



TEMATISK SYNTES

Renovering av befintligt bostadsbestånd





Renovering av befintligt bostadsbestånd

Tematisk syntes

Kristina Mjörnell, RISE

Eva-Lotta Kurkinen, RISE



Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.





Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten. I programmet samverkar över 200 byggtreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

Inom programmet utförs ett antal projekt med fokus på renovering samt ett flertal projekt med relevans för renoveringsprocessen. Med anledning av detta har denna tematiska syntes skrivits med syftet att projektutförare och samfinansiärer ska få en samlad bild av vad som utförts inom området renovering för att skapa samverkan och idéer till nya projekt samt kommersialisering av resultaten från tidigare projekt som utförts inom eller utanför E2B2-programmet.

Rapporten inleds med en översikt av den forskning och utveckling som genomförts och pågår inom renovering med fokus på energieffektivisering i det svenska flerfamiljshusbeståndet. Rapporten gör inte anspråk på att vara heltäckande utan ger endast några exempel från forsknings- och utvecklingsprojekt som har genomförts under de senaste åren i samverkan mellan akademi, institut och företag. I rapporten refereras företrädesvis till publika rapporter och populärvetenskapliga artiklar i fackpress på svenska för att det ska vara lätt att hitta och gå snabbt att ta till sig informationen. Därefter sammanfattas tolv projektrapporter som genomförts inom programmet E2B2 med relevans för renovering. Avslutningsvis sammanfattas synpunkter från projektutförare samt samfinansiärer om nyttan av den forskning och utveckling som skett i programmet samt hur kunskap, lösningar och verktyg kan omsättas i praktiken och komma fler till nytta.



Sammanfattning

Den tematiska syntesen om renovering av befintligt bostadsbestånd består av tre delar. Först ges en översikt av kunskapsläget i Sverige om renovering och exempel på forskning och utveckling som bedrivs inom området. I den andra delen sammanfattas tolv projekt som har genomförts inom ramen för E2B2s program och har relevans för renovering. Den tredje och sista delen handlar om hur man kan öka nyttiggörandet av resultaten från forskning och utveckling. Här ges ett antal exempel på förutsättningar för uppskalning och replikering av projektresultat till exempel genom demonstration, kommunikation, att utöka teamet med fler kompetenser, dialog med användare, en fungerande marknad, politiska styrmedel, certifiering, kravställande samt metoder som kan användas för att beräkna både ekonomisk lönsamhet men även för att beräkna andra värden med mera.

Nyckelord: Syntes, hållbar renovering, energieffektivisering, fasadsystem, bostäder



Summary

The thematic synthesis “Renovation of existing housing stock” consists of three parts. Firstly, an overview of the state of knowledge in Sweden on renovation is presented with examples of research and development conducted in the area. The second part summarizes twelve projects that have been carried out and supported in the context of E2B2's programs and are relevant for renovation. The third and last part is about how to increase the utilization of research and development results. Here, a number of examples are given of prerequisites for scaling up and replication of project results, such as demonstration, communication, expanding the team with more skills, dialogue with users, a functioning market, policy instruments, certification, requirements and methods that can be used to calculate both economic profitability but also to calculate other values, etcetera.

Keywords: Synthesis, sustainable renovation, energy efficiency, façade systems, housing



INNEHÅLL

1	KUNSKAPSLÄGET OM RENOVERING	10
1.1	DET SVENSKA BYGGNADSBESTÅNDET OCH BEHOVET AV RENOVERING	10
1.2	VARFÖR RENOVERAR MAN?	11
1.2.1	RENOVERING FÖR ATT DEN TEKNISKA LIVSLÄNGDEN ÄR SLUT	11
1.2.2	ENERGIEFFEKTIVISERING	11
1.2.3	INNOVATIVA SYSTEM	12
1.3	HÅLLBAR RENOVERING	13
1.3.1	MILJÖMÄSSIGT PERSPEKTIV	13
1.3.2	EKONOMISKT PERSPEKTIV	13
1.3.3	SOCIALT PERSPEKTIV	14
1.3.4	KULTURHISTORISKT PERSPEKTIV	15
1.4	RENOVERINGSPROCESSEN	15
1.5	PILOTRENOVERINGAR	16
1.6	FORSKNING OCH INNOVATION OM RENOVERING I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV	18
2	SAMMANFATTNING AV TOLV PROJEKT	19
2.1	SYSTEMATISK UTVÄRDERING AV HÅLLBARHET VID RENOVERING	19
2.2	RISKANALYSER AV NYA INNOVATIVA FASADSYSTEM FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING AV MILJONPROGRAMMETS BYGGNADER	19
2.3	ANVÄNDNING AV VÄRMEÅTERVINNING I MILJONPROGRAMMET	20
2.4	RENOVERING AV SMÅHUS TILL PASSIVHUSSTANDARD	21
2.5	ARKITEKTUR, MATERIALFLÖDEN OCH KLIMATPÅVERKAN I BOSTÄDER	22
2.6	PREFABRICERADE FASADELEMENT FÖR RENOVERING	23
2.7	MILJONTAK – TAKRENOVERING MED SOLCELLER	23
2.8	CFD-ANALYS AV VÄRMETRANSPORT I NYA INNOVATIVA ENERGIEFFEKTIVA FASADSYSTEM	24
2.9	SUPERISOLERINGSMATERIAL I BYGGNADER	25
2.10	NY METOD FÖR MÄTNING AV VÄRMEFÖRLUST FRÅN BYGGNADER	25
2.11	VARSAM ENERGIEFFEKTIV RENOVERING I TJÄRNA ÄNGAR	26
2.12	ENERGIEFFEKTIV RENOVERING AV MURADE YTTERVÄGGAR	26
3	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR NYTTIGGÖRANDE	28



3.1	IDENTIFIERA FORMER FÖR PRAKTISK NYTTA/NYTTIGGÖRANDE	28
3.2	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR UPPSKALNING AV PROJEKTRESULTAT	28
3.2.1	DEMONSTRATION I FULL SKALA	28
3.2.2	ACCEPTANS FÖR NYA SÄTT ATT TÄNKA	29
3.2.3	UTÖKA TEAMET MED KOMPLETTERANDE KOMPETENS	29
3.3	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR REPLIKERING AV PROJEKTRESULTAT	29
3.3.1	KOMMUNIKATION OCH LANSERING	30
3.3.2	ANVÄNDARPERSPEKTIVET	30
3.3.3	VISA PÅ LÖNSAMHET	30
3.3.4	EFTERFRÅGAN PÅ MARKNADEN	31
3.3.5	POLITISKA STYRMEDEL	31
3.3.6	CERTIFIERING	31
3.3.7	KRAV I MILJÖBEDÖMNINGSSYSTEM OCH I REGELVERK	31
3.4	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR PROJEKTRESULTATENS OMVANDLING TILL PRAKTISK NYTTA	32
3.4.1	VÄRDEBERÄKNINGSMODELLER	32
3.4.2	EKONOMISK NYTTA	32
3.4.3	MILJÖMÄSSIG NYTTA	32
3.4.4	TIDSMÄSSIG NYTTA	32
3.4.5	KVALITETSMÄSSIG NYTTA	32
3.4.6	HÄLSA OCH KOMFORT	32
3.4.7	BEVARANDEVÄRDEN	33
4	PUBLIKATIONSLISTA	34
5	REFERENSER	35



1 Kunskapsläget om renovering

1.1 Det svenska byggnadsbeståndet och behovet av renovering

I Sverige uppfördes huvuddelen av dagens bebyggelse under perioden 1945–1980, vilket betyder att de flesta byggnader är mer än 40 år gamla. Den uppvärmda ytan uppgår till 641 miljoner kvadratmeter och småhusen utgör den största andelen, cirka 41 procent. Flerbostadshusens andel är 33 procent medan lokaler står för resterande 26 procent. Sektorn bostäder och service står för nära 40 procent av Sveriges totala energianvändning vilket innebär cirka 140 TWh. Boverket genomförde en kartläggning av underhållet av bostadsbeståndet och kunde konstatera att det finns stora variationer i förutsättningar att möta underhållsbehovet, både regionalt och bland olika ägarkategorier samt att det är eftersatt (Boverket 2003). Några år senare genomfördes BETSI "Byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö" och bedömningen var här att ungefär 66 procent av alla byggnader i landet hade någon typ av skada där 45 procent av skadorna var orsakade av fukt som kan påverka inomhusmiljön, men de flesta skador och brister som registrerades var dock inte av allvarlig karaktär. Boverket räknade med att det skulle kosta mellan 230 och 330 miljarder kronor att åtgärda alla identifierade skador och tillgodose underhållsbehovet, även inkluderat bulleråtgärder i skolor och förskolor (Boverket 2009). År 2011 uppskattade Industrifakta att cirka 75 procent av flerbostadshusen byggda under rekordåren 1961–1975 behövde förnyas, vilket innebar cirka 600 000 lägenheter. Ungefär 320 000 av dessa krävde mer eller mindre genomgripande renovering, främst relaterade till stambyte, de närmsta fem åren. Industrifakta beräknade att investeringsbehoven ligger i intervallet 300–500 miljarder kronor under den kommande tioårsperioden (Industrifakta 2011).

Ett sätt att följa upp antalet utförda renoveringar men även uppskatta framtida behov av renovering är att använda Skatteverkets fastighetstaxeringsregister där det finns uppgifter om ombyggnader som har betydelse för byggnadernas taxeringsvärde. Ungefär 45 procent av ytan i flerbostadshus med nybyggnadsår 1965–1974 har inte någon renovering eller ombyggnad registrerad sedan byggnaderna uppfördes. Det kan tyda på att nästan hälften av bebyggelsen inte har genomgått någon betydande renovering, som till exempel ett stambyte, och nära 38 procent endast har genomgått mindre renoveringar vars kostnad understigit 20 procent av nyproduktionskostnaden, (Energimyndigheten 2016). Modeller över det svenska bostadsbeståndet har tagits fram baserat på extraherad information från Lantmäteriet, SCB, SABO och Boverket. Modellerna kan användas för att studera energianvändning, renoveringsbehov, kostnader för att göra dessa renoveringar samt medelinkomster hos de som bor i husen i olika områden i Sverige och baserat på informationen kan analyser göras av behovet och effekten av olika typer av styrmedel (Mangold et al 2017). Man har också gjort modeller i olika skalor från områdesnivå ned på byggnadsnivå för att se på energieffektiviseringspotentialen i flerbostadsbeståndet (Österbring et al 2017).

Vad är då orsaken till att energieffektivisering, renovering och ombyggnad inte sker i den omfattning som det borde? Boverket och Energimyndigheten gjorde en kartläggning av hinder för renoveringar i flerbostadshus och bedömningen är att brist på lönsamhet är det största hindret men att även tillgången på finansiering och brist på nödvändig kunskap hos fastighetsägare och beställare är väsentliga hinder. Myndigheterna har lämnat förslag på styrmedel såsom hyresbidrag, förändringar i hyressättningsystemet och underhållsfonder som ska utredas närmare (Energimyndigheten 2016).



1.2 Varför renoverar man?

I en enkätstudie riktad till svenska bostadsföretag undersökte man hur företagen tänker och agerar vid en renovering. De fick exempelvis frågan om vad som föranleder en renovering och av svaren att döma så är det oftast akuta tekniskt behov och att komponenternas livslängd är slut som är vanligast. Därefter följer höga driftkostnader, hög energianvändning och höga underhållskostnader. De åtgärder som företagen vanligtvis genomför är injustering av värme- och ventilationssystem samt stambyte (Thuvander et al 2016).

