

RAPPORT: RATIONELL ISOLERING AV KLIMATSKÄRMEN FÖR SMÅHUS



Förstudie inför teknikupphandling

Åke Blomsterberg, WSP

Granskad av: Emma Karlsson, WSP

2014-09-18

Innehåll

Sammanfattning	3
Inledning	5
Syfte	6
Genomförande.....	6
Allmänt om småhusens arkitektur och byggnadsteknik	6
Dagens isoleringsmaterial och -metoder	9
Dagens isoleringsmaterial	9
Skillnaden mellan superisoleringsmaterial och traditionella isoleringsmaterial.....	13
Isoleringsmetoder för tilläggsisolering.....	14
Vindbjälklag och tak	14
Fasader	15
Golv och källare	16
Isoleringsmetoder för nyproduktion	17
Vindbjälklag och tak	18
Fasader	18
Golv och källare	18
Förbättringsmöjligheter med dagens isoleringsmaterial och -metoder.....	20
Tilläggsisolering.....	20
RenZERO.....	21
Villa Kanndalen.....	22
Framtiden	23
Nybyggnation.....	23
Utveckling av superisoleringsmaterial.....	23
Europeiska forskningsprojekt.....	23
Internationella initiativ för att främja superisoleringsmaterial	23
Teknisk bedömning och standardisering.....	24
Handlingsplan för framtida isoleringsprodukter och –tillämpningar	24
Potential i det befintliga småhusbeståndet.....	24
Statistiska grunddata för svenska småhus.....	24
Värmeisolering av olika byggdelar	26

Kostnadsuppskattning.....	33
Genomförda energirenoveringar	35
Intervju med leverantörer av isoleringsmaterial och fasadsystem	35
Slutsatser från teknikupphandlings-utvecklingsprojekt för befintliga flerbostadshus...	36
Förslag till upplägg för teknikupphandling.....	37
Referenser	38
Bilaga 1 – Genomförda intervjuer	39
Fastighetsägare.....	39
Leverantörer.....	39
Övriga	40
Bilaga 2 - Intervjufrågor	40
Tilläggsisolering.....	40
Isolering av nyproduktion	41

Sammanfattning

Befintliga småhus har en hög energianvändning jämfört med nya småhus och småhus som är passivhus eller nästan passivhus. En stor del av värmeförlusterna i befintliga småhus, sker genom klimatskalet. Genom att tilläggsisolera klimatskalet kan en betydande minskning av energianvändningen uppnås. Detta kan uppnås genom användning av värmesoleringsmaterial och värmeisoleringsmetoder med bättre värmeisoleringsförmåga eller större isolertjocklekar.

Denna förstudie har haft som syfte att utreda på vilket sätt isoleringsmaterial och isoleringsmetoder behöver utvecklas för att bättre kunna användas vid nybyggnation och renovering av småhus.

Förekommande isoleringsmaterial och -metoder för småhus har kartlagts, förbättringsmöjligheter med dagens isoleringsmaterial och -metoder har analyserats, potential i småhusbeståndet har bestämts, förslag till upplägg för en teknikupphandling har utarbetats. Genomförandet har inneburit en litteraturstudie, överslagsberäkningar och en enkätundersökning, som besvarats av fem leverantörer av isoleringsmaterial och en leverantör av fasadsystem.

Småhusens byggnadsteknik har utvecklats i långsam takt under åren, men fr.o.m. byggnormen från 1975 har isolertjocklekarna ökat markant. Utvecklingen har gått från väggkonstruktioner av resvirke för hundra år sedan via plankväggar fram till 1960. På 1950-talet kom tegelväggar och regelverksväggar isolerade med mineralull. Under 1950-talet byggdes också de första 1/2-planshusen. Under 1960-talet dominerade grupp-husbyggnaden med förtillverkade väggelement från småhusfabrikanter. Källarlösa småhus blev allt vanligare. Under 1970-talet byggdes en stor del av småhusen i gruppbyggda kedjehus och friliggande småhus på mycket små tomter. Under 1980-talet ökade andelen styckebyggda småhus. Under 1990-talet minskade småhusbyggnaden. Det dominerande fasadmaterialet för småhusbeståndet är trä, därefter kommer tegel.

Dagens isolermaterial i småhus är framförallt mineralull, glasfiber och cellulosa. Cellplast och polyretan förekommer, men i mindre utsträckning. På marknaden finns även s.k. superisoleringsmaterial t.ex. aerogeler, vakuumisolering, som isolerar 5-10 gånger bättre. Dessa är dock dyrare i inköp och ömtåligare är de traditionella materialen. De superisolerande material behöver utvärderas ytterligare och vidareutvecklas för applikationer i byggnader och inte minst bli mindre dyra.

Det finns idag ett antal traditionella och ganska beprövade metoder för tilläggsisolering av småhus. Den enklaste metoden är tilläggsisolering av vindsbjälklag med lösull. Vid all tilläggsisolering måste säkerställas att inga fuktproblem uppstår. Den säkraste metoden är vanligtvis utvändigt tilläggsisolering.

Det finns en brist på helhetskoncept för omfattande energirenovering av småhus. Undantaget är några exempel på småhus där klimatskärmen renoverats till passivhusstandard.

Vad gäller nyproduktion så dominerar de traditionella isoleringsmetoderna. Isoleringstjocklekarna har ökat och är som störst för passivhus. Det som har tillkommit är regler av lättbalkar och dubbla regelstommar, för att minska köldbryggorna. En intervjustudie för nya småhus visar att isolertjocklekarna är något större än vad som krävs för att uppfylla BBR:s krav. Av elva småhustillverkare var det endast två stycken som byggde passivhus under 2012.

För att hålla nere kostnaderna vid tilläggsisolering av framförallt ytterväggar vore det tilltalande med superisoleringsmaterial för att hålla nere tjockleken på den utvändiga tilläggsisoleringen av fasader och undvika att fönster hamnar för långt in i fasaden och att takfoten måste byggas ut. Det finns även ett behov av mer rationella metoder för tilläggsisolering.

Ett likande resonemang kan göras för nyproduktion. Där tillkommer en fördel med tunnare isolering, nämligen att med givna yttermått fås en större boyta.

En finsk studie av framtida isoleringsprodukter och -tillämpningar, nämner den lovande potentialen för superisoleringsmaterial. Dock konstateras att de traditionella produkterna är väletablerade och att byggindustrin anpassar sig långsamt till nya lösningar. Byggprocessen anses vara ett av de största hindren för nya lösningar. Det finns behov av ökad informations spridning och ökad medvetenhet.

En genomgång av småhusbeståndets isoleringsstandard, byggnadsteknik och energianvändning resulterar i att småhus byggda 1960-1975 är en lämplig grupp att tilläggsisolera. U-värden är generellt sätt höga: ytterväggar ca 0,3 W/m²K, vindsbjälklag ca 0,2 W/m²K, fönster 2,3 W/m²K. Motsvarande U-värden för småhus byggda enligt passivhusstandard är: ytterväggar ca 0,1 W/m²K, vindsbjälklag ca 0,1 W/m²K, fönster 0,8 W/m²K. Gruppen är tekniskt ganska enhetlig och har stor energianvändning. Dessutom är det inte ovanligt med elvärme i dessa småhus. För dessa hus vore det önskvärt att tilläggsisolera platta på mark/källargolv, krypgrundsbjälklag, källarvägg under mark, källarvägg ovan mark, ytterväggar, horisontella vindsbjälklag och fönster. Om vi antar att denna husgrupp tilläggsisoleras till passivhusstandard, så skulle detta medföra en total investeringskostnad på ca 300 miljarder kr och en energibesparing på ca 5 TWh/år. Detta skulle innebära en återbetalningstid på ca 55 år. Den lönsammaste enskilda åtgärden är att tilläggsisolera horisontella vindsbjälklag, vilket återbetalar sig på ca 10 år. Det kan också vara så att en tilläggsisolering av klimatskärmen till passivhusstandard är en alltför ambitiös nivå.

En uppskattning visar att det är 10 % av småhusen där väggar/tak har tilläggsisolerats. Det finns anledning att anta att genomförda tilläggsisoleringar inte är nära passivhusstandard eller uppfyller passivhusstandard.

