället för att bygga dem på plats?
9. Har ert företag tillverkat fasadkomponenter eller system i syfte att minska energiförbrukningen i byggnaden?
10. Vilken typ av energireducerande funktioner integrerar ni i dessa produkter? (*ökad isolering, lufttäthet, värmepump, mekanisk ventilation, solceller, etc.*)
11. Skulle det vara intressant att integrera installationer i fasadsystemet? (*ventilation, kylning, uppvärmning, solavskärmning, solfångare, solceller, vatten, avlopp, el, telefon/internetkabel*)
12. Vilka andra egenskaper är viktigt angående användbarheten av prefabricerade fasadsystem? (*exempel*)

Produktionsprocess

13. Kan du kortfattat beskriva de olika moment som sker i tillverkningsprocessen?
14. Hur stor del av dessa processer är automatiserade, samt vilka processer är inte möjliga att automatisera?
15. Finns det några kritiska punkter i processen där oåterkalleliga fel sannolikt kan uppstå?
16. Vid vilken tidpunkt i byggprojektet kontaktas ni vanligtvis av arkitekter eller byggherre? (*Programfasen, systemhandlingsfasen, detaljhandlingsfasen*)
17. Vilka medier används vid kommunikation med arkitekter och byggherrar? (*BIM (Building Information Models), skisser, ritningar, beskrivningar skriftligt, beskrivningar muntligt*)

18. Vilka system för produktionsplanering och kvalitetskontroll används i företaget? (ge exempel, ISO, certifiering)

19. På vilket sätt monteras era produkter på befintliga byggnadskonstruktioner?

Transport av produkter

20. Vilka transportsätt används för att transportera era produkter till byggnadsplatsen?

21. Begränsar transportmetoderna vilka produkter som ni kan tillverka?

22. Begränsar transportmetoderna marknaden för era produkter?

Marknad

23. Var finns marknaden för era produkter?

24. För vilka marknader skulle du företrädesvis producera om det inte fanns några begränsningar?

25. Vilka egenskaper hos era produkter är särskilt viktigt för era kunder?

26. Tillverkar ni främst standardiserade produkter eller skräddarsydda produkter enligt speciella krav?

27. Tror du att det finns en marknad för prefabricerade fasadsystem för byggnadsrenoveringar?

28. Tror du att det är möjligt och ekonomiskt lönsamt att integrera energibesparingsåtgärder i fasadsystem för renovering, i så fall vilken sort? (Förbättrad isolering, integrerad solavskärmning, solceller, solfångare, integrerad ventilation)

29. Skulle ditt företag vara intresserade att tillverka den här sortens produkter i framtiden?

Ekonomi

30. Är prefabriceringen av byggnadskomponenterna som ert företag tillverkar mer kosteffektivt än att tillverka dem på plats?

31. Är någon del av er tillverkningsprocess särskilt kostsam?

32. (Speciella arbetsmoment eller delar i produktionskedjan? Försök få kostnadsinformation som precisa mängder eller procent av total kostnad)

33. Vilka besparingsåtgärder skulle du rekommendera om företaget måste minska kostnaderna?

Möjlighet att leverera

34. Hur stora leveranser kan företaget hantera? Finns det en begränsning för hur stor en leverans kan vara? (Projektexempel?)

35. Har ni någonsin varit tvungna att neka en beställning på grund av att ni inte kunde leverera? I så fall varför?