1.2.1 Renovering för att den tekniska livslängden är slut

För upp emot 1,45 miljoner lägenheter i flerbostadshus byggda 1946–1975 kommer stammarna att behöva åtgärdas de närmaste 10–15 åren. Det finns många fastighetsbolag som redan har börjat åtgärda stammarna men vi vet inte hur många stammar som kvarstår. Uppskjutna renoveringar kan komma att leda till kraftig ökning av vattenskador. Ett sätt att spara tid och pengar är att använda sig av relining istället för traditionellt stambyte. Relining kan aldrig fullt ut ersätta ett stambyte, men det kan vara ett bra sätt att åtgärda läckor och förlänga livslängden på befintliga rör. Det är dock viktigt att välja rätt metod (Höjje et al 2016). I samband med att man gör ett stambyte görs ofta en renovering av våtrummet med nya tätskikt och ytskikt. Det är många faktorer som påverkar hur fuktsäkert det nya våtrummet blir. Det krävs dels utprovade och fungerande system och produkter men även att varje steg i montaget utförs korrekt. En arbetsgång för att renovera fuktsäkra våtrum har tagits fram baserad på erfarenheter från skadefall, forskning och 10 års provning av olika våtrumssystem (Antonsson et al 2015).

Ytterväggar i armerat murverk var vanliga i byggnader från perioden 1940–1975. Dessa armerades med oskyddad armering i tron att kalkcementbruket skulle skydda stålet mot korrosion. Den skyddande effekten avtar med tiden och skador med armeringskorrosion har uppkommit med sprickbildning och i en del fall frostsprängning som följd. I skalmurar är sprickfrekvensen nästan 100 procent, oberoende av väderstreck, medan den är 20-80 procent för massiva väggar. Det är möjligt att ta bättre beslut om lämplig renoveringsåtgärd genom att utöver en okulär besiktning av sprickfrekvens även göra en grundligare undersökning av armeringsjärnens tillstånd och väderförhållanden på platsen (Molnar et al 2016).

1.2.2 Energieffektivisering

Energieffektivisering kan göras genom att införa energieffektiva uppvärmnings- och ventilationslösningar, värmeåtervinning samt isolering och lufttätning av klimatskalet för att minska värmeförluster. Inom projektet Milparena studerades ett antal möjliga energieffektiviseringsåtgärder för att tilläggsisolera och lufttäta klimatskalet, för uppvärmnings- och ventilationslösningar bland annat med värmeåtervinning, varm- och kall-vattensystem samt system för mätning och driftövervakning, baserat på tidigare genomförda renoveringsprojekt och erfarenheter från tre pilotprojekt som genomfört dessa. Dessutom presenterades metoder för utredning, utvärdering och uppföljning vid ombyggnad omfattande statusinventering, fuktinventering, termografering, lufttäthetsmätning och luftläckagesökning, beräkningsverktyg för energianvändning, värmeförluster och fuktsäkerhet (Mjörnell et al 2011).

Resultaten från BETSI studien visar att injustering av värmesystem samt tilläggsisolering av vindar och källarväggar hörde till de mer kostnadseffektiva för flerbostadshusen. För småhus var injustering



av värmesystem liksom tilläggsisolering av vinden och källarväggarna de mer kostnadseffektiva åtgärderna (Boverket 2009). Inom andra omgången av Energimyndighetens satsning "Halvera Mera" genomfördes förstudier för femtio renoveringsobjekt med målet att ta fram åtgärdsförslag som skulle halvera energianvändningen vid renovering av flerbostadshus. De vanligaste åtgärderna var byte av fönster, tilläggsisolering av vind och fasad, byte av termostatventiler samt installation av frånluftsvärmepump (FVP) eller ventilation med värmeåtervinning (FTX). Man har även studerat olika åtgärders genomsnittliga investeringskostnad och potentiella energibesparing. Resultaten visar att lönsamheten skiljer sig åt för en åtgärd beroende på hus och ägarförhållanden men vindsisolering, FVP och uppgradering av reglersystem hör till de åtgärder som ofta har bedömts vara lönsamma (Westerbjörk 2015). Tre "åtgärds paket" har tagits fram för åtta olika flerfamiljshus som är typiska för perioden 1950–1975. Det första paketet omfattar driftoptimering och det andra byte till effektivare komponenter och enklare tilläggsisolering av vind och komplettering av befintliga fönster med en isolerglasruta. Det tredje är en mer omfattande ombyggnad av ventilations- och uppvärmnings-systemet, byte av fönster samt tilläggsisolering av klimatskalet. Resultatet visar att man får cirka 10 procent reducerad energianvändning med paket ett, cirka 25 procent med paket två och minst en halvering av energianvändningen med paket tre. Återbetalningstiden blir allt från några år för paket ett till 12–24 år för paket två och tre beroende på hustyp (VVS-företagen 2012).

Flerfamiljshusen från miljonprogrammet har vanligtvis frånluft eller frånluft-tilluft utan värmeåtervinning och genom att byta till FTX där värmen från frånluften används för att värma tilluften kan energianvändningen minska avsevärt. Resultatet från två byggnader där FTX installerats visar att energianvändningen kan sänkas drygt 20 procent och att man får en positiv effekt på inneklimatet men att energieffektiviseringen inte enbart kan motivera investeringarna för de nya ventilationssystemen (Kristensson et al 2017).

1.2.3 *Innovativa system*

Det har skett en utveckling av kostnadseffektiva systemlösningar för energiåtervinning i flerbostadshus. Två olika systemlösningar som kom fram i en teknikupphandling ledd av Energimyndighetens beställargrupp BeBo valdes ut och har testats i sju hus på tre olika platser i landet. Den ena är en värmepumpsteknik som används i småhus fast i större skala och den andra är en systemlösning med värmeväxling mellan från- och tilluft, så kallad FTX (Wahlström 2014). Inom IEA Annex 50 utvecklades och demonstrerades prefabricerade system för nytt klimatskal och tilläggsisolering av både fasad och tak men även för utökad bostadsyta i form av påbyggnad (Zimmermann 2012, Blomsterberg 2011, Blomsterberg 2012). Även i Sverige har det satsats forskning och utveckling för att få fram rationella lösningar för förbättrad energiprestanda med fokus på isolering och täthet hos klimatskärmen. Målet var att hitta ett antal lösningar som skulle kunna produceras och monteras på ett rationellt sätt, vara kostnadseffektiva, ha en låg miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv och vara beständiga (Mjörnell et al 2014). Man har även tittat på multifunktionella fasadsystem med integrerad energiproduktion, uppvärmnings och ventilationssystem (Mjörnell et al 2014). Inom IEA Annex 65 har man studerat möjligheten att använda vakuumisoleringspaneler med betydligt bättre isolerings-egenskaper än konventionell isolering vilket betyder att man kan minska tjockleken avsevärt. Materialet kan med fördel användas vid tilläggsisolering av fasader där det är viktigt att behålla byggnadens kulturhistoriska karaktär (Johansson 2015). I samband med renovering av taket kan det vara ett lämpligt tillfälle att installera solpaneler för att generera solel. Flera koncept anpassade till husen byggda under miljonprogrammet har tagits fram (Kovacs 2017). Inom IEA Annex



55 - RAP-RETRO började man studera risker med att energieffektivisera och tilläggsisolera klimatskalet (Hagentoft, 2015). Man har fortsatt att specifikt studera inverkan av fasadsystemens och anslutningars utformning på läckagerisk. Anslutningar vid fönster är speciellt känsliga för inläckage vid regn (Olsson 2015, Olsson et al 2015). Vid byte till nya fönster är det viktigt att monteringen sker så att man säkerställer luft- och regntätthet (Gustavsson 2009).

1.3 Hållbar renovering

För att nå energieffektiviseringsmålen och samtidigt åtgärda de mest akuta skadorna behöver renoveringstakten ökas kraftigt de kommande åren. För att säkerställa att renoveringen görs med rätt kvalitet och hållbart utifrån ett miljömässigt, ekonomiskt, socialt och kulturhistoriskt perspektiv behövs ett holistiskt synsätt med nya metoder och kompetens för att arbeta integrerat och hantera den komplexitet som hållbar renovering innebär (Mjörnell et al 2015).

1.3.1 Miljömässigt perspektiv

En stor utmaning för sektorn är att minska miljöpåverkan från befintliga byggnader. Det görs ofta genom energieffektiviseringsåtgärder. Även om det sker en sänkning av energianvändningen är det inte säkert att energianvändning och nettoutsläpp minskar totalt om man även tar hänsyn till den klimatbelastning som tillverkningen av material och produkter används bidrar till. Inom IEA Annex 56 "Kostnadseffektiv energi- och CO₂-emissionsoptimering av byggnadsrenovering" har man följt upp både livscykelkostnad och klimatpåverkan i form av växthusgasemission och primärenergi-användning för sex demonstrationsprojekt runt om i Europa, varav ett är Backa Röd i Sverige (Blomsterberg 2016, 2017). Inom projektet Renobuild har man tagit fram ett verktyg för att beräkna livscykelanalys för olika renoveringsåtgärder. Det bygger på en miljömässig utvärdering av energianvändning under drift, tilläggsisolering av klimatskal samt distributionssystem för VVS och el beroende på val av byggmaterial och produkter och det finns även möjlighet till att inkludera egen elproduktion (Boss et al 2017). Forskare har också beräknat utsläpp av växthusgaser som alstras för 30 olika renoveringsåtgärder som behövs för att sänka energianvändningen med 50 procent jämfört med 1995 års nivå i hela svenska byggnadsbeståndet. De kom fram till att utsläppen är 0,35 megaton CO₂-ekvivalenter per år vilket ger en återbetalningstid på tre år och att fönsterbyte och ventilationsåtgärder står för 83 procent av totala utsläppet (Brown et al 2014).

1.3.2 Ekonomiskt perspektiv

Ekonomiska faktorer är viktiga för både utformning och genomförande av en renovering, men det som kallas ekonomi kan omfatta en rad olika perspektiv, till exempel hur lönsam en renovering är, hur den kan finansieras, hur den påverkar företagets redovisade resultat och hur man ska se på renoveringen ur ett samhällsekonomiskt perspektiv (Lind 2014). Ekonomiska analyser är underlag för beslut och ett beslut handlar om att välja mellan olika alternativ. En avgörande fråga i en ekonomisk kalkyl är att jämföra "rätt" alternativ och "rätt" utformning av respektive alternativ. Ekonomi är dock bara en aspekt att ta hänsyn till vid ett beslut, och det kan finnas en rad olika skäl att genomföra en åtgärd som inte är företagsekonomiskt lönsam och en rad skäl att inte genomföra en åtgärd som är lönsam för företaget. En företagsägare har i regel också andra mål än de rent ekonomiska. Det kan handla om miljöinriktade åtgärder och sociala insatser eller åtgärder som görs för att höja kunskapen i företaget som gör att man kan få bättre lönsamhet på sikt. Lönsamheten i en renovering beror enkelt uttryckt av fyra parametrar; hur mycket renoveringen kostar, hur mycket drift- och underhållskostnader



sjunker efter renoveringen, hur mycket hyrorna höjs och vilket avkastningskrav företaget har. Den renoveringsnivå som är rätt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är den nivå där ytterligare insatser inte kan "räknas hem" genom ytterligare minskningar av drift- och underhållskostnader och genom ökad betalningsvilja hos hyresgästerna (Lind 2014). Många projekt som har utvärderat kostnadseffektiva renoveringar har använt sig av nuvärdesberäkning och livscykelkostnadsanalys för att jämföra lönsamheten i olika renoveringsalternativ (Blomsterberg 2016, Mjörnell et al. 2014, Boss et al. 2017). För att ge möjlighet att övertyga beslutsfattare om större och mer kostsamma renoveringsalternativ har man undersökt om ett affärsmodellstänk är användbart för att synliggöra olika värdeskapande aktiviteter och effekter av en hållbar renovering (Johansson et al 2016, Gluch et al 2017). Att en omställning till mer energieffektivt bostadsbestånd inte beror på tillgänglig teknik utan är en mer komplex process av politiska beslut, juridisk och ekonomisk kunskap och inte minst samverkan med de boende är en avslutsatsarna i projektet ClueE och bekräftas i rapporten Urban Välfärd - Effektiv Energi (Norén Bretzer et al 2016).