Från teknikupphandlingen av rationell isolering av fasader för befintliga flerbostadshus drogs slutsatsen att ett hinder är bristen på företag som vill ta på sig totalansvaret för systemen. Det finns behov av ytterligare utveckling av produkter, system och monteringsmetoder på platsen.

En utveckling av rationella och kostnadseffektiva energieffektiviserande metoder för småhusens klimatskal behövs. Detta skulle kunna uppnås med en teknikupphandling med syftet att få till stånd en marknadsdriven utveckling av bättre energieffektiviserande metoder för tilläggsisolering av befintliga småhus byggda 1961-1975, med möjliga tillämpningar vid nyproduktion.

Helhetslösningar måste eftersträvas och anbud bör komma från konsortium mellan flera parter. En viktig del av teknikupphandlingen är ökad informationspridning och att bidra till ökad medvetenhet genom lyckad demonstration i verkliga småhus.

Teknikupphandlingen inleds lämpligen med en tekniktävling där finalist(er) utses, som i nästa fas utvärderas i befintliga småhus. Slutligen utses vinnare.

Inledning

En stor del, 30-50 procent, av värmeförlusterna i småhus kan härledas till klimatskalet. Genom att förbättra dess prestanda kan energianvändningen minska signifikant. Det kan antingen ske genom användning av material med lägre värmeledningstal eller genom att man använder en större isolertjocklek.

BeBo (beställargruppen bostäder, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare som driver utvecklingsprojekt med fokus på energieffektivitet och miljöfrågor) har genomfört en teknikupphandling av rationell isolering av klimatskal för befintliga flerbostadshus (TURIK). Ett motsvarande projekt kan vara lämpligt att genomföra för småhus. Med undantag för vindsisolering är det i dagsläget svårt att finna lönsamhet i att tilläggsisolera småhus om det inte sker i samband med renovering. Med en teknikupphandling av rationell isolering av småhus klimatskal kan det vara möjligt att finna energieffektiva lösningar med bättre lönsamhet.

Tidigare förstudie inom BeSmå, som behandlade regelverkets betydelse för transportbredd av prefabricerade byggelement, visade ett behov på en isoleringsprodukt, som till samma tjocklek kan leverera lägre U-värden. Denna produkt kommer att behövas om de företag som levererar sina hus i prefabricerade element ska kunna leverera småhus med bättre energiprestanda än vad de gör idag. En teknikupphandling av isolering anpassad för småhus kan bidra till att underlätta för dessa företag att fortsätta sin etablerade industriella produktion av ”prefabhus” och samtidigt bygga energisnålare hus.

Genom att använda klimatskal med bättre energiprestanda (isoleringsmaterial med lägre värmeledningstal eller tjockare isolering) sänks det genomsnittliga U-värdet och därmed erhålls en lägre energianvändning. Isoleringsmaterial med bättre energiprestanda kan även ge andra fördelar än lägre energianvändning, t.ex. större boendeara.

Det bör finnas en lönsam potential både i att förbättra isoleringen i nya småhus och att utveckla rationella metoder för att tilläggsisolera befintliga småhus. Om tilläggsisoleringen kan ske på ett lönsamt sätt kan stora energibesparingar uppnås i beståndet.

Syfte

Syftet med förstudien är att utreda på vilket sätt isoleringsmaterial och isoleringsmetoder behöver utvecklas för att bättre kunna användas vid nybyggnad och renovering av småhus. Förstudien ska klargöra om det är lämpligt med en teknikupphandling av rationell isolering av småhus. Om svaret är positivt på den frågan ska förstudien också resultera i ett förslag till hur teknikupphandlingen kan genomföras. Genom studien ska följande utredas:

- Vilka isoleringsmaterial och isoleringsmetoder finns det för småhus?
- Hur kan dagens isoleringsmaterial användas i en industriell process?
- Varför sker inte tilläggsisolering i större utsträckning? Hur ser lönsamheten ut för de befintliga metoderna och vilka andra hinder än lönsamhet föreligger?
- Vilken utveckling av dagens isolering måste komma till stånd för att åtgärden ska genomföras i större utsträckning? Förbättrade värmeledningstal? Lägre kostnad? En rationaliserad metod för renovering? Annat?
- Finns det redan bra produkter tillgängliga på marknaden, men som inte funnit tillräcklig spridning?

Genomförande

Förstudien kommer att bedrivas som ett förberedande arbete inför en teknikupphandling. Följande delar föreslås ingå i förstudien:

- Kartläggning av vilka material och isoleringsmetoder som används i småhus.
- Analys av förbättringsmöjligheter med dagens isoleringsmaterial och isoleringsmetoder.
- Potential i småhusbeståndet
- Förslag till upplägg för teknikupphandling (beställargrupp, genomförande etc.)

Genomförandet innebär samarbete med

- Tillverkare av isoleringsmaterial: Rockwool, Paroc, Isover, Isocell, Foamglas, Thermocell, Ekofiber, SPU isoleringsmaterial, Thermisol, Weber Saint-Gobain Byggprodukter AB
- Isoleringsentreprenörer: ca 30 st certifierade lösullsentreprenörer
- Leverantörer av fasadsystem: Sto Scandinavia
- Villaägarna – riksförbund för småhusägarna
- Experter på byggnaders energianvändning och inneklimat

Allmänt om småhusens arkitektur och byggnadsteknik

Byggnadstekniken för småhus har varierat under olika tidsperioder och utvecklats mot bättre värmeisolerade konstruktioner (Björk 2009).

Under 1940-talet blev småhusen mer rektangulära i planformen och fick sadeltak om än med relativt flack lutning. Det blev även vanligare att en del småhus byggdes i två

våningar med liten byggnadsyta. Även större styckebyggda tjänstesmåhus uppfördes i hela landet. Småhusen ytstandard ökade under decenniet. Många hus har källare. Arkitekturen präglades av funktionalismen. Småhusens stommar utgjordes vanligen av massiva plankväggar. Traditionen med tegelsmåhus fanns dock kvar i södra Sverige. Under slutet av decenniet kom regelstommen. Det fanns t.o.m. plankstomme med utanpåliggande regler och värmeisolering. Förtillverkade byggnadsdelar från fabrik började förekomma i hela landet. De traditionella värmeisoleringsmaterialen sågspån och kutterspån förekom fortfarande i både bjälklag och väggar av regelstomme. Mineralsmattor blev vanligare. Källarväggarna var ofta i murad betongsten och utan värmeisolering och putsade. Takkonstruktionen bestod av takstolar med råspont, takpapp och lertegel.

Under 1950-talet byggdes friliggande småhus, kedjehus och radhus. Det blev vanligt med gruppbyggda småhusområden. Tegelfasader blev nästan lika vanliga i norra Sverige som i södra. Många småhusföretag tillhandhöll fabriksstillverkade småhus. Många enplanshus byggdes, där byggnadsvolymen delades upp i förskjutna byggnadskroppar. De första 1 ½-planshusen byggdes. Ett och samma småhus kunde ha flera olika fasadmaterial. Nya fasadmaterial började användas såsom eternit. Regelstommen med mellanliggande mineralullsmattor ersatte efterhand plankstommen. På insidan kom efterhand träfiberplattan att ersättas med gipskivan. Klimatskärmen hade bristfällig värmeisolering och lufttäthet. I slutet av 50-talet började lättbetongelement att användas. Den dominerande takkonstruktionen var enkla sadeltak med lertegel.

Under 1960-talet dominerade grupphusbyggandet med prefabricerad produktion (förtillverkade väggelement) av regelstommar från småhusfabrikanter. Många hus var träregelkonstruktioner med träpanel eller tegel (av lera eller kalksandsten s.k. mexisten). En diffusionstät plastfolie började placeras i ytterväggarna, innanför den vanligen 70 mm tjocka styva mineralullsisoleringen. På utsidan av värmeisoleringen ersattes den tidigare använda pappen med asfaboard. Enplanshus var den dominerande hustypen. Källarlösa småhus med grundläggning på betongplatta på mark blev allt vanligare. Enkla sadeltak dominerade, men även flacka pulpettak förekom. Vindsbjälklagen var isolerade med 125 mm mineralull.

Under 1970-talet byggdes en stor del av småhusen i gruppbyggda kedjehus och friliggande småhus på mycket små tomter. Många av småhusen var källarlösa 1 ½-planshus. Hustypen har ett stort nerdraget tak med 45 graders lutning, kraftigt utskjutande inbyggd takfot. Även enplanshus med källare byggdes, varav flertalet var kataloghus för styckeproduktion. De dominerande fasadmaterialen var tegel och träpanel eller en blandning av de två. I gruppbyggda områden var träpanel det dominerande fasadmaterialet mot slutet av decenniet. Småhusen byggdes med regelstomme med mellanliggande värmeisolering på 17-19 cm i ytterväggarna. Dubbla regelsystem började användas i fasaderna.

Under 1980-talet ökade andelen styckebyggda småhus, som ofta byggdes i kuperade restområden. De vanligaste gruppbyggda villorna och kataloghusen var fortfarande de källarlösa 1 ½-planshusen. De styckebyggda småhusen hade ofta murade fasader av tegel eller kalksandsten. Stora fönsterpartier förekommer. Alla småhus hade bärande stomme av regelverk. Mycket vanligt var dubbel regelstomme i fasaden. Nya konstruktioner lanserades t.ex. lättreglar. På utsidan av värmeisolering monterades ofta skivor av utegips. Krypgrunder återkom som alternativ. Vindsbjälklagen var värmeisolerade med 22 cm mineralull och ytterväggarna med 16,5 cm.

Under 1990-talet minskade byggandet av småhus. Många av småhusen som byggdes var enkla hustyper i små gruppområden. Många olika småhustyper förekommer. I slutet av decenniet ökade andelen styckebyggda småhus åter. Få småhus med källare byggdes. Träpanel dominerade som fasadmateriell. Byggnadstekniken ändrades inte nämnvärt jämfört med 1980-talet. Ytterväggar murade av tjocka lättbetongblock, eller välisolerade dubbla tegelmurar, skalmurar, med luftspalt emellan förekom. Superisolerade trähus började förekomma, 30 cm värmeisolering i ytterväggar och 50 cm på vinden.

Under 2000-talet förekommer en blandning av arkitektoniska stilar. Värmeisoleringstjocklekarna ökar, samtidigt med stora fönsterytor. Ytterväggarna har ofta 22,5 cm värmeisolering, vindsbjälklagen 20-50 cm. I princip byggs alla småhus med platta på mark, med en kraftig värmeisolering av mineralull eller cellplast under, t.ex. 25 cm cellplast.


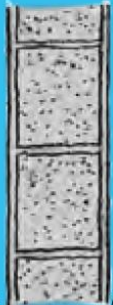




Det dominerande fasadmaterialet för det totala småhusbeståndet är trä, därefter kommer tegel (se tabell 1).

Tabell 1 Fasadmateriell i småhus (Boverket 2010).

	Miljoner m ²	Andel %
Trä	163	64
Plåt	5	2
Tegel	55	22
Skivor	4	2
Puts	20	8
Övriga materiell	8	3
	255	100

Ytterväggarnas konstruktion har utvecklats från att vara plankväggar till att vara fullisolerade träregelväggar (se tabell 2, Landfors 2009).

Tabell 2 Vägghkonstruktioner och U-värden i äldre småhus (källa Grön Ide AB).

Vägghkonstruktioner och U-värden ¹ i äldre småhus					
Byggnadssätt har förändrats kraftigt med tiden. Fram till slutet av 1800-talet dominerade timmerhusen i norra Sverige medan man i söder hade korsvirkeshus. Dessa konstruktioner efterträddes av plankhus, stolp- och regelverkshus. Först med de senare blev isolering i väggarna vanlig.					
					
ute inne	ute inne	ute inne	ute inne	ute inne	ute inne
Resvirkes (stolp-) vägg, 1860–1910 Plankvägg, 1910–1945 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1–1,5 tums stående eller liggande panel alternativt puts ▶ 3–4 tums resvirke eller plank ▶ Pappspänning, träpanel eller träfiberskivor ▶ U-värde: 1,30–0,80 W/m²K 	Murverk av gasbetong, 1935– <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1,5 cm puts ▶ 20–30 cm gasbetong ▶ 1,5 cm puts ▶ U-värde: 0,90–0,75 W/m²K 	Resvirkes (stolp-) vägg, 1900–1940 Regelverkswägg, 1930–1955 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1–1,5 tums stående eller liggande panel ▶ 1 tums luftspalt ▶ 1 tums träpanel ▶ 4–5 tums stolpverk, c/c⁽²⁾ 1–1,9 m eller regler, c/c 0,6 m ▶ Fyllning av sågspån, torvmull eller liknande ▶ 1 tums träpanel ▶ U-värde: 0,60–0,50 W/m²K 	Plankvägg isolerad med mineralull, 1945–1960 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1 tums stående panel ▶ Luftspalt ▶ 5 cm mineralull ▶ 2 tums spontad plank ▶ Träfiber- eller gipsskiva ▶ U-värde: 0,55–0,50 W/m²K 	Tegelvägg isolerad med mineralull, 1950– <ul style="list-style-type: none"> ▶ Fasadtegel, betongelement ▶ Luftspalt ▶ Asfaltimpregnerad träfiberskiva/ asbestcell. cem. skiva ▶ 50x100–35x120 mm regelverk c/c 600 mm ▶ 100–20 mm mineralull ▶ Träfiberskiva/ gipsskiva ▶ U-värde: 0,42–0,30 W/m²K 	Mineralulls-isolerad regelverkswägg³ 1950– <ul style="list-style-type: none"> ▶ Fasadbeklädnad av träpanel, asbestskivor, plåt e.dyl. ▶ Luftspalt ▶ 4–5 tums regelverk, c/c 600 mm ▶ 100–125 mm mineralull ▶ Träpanel/ glespanel ▶ Träfiber-/ gipsskiva ▶ U-värde: 0,38–0,30 W/m²K

Dagens isoleringsmaterial och -metoder

Dagens isoleringsmaterial

Beroende på var i en byggnad isolermaterialet ska monteras ställs olika krav på egenskaperna. I allmänhet ställs följande egenskaper som krav vid val av isoleringsmaterial, där det första är det viktigaste och övriga måste uppfyllas i varierande grad beroende på applikation:

- God isolerförmåga
- Goda mekaniska egenskaper
- God formbeständighet
- Goda fuktegenskaper
- Temperaturbeständighet
- Luftrörelser genom konvektion ska ej påverka isolerförmågan
- Bearbetning och anpassning till olika konstruktioner ska vara lätt
- Beständigt mot röta, insekter och lösningsmedel
- Ej avge lukter
- Ej orsaka korrosion

- Goda brandtekniska egenskaper
- Tillverkat av förnybara råvaror, utan tillsatser av kemiska ämnen
- Låg energianvändning för tillverkning
- God återvinnbarhet
- Lång livslängd, lämpligen lik lång som byggnadens
- Hanterbart utan hälsopåverkan

De vanligaste värmeisoleringsmaterialen för byggnader är mineralull, glasfiber och cellulosa, vilka alla har använts sedan många år och används vid nyproduktion av småhus och vid tilläggsisolering av småhus. För välisolerade konstruktioner innebär dessa material tjocka isolerade väggar och tak, vilket i sin tur innebär djupa fönsternischer, mindre uthyrbar yta m.m.. De vanligaste isoleringsmaterialen finns också som lösullsisolering. Polystyren och polyuretan, som isolerar bättre, används ganska ofta i nya lågenergibostäder, oftast som markisolering och ibland som takisolering. Det finns också exempel på användning för väggisolering, som ”enda” material eller i kombination med mineralull. Andra material som isolerar bra är PIR (polyisocyanurat) och graficellplast. Material som isolerar mycket bra är transparenta s.k. superisoleringsmaterial t.ex. aerogeler och vakuumisoleringspaneler. Materialen används sällan i småhus. Vakuumisoleringspaneler har testats i ett lågenergirenoveringsprojekt, där man ville uppnå god isolering utan att isoleringsskiktet blev för tjockt. Aerogeler och vakuumisoleringspaneler är dock dyrare i inköp och ömtåligare än de traditionella isoleringsmaterialen, men kan vara intressanta där man vill uppnå god värmeisolering med ett tunnare isoleringsskikt.