1.3.3 Socialt perspektiv

Ett område som diskuterats mycket de senaste åren är social hållbarhet. Det är också där kunskapen är som mest fragmenterad och begreppen som olika aktörer använder kan stå för så olika saker. Social hållbarhet betyder trygghet och säkerhet för vissa personer medan det för andra betyder medskapande och dialog och en tredje menar att skapa arbetstillfällen. Det är också viktigt att ta hänsyn till om det handlar om en socialt hållbar process eller socialt hållbart resultat, och för vem, är det de som bor och vistas i området idag eller de som kommer att bo där i framtiden? Ett antal olika perspektiv på vad social hållbarhet kan betyda presenteras i en antologi om social hållbarhet med fokus på bostadsrenovering (Lind och Mjörnell, 2015).

Rapporten 15 myter om miljonprogrammen tar upp många av de förutfattade meningar som finns om miljonprogramområdena men som visar sig inte alls stämma när man tittar på statistik och frågar de som bor och verkar i områdena (Rojas 2016). En enkät skickades ut till ca 1000 personer som fick svara på frågan om vad man önskade för renovering. Invändig renovering av kök och bad samt minskning av ljud från grannar och förbättrad termisk komfort var högst prioriterade men de flesta var endast beredda att betala 1–10 procent i hyreshöjning (Mjörnell och Hiller 2018). Renovering måste utgå från hyresgästernas behov och organiseras på ett socialt ansvarsfullt sätt samt ta hänsyn till ett övergripande socialt stadsutvecklingsperspektiv och undvika åtgärder som får en segregrande effekt. Renovering måste ske med utgångspunkt från att människor ska kunna bo kvar och åtgärderna anpassas till hyresgästernas betalningsförmåga. Nätverket CRUSH (Critical Urban Sustainability Hub) har givit ut en handbok i hur de boende kan organisera sig för att undvika hyreshöjningar och gentrifiering av områden (Thörn et al 2016).

I Sverige finns det lagstiftning som säger vilka åtgärder som fastighetsägaren får genomföra och hur stor hyreshöjning en viss åtgärd får leda till. Här görs en skillnad på underhåll och investering som innebär att man höjer standarden jämfört med den ursprungliga. Ett sätt att minska riskerna för onödigt omfattande renoveringar innebär att bruksvärdepröva hyresförändringar istället för att bruksvärde-pröva hyresnivåer. Ett första steg skulle vara att överge skillnaden på underhåll och investering och istället relatera hyran till lägenhetens aktuella värden. Om det görs en förändring som ökar kundnyttan, oavsett om det är tekniska som exempelvis nya stammar eller nya fönster som leder till minskat drag, så får hyran höjas (Lind 2015). Visserligen säger hyreslagstiftningen att renovering



av hyresrätt måste godkännas av minst 51 procent av de boende men i praktiken har den enskilde hyresgästen inte särskilt mycket inflytande över renovering av den egna bostaden. Inför renovering bjuds ofta hyresgästerna in till dialog men i många fall finns det redan färdiga förslag som presenteras med små möjligheter att påverka. I Hammarkullen har man sedan några år ett Lärande Labb där man använder en modell för medskapande renovering där boende involveras och tillsammans med andra aktörer arbetar för kunskapsbyggande och gemensamt lärande (Stenberg, 2015).

Något som ofta diskuteras i samband med renovering är huruvida människor som inte har möjlighet att betala en högre hyra tvingas flytta från området. Ett verktyg som tagits fram för att analysera flyttmönster kopplat till andra faktorer såsom inkomstnivå, utbildningsnivå och förvärvsarbete är Södertörnsanalysen. Det är ett pedagogiskt statistikverktyg, som tydligt visar samhällets utveckling över tid, vilket möjliggör för beslutsfattare att analysera resultaten av olika satsningar (Södertörnsanalysen 2017).

1.3.4 Kulturhistoriskt perspektiv

För att uppnå miljömålen måste energieffektiviseringsåtgärder även göras i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Det är viktigt att utveckla och förmedla kunskap och tekniklösningar som bidrar till en energieffektivisering i dessa byggnader utan att deras värden och inventarier förstörs eller förvanskas. Inom programmet "Spara och bevara" har omfattande forskning finansierats för att studera både tekniska lösningar för energieffektivisering men även metoder för implementering och uppföljning. Där kan exempelvis nämnas risker och möjligheter med invändig isolering, nya typer av isoleringsmaterial såsom vakuuminolering (Johansson, 2015) och hampa-kalk (Strandberg-de Brunijn 2017), införandet av ventilationsåtgärder i kulturhistoriska byggnader, hybridsystem för självdrag, klimatstyrning för fukt och värme, tekniker för fönsterrenovering, framtagande av metod för statusbestämning och riskbedömning av energiuppdaterande åtgärder i byggnader, utveckling av nya policies och styrmedel för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt införandet och användandet av europeiska standarder för beslutsfattande (Spara&Bevara 2018, Andersson 2015, Bloom 2016).

Även invändig renovering har studerats med avseende på att bevara tidstypiska detaljer och material men även för att minska miljöpåverkan av renovering (Jonsdotter al. 2016). Att återbruka och återvinna material i byggprocessen är i fokus när vi går mot en mer cirkulär ekonomi och detta är högst relevant vid renovering, dels för att minska miljöpåverkan i form av inbyggd energi och resursuttag men även för att sänka kostnaden och bevara värden. Vid en workshop identifierades hinder och möjligheter för att på allvar få igång mer cirkulärt tänk i renoveringsprocessen. Viktiga resultat var vikten av en ordentlig inventering inför renovering, att projektörerna designar för återbruk, kvalitetssäkring av återbrukat material samt att det skapas en marknad för återbrukade material och produkter (Femenías et al 2017).

1.4 Renoveringsprocessen

De flesta bostadsbolag har långsiktiga planer för underhåll och renovering av sitt bestånd och gör regelbundna inventeringar och besiktning av teknisk status för att vara väl förberedda på vilka åtgärder som krävs vid en framtida renovering. Många företag har en miljöpolicy med mål för energianvändning för nyproduktion men få har mål för renovering, utan bedömer möjligheten att energieffektivisera från fall till fall och jämför olika alternativ med avseende på kostnad och teknisk



prestanda (Femenías et al 2015). Fastighetsägare står inför komplexa frågeställningar när det gäller att välja mellan att i vissa fall riva och bygga nytt eller att genomföra olika omfattande renoveringsalternativ. Inom projektet ReBo har strategier för renovering och ombyggnad av bostäder från folkhemspanneraden 1940–1960 som integrerar beslut om miljöprestanda, energieffektivitet, och ekonomi med kulturhistoriska, arkitektoniska och sociala värden tagits fram (Thuvander and Femenias 2014). Renobuild är en annan metod, som utvecklats för att utvärdera olika renoveringsalternativ för flerbostadshus och skolor ur hållbarhetssynpunkt. Metoden omfattar livscykelanalys, livscykelkostnadsanalys och analys av sociala värden för olika renoveringsåtgärder (Mjörnell et al 2014, Boss et al 2017).

Omfattande ombyggnad innebär stora ekonomiska investeringar vilket ofta leder till stora sociala förändringar och påverkar ursprunglig arkitektur och utformning. När vi nu står inför stort behov av renovering driven av teknisk förslitning men också av mål om energibesparing finns det anledning att titta tillbaka och lära av tidigare renovering och ombyggnad. En studie av ombyggnaden av två områden Högsbohöjd på 1990-talet jämfört med ett område som inte renoverats visar på vikten av väl planerad och genomförd process samt en helhetssyn på renovering (Femenias, 2015).

Renovering av bostadsområden är en lång komplex process. Forskare har följt renoveringsprocessens som indelas i följande steg; hur beslut tas och mål formuleras; samverkan och konflikter mellan värden; mål och medverkande, samt summerat ett antal rekommendationer avseende behovet av att styra upp renoveringsprocessen. De innebär att; definiera ramar och ställa upp mål och delmål, dokumentera, att använda befintliga verktyg och kunskap, samt tilldela ansvar och roller, vilka kan användas av andra bostadsföretag som står inför renovering. Vidare lyfts det positiva i att involvera de boende fram (Gluch 2017). Renoveringsprocessen av en skola har följts av en grupp forskare med syfte att identifiera hur olika hållbarhetsaspekter inkluderas i tidiga skeden och man har funnit att det mest är frågor relaterade till verksamheten som lyfts och att en mer systematisk inventering av byggnaden hade varit att rekommendera för att redan tidigt kunna ta fram realistiska åtgärdsförslag (Farsäter 2017).

1.5 Pilotrenoveringar

Under de senaste åren har det utförts renoveringar av ett antal pilotbyggnader där syftet har varit att undersöka hur långt man kan komma i energieffektivisering samt även utvärdera ny innovativ teknik och nya metoder. Bland dessa kan nämnas några som har blivit väl studerade och utvärderade ur många olika perspektiv.

Brogården är ett område med flerbostadshus byggda under miljonprogrammet ägt av allmännyttan i Alingsås och som genomgick en total renovering och uppgradering. Målet var att behålla områdets själ och kvaliteter men att åtgärda brister, framförallt genom energieffektivisering och tillgänglighetsanpassning. Målet var också att minska uppvärmningsbehovet med 75 procent och det uppnåddes med råge genom ett mycket välisolerat klimatskal kombinerat med FTX-ventilation med högeffektiv värmeväxling. Uppvärmning och tappvarmvatten sker med fjärrvärme och i de sista etapperna installerades även solceller på tak och balkongfronter för att få lokalt producerad el till tvättstugor och hissar. Ett helhetsperspektiv på renoveringen och samverkan i processen – från analys, framtagande och utvärdering av åtgärder till genomförande och utvärdering – har varit den viktigaste anledningen till att Brogården lyckats uppnå goda resultat ekonomiskt, ekologiskt och socialt samtidigt. Även om renoveringen av Brogården är unik kan tillvägagångssättet inspirera andra och bana väg för



efterföljare. Brogården ingick som ett demonstrationsområde i EU projektet BEEM-UP (Martinsson et al., 2015, Mjörnell et al. 2011).

Backa Röd är ett annat projekt där man hade höga ambitioner att sänka energianvändningen till passivhusnivå. Här började man med ett pilothus med sexton lägenheter där man gjorde omfattande studier både av tekniska lösningar såsom tilläggsisolering av klimatskal, installation av FTX, individuell mätning och debitering av varmvatten, installation av lågenergibelysning samt nya vatten-, avlopps- och elsystem. Man gjorde även omfattande kalkyler av lönsamheten för olika åtgärder. Efter genomförande av ovan nämnda åtgärder och utvärdering av hela projektet beslutade sig företaget att fortsätta med en lite mindre omfattande renovering av resterande hus men även bygga på två våningar för att få bättre ekonomi i projektet. Kostnaderna för att installera hiss och fläktrum samt för tak och fasadåtgärder kan då slås ut på alla lägenheter, även de nytillkomna, för vilka man dessutom kan ta ut nybyggnadshyra (Mjörnell, et al, 2011, Blomsterberg et al. 2015).

Tjärna Ångar är ett bostadsområde i Borlänge uppfört tidigt 1970-tal med totalt 40 hus och ca 1400 lägenheter. Grundförutsättningen har varit varsam renovering för att hålla nere kostnaderna och minimera hyreshöjningar. I pilothuset görs installation av ett lågtemperatursystem baserat på tilluft radiatorer och värmeåtervinning med värmepump. Man gör fönsterbyten och en del åtgärder på klimatskalet innanför balkonger och lufttätning. En effekt av vald teknik ska dessutom vara att utöka komfortzonen i lägenheterna så att ytor i lägenheterna nära det tidigare dragiga ytterskalet kan utnyttjas bättre.

Krögarvägen 2 i Fittja är Botkyrkabyggens pilotprojekt där man genomfört konceptet Fittja People's Palace tillsammans med NCC och Spridd. Konceptet är strategiska och välriktade mindre åtgärder som tar utgångspunkt i husets potential och stärker och bygger vidare på befintliga kvaliteter. Ett antal åtgärder som ansågs kritiska för byggnadens tekniska funktion var fönsterbyte, nya stammar, tätskikt i badrum, nya fogar i fasaden, elsystem, injustering av ventilation och värmesystem, nya hissar, tilläggsisolering och byte av takduk. Man har arbetat enligt principen "less is more" och tagit fram väl avvägda åtgärds paket för att hamna på rätt nivå utifrån nytta och hyresgästernas ekonomiska förutsättningar. Det som har varit framgångsrikt är en effektiv och konstruktiv samverkan, ett gediget arbete med mål baserade på Miljonprogramklockan, som är ett verktyg för att analysera olika renoveringsalternativ. Man har också haft en omfattande och väl genomförd dialog med hyresgäster. Renoveringen skedde med kvarboende, vilket både var en utmaning men även nyckeln till framgång. Exempel på tekniska lösningar är en luftad badrumskonstruktion "rum i rum" som visades sig vara mycket effektiv då man lyckades genomföra badrumsrenovering på mindre än fyra veckor i ett elvavåningar högt hus. För att öka tryggheten i entréer glasades både dörrar och väggpartier upp och trapphus målades ljusa. Totalt har projektet lyckats hålla kostnaderna på en nivå så att hyreshöjningen blir mindre än 20 procent.

Inom Lågan bygg har man sammanställt ytterligare ett antal inspirerande exempel på byggnader som sänkt sitt energibehov väsentligt i samband med renovering och ombyggnad. Bland dessa kan nämnas: Glasmästaregatan i Göteborg, Ålidhem i Umeå, Brf Gardisten 10 i Stockholm, Maratonvägen i Halmstad, Gröna Gatan i Uppsala, Sibeliusgången 2 i Järva, Giganten 1 och 7 på Järnvägsgatan 4 i Halmstad, Sigma Hjortvägen i Upplands Väsby och Kv Örnen i Helsingborg.



1.6 Forskning och innovation om renovering i ett internationellt perspektiv

I Europa består 75 procent av byggnadsbeståndets yta av bostäder, varav 64 procent är enfamiljshus och 36 procent är flerfamiljshus. En betydande del av beståndet är liksom i Sverige äldre än 50 år och många av byggnaderna är flera hundra år gamla. En byggboom under 1961–1990 kan konstateras. Europeiska hushåll stod för 68 procent av totala energianvändningen i byggnader och energin används huvudsakligen till uppvärmning, kyla, varmvatten, matlagning och apparater. BPIE "Building Performance Institute" tar regelbundet fram statistik över det europeiska byggnadsbeståndet i form av energianvändning samt prognoser för exempelvis potentialen för energieffektivisering (BPIE 2011).

Under de senaste åren har det pågått ett antal forsknings- och demonstrationsprojekt med fokus på energieffektivisering vid renovering inom Europa med finansiering från EU. Syftet har varit att minska energianvändningen genom diverse energieffektiviserande åtgärder både byggnadstekniska och installationstekniska samt även genom att påverka brukarnas beteende och genom att höja kunskapsnivån i branschen. Många projekt har handlat om bostäder men även kontor och skolor samt kulturhistoriska byggnader har varit i fokus. Projekten har varit av olika karaktär, allt från mer grundläggande forskning om material till tillämpad forskning om komponenter och applikationer samt demonstration av ny teknik i en byggnad och på senare år i hela områden med många byggnader (EeB PPP Project Review 2017).



2 Sammanfattning av tolv projekt

2.1 Systematisk utvärdering av hållbarhet vid renovering

Det finns ett stort behov av omfattande renovering av både bostäder och skolor i Sverige liksom i stora delar av Europa. Det beror dels på eftersatt underhåll och att renoveringar inte har genomförts i någon större omfattning men även på att det idag ställs högre krav på energieffektivisering och minskade utsläpp av växthusgaser. Fastighetsägare står inför komplexa frågeställningar när det gäller att välja mellan att i vissa fall riva och bygga nytt eller att genomföra olika omfattande renoveringsalternativ.

Renobuild är en metod, som tidigare utvecklats för att utvärdera olika renoveringsalternativ för flerbostadshus ur hållbarhetssynpunkt. Metoden har vidareutvecklats för att öka användarvänligheten och även utökats med en modul för skolbyggnader. Stor vikt har lagts vid att verktyget ska vara enkelt samtidigt som inte viktiga detaljer förloras. Verktyget har utförts i MS Excel och nya delar har programmerats för att förbättra användargränssnittet. Den ekonomiska utvärderingen utgår som tidigare från en nuvärdesberäkning men har förenklats något. Den miljömässiga utvärderingen som inkluderar energisystem, isolering av klimatskal inklusive fönster och dörrar, val av byggmaterial och distributionssystem för VVS och el har utökats med mer information om olika byggmaterial och möjlighet till att inkludera egen elproduktion. Det finns även möjlighet att lägga in data från extern miljöanalys. Den största förändringen gentemot ursprungsversionen är att analysen av social hållbarhet har ändrats från att ha utvärderat en specifik renoveringsinsats utifrån ett antal sociala aspekter till att nu analysera olika insatser som görs i samband med renovering såsom insatser på gårdar och torg, grönområden, lägenheter, trapphus och gemensamhetsutrymmen. Ett antal frågor och bakgrundsinformation ger användaren stöd i att bedöma åtgärdernas påverkan på människors livsvillkor.

Modulen Renobuild Skola utgår från insatser relevanta för skolor såsom lärosalarnas utformning och lärmiljöer utomhus etcetera. Det uppdaterade verktyget har använts för utvärdering av två skolor i Skellefteå och Växjö med tre renoveringsalternativ vardera. Dessutom har verktyget använts för utvärdering av fem alternativ för ett typiskt lamellhus från miljonprogrammet.

Fastighetsägarna som har använt verktyget har visat stort intresse för att arbeta mer systematiskt med hållbarhetsfrågor men menar att det kan finnas en tröskel för att börja använda verktyget. Om en fastighetsägare systematiskt använder Renobuild i sin renoveringsprocess och man lär sig att använda verktyget effektivt ger det en bra överblick över vilka åtgärder som är bäst ur miljömässigt, livscykelkostnadsekonomiskt och socialt perspektiv. Projektet har utförts av RISE i samverkan med Skellefteå och Växjö kommun.

2.2 Riskanalyser av nya innovativa fasadsystem för energieffektivisering av miljonprogrammets byggnader

I samband med renovering och energieffektivisering av byggnader från miljonprogrammet görs i vissa fall en tilläggsisolering av fasaden. Det finns olika system, till exempel prefabricerade element av betong och isolering som monteras utanpå den befintliga fasaden, isolering av olika slag som monteras direkt på den gamla fasaden och som sedan putsas på utsidan eller ventilerade system med fasadskivor. Med erfarenheter från problem med inläckage i fasader med puts på isolering, så kallade



ETICS (Externa Thermal Insulation Composites Systems), men även andra typer av fasader och de över 100 provningar som tidigare gjorts kan det konstateras att det är väldigt svårt att göra fasader regntäta och att det behövs mer kunskap om mekanismerna som medverkar till inläckage för att i framtiden kunna utforma anslutningar och genomföringar som bättre klarar slagregn.

Inom projektet har simuleringar utförts med hjälp av experimentella metoder för slagregn på fasader med olika typer av detaljer och vatteninträngningens storlek har analyserats. Fyra olika typer av fasadsystem har studerats med avseende på inläckagemängd vid olika slagregnsbelastning. Olika sektioner i fasaderna har monterats med olika grad av noggrannhet. En sektion har monterats av utbildad personal, en av utbildad personal och en har monterats med avsiktliga brister.

Resultatet från studien visar att det inte var möjligt att åstadkomma ett regntätt system vid fönsterdetaljer ens med noggrant montage med tätningsmaterial utfört av utbildad personal. Ytterligare en studie gjordes för att studera effekten av olika detaljers utformning på regntätheten. Sju otätheter typiska för olika anslutningsdetaljer skapades i ett fasadelement. Resultatet från denna studie visar att inläckaget är i storleksordningen 2 procent av påförd regnbelastning och att det för många otätheter läcker oavsett om det finns ett vindtryck eller inte. Det har även konstaterats att enbart vattenstänk kan ge upphov till inläckage. Dessutom mättes inläckage i några verkliga byggnader och inläckage kunde konstateras både i ventilerade och oventilerade fasadsystem utan uppenbara fel eller avvikelser i utförandet.

Som komplement till studier på fasader i labb och fält har mekanismen för vatteninträngning i små och stora slitsar och hål studerats. Här visades att små hål, speciellt om det finns en liten yta framför, kan samla upp vatten och har ett inläckage på cirka 2 procent av påförd vattenmängd medan små hål och smala sprickor utan någon vatteninsamling har inläckage på cirka 1 procent. Baserat på kunskap som erhållits i projektet kan nu bättre riskvärderingsverktyg tas fram vilket ger förutsättningar att designa fasadsystem som är säkrare mot inläckage i framtiden.

2.3 Användning av värmeåtervinning i miljonprogrammet

En betydande energieffektivisering kan uppnås genom att sätta in moderna ventilationssystem med värmeåtervinning i hus byggda under miljonprogrammet 1965–1975. Införandet av så kallat FTX-system där värmen från frånluften kan användas för att värma tilluften. Systemet är vanligt vid nyproduktion men har fortfarande inte fått någon stor genomslagskraft i befintlig bebyggelse troligtvis beroende på att investeringskostnaden är relativt hög. Flerfamiljshusen från miljonprogrammet har vanligtvis frånluft eller frånluft-tilluft utan värmeåtervinning och att byta till FTX kan avsevärt minska energianvändningen. Fördelen med FTX är att komforten förbättras för de boende genom att tilluften kontrolleras, vilket medför minskad risk för drag. Tilluften filtreras vilket ger renare luft och mindre nedsmutsning i lägenheterna och tilluft via fönster kan stängas vilket minskar störande ljud utifrån. Vid renoveringar av höga hus kan FTX vara ekonomiskt attraktiv och i många fall lönsamt men för låga hus blir installationerna relativt sett mer komplicerade och dyrare.

Två olika FTX-system har installerats i flerfamiljsbyggnader i området Kvinneby i Linköping för att undersöka hur stor energieffektiviseringspotentialen är med enbart FTX och vilka mervärden som kan fås. Det ena huset hade ett F-system och byggdes om till FTX och det andra huset hade ett FT-system som byggdes om till FTX. Dessutom fanns två identiska referenshus som lämnades med ursprungligt ventilationssystem som jämförelse. Noggranna mätningar utfördes både före och efter installation av



FTX. Mätningar gjordes av inneklimat i lägenheterna och brukarnas upplevelse studerades med hjälp av en brukarenkät. Energimätningar gjordes på byggnadsnivå fördelat på värme, tappvarmvatten respektive elanvändning, lufttäthet, termografering samt av uteklimatet.

Det här är en unik studie då den uppmätta energibesparingen endast är effekten av installerat FTX-system då det är den enda åtgärden som utförts. Resultatet visar att energianvändningen är 23 procent lägre i byggnaden som hade FT-system från början och 24 procent lägre i byggnaden som hade ett F-system. Installation av FTX har också en positiv effekt på inneklimatet. Trots att antalet svar från enkäten inte var så hög så upplever de boende i FTX-husen samma eller bättre inneklimat än före installationen. De anger att de har mindre problem med att bli av med fukt och inga boende i FTX-husen har imma på fönster. Man har även mindre problem med lukt, låg rumstemperatur och drag.

Resultaten visar dock att energieffektiviseringen inte enbart kan motivera investeringarna för de nya ventilationssystemen. Inget av de två utbytena till FTX ger ett positivt nettonuvärde. Inköp av aggregaten står för en liten del av investeringen medan den största delen är arbetskostnader för ombyggnad av taket, nytt fläktrum och nytt kanalsystem för tilluft i huset med ursprungligt frånluftssystem. Ett sätt att få bättre lönsamhet vid installation av FTX-system är att samtidigt bygga på en eller två våningar så att fler lägenheter delar på investeringen.