Ytterligare ett ovanligt isolermaterial är cellglas, som är ett isoleringsmaterial som tillverkas av returglas. Materialet är vatten- och diffusionstätt och tål fukt, kan därför användas för att isolera grundkonstruktioner. Tillverkningen är dock energikrävande.

Värmeisoleringsförmågan hos dagens isolermaterial varierar. De bästa isoleringsmaterialen har en värmeisoleringsförmåga på ca 0,005 W/mK, för traditionella isoleringsmaterial är motsvarande värde 0,03 – 0,04 W/mK (se tabell 2).

En vägg med mineralullsisolering, som är 410 mm tjock, blir med graficellplast 35 mm tunnare och med vakuumisolering 170 mm tunnare (Clase 2010). Dessa tre väggalternativ har (oavsett isolermaterial) U-värdet 0,1 W/(m²·K).

Tabell 2 Ungefärlig värmeisoleringsförmåga för isoleringsmaterial för byggnader. Isoleringens förmågan varierar med bl.a. densiteten.

Material	Värmeisoleringsförmåga, W/(m·K)	Kommentar
Traditionella material		
Glasull	≈ 0,031 – 0,038	
Stenull	≈ 0,033 – 0,037	
Cellulosa (baserat på tidningspapper)	≈ 0,038	
Cellglas	≈ 0,038 – 0,050	Enligt tillverkare
PUR (polyuretan) och PIR (polyisocyanurat)	≈ 0,023 – 0,027	
Cellplast	≈ 0,042	
Grafitcellplast	≈ 0,031 – 0,032	
Superisoleringsmaterial		
Aerogeler	≈ 0,014	Enligt tillverkare
Vakuumisolering	≈ 0,005	Enligt tillverkare

Det finns ett flertal tillverkare av värmeisoleringsmaterial för byggnader (se tabell 3).

Tabell 3 Tillverkare av värmeisoleringsmaterial för byggnader

Produkt eller Varumärke	Företagsnamn	Hemsida	Anmärkning
Isoleringsmaterial, mineralull			
Isover	Saint-Gobain Isover AB	www.isover.se	glasull m.m.
Paroc	Paroc AB Byggisolering	www.paroc.se	stenull m.m.
Rockwool	Rockwool AB	www.rockwool.se	stenull m.m.
Isoleringsmaterial, cellplast			
BEWi	Genevad Cellplast AB	www.bewi.com	
Isola	Isola-Platon AB	www.isola.se	
Jackon	Jackon AB	www.jackon.se	
Leif Tjällden	Leif Tjällden AB	www.tjallden.se	
Paroc	Paroc AB Bygg-	www.paroc.se	

		isolering		
	Rockwool	Rockwool AB	www.rockwool.se	tillverkare av grundelement
	Isover	Saint-Gobain Isover AB	www.isover.se	
	Sundolitt	Sundolitt AB	www.sundolitt.se	tillverkare av grundelement
	Thermisol	ThermiSol AB	www.thermisol.se	Grafitcellplast, aerogeol m.m.
Isoleringsmaterial, övrigt				
	Claessons Trätjära	Claessons Trätjära AB	www.claessons.com	isolering av linfiber
	Foamglas	FOAMGLAS Nordic AB	www.foamglas.se www.koljern.se	hårda skivor av skummat glas, cellglas
	Hasopor	Hasopor Hammar AB	www.hasopor.se	cellglaskross eller skumglas
	SlimVac	Microtherm	www.microtherm.be	vakuumisoleringspaneler
	SPU isoleringsmaterial	SPU isoleringsmaterial	www.spu-isolering.se	PIR polyretan
	Träullit	Träullit AB	www.traullit.se	murblock, väggelement mm av träullsspån i cement
Lösfyllnadsisolering				
	Claessons trätjära	Claessons Trätjära AB	www.claessons.com	lindrev, filtband
	Ekofiber	Nordiska Ekofiber AB	www.ekofiber.se	cellulosafiberbaserad
	Ekovilla OY	Ekovilla OY	www.ekovilla.com	cellulosafiber av returpapper
	Isodan	Isodan Danmark AS	www.isodan.dk	cellulosafiber av återvunnet tidningspapper
	Isover	Saint-Gobain Isover AB	www.isover.se	glasull
	Paroc	Paroc AB Byggisolering	www.paroc.se	stenull

Rockwool	Rockwool AB	www.rockwool.se	stenull
Termoträ	Svenska Termoträ AB	www.termotra.se	träfiberisolering
Thermocell	Svenska Thermocell AB	www.thermocell.se	träfiberisolering
Thermofloc	Ekologisk Isolering i Skåne AB	www.ekoisolering.se	cellulosafiber av återvunnet tidningspapper
Thermofloc	Thermofloc Scandinavia AB	www.thermofloc.se	cellulosafiber av återvunnet tidningspapper
Warmcel	Warmcel i Skandinaiven AB	www.warmcel.se	cellulosafiberbaserad
Zikon	Sikon HB	-	lindrev/flax yarn

Vad gäller isoleringsentreprenörer så finns ca 30 st certifierade lösullsentreprenörer. Systemet ”Behörig Lösull” är framtaget av lösullsentreprenörernas egen branschförening inom Sveriges Byggingustrier.

Skillnaden mellan superisoleringsmaterial och traditionella isoleringmaterial

Förutom några typer av cellplast, så förlitar sig alla traditionella värmeisoleringsmaterial på stillastående luft i inneslutna i håligheter, porer eller celler, som förhindrar all konvektion (Quenard 2014), men inte värmeledning och strålning. Det är därför som värmeisoleringsförmågan hos dessa material inte uppnår värden bättre än ca 0,029 W/(m·K).

För att nå längre och uppnå superisolering kan tre huvudprinciper användas för att förbättra värmeisoleringsförmågan:

- Ta bort gasen – denna teknik används för vakuumisoleringspaneler (VIP)
- Byta gasen – denna teknik är liknande den som används för isolerrutor fyllda med argon eller krypton
- Fånga gasen i små porer med en storlek mindre än den fria medelväglängden för den inneslutna gasen för att begränsa energiöverföringen mellan molekyler. Denna teknik används för aerogeler eller andra nanoporösa material.

Med hjälp av en av dessa tre möjligheter är vanligen värmeisoleringsförmågan lägre än 0,015 W/(m·K) och kan nå mycket låga värden (nära 0,005 W/(m·K)). VIP och nanomaterial såsom aerogel finns på marknaden och integrerade i byggprodukter såsom polykarbonatskivor. Superisoleringsmaterial är alltså mycket dyrare än traditionella värmeisoleringsmaterial, 10-20 gånger dyrare för samma värmeisolering men är ofta ekonomiskt sätt den mest attraktiva lösningen om hänsyn tas till den reducerade golvytan för välisolerade byggnader. Framförallt vid renovering är superisoleringsmaterial intressanta.

Vakuumisoleringspaneler (VIP) togs fram för inte allt för länge sedan för tillämpning i kylskåp och frysar. Deras isoleringsförmåga är en faktor fem till tio bättre än traditionella värmeisoleringsmaterial. Om de används i byggnader medger de att tunna högisolerande konstruktioner kan användas för väggar, tak och golv. Motivet för att studera tillämpningar i byggnader (dvs. vakuumisolering i form av vakuumisoleringspaneler) kommer från svårigheterna vid renovering, nämligen utrymmesbegränsningar och därmed tekniska restriktioner, liksom estetiska hänsyn.

Aerogeler är en ny typ av värmeisoleringsmaterial som tas fram genom att torka SOL-GEL genom superkritisk torkning eller i några fall, torkning med avdunstning. Eftersom aerogeler är fasta material med ovanligt hög nano-porositet, så har de unika egenskaper och är för närvarande föremål för världsomfattande utveckling inom många områden (isolering av byggnader, olje/gaskällor och –ledningar etc.)

De superisolerande materialen behöver utvärderas och vidareutvecklas för applikationer i byggnader och inte minst bli mindre dyra.