Några lärdomar som speciellt lyfts fram från projektet är vikten av att göra en noggrann förstudie, gärna med inventering av varje lägenhet, vilket kan minska entreprenadkostnaden och ge samordningsfördelar. Provmontage av nya installationer för att upptäcka eventuella problem tidigt är en annan rekommendation liksom att ha bra rutiner för information till de boende före, under och efter entreprenaden. Svårighet vid mätningar och vid installation av mätutrustning har varit andra utmaningar.

2.4 Renovering av småhus till passivhusstandard

Svenska småhus byggda 1961–1980 står för en tredjedel av Sveriges totala energianvändning. För att Sverige ska uppfylla målet att halvera energianvändningen till 2050 måste energieffektiviseringen öka eftersom den största delen av energianvändningen kommer att ske i befintliga hus. Enligt BETSI-studien hade 70 procent av alla besiktigade småhus någon typ av skada och är således i behov av renovering vilket öppnar för möjligheten att samtidigt utföra energieffektiviseringsåtgärder, dels för att sänka driftskostnaderna men även för att sänka utsläppet av växthusgaser.

Syftet med projektet var att utvärdera kostnadseffektiva renoveringsåtgärder anpassade för att energieffektivisera svenska småhus byggda 1961–1980 till passivhusstandard enligt FEBY12. Livscykelkostnadsanalys användes för att utvärdera hur kostnadseffektiva olika kombinationer av renoveringsåtgärder var. Beräkningarna utgick ifrån fyra referenshus, i Malmö, Göteborg, Stockholm och Umeå. Resultaten visar att det är möjligt att sänka energianvändningen cirka 65 procent i alla referenshus men att det endast i två av referenshusen är motiverat att göra så omfattande åtgärder så att de kommer ned till passivhusnivå. Genom känslighetsanalys av olika parametrar kunde det visas att det teoretiskt går att sänka energianvändningen för uppvärmning med upp till 80–90 procent. Man har dessutom undersökt möjligheten att nå netto-nollenergi genom lokal produktion av förnybar energi med exempelvis ett solcellssystem för elproduktion men det visade sig inte vara kostnadseffektivt när analysen genomfördes. Resultaten visar att det i många fall är möjligt att uppnå netto-nollenergi beroende på lokalisering och vilket typ av värmesystem som finns i huset. Effekten av



energieffektiviseringsåtgärderna på den termiska komforten och fuktsäkerheten i byggnaden studerades och man kunde konstatera att det troligtvis kommer att bli övertemperaturer i husen men genom att installera någon form av solskydd exempelvis persienner kan dessa problem minskas. Fuktsäkerheten förbättras genom att införa föreslagna renoveringsåtgärder i samtliga fall. De utvärderade renoveringspaketen i referenshusen skulle sannolikt kunna genomföras i många liknande hus och vara kostnadseffektiva i de fall husen ändå är i behov av renovering, vilket innebär att endast marginalkostnaden för att sänka energianvändningen beaktas. Det är dock viktigt att göra en utvärdering av lämpligt renoveringspaket för varje enskild byggnad då lokaliseringen har stor inverkan på vilka renoveringsåtgärder som är nödvändiga för att uppfylla passivhuskraven och att de i vissa fall kräver lokal energiproduktion. Den mest kostnadseffektiva enskilda åtgärden var att installera en frånluftvärmepump och den minst kostnadseffektiva var att installera nya fönster. I hus med direktverkande el för uppvärmning var passivhusrenovering det mest kostnadseffektiva alternativet.

2.5 Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder

Idag funderar vi mycket på klimatpåverkan av den energi vi använder för att värma upp och ventilera våra bostäder men även den inbyggda energi som går åt för att producera material för att bygga bostäderna. Men hänsyn måste också tas till de material som används för att göra invändig renovering och ombyggnad av lägenheter för att anpassa dem till boendes behov och önskemål. Frågan är hur stor denna miljöpåverkan är jämfört med att bygga och driva huset under dess livslängd. Det långsiktiga målet är en arkitektonisk utformning av byggnaderna som minskar behovet av renovering och ombyggnad vilket minskar klimatpåverkan orsakad av tillverkning av material och produkter.

En studie av hur mycket invändig renovering och ombyggnad som genomförts och uppskattad miljöpåverkan av denna har utförts i fem bostadsrättsområden, fyra i Göteborg och ett i Stockholm. Enkäter har skickats ut till boende som fått svara på frågor om och hur de har renoverat och byggt om i sina lägenheter. Trots att områdena är relativt nya, de uppfördes under perioden 2001–2008, har de renoverats och byggts om i större omfattning än vad forskarna hade förväntat. De vanligaste orsakerna till att man renoverat är bristande kvalitet på material och utrustning, dålig planlösning, bristande förvaring, dålig ljudisolering samt behov av fler sovrum. De åtgärder som man vanligtvis gjort var: nya ytskikt, nya vitvaror i kök, tillägg och flytt av garderober, byte av kök samt ombyggnad för att få flera rum. Enkätundersökningen kompletterades med ett antal intervjuer. Baserat på underlaget från de boende gjordes uppskattningar av hur stor klimatpåverkan var för ombyggnaderna i en lägenhet. Klimatpåverkan har beräknats för de åtgärder som genomförts genom att undersöka de material som förts till eller tagits bort. För analysen har verktyget Anavitor använts.

Resultatet visar att renovering och ombyggnad extrapolerat till 50 års livslängd motsvarar 22 procent av den klimatpåverkan som lägenheten bidrog till när den byggdes, medan vad som anses vara normalt underhåll motsvarar mindre än 13 procent. Klimatpåverkan av inre renovering och ombyggnad satt i relation till byggnadens energianvändning vid drift kommer till stor del att bero på byggnadens energiprestanda och på vilken energityp som används men slutsatsen är att efterhand som byggnaderna blir mer energieffektiva och klimatpåverkan av energitillförsel mindre kommer inre renovering och ombyggnad att stå för en allt större andel. Byggreglerna kan vara en orsak till ombyggnad, exempelvis där kök och badrum utformats för att uppfylla tillgänglighetskravet men där funktionen blivit dålig enligt de boende. Genom en annan utformning av regelverket skulle en del



dåliga lösningar kunna undvikas. I dag saknas det ofta möjlighet för arkitekten att få återkoppling på hur boende upplever lägenheten under bruksfasen. Anpassningsbarhet och flexibilitet borde vara i fokus vid utformning av lägenheter. Dessutom behövs fler studier av verklig livslängd hos material och komponenter. Möjlighet för högre grad av återbruk och återanvändning är nödvändiga i framtiden.

2.6 Prefabricerade fasadelement för renovering

I Europa har man genomfört demonstrationsprojekt för att visa att det går att uppfylla mål på kostnadseffektiva energieffektiviseringslösningar med multifunktionella fasadlösningar. Med multifunktionella fasader menar man en kraftig tilläggsisolering av klimatskärmen kombinerat med en integration av aktiva värme- och ventilationssystem i ett prefabricerat fasadelement som kan installeras på en befintlig byggnad. Det kan ingå såväl passiva som aktiva komponenter såsom ventilation med värmeåtervinning och energiproduktion genom solceller.

I Österrike har en flerfamiljsbyggnad renoverats med ett prefabricerat fasadelement med integrerat värmesystem och ett nyutvecklat aktivt solenergisystem. Byggtiden kunde minskas avsevärt och man kunde renovera med kvarboende. Det nya uppvärmnings- och varmvattensystemet integrerades i fasaden.

Syftet med det svenska projektet var att undersöka förutsättningar, funktioner och koncept som skulle kunna passa vid renovering av svenska flerfamiljshus. Projektet utfördes i tre steg: Först kartlades tekniker och koncept för multifunktionella fasader och lämpliga komponenter. Därefter utfördes dynamiska energisimuleringar med IDA ICE och ekonomiska beräkningar med LCP (livscykelkostnadsvinst). Det tredje steget innebar att utveckla koncept av prefabricerade multifunktionella fasadelement anpassade till renovering av svenska flerfamiljshus. Som referenshus användes ett lamellhus med tre våningar och arton lägenheter och ett skivhus med nio våningar och hundrafem lägenheter. En multifunktionell fasadlösning med nya tilluftskanaler integrerade i tilläggsisoleringen har jämförts med mer traditionella energieffektiviseringsalternativ som referens.

Resultatet visar att den optimala placeringen av ventilationskanalerna är nära den befintliga väggen. En slutsats från projektet är att tilläggsisolering av fasad inte i sig räcker för att uppfylla BBRs krav på energianvändning. Det behövs ytterligare åtgärder såsom isolering av tak, nya dörrar och fönster och dessutom värmeåtervinning av ventilationsluften för att minska energianvändningen för referenshuset med 55 procent. Den mest lönsamma renoveringslösningen för svenska förhållanden är en multifunktionell fasadlösning med integrerade tilluftskanaler i en prefabricerad tilläggsisolering samt att frånluftskanalerna förbättras och att värme återvinns i ett centralt ventilationsaggregat. Återbetalningstiden för en sådan lösning är 40 år för referenshuset. Lönsamheten för att integrera solceller i fasad är lägre.

2.7 Miljontak – Takrenovering med solceller

Investeringar i solel har ökat kraftigt de senaste åren främst till följd av sjunkande priser men också till följd av investeringsstöd. Intresset är stort hos fastighetsägare att investera i solel för ökad klimatnytta men osäkerhet och brist på kunskap måste hanteras. Osäkra underlag till lönsamhetskalkyler samt bristande kunskap om teknikens möjligheter och begränsningar är anledningar till varför installation av solel inte görs i den omfattning som skulle krävas för att uppnå målen i Energimyndighetens solstrategi från 2016 att solel ska stå för 5–10 procent av svenska



totalproduktionen om 20 år. Behovet av att renovera taken i byggnader byggda under miljonprogrammet öppnar en möjlighet att kombinera ett nytt tak med installation av solceller. Den potentiella ökningen av solet i det svenska energisystemet enbart genom att installera solceller på dessa tak uppskattas vara 0,2 TWh per år.

Inom projektet Miljontak har förutsättningarna för hur ett industrialiserat koncept för renovering av plana tak samt installation av solceller kan göras med ett prefabricerat låglutande sadel- eller pulpettak med integrerade solceller. Två alternativa konceptlösningar har tagits fram och dessa har även jämförts med alternativet att göra takrenovering och installation av solceller platsbyggt på sedvanligt sätt. Att installera solcellerna i fabrik istället för utomhus på taket bedöms vara kostnadsbesparande medan kostnaden för själva takkonstruktionen beräknas bli lägre om den byggs på plats. Däremot blir tiden för renovering mindre och kostnader för ställning, värderskydd och evakuering av boende lägre än vid en traditionell takrenovering. Dessutom tillkommer en del yta under det nya taket som kan användas som utrymme för installationer.

Koncepten som tagits fram ska enligt analysen ge ett stort bidrag till att täcka byggnadens energibehov men en hög egenanvändning av solenergin är en förutsättning som begränsar lönsamheten för de generöst dimensionerade koncepten med nuvarande utformning av incitament. Möjligheten att bygga till våningsplan och därmed skapa mer uthyrningsbar yta i samband med takrenovering skulle ge ytterligare investeringsutrymme för mer omfattande renovering. Jämfört med att utföra takrenovering på plats med efterföljande installation av solceller visar kalkylen att totalkostnaden inte behöver öka.

Prefabricerade takelement med integrerade solceller har goda förutsättningar att få öka acceptans på marknaden. Om lönsamheten på solcellerna i framtiden inte begränsas av ett lågt värde för överskottsel finns det incitament att bygga en så stor solcellsanläggning som möjligt. Processen för takrenovering med integrerade solceller behöver studeras och vidareutvecklas och i den mån det är möjligt standardiseras. Bland annat behövs riktlinjer för arkitektonisk utformning och hantering av bevarandekrav belysas.

2.8 CFD-analys av värmetransport i nya innovativa energieffektiva fasadsystem

Det finns ett behov att utveckla hållbara energieffektiva teknologier och utforma nya modulsystem som kan användas vid renovering av fasader för att minska energianvändningen hos de många byggnader som byggdes under miljonprogrammet. Syftet med det innovativa systemet som har utvärderats i denna studie är också att ta hand om fukt. Modulsystemet består av ett tjockt skikt av polystyrenisolerings täckt med ett metallskikt. Modulen monteras på den existerande fasaden med en luftspalt. Syftet med luftspalten är att ventileras bort fukt som transporteras från insidan ut genom väggen mot den kalla sidan som vanligtvis har lägre tryck. Genom att ventileras spalten är tanken att fukttransporten ska gå snabbare och därmed minska potentiell mögelväxt. Det är viktigt att utforma luftspalten så att fukten tas hand om utan att minska på den ökade isolerande effekten som modulen bidrar till. CFD-analys (Computational Fluid Dynamics) av värme och masstransport har använts för att förutsäga värmetransport genom modulsystemet. I luftspalten verkar tre olika värmetransportmekanismer. Den första är värmetransport orsakad av densitetsskillnader i luftspalten till följd av temperaturvariation i luften. Fenomenet kallas naturlig ventilation. Den andra är värmeöverföring som beror på materialens förmåga att överföra energi mellan två ytor med olika temperatur. Den sista är värmetransport via elektromagnetisk strålning som emitteras och tas upp av



alla material över $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. I studien har värmetransporten analyserats i två luftspalter med temperaturförhållanden som är relevanta för svenskt klimat. Syftet var att med CFD-modellering undersöka effekten av energiförluster genom det nya modulsystemet som kan användas för att tilläggsisolera befintliga fasader, analysera värmeförlusten genom väggen orsakad av de tre olika värmetransporterna (konvektion, ledning och strålning), samt validera simuleringen med experimentella studier. Resultaten visar att värmeledningen nära den varma sidan som beräknats genom datorsimuleringen är i samma storleksordning som experimenten. Tjockleken på luftspalten spelar en betydande roll för värmetransporten och varierar cirka sju procent på den så kallade varma sidan. Projektet har utförts i samverkan med tillverkaren BoxModul.

2.9 Superisoleringsmaterial i byggnader

Högprensterande isoleringsmaterial (superisoleringsmaterial, SIM) kan användas för att förbättra den termiska prestandan hos byggnaders klimatskal då värmeledningsförmågan hos SIM är två till fem gånger lägre än för konventionella isoleringsmaterial. Både VIP (vakuumisoleringspaneler) och APM (avancerade porösa material) har använts i byggnadstillämpningar under de senaste femton åren vilket också begränsar erfarenheterna av de praktisk tillämpning. Teoretiska analyser tyder på att de förväntas uppfylla kraven på hållbarhet i femtio år. Syftet med studien är att synliggöra applikationer inom byggsektorn, utveckla experimentella och numeriska verktyg för att tillhandahålla tillförlitliga data till slutanvändarna, skriva riktlinjer för en säker installation samt stödja standardiserings- och bedömningsförfaranden samt förbättra kunskapen och förtroendet hos användaren. Studien har fokuserats på två olika typer av superisoleringsmaterial: APM och Vakuumisolering. I avancerade porösa material (APM), sker värmeöverföringen via gasen i porerna och hindras av att porerna är mycket små. Exempel på avancerade porösa material är granulat av kisel aerogel, kisel aerogelkompositer, organiska aerogeler samt syntetisk amorf kiselbaserad skiva. Värmeledningsförmågan varierar mellan $0,009$ och $0,040\text{ W/(mK)}$. Vakuumisoleringspaneler (VIP) består av ett poröst kärnmaterial, vanligen kiseldioxid eller glasfiber, omsluten av ett tunt skyddshölje av cellulosa fiber och en luft- och ångbarriär av metalliserat plastlaminat eller aluminiumfolie. Värmeisoleringsförmågan hos vakuumisoleringspaneler försämras när de åldras men är fortfarande bättre än luftens. Studien har bland annat gått igenom vilka standarder som finns för APM och VIP, vilka materialparametrar som är av intresse att utvärdera såsom värmeledningsförmåga, inre tryck och åldringsbeteende. Det har också gjorts en genomgång av praktiska applikationer i fullskala. Slutligen ges rekommendationer om hur superisoleringsmaterial kan användas i praktiken. En utvärdering gjordes av användning av SIM i ett tänkt renoveringsprojekt med hänsyn till både den ekonomiska och miljömässiga återbetalningstiden och resultaten visar att det är svårt att nå de miljömässiga och ekonomiska målen i nordeuropeiska länder. SIM kan dock vara ett alternativ i kulturhistoriska byggnader där konventionella isoleringsmaterial inte kan användas pga. krav på bevarande av kulturhistoriska och arkitektoniska värden, såsom begränsning av isolerings-tjocklek. Projektet har utförts i samverkan mellan Chalmers och företagen Powerpipe Sweden AB och BASF AB.

2.10 Ny metod för mätning av värmeförlust från byggnader

För att utvärdera olika åtgärder för energianvändning i byggnader används ofta energisimulering. Det stora problemet är att resultatet från energisimuleringen underskattar det verkliga energibehovet. För att en energisimulering ska bli träffsäker måste modellen valideras mot verkliga data, det vill säga beräkningsresultaten från modellen jämföras med verkliga mätningar på byggnaden såsom



temperaturer och värmeisoleringsförmåga för byggnadens väggar. Projektet har utvecklat en ny metod för att mäta värmeflöde, omgivningstemperatur och därigenom väggens värmegenomsläpplighet (U-värde) genom att använda en solair-termometer (SAT) som är en metallplatta som placeras på ett isolerande underlag (husväggens ytteryta) i kombination med värmekamera. Metoden bygger på en gammal teori som publicerats decennier tillbaka men som inte blivit känd. Två utomhusstudier genomfördes vintertid för att utvärdera metoden att mäta omgivningstemperatur och värmegenomgångskoefficient med SAT-sensorer och resultaten visar att det är möjligt. Metodiken vidareutvecklades därefter i en laboratoriestudie. En kravspecifikation för mätning av U-värden har tagits fram. Projektet har genomförts i samverkan mellan Umeå universitet och AB Bostaden.

2.11 Varsam energieffektiv renovering i Tjärna ängar

Tjärna Ängar är ett bostadsområde i Borlänge uppfört under tidigt 1970-tal med totalt fyrtio hus och cirka fjortonhundra lägenheter. Grundförutsättningen har varit varsam renovering för att hålla nere kostnaderna och minimera hyreshöjningar. Med varsam energieffektiv renovering vill man bidra till en halverad energianvändning i Sveriges byggda bestånd. Det valda renoveringspaketet ska dessutom harmoniera med fjärrvärmesystemet och minska byggandens klimatpåverkan. Kostnadseffektivitet är en förutsättning för byggherrens beslut om åtgärder som ska skapa modell för renoveringarna i resterande byggnader på Tjärna Ängar-området. I detta projekt är målet att tydligt redovisa och paketera åtgärder enligt bostadsbolagets kriterium om 5 procent avkastning. Inom projektet har åtgärder utförts i ett pilothus med trettiosex lägenheter. Man har installerat ett lågtemperatursystem baserat på tillufradiatorer och värmeåtervinning med värmepump samt gjort fönsterbyten och en del åtgärder på klimatskalet innanför balkonger och även lufttätningsåtgärder generellt. Målsättning var att vald systemlösning ska vara enkel och robust, vara driftsäker och väsentligt förbättra inomhusklimatet. En effekt av vald teknik ska dessutom vara att komfortzonen i lägenheterna utökas så att ytor i lägenheterna nära det tidigare dragiga ytterskalet kan utnyttjas bättre. Kvalitativa intervjuer och experimentella komfortmätningar har gjorts såväl före renovering som efter renovering för att verifiera komforthöjning, engagera boende och stödja intrimning av system. En frånluftvärmepump valdes då fördelarna är att befintliga frånluftskanaler kan användas vilket ger lägre kostnad och lägre resursanvändning än FTX (frånluft-tilluft med värmeåtervinning) och kräver inte heller samma lufttäthet i byggnadsskalet som FTX system. Frånluften är dessutom en stabil värmekälla även när det är som kallast. För att kompensera för ökat elbehov som frånluftsvärmepumpen kräver samt att minska klimatpåverkan så installeras solceller på taket. Projektet sker i samverkan mellan AB Stora Tunabyggen Borlänge och Högskolan i Dalarna.

2.12 Energieffektiv renovering av murade ytterväggar

Ytterväggar i armerat murverk var vanliga i byggnader från perioden 1940–1975. Dessa armerades med oskyddat armeringsstål i tron att kalkcementbruket skulle skydda stålet mot korrosion. Den skyddande effekten avtar med tiden och skador med armeringskorrosion har uppkommit med sprickbildning och i en del fall frostsprängning som följd. I projektet har laboratorieförsök utförts för att utvärdera olika förstärkningar. Väggarna har varit tre meter höga och en meter breda och bestått av tegelmurverk av två murverkskvaliteter, ett starkt och ett svagt murbruk. Som förstärkning har ett armeringsnät av stål bäddats in i ett putsskikt. Resultaten visar att med den utvecklade förstärkningstekniken kan väggarnas bärförmåga mer än fördubblas och i vissa fall tredubblas. Det innebär att delar av fukt- eller frostskaade väggar kan rivras, förstärkas och sedan byggas på med mer



isolering. Den tillförda förstärkningen innebär också att ytterväggarnas bärförmåga ökar jämfört med tidigare, vilket öppnar för möjligheten att bygga till på höjden.



3 Förutsättningar för nyttiggörande

Syftet med syntesen är dels att ge en sammanfattning av kunskapsläget om renovering samt en sammanfattning av de projekt som genomförts inom E2B-programmet med relevans för renovering men även att undersöka förutsättningar för uppskalning, replikering och omsättning av projektresultat till praktisk nytta samt ge förslag på hur projektresultaten kan omvandlas till praktisk nytta.

3.1 Identifiera former för praktisk nytta/nyttiggörande

Med former för praktisk nytta menar vi olika typer av nyttiggörande såsom ekonomisk, miljömässig, tidsmässig, kvalitetsmässig, hälsomässig, komfortmässig eller bevarandemässig vinning med att använda produkten, metoden, processen.

3.2 Förutsättningar för uppskalning av projektresultat

Med uppskalning menas att gå från prototyp (mock-up i labb, materialprov, simulering, utvecklat verktyg) till att använda denna i full skala vid projektering, tillverkning i fabrik eller på byggsplats i en renoveringsprocess på en eller fler byggnader, under kontrollerade former och med kontrollerad uppföljning. Nedan följer ett antal förutsättningar som är viktiga för att lyckas.

3.2.1 Demonstration i full skala

För att kunna demonstrera innovativ teknik eller metoder i fullskala måste det finnas tillgängliga byggnader som ägs eller förvaltas av fastighetsägare som är villiga att upplåta dessa som demonstrationsbyggnader. Det innebär att de måste ta en risk med att implementera ny teknik eller metoder som är oprövade i full skala. Det kan innebära att tekniken måste bytas ut inom några år som i sin tur kan innebära ökade kostnader för reparation och underhåll i många år framöver. Det kommer att innebära ökade kostnader vid inköp av produkt och vid montage. Fördelarna som kan fås är att en produkt eller process som medför stora besparingar i till exempel energianvändning, förbättrad termisk komfort, säkrare bedömning inför renovering, längre livslängd, minskat underhåll samt bevarande av kulturvärden.

En förutsättning för att få igång demonstration kan vara att det finns tillgängligt kapital för att täcka extra kostnader för inköp av ny teknik och för uppföljning. Det kan t.ex. handla om att det ska finnas möjlighet att söka medel för demonstrationer. Ett exempel på sådana stödformer är VINNOVAs UDI där medel finns för förstudie, utveckling och demonstration som söks i ett trestegsförfarande.

Det handlar inte alltid om kostnader utan även om att det ofta tar lite längre tid att genomföra demonstrationsprojekt. Ett exempel är utvärdering av långtidsegenskaper i vacuumpaneler eller beständigheten hos nya typer av förstärkning av murade konstruktioner där resultaten inte kan utläsas förrän efter flera år.