Isoleringsmetoder för tilläggsisolering

Det finns idag olika system för tilläggsisolering.

Vindsbjälklag och tak

För horisontella vindsbjälklag är lösull ofta den enklaste tekniken att använda. Detta gäller framförallt för sadeltak, men kan även gälla för platta tak. Tilläggsisolering av vindsbjälklag är i många fall en kostnadseffektiv energisparåtgärd (Landfors 2009). I många äldre småhus är tjockleken på den befintliga vindsisoleringen blygsamma 10 – 15 centimeter vid mineralull, 15 – 25 centimeter vid sågspån, jämfört med tjockleken vid nybyggnation av småhus med en isolertjocklek av 50 – 60 centimeter i vindsbjälklaget. En total isolertjocklek upp till 50 centimeter kan rekommenderas men hänsyn måste tas till risken för fuktproblem och andra byggtekniska förutsättningar, bl.a. utrymme, vilket kan göra det svårt att komma upp i den tjockleken.

Vid tilläggsisolering av vindsbjälklaget blir vindsutrymmet kallare än det var innan. Därför är det mycket viktigt att täta vindsbjälklaget så att fuktig luft förhindras från att tränga upp till vindsutrymmet.

Om det finns ett golv i vindsutrymmet brytes detta lämpligen upp och lägges sedan tillbaka på en högre nivå ovanför den nya isoleringen. Om den befintliga isoleringen är oskadad av fukt eller mögel kan den ligga kvar under den nya. Om vindsutrymmet ventileras via en springa vid takfoten får den nya isoleringen inte täppa till denna. Därför kan man behöva montera skivor mellan varje takstol för att säkerställa att luftspalten behålls.

Istället för att isolera vindsbjälklaget kan man isolera yttertaket. Alternativet är intressant framförallt om man ändå måste se över yttertaket, byta tegelpannor/plåt eller underlagspapp. Isoleringen placeras med fördel dels på insidan av yttertaket, dels på utsidan. Flera typer av isolermaterial i skivform kan användas t.ex. cellplast. Isoleringsmetoden höjer temperaturen och sänker den relativa fuktigheten i vindsutrymmet. Resultatet är en varmare och torrare vind och minimerar de fuktproblem som kan uppstå i kallvindar. Isolerföretagens hemsidor beskriver metoden.

Fasader

Vid tilläggsisolering av fasader måste förändringarna anpassas till husets byggnadsstil och isoleringsåtgärder undvikas som försämrar husets utseende (Landfors 2009). Material och byggnadsmetoder måste väljas som är anpassade till huset och som går att underhålla och nyanskaffa framtiden. Tilläggsisolering av fasader innebär ofta borttagning av äldre fasadbeklädnader. Om huset har en fasadbeklädnad av eternitplattor måste man vara försiktig, eftersom eternit innehåller asbest som kan frigöras vid rivningen och leda till hälsoproblem. Vid tilläggsisolering är det mycket viktigt att man är medveten om risken för fuktproblem. Material och metoder måste väljas efter husets förutsättningar och som inte leder till fuktskador. Har huset tidigare haft problem med fukt bör man vara extra försiktig.

Ur fukt- och energisynpunkt är det säkrast att tilläggsisolera en fasad utifrån (Landfors 2009). Vid tilläggsisolering av ytterväggar utifrån resulterar detta i att den gamla väggen blir torrare och att köldbryggorna vid anslutningar till innerväggar och bjälklag elimineras. Isolering av ytterväggar inifrån är ett alternativ, dock förenat med vissa risker, som kan vara aktuellt om det inte går att göra utifrån. Val av tjocklek på tilläggsisoleringen är inte enbart en ekonomisk fråga. En för tjock tilläggsisolering kan påverka husets utseende negativt, fönstren kan komma för långt in i fasaden, väggen kan bli hängande utanför grunden och takfoten kan bli kortare. Detta kan åtgärdas genom att flytta ut fönstren i linje med den nya fasaden, bredda t.ex. genom att tilläggsisolera den ursprungliga grunden och förlänga takfoten, vilka är förenat med höga kostnader.

Metoder för tilläggsisolering finns beskrivna på de olika isolerföretagens hemsidor. Tillvägagångssättet kan skilja sig beroende på det befintliga fasadmaterialet. Utgörs t.ex. fasaden av stående locklistpanel tas vanligen både locklätten och panelbrädorna bort. Därutöver tas fönster- och dörrfoder bort liksom droppbleck och fönsterbleck.

Underlaget regleras upp med regler motsvarande isolermaterialets tjocklek. Därefter sätts isoleringen på plats. På reglarna fästs sedan vindskyddet i form av papp, skiva eller liknande, varpå tunnare regler spikas på för att få den önskade luftspalten. Sedan sätts den nya panelen upp.

Runt fönster och dörrar måste befintliga karmar kompletteras med smygbrädor och nya bredare droppbleck samt fönsterbleck monteras. Droppblecket måste dras upp under panelen och panelbrädorna bör sluta några centimeter ovanför plåten så att ändträet kan målas.

När fasaden består av liggande spontad träpanel gör man på liknande sätt. Reglarna spikas här horisontellt direkt på den gamla fasaden. För putsade trähus eller lättbetonghus kan mineralullskivor fästas direkt på befintligt underlag, utan luftspalt och regler, med särskilda fästordningar och därpå armering som underlag för ny puts.

Ett sätt att undvika köldbryggor i den nya isoleringen är att den byggs upp i två lager. Stående regler sätts upp en bit från den befintliga väggen. Tjockleken väljs efter det andra lagret isolering, normalt 45 mm. Avståndet till väggen bestäms av vald tjocklek på isolering för det första lagret, 45, 70 eller 95 mm. Isolering och ångspärr placeras innanför reglarna och utanför ångspärren placeras det andra lagret isolering.

I tegel-/fasadtegelhus är fasaderna oftast i så gott skick att det ofta är svårt att motivera tilläggsisolering utifrån, utan då kan invändig tilläggsisolering bli aktuell. Invändig isolering innebär vissa risker. Eftersom den befintliga väggen blir kallare än tidigare

kan detta leda till fuktproblem. Fukt utifrån t.ex. från slagregn torkar inte ut lika fort som tidigare tack vare värmeläckage inifrån. Vid putsade trähus, lättbetonghus eller gamla tegelfasader finns det t.o.m. risk för frostsprängning om den invändiga tilläggsisoleringen görs tjockare än 45 mm.

En invändig tilläggsisolering kan ifrågasättas ur kulturhistorisk och estetisk synpunkt. Gamla snickerier såsom golvsocklar, taklister, dörr- och fönsterfoder måste plockas bort, vilka kan vara en väsentlig del av byggnadens värde. I vissa fall kan de återmonteras. Stuckaturer och fint utformade övergångar mellan vägg och tak kan innebära större problem. Invändig isolering medför att den invändiga golvytan blir mindre vilket många upplever som en nackdel.

För att kunna genomföra en invändig tilläggsisolering måste man först ta bort snickerier och elinstallationer m.m. Den invändiga beklädnaden kan dock i regel behållas om den utgörs av gipsskivor eller träpanel. Om huset är försett med ångspärr i form av en plastfolie måste dock ofta denna tas bort, vilket ju dessvärre innebär att också den invändiga ytbeklädnaden måste rivras. Är det så att tilläggsisoleringen är max 45 mm kan dock i de flesta fall ångspärren sitta kvar utan risk för fuktproblem.

Köldbryggor (där regler finns och/eller isolering saknas) i den befintliga konstruktionen är ofta svåra att eliminera. Exempel är anslutning mellan yttervägg och golvbjälklag, mellan yttervägg och takbjälklag och där innervägg möter yttervägg.

Ökande invändig isolertjocklek innebär att man till slut får för hög fukthalt i den befintliga väggen, vilket gäller även om en ny ångspärr monteras.

Golv och källare

Tilläggsisolering av golv är endast realistiskt genomförbart i hus med s.k. torpargrund, kryppgrund eller hus på plintar. Tilläggsisolering av källare kan löna sig, framförallt om källaren är uppvärmd till normal temperatur.