Ett annat exempel är att en simulering som har utförts för att utvärdera ett fasadsystem som ska användas för tilläggsisolering av befintliga fasader, bidrar till att företaget känner sig trygg med att använda systemet i full skala. En förutsättning för uppskalning är dock att de moduler som



simuleringarna har utförts på även demonstreras i fullskala för att både leverantör och användare ska känna sig trygg med produkten och funktionen.

3.2.2 Acceptans för nya sätt att tänka

Förutsättningar för nya sätt att mäta, utvärdera, beräkna och simulera etcetera ska kunna skalas upp är att de får acceptans både från akademien och från sektorn och att aktörerna tar till sig kunskapen och börjar testa det nya arbetssättet om än bara i mindre skala.

Ett exempel på ett nytt sätt att mäta är metoden att mäta det yttre övergångsmotståndet i ytterväggar. Metoden förenklar mätningen och förbättrar uppskattningen av värmeförluster från byggnaden. Nyttan är ökad säkerhet i energiberäkningar och åtgärdsförslag.

Ett annat exempel är analys av miljöpåverkan vid invändig ombyggnad och renovering. Hittills har stor vikt inte lagts vid att titta på miljöpåverkan av inre ombyggnad och renovering och man har inte haft någon aning om i vilken omfattning invändig renovering sker och hur stor miljöpåverkan det bidrar med. Resultaten visar att miljöpåverkan är omfattande och behöver tas i beaktande. En förutsättning för att resultaten ska skalas upp är att metoder för inventering och miljöbedömning tillämpas i fler projekt och att fastighetsägare har som målsättning i varje renoveringsprojekt att minska miljöpåverkan av invändig ombyggnad och renovering. Målsättningen skulle även kunna införas på nationell nivå som krav i ombyggnadsregler, exempelvis i form av krav på att göra livscykelanalys vid såväl ombyggnad som renovering på samma sätt som det troligtvis kommer krav vid nybyggnation.

3.2.3 Utöka teamet med kompletterande kompetens

För att gå från mock-up till uppskalning krävs det ofta att mer expertis involveras och då även potentiella användare av produkter, system, metoder, verktyg och arbetssätt.

Ett exempel kan vara utvärdering av superisoleringsmaterial där man för att ta nästa steg troligtvis behöver involvera projektörer som ska föreskriva materialet. Det kan vara projektörer som designar tilläggsisolering, bebyggelseantikvarier som ska bedöma materialets lämplighet i känsliga miljöer, montörer som ska montera materialet, fastighetsägare som ska upphandla, använda och förvalta byggnader med det nya materialet. Det är viktigt att dessa aktörer tas tidigt i projektet för att deras erfarenheter och kunskap ska beaktas genom hela processen.

3.3 Förutsättningar för replikering av projektresultat

Med replikering menar vi att använda en produkt, ett system, en metod (simulering, mätning, verktyg) i flera byggnader och processer som ska användas av flera användare som inte var med i framtagningen av produkten, systemet, metoden eller processen. Det ska till exempel användas på flera platser, i flera sammanhang, och av flera organisationer.



3.3.1 Kommunikation och lansering

En av de viktigaste förutsättningarna för replikering är att resultatet tillgängliggörs och sprids till branschen. Ett exempel är renoveringsåtgärder för småhus där projektresultaten måste kommuniceras med alla Sveriges småhusägare. En sådan kanal skulle kunna vara Informationscentrum för hållbart byggande, ICHB.

Ett annat exempel är Riksbyggen som har testat FTX-system i två av deras egna byggnader med hyresrätter. Trots att resultatet inte helt tydligt visade att det var ekonomisk försvarbart i demonstrationshusen som hade endast två våningar och begränsat antal lägenheter, så är Riksbyggen dock positiva till att använda systemet i flera fastigheter och gärna i högre hus. Man ser ett behov att sprida kunskap och information av resultaten och fördelarna både ekonomiska och miljömässiga, till bostadsrättsföreningarna så att dessa kan implementeras i större skala. För detta ses Nationellt renoveringscentrum som spridningsarena. Resultat som rör flerfamiljshus skulle också kunna kanaliseras via BeBo eller SABO.

Över lag så bör kännedom om befintliga nätverk för grupper av olika fastighetsägare BeBo, BeLok, BeSmå och BeLivs öka bland fastighetsägarna. Dessa nätverk kan hjälpa till med att kanalisera kunskap och resultat från forskningsprojekt till specifika grupper av fastighetsägare.

Ett exempel är verktyget Renobuild som vidareutvecklats från att ha varit ett verktyg med begränsad användarvänlighet som använts främst av forskare, till en applikation som är fritt tillgänglig med ett användarvänligt gränssnitt. Det har nu använts av några få användare. Förutsättningarna för att verktyget ska användas av en bredare publik är att fler få kännedom om verktyget och nyttan av att använda det samt information och utbildning i att använda verktyget. För att nå en bredare användarkrets kan det finnas behov av en lansering som skulle kunna innebära att man gör en "roadshow" i landet för att nå grupper av potentiella användare som inte brukar ta del av E2B2s rapporter.

I projektet Tjärna Ångar har man arbetat med varsam renovering med åtgärder som inte innebär så stora hyreshöjningar men minskat energianvändningen och samtidigt ökat komforten avsevärt. Man har även gjort djupintervjuer med boende för att förstå deras upplevelse av termisk komfort. Projektledaren pekar på att de sociala delarna såsom intervjuer med boende har skapat ökad förståelse för problem med termisk komfort vilket är viktigt att kommunicera eftersom dessa frågor är relativt nya för fastighetsägare att arbeta med. Det kan motivera att de tekniska lösningarna replikeras i större skala.

3.3.2 Användarperspektivet

Förutsättningar för replikering kan vara att användarperspektivet tas in tidigt. I projektet Tjärna Ångar trycker man på vikten av att inkludera förvaltningskompetens i kommande renoveringsprojekt.

Riksbyggen lyfter vikten av att ta med beteendeperspektivet så att tekniken blir användarvänlig.

3.3.3 Visa på lönsamhet

En annan viktig förutsättning är att ta fram säkrare ekonomiskt underlag för att ta nya produkter till marknaden. Ett exempel är vakuuminisolering för fjärrvärmerör där Danmark har varit mer proaktiva och vågat testa produkten i flera km rör medan Sverige endast har några få meter som demonstration



där resultat inväntas från långtidsprovningar innan man vågar gå vidare och installerar mer. En orsak kan vara de högre energipriserna i Danmark och att den ekonomiska vinsten blir högre vilket medför att en högre risk kan tas.

3.3.4 Efterfrågan på marknaden

För att överhuvudtaget skapa en efterfrågan av den nya produkten, systemet eller metoden så måste den finnas tillgänglig på marknaden. Det måste finnas ett företag som är beredd att ställa om sin produktion så att den nya produkten kan produceras. Det kan handla om prefabricerade element, solceller integrerade i takmoduler eller liknande. För installation av FTX-system behövs det exempelvis koncept för kanaldragning i lägenheter. Det krävs också kännedom om vilka företag som levererar produkter och att fastighetsägarna bjuder in dessa för diskussion tidigt i projekten för att de ska få möjlighet att presentera sina koncept. Kommer de in för sent så fördyras design och installation ofta.

3.3.5 Politiska styrmedel

Politiska styrmedel kan användas för att höja intresset för implementering av ny teknik, såsom stöd för exempelvis installation av solceller och kan vara det som får en fastighetsägare att fatta beslut att investera i ny teknik.

3.3.6 Certifiering

Om det påvisas att det finns en efterfrågan på marknaden av en ny produkt som inte omfattas av befintliga standarder finns det möjlighet att söka medel från EU för att ta fram nya certifieringsregler (typgodkännande, ETA och CE märkning) och nya standarder.

3.3.7 Krav i miljöbedömningssystem och i regelverk

Ett sätt att öka förutsättningarna för replikering är att det ställs krav på att framtagna teknik, metodik, verktyg, simulering och arbetsätt ska användas i till exempel miljöbedömningsverktyg såsom Miljöbyggnad eller i Boverkets byggregler.

Ett exempel skulle kunna vara att miljöbedömning vid interiör ombyggnad eller renovering ställs som ett krav i Miljöbyggnads version för renovering.

Ett annat exempel kan vara att krav ställs på att ett antal renoveringsalternativ ska utvärderas utifrån hållbarhetsaspekter exempelvis med verktyget Renobuild.

Om inte kravet kan tas med i regelverk eller bedömningssystem kan stora beställargrupper, såsom offentliga beställare eller bostadsbolag anslutna till SABO eller BeBo enas om att använda verktyg eller metoder. Detta kan till exempel göras genom de befintliga fastighetsägarnätverken och kan bidra till uppskalning.



3.4 Förutsättningar för projektresultatens omvandling till praktisk nytta

Med förutsättningar för projektets omvandling till praktisk nytta avser vi de förutsättningar som krävs för att erhålla ekonomisk, miljömässig, tidsmässig, kvalitetsmässig eller komfortmässig, hälsomässig nytta, vinning med att använda produkten, systemet, metoden, arbetssättet. Det kan handla om regelverk, incitament, styrmedel eller affärsmodeller.

3.4.1 Värdeberäkningsmodeller

För att visa på nytta behöver vi kunna beräkna nyttiggörande och då behöver vi utveckla och höja acceptans för värdeberäkningsmetoder. Det handlar om metoder att jämföra både ekonomiska värden men även andra typer av värden. Sådana kan vara livscykelkostnadsanalys eller metoder för att beräkna värdet av sociala insatser såsom ökad komfort och trygghet, bevarande av kulturhistoriska och arkitektoniska värden.

3.4.2 Ekonomisk nytta

Den ekonomiska nyttan av att implementera ny teknik handlar ofta om att öka produktiviteten och minska driftkostnader. Det kan också handla om att få ekonomiskt stöd för att utföra vissa åtgärder vid renovering. Stöd för att installera solceller skulle kunna påskynda implementeringen av solcellsbelagda prefabricerade tak för miljonprogramhus (miljontak). Exempel är verklighetsförankrade ekonomiska kalkyler som påvisar rimliga återbetalningstider.

3.4.3 Miljömässig nytta

Miljömässig nytta handlar ofta om att minska miljöpåverkan exempelvis genom energieffektivisering, minska energianvändning vid tillverkning och transport av nya material samt under byggprocessen, minska resursuttag, minska avfallsmängder, att fasa ut farliga ämnen i produkter samt att minska emissioner från material.

3.4.4 Tidsmässig nytta

Tidsmässig nytta kan vara att förkorta produktionstiden t.ex. genom att prefabricerade system för att man undvika långa renoveringsprocesser som kräver evakuering av boende. Det kan också handla om att utföra en ordentlig inventering inför en renovering för att slippa överraskningar såsom oväntade skador eller att ritningar som inte stämmer med verkligheten, vilket ofta försenar processen med ökade kostnader som följd.

3.4.5 Kvalitetsmässig nytta

Genom ordentlig utvärdering (simuleringar och mätningar) kan man undvika att ny teknik som inte är ordentligt provad och verifierad implementeras i full skala, såsom t.ex. var fallet med de putsade enstegstätade fasaderna. Att öka förståelsen för hur vatten tränger in i fasader genom laborieförsök, gör att fler systemleverantörer kan utforma sina system på ett sätt som minskar risken för slagregnsinträngning.

3.4.6 Hälsa och komfort

Genom förbättrade renoveringskoncept med FTX och tilläggsisolering kan en bättre termisk komfort erhållas vilket påverkar boendes välbefinnande och hälsa samt ökar möjligheten att använda en större



del av en lägenhet, exempelvis delen närmast ytterväggen. Det ger större flexibilitet vid möblering vilket kan vara avgörande om man bor många på liten yta.

3.4.7 Bevarandevärden

Genom att använda nya superisoleringsmaterial kan kulturhistoriska detaljer bevaras och samtidigt kan man undvika att byggnaders arkitektoniska kvaliteter inte förvanskas samtidigt som energianvändningen effektiviseras.