För att få en varmare och torrare kryppgrund finns andra åtgärder än att isolera bottenbjälklaget eftersom det kan förvärra den redan höga risken för fuktproblem. Åtgärderna är i princip följande:

1. Allt organiskt material från marken tas bort
2. Ev.stående vattensamlingar leds helst bort eller fylls med sand.
3. Marken täcks med plast- eller byggfolie.

I de flesta fall är inte dessa åtgärder tillräcklig utan man behöver också:

4. Isolera grundmurarna inifrån och helst även marken med t.ex. 100 mm cellplastskivor.

Tilläggsisolering av källaren kan ge fuktproblem. Fukten kommer i huvudsak utifrån genom golv och väggar som en följd av dålig dränering. Därför är utvändigt tilläggsisolering det bästa alternativet eftersom källarmuren då hålls varm och därmed torrare. Detta görs lämpligen i samband med att man ändå behöver åtgärda dräneringen. Närmast källarväggen sätts någon typ av värmeisolering med vattenavvisande effekt och utanpå glasfiberduk. Utförandet i detalj av isoleringen och tätskiktet beror på valt isoleringsmaterial.

Invändig tilläggsisolering av källaren innebär risk för fukt och mögel. Isoleringen görs i princip på samma sätt som vid invändig tilläggsisolering av ytterväggar. I detta fall regleras dock väggen upp med plåtreolar i samma tjocklek som vald isolering. Reglarna sätts dock utan direkt kontakt med källarväggen, vilket innebär en luftspalt emellan. Någon ångspärr monteras inte utanpå isoleringen utan gipsskivor eller annat ytbeklädningsmaterial fästs direkt på reglarna.

Om källaren skall användas för bostadsändamål kan även golvet i källaren behöva tilläggsisoleras. Vanligen består ju golvet av en betongplatta med liten eller ingen isolering under. Rumshöjden tillåter ofta inte att isoleringen gör tjockare än 30 – 45 mm. Märk väl att det nya golvet får inte placeras direkt mot betongen utan underst läggs en luftspaltsbildande plastmatta, t.ex. en platonmatta. På denna kan sedan golvet läggas (på regler eller spånskiva). För att få bra ventilation krävs installation av fläkt. Luft tas in under plastmattan i golvet på en sida, motstående den sida där fläkten suger ut luften. Luften ska sedan evakueras ut utanför huset.

Isoleringsmetoder för nyproduktion

Enligt ett examensarbete från 2013 så är U-värdena för klimatskärmen för nya småhus något bättre än vad som krävs för att uppfylla BBR:s (BBR 2013) separata krav för byggnader med A_{temp} mindre än 100 m² och sämre än U-värden som kan krävas för passivhus (se tabell 4). Detta enligt en intervjustudie (Österlin 2013).

Tabell 4 Separata U-värden för nya småhus (Sammanställning av telefonintervjuer).

Tillverkare	Vägg (W/m ² K)	Grund (W/ m ² K)	Tak (W/ m ² K)	Fönster (W/ m ² K)	Ytterdörr (W/ m ² K)
Företag A	0,15	0,10 - 0,11	0,08 - 0,1	1,0	0,9
Företag B	0,16	0,1 - 0,105	0,098	1,3	1,2
Företag C	0,17	0,146	0,081	0,9 - 1,0	0,9 - 1,0
Företag D	0,1	< BBR	< BBR	0,7-0,8	0,7- 0,8
Företag E	0,185	0,108	0,08 - 0,11	0,9-1,0	1,3
Företag F	0,096	0,11	0,072	0,675	0,72
Företag G	0,17	0,11	0,09 - 0,15	1,0	0,8
Företag H	0,1 - 0,15	0,08 - 0,1	0,07 - 0,1	0,7 - 1,1	0,7 - 1,3
Företag I	0,19	0,096	0,09 - 0,17	1,0	1,0
Företag J	0,14 - 0,21	0,11 - 0,22	0,07 - 0,1	0,9 - 1,3	1,1
Företag K	0,12	0,1 - 0,13	0,07 - 0,1	1,0	1,0
BBR	0,18	0,15	0,13	1,3	1,3
Medel (högsta värde vid intervall)	0,155	0,12	0,10	1,0	1,0
Passivhus, typiska värden	0,10	0,10	0,10	0,9	1,0

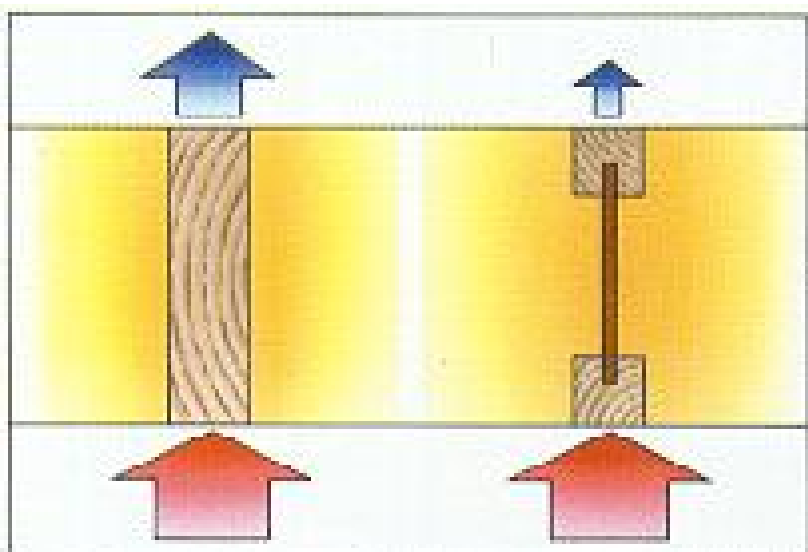
Av de elva småhustillverkarna så är det 2 stycken som under 2012 byggde några stycken passivhus.

Vindsbjälklag och tak

Ett yttertak kan vara uppbyggt på olika sätt och med olika material. Det vanligaste för småhus är att använda trätakstolar. Det finns två olika placeringar av värmeisoleringen beroende på konstruktion: horisontellt på vindsbjälklaget, för vid kall vind och låglutande tak, eller i snedtaket för ett 1 ½-plans hus. I ett välisolerat yttertak är värmeisoleringstjockleken minst 35 och ofta upp emot 50 cm.

Fasader

För ytterväggar av betong, tegel, lättbetong eller lättklinker placeras värmeisoleringen inuti eller utanför väggkonstruktionen. Vid ytterväggar av trä- eller stålreglar placeras minst 20 cm värmeisolering mellan reglarna. Ofta används dubbel regelstomme, där de två regelsystemen är vinkelrätt mot varandra. Reglar av lättbalkar s.k. I-balkar (se figur 1) förekommer också för att minska de köldbryggor som t.ex. massiva träreglar utgör. Väggkonstruktionen förses lämpligen på utsidan med 10 cm heltäckande värmeisolering, vilket minskar köldbryggorna. Innanför den bärande stommen och plastfolien installeras ett skikt med reglar och värmeisolering. Detta skikt kan användas för elinstallationer, men även för att kunna sätta upp tavlor m.m. utan att riskera att punktera plastfolien.



Figur 1 Massiv träregel jämfört med I-balk (källa Masonite Beams AB)

Golv och källare

Idag används tre olika grundkonstruktioner; platta på mark, krypgrund och källare.

Det vanligaste grundläggningssättet är platta på mark, som innebär en betongplatta som gjuts ovanpå en värmeisolering (Adalberth 2010). En välisolerad platta på mark har ca 30 centimeter värmeisolering under sig och en kant med minst 10 centimeter, gärna 15 centimeter, vertikal värmeisolering.

Värmeisoleringen utgörs oftast av cellplast både under betongplattan och på sidan, men även mineralull förekommer.

I tjälskjutande mark behövs en tjälisolering. Denna isolering ligger som en krage runt huset en bit under mark.