4 Publikationslista

Systematisk utvärdering av hållbarhet vid renovering

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/systematisk-utvaerdering-av-haallbarhet-vid-renovering/>

Varsam energieffektiv renovering Tjärna Ängar

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/varsam-energieffektiv-renovering-tjaerna-aengar/>

Energieffektiv renovering av murade ytterväggar

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/energieffektiv-renovering-av-murade-ytterraegggar/>

Miljontak-Takrenovering med solceller

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/miljontak-takrenovering-med-solceller/>

Värderingar av innovativa fasadsystem

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/vaerderingar-av-innovativa-fasadssystem/>

Renovering av småhus till passivhusstandard

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/renovering-av-smaahus-till-passivhusstandard/>

Prefabricerade fasadelement för renovering

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/renovering/prefabricerade-fasadelement-foer-renovering/>

Ny metod för mätning av värmeförlust från byggnader

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/klimatskal/ny-metod-foer-maetning-av-vaermefoerlust-fraan-byggnader-etapp-2/>

Rekommendationer för superisoleringsmaterial i byggnader

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/klimatskal/rekommendationer-foer-superisoleringsmaterial-i-byggnader/>

Risکانalyser av innovativa fasadsystem för miljonprogrammet

<http://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/klimatskal/riskanalyser-av-innovativa-fasadssystem-foer-miljonprogrammet/>



5 Referenser

Energimyndigheten 2016. *Underlag till den andra nationella strategin för energieffektiviserande renovering*. ET 2016:15, ISSN 1404-3343.

Mangold, M., Mjörnell, K., Johansson, K., *Nya digitala verktyg ger bättre bild av renoveringsbehovet*. Bygg & Teknik nr 5, 2017.

Österbring, M., Mata, E., Thuvander, L., Wallbaum, H., *Hur mycket energi kan vi spara i våra flerbostadshus? Bostadsbeståndsmodellering för anpassade renoveringar av flerbostadshus*. Bygg & Teknik nr 2, 2017.

Boverket 2003. *Bättre koll på underhåll*. ISBN: 91-7147-785-3.

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

Industrifakta 2011. *Behov och prioriteringar i rekordårens flerbostadshus*. Byggmarknadsrapport 2011: 1, info@industrifakta.se.

Mjörnell, K., Femenias, P., Stenberg, J., Johansson, D., *SIRen – en stark forskningsmiljö för hållbar integrerad renovering*. Bygg&Teknik 2/2015.

Thuvander, L., Femenias, P., Xygiogianni, M., Brunklaus, B., *Renoveringsbarometern: Omfattning och karaktär av renoveringar i bostadshus*. Bygg&Teknik 2/2016.

Mjörnell, K., Gustavsson, T., Fyhr, K., Gervind, P., Sasic, A., *Milparena – Miljonprogramsarena, Innovativa åtgärdsförslag för renovering av byggnadsskal och installationer*. SP Rapport 2011:39. 978-91-86622-69-5.

Kristensson, J., Bagge, H., Hamid, A., Johansson, D., Almgren, M., Persson, M-L., 2017. *Användning av värmeåtervinning i miljonprogrammet*. E2B2 rapport.

Höije, A., Af Klintberg, T., *Vägledning vid relining av avloppsrör i fastigheter*. SIRen rapport 2016:1.

Antonsson, U., Jansson, A., *Utmaningar och möjligheter vid renovering av våtrum*. SIRen rapport 2015:3. SP Rapport 2015:54. ISBN 978-91-88001-80-1.

Molnar, M., Larsson, O., *Renovering av armerade murverkskonstruktioner – lärdomar från fältstudier och laboratorieundersökning*. Bygg&Teknik 2/2016.

Westerbjörk, K., 2015, *Halvera Mera 1+2 Analys*. BeBo rapport. <http://bebostad.se/wp-content/uploads/2016/02/Halvera-Mera-12-Analys-1.pdf>

VVS-företagen 2012. *Lönsam renovering - Saga eller verklighet?* ISBN 978-91-980097-0-5.



Mjörnell, K., Blomsterberg, Å., *Rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga flerbostadshus*. BeBo rapport. 2014.

Zimmermann, M., *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings*. ECBCS Annex 50. 2012. ISBN 978-0-9562808-6-2.

Blomsterberg, Å. (2011) *Prefabricerade system för energieffektivisering av bostadshus*. Bygg&Teknik nr 2/2011.

Blomsterberg, Å. (2012). *Prefabricerade system för energieffektiv renovering av bostadshus*. Rapport EBD-R-12/38.

Johansson, P., (2015). *Vakuumisoleringspaneler i gamla byggnader*. Bygg&Teknik 2/2015.

Kovacs, P., *Miljontak – Takrenovering med solceller*. 2017. <http://solartestbed.se/>

Wahlström, Å., *Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus - utvärdering*. 2014. BeBo rapport.

Hagetoft, C., Fink, M., Holm, A. och Antretter, F. (2015) *Annex 55 Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting- Probability Assessment of Performance and Cost, (RAP-RETRO): Practice and guidelines*. Report - Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, nr: 2015:6.

Olsson, L., (2015). *Laboratoriestudie av inläckagemängder i sju olika otätheter i fasad exponerad för slagregn och vattenstänk*. SP- rapport 2015:36.

Olsson, L., Hagetoft, C-E., (2015). *Slagregnstäthet är viktigt vid riskbedömningar av renoveringssystem och nya fasader*. Bygg&Teknik 8/2015.

Gustavsson, B. (2009) *Fönstermontage*. SP Rapport 2009:35, ISBN 978-91-86319-23-6, ISSN 0284-5172.

Blomsterberg, Å., (2016), *IEA EBC Annex 56 Kostnadseffektiv energi- och CO2-emissionsoptimering av byggnadsrenovering – svenskt deltagande*, slutrapport Energimyndigheten.

Blomsterberg, Å., (2017). *Kostnadseffektiv energi- och CO2-emissionsoptimering – vid renovering av bostäder*. Bygg&Teknik 2/2017.

Brown, N., Olsson, S., Malmqvist, T., 2014. *Embodied greenhouse gas emissions from refurbishment of residential building stock to achieve a 50% operational energy reduction*. Building and Environment, Vol 79, sept 2014, pp 46-56.

Lind, H., 2014. *Ekonomiska aspekter på renoveringar av bostäder: en översikt*. SIREn rapport 2014:1. TRITA - FOB - Rapport 2014:5 Institutionen för Fastigheter och Byggnad, KTH. ISBN 978-91-85783-41-0.



Lind, H., 2015. *Leder hyreslagens regler till rätt renoveringar: Analys och förslag*. SIREn Rapport 2015:1. TRITA – FOB – RAPPORT 2015:1, Institutionen för Fastigheter och Byggnad, KTH. ISBN 978-91-85783-50-2.

Jonsson, T., Stiller, N. (2016). *Business models in sustainable public housing renovation*. Master thesis, Chalmers University of Technology.

Gluch, P., Femenías, P., Mjörnell, K., (2017). *Utmaningar vid planering av hållbar bostadsförnyelse En studie av ett miljonprogramsområde*. SIREn rapport 2017:1.

Norén Bretzer, Y., Hiller, C., Kurkinen, E-L., Langlet, D., Prentice, J., Sandoff, A., Thynell, M., (2016). *Urban välfärd, effektiv energi*, ISBN: 978-91-86914091-2.

Farsäter, K., (2017). *Sustainability aspects in renovation – information supporting early decisions made by building owners*. Licentiate Thesis TVIT-3008, Building services, LTH, Lund. 2017.

Lind, H., Mjörnell, K., red. (2015). *Social Hållbarhet med fokus på bostadsrenovering – en antologi*. SIREn rapport 2015:4. ISBN 978-91-88001-80-1.

Rojas, C. (2016). *15 myter om miljonprogrammen – Förenklingar och förutfattade meningar som påverkar planering och förnyelse*. Arkus rapport #1/2016, www.arkus.se

Thörn, C, Wiedehammar, M, Krusell, M, (2016). *Rätt att bo kvar – en handbok i organisering mot hyreshöjningar och gentrifiering*. www.koloni.se, ISBN: 978-91-86923-08-2.

Mjörnell, K, Hiller, C., (2018). *Tenant's priority of renovation measures and their willingness to pay higher rents to implement these*. 9th International Cold Climate HVAC 2018 conference i Kiruna.

Stenberg, J., (2015). *Medskapande renovering*. Kapitel i antologin *Social Hållbarhet med fokus på bostadsrenovering*. SIREn rapport 2015:4. ISBN 978-91-88001-80-1.

Södertörnsanalysen. 2017. *Södertörnsmodellen*. <http://sodertornsmodellen.com/om-sodertornsmodellen>.

Jonsdotter, L., Femenías, P., Holmström, C, Thuvander, L., Larsson, M., (2016). *Hur påverkar arkitekturen materialflöden över tid i bostadsrätter?* Bygg&Teknik 2/2016.

Femenías, P., Holmström, C., Jonsdotter, L., Thuvander, L.,(2016). *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder*. E2B2 rapport 2016:2.

Energimyndigheten (2018). *Energimyndighetens forskningsprogram för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader Spara&Bevara*. <http://www.sparaochbevara.se/>

Strandberg-de Brunijn, P., Donarellio, A., Balksten, K., (2017). *Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och sten-byggnader med hampakalk*. Bygg&Teknik 5/2017.



Andersson, A., Annerling, R., (2015). *Bevarande av kulturvärden vid ombyggnader och renoveringar*. Bygg&Teknik 2/2015.

Bloom, E., (2016). *Vård och energieffektivisering av kyrkobyggnader – en stor utmaning*. Bygg&Teknik 2/2016.

Femenias, P., Thuvander, L., Mjörnell, K., Lane, A-L., (2015). *Koll på hållbar renovering*. Bygg &Teknik 2/2015.

Thuvander, L., Femenias, P., (2014) *Rebo - Strategies for Sustainable Renovation – Focus on the Period "Folkhemmet"*. CMB Brief Report on Research 2014: nr 1.

Mjörnell, K., Malmgren, L., Boss, A., Lindahl, M., Molnar, S., Eneqvist, E., (2014). *Renobuild - en metodik för att utvärdera olika renoveringsalternativ med avseende på hållbarhet*. SP Rapport 2014:69.

Boss, A., Sacco, F., Molnar, S., Folland, A., Hedén, A., (2017). *Renobuild 2.0 – verktyg för systematisk hållbarhetsutvärdering vid renovering*. RISE Rapport 2017:49.

Femenias, P., (2015). *Perspektiv på bostadsförnyelse – Vad kan vi lära av tidigare renoveringar?* CMB kortrapport om forskning 2015:nr 3.

Martinsson, L., Svensson, T., C., Bengtsson, J., Mjörnell, K., (2015). *Energieffektiv renovering i Brogården, Alingsås*. Bygg&Teknik 2/2015.

Blomsterberg, Å., Nilsson, R., (2015). *Energi och miljörenovering av miljonprogramhus – Backa Röd i Göteborg*. Bygg&Teknik 2/2015.

Jardeby, Å., Gervind, P., Filipsson, P, Heincke, C, *Ombyggnation med sänkt energibehov*. www.laganbygg.se.

Fittja peoples palace, <https://www.ncc.se/vara-projekt/fittja-peoples-palace/>

BPIE, (2011). *Europe's Buildings under the Microscope, A country by country review of the energy performance of buildings*. ISBN: 9789491143014.

EeB PPP Project Review, (2017). http://www.ectp.org/fileadmin/user_upload/documents/E2B/0_EeB_PPP_Project_Reviews_Roadmaps/EeB_PPP_Project_Review_2017.pdf





Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället.

Ett antal projekt med fokus på renovering har utförts inom E2B2-programmet. Med anledning av detta presenteras denna syntesrapport med syfte att ge projektutförare och samfinansiärer möjlighet att få en samlad bild av state-of-the-art och nyttiggörande inom området renovering.

E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten. Läs mer på www.E2B2.se.