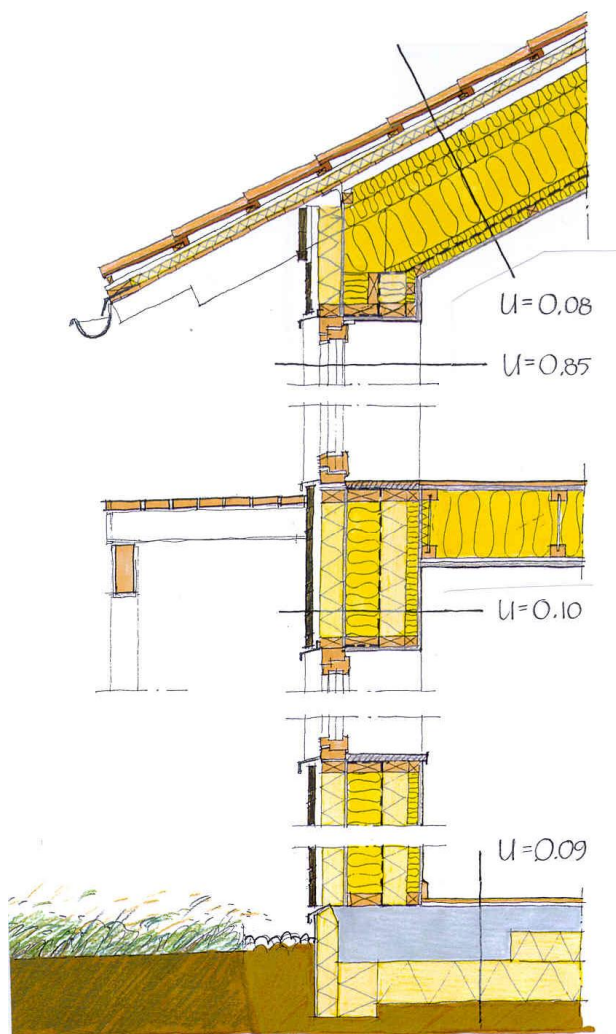
Med en krypgrund kommer huset lite högre över markytan än med platta på mark. Den inre höjden i en krypgrunden är minst sex decimeter luft mellan mark och bottenbjälklaget för att vara ett krypbart utrymme.

En krypgrund är antingen uteluftsventilerad eller inneluftsventilerad. Den sistnämnda kallas även varmgrund. Vid uteluftsventilerad grund ligger isoleringen och lufttätningen i golvbjälklaget och krypgrunden är kall. Risken för mögel är stor om bjälklaget är av trä eller träbaserat material. I Sverige har ca var fjärde småhus med krypgrund och liknande grunder har en fuktskada som kan ha betydelse för inomhusmiljön (Boverket 2010b).

Värmeisoler tjockleken för ett välisolerat bottenbjälklag är cirka 30 centimeter, där cirka 20 centimeter läggs mellan golvbjälkarna och resten läggs heltäckande under golvbjälkarna ur fukt- och energisynpunkt. Ett avdunstningsskydd och en viss mängd isolering läggs på marken.

En krypgrund ventilerad med varm inomhusluft hålls varm och torr, vilket har stora fördelar ur fuktsäkerhetssynpunkt. Frånluften från huset går via grunden innan den lämnar huset, vilket både värmer och säkerställer en tillräcklig ventilation.

Källare är ganska ovanligt i nybyggda hus, av kostnadsskäl, eftersom källare kostar mer att bygga än en platta på mark eller en krypgrund. En välisolerad källare har cirka 25 centimeter tjock värmeisolering utanför källarytterväggen och cirka 20 centimeter under källargolvet.



Figur 2 Välisolerad klimatskärm hos ett småhus (källa efem arkitektkontor).

Förbättringsmöjligheter med dagens isoleringsmaterial och -metoder

Tilläggsisolering

Byggbranschen saknar idag goda exempel och riktlinjer för renovering till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard av svenska småhus. Det finns en brist på helhetskoncept för omfattande energirenoveringar av småhus. De enda kända svenska renoveringarna till nästan passivhusstandard av småhus är 70-tals Villa Kanndalen på Öckerö (Energieffektiva Hus AB) och renZERO-konceptet som tillämpats på ett 40-tals småhus i Skarpnäck. Det finns få exempel på renovering till passivhusstandard av svenska flerbostadshus. Mest känd är Brogården i Alingsås, som är en totalrenovering, där endast den ursprungliga betongstommen behålls. En renovering till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard innebär vanligen en omfattande tilläggsisolering av klimatskärmen.

RenZERO

RenZERO™-konceptet är utvecklat i ett samarbete mellan ett antal aktörer på den nordiska byggmarknaden för att ge en möjlighet att renovera befintliga byggnader så att de möter morgondagens krav på nära-nollenergibyggnad (Paroc 2014). Morgondagens krav har här tolkats som ett mål att halvera energianvändningen enligt BBR:s krav vad avser elvärmda byggnader. Konceptet är i första hand tänkt för mindre byggnader med trästomme upp till två våningar och omfattar: lufttätning, värmeisolering, fönster, dörrar samt värme- och ventilationsanläggning. Renoveringen kan göras stegvis, men för att uppnå en halvering måste alla steg ingå.

RenZero-konceptet i sammanfattning:

- Prefabricerad fasadpanel (renoveringspanel) t.ex. 600 x 3000 x 300 (300 mm fiberorienterad stenullsisolering med densitet 80 kg/m³ och värmeledningsförmåga 0,038 W/m·K + 18 mm skiva plywoodliknande), kan bygga två våningar, skruvas fast genom fläns, 30 mm spalt mellan skivorna (fylls med isolering), spikläkt kan sättas på utsidan för montering av fasadskiva. Mjuk isolering på t.ex. 35 mm för att ta upp ojämnheter i befintlig fasad.
- Ett takalternativ är ett nytt yttertak med nya takstolar, vilka kan monteras utanpå det befintliga yttertaket. Värmeisolering görs med stenullsskivor.
- Samarbete med Elitefönster, VTT m.m.
- Pilotprojekt i Stockholm och Helsingfors
- Paroc samordnar entreprenör, konsult, Nibe m.m. i pilotprojektet i Stockholm (Skarpnäck), som tilläggsisoleras
- Takfots- och fönsteranslutningslösning, samt en fönsteromfattning har tagits fram. Tätheten säkerställs genom att tätskiktet monteras på väggen innan fönsteromfattningen monteras. Om det gamla fönstret går inåt, så kan det sitta kvar tills det nya monterats.

Småhuset i Skarpnäck är ett enplanssmåhus med källare, uppfört på 40-talet och endast tillbyggd. Tilläggsisolering eller byte av fönster hade inte gjorts före energirenoveringen. Före energirenoveringen var den årliga kostnaden för uppvärmning och varmvatten ca 25 000 kr. Energirenoveringen genomfördes under hösten 2013.

Genomförda åtgärder är:

- Tak: nytt yttertak med ny råspont, tätning, isolering från utsidan med 360 mm stenullsisolering, samt nytt taktegel.
- Väggar: tilläggsisolering av befintlig fasad med renoveringspanel med 300 mm stenullsisolering, vilket innebar en förbättring av U-värdet från 1,0 till 0,1 W/m²K.
- Fönster: byte till fönster med U-värde 0,9 W/m²K med ny omfattning
- Dörrar: byte till ytterdörr med U-värde 1,1 W/m²K
- Grund: tilläggsisolering
- Värme & ventilation: installation av FTX och bergvärmepump
- Rör & kanaler: tilläggsisolering av ventilationskanal och vattenledningsrör

Uppmätt energianvändning (värme, varmvatten och driftstel) före renovering var 128 kWh/m²·år och beräknad efter renovering är 25 kWh/m²·år. Uppföljning av energianvändningen sker under 2014-2015.

Inom renZero-projektet har en kostnadsberäkning av genomförda åtgärder genomförts. Total kostnad för renovering har beräknats till 960 000 kr, vilket sparar 16 700 kWh/år

eller i pengar 22 000 kr, om energipriset antags vara 1,30 kr/kWh. En enkel beräkning av återbetalningstiden ger att det behövs 44 år att få tillbaka investeringen. Enligt fastighetsmäklaren Mäklarringen skulle dock marknadsvärdet öka mer än investeringen, från 5,8 mkr till 7,0 mkr för det aktuella huset.

Villa Kanndalen

Villa Kanndalen på Öckerö färdigställdes 1970 och är ett souterränghus i två plan med låglutande tak, samt en vinkelbyggnad mot söder (Levande hus – isolera – tips & råd – inspiration – bygga nytt – renovera, Isover 2009). Huset var i behov av upprustning och renovering. I samband med detta föddes idén att samtidigt energieffektivisera huset till ett lågenergihus genom att applicera passivhusteknik så långt som möjligt.

Behovet av renovering berodde bl.a. på dräneringsproblem, sprickor i fasad, dåliga fönster och dörrar, dålig isolerstandard, direktverkande el för uppvärmningen och ett slitet tak.

Istället för att byta och bygga om befintligt tak kom Isover med förslaget att bygga ett nytt tak ovanpå det gamla. Detta för att få tjockare isolering och nytt tak utan att inkräkta på vindsutrymmet, som kan utnyttjas till ventilationskanaler och andra installationer. Denna lösning innebär mindre arbete och bättre värmeisolering.

En ny ångspärr byggdes in ovanpå befintlig takkonstruktion, som skyddas och kommer in i värmen. Isoleringen ovanpå den gamla råsponten fördubblades jämfört med befintligt vindsbjälklag. Den nya tilläggskonstruktionen byggdes utifrån samma principer som i nybyggda passivhus.

Fasadpartierna i den gamla vinden lufttätades med en diffusionsöppen takunderlagsfolie. På så sätt släpper fasadpartierna ut fukt som eventuellt trängt upp på vinden. Då behöver man inte plocka bort den gamla ångspärren i vindsbjälklaget.

Krypgrunden under vinkelbyggnaden mot söder tilläggsisolerades på traditionellt sätt underifrån. Fasaden renoverades med Maxits tjockputs ovanpå ny tilläggsisolering. De nya fönstren, av passivhustyp, har ett U-värde på 0,9 W/m²•°C.

Sammanfattning av åtgärderna:

- Ny dränering runt huset
- Tilläggsisolering av platta på mark ovanifrån i suterrängdelen, 100 mm
- Utvärdig tilläggsisolering av fasad, 150 mm
- Takkonstruktionen höjs och tilläggsisoleras ca 290 mm
- Tilläggsisolering av krypgrund under vinkelbyggnad 160 mm
- Lufttätning
- Nya energieffektiva fönster och dörrar
- Ventilation, värmeåtervinning: FTX-system
- Solpanel med ackumulatortank för varmvatten

Målsättning för Villa Kanndalen:

- Minskning av energianvändningen från 162 till 45 kWh/m²•år
- Minskning av värmeeffektbehov från 64 till 13 W/m²•år

Framtiden

För att hålla nere kostnaderna vid tilläggsisolering av framförallt ytterväggar vore det önskvärt med isoleringsmaterial med mycket bra värmeisoleringsförmåga för att hålla nere tjockleken på tilläggsisoleringen av klimatskärmen och undvika att fönster hamnar långt in i fasaden och att takfoten måste byggas ut. Dessa isoleringsmaterial får inte ha för hög kostnad och vara för känsliga för den tidvis omilda hanteringen på en byggsplats, vilket ofta är fallet idag med högisolerande produkter t.ex. transparenta isoleringsmaterial och vakuumisoleringspaneler.

Det finns även ett behov av rationella metoder för tilläggsisolering. Ett steg i den riktningen har tagits med renZERO-konceptet.

Miljövänligare isoleringsmaterial vore även intressant. Ett exempel är ett nytt isoleringsmaterial, som har utvecklats av Svenska Cellutech och är ett miljövänligt cellulosa-saskum som kan användas i stötdämpande förpackningar och för isolering av hus. Produkten finns dock ännu inte på marknaden.

Nybyggnation

Även vid nybyggnation vore det intressant med isoleringsmaterial med mycket bra värmeisoleringsförmåga för att hålla nere tjockleken på tilläggsisoleringen av fasader och undvika att fönster hamnar långt in i fasaden och att takfoten måste byggas ut. En fördel är också att med givna yttermått fås en större boendeyta.

Utveckling av superisoleringsmaterial

Idag finns ett antal superisoleringsmaterial som behöver bli mindre dyra och som behöver utvärderas innan de kan komma till användning i större skala för byggnader. Ett antal projekt pågår på europeisk och internationell nivå.

Europeiska forskningsprojekt

EU-kommissionen stödjer forskning med omfattande investeringar i det 7 ramprogrammet. AERCOINS (projekttid 2011-2015) projektet syftar till att utveckla ett helt nytt komposit/hybrid organiskt-oorganiskt aerogelmaterial. Syftet med HIPIN projektet är utveckling av hållbar, kostnadseffektiv produktion av nanostrukturerad aerogelbaserad beläggning. Ett tredje projekt NANOINSULATE (projekttid 2010-2014) arbetar med hållbar, robust, kostnadseffektiv, opak och transparent VIP genom att använda nya nanoteknologibaserade material såsom nanoskum, aerogelkompositer och högspärrfilm. Ett nytt projekt FOAMBUILD (projekttid 2013-2017) har nyligen påbörjat utveckling av termoplast partikelskum med hjälp av nyligen utvecklade råmaterial, tillsatser och processberedning för att tillverka neocellsskum.

Internationella initiativ för att främja superisoleringsmaterial

Alltsedan början av 2000-talet är intresset för superisolerande material stort på många håll i världen. Ett internationellt symposium om VIP (IVIS) organiseras vartannat år sedan 2001. Senast ägde det rum 2013 i Schweiz. Ett internationellt forskningsprojekt inom IEA, Annex 39 (projekttid 2001-2005) undersökte VIP-tillämpningar i byggsektorn. Det nya IEA Annex 65 Långtidsprestanda för superisolerande material i bygg-

nadskomponenter och –system startar sommaren 2014. Huvudsyftet är att tillhandahålla tillförlitliga data (egenskaper och hållbarhet) och säkerställa teknik för implementering.

Teknisk bedömning och standardisering

I Europa omfattas få VIP- och aerogelprodukter av teknisk värdering. Under våren 2014 förbereder CEN- och ISO-arbetsgrupper förslag till VIP-standarder, en ASTM-standard täcker allmänna krav på VIP.

Handlingsplan för framtida isoleringsprodukter och –tillämpningar

En handlingsplan har tagits fram vid VTT i Finland för den finska marknaden, som är tillämplig på nordiskt klimat (Ojanen 2014). Handlingsplanen gäller värmeisoleringsmaterial och –lösningar för byggnader i kalla klimat. Handlingsplanen baseras på en genomgång av kunskapsläget. Drivkrafter, hinder och trender studerades genom fokusgrupper och återkoppling från intressenter i aktiva seminariediskussioner.

När nya värmeisoleringsmaterial utvecklas måste hänsyn tas till hela systemet. Ett isoleringsmaterial kan ha utmärkta tekniska egenskaper, men är ändå inte en färdig lösning för marknaden. En passande produkt måste utvecklas, som är anpassad till den befintliga byggnadstekniken eller ny byggnadsteknik måste utvecklas. Detta för att effektivt kunna integreras i byggnader.

Den lovande potentialen hos nya isoleringslösningar såsom aerogeler, VIP, biobaserade material och nanobaserade teknologier anses av många FoU-experter vara mycket viktiga. Industrin erkänner att det är lovande lösningar, men ser det inte som något hot inom den närmsta framtiden. Detta eftersom de traditionella produkterna är väletablerade och byggindustrin anpassar sig långsamt till nya lösningar. Byggprocessen ses som ett av de största hindren för anpassning till nya lösningar.

Bra koncept har utvecklats och betydande forskning har gjorts. Det finns ett behov av befästa och investera i mer allmän resultatspridning och ökad medvetenhet.

Nytan av bra värmeisolering kan inte separeras från byggnadens totala energiprestanda eller byggnadsfysik. Ett holistiskt tillvägagångssätt bör användas där även andra åtgärder ingår och hänsyn till andra aspekter utöver energi tas. Företag som är föregångare bör främjas och stödjas för att få tillstånd goda exempel och efterfrågan på dessa. Förverkligande av nya tillvägagångssätt kräver investering och utbildning i projektering och tillämpning av de nya systemen i praktiken.

Potential i det befintliga småhusbeståndet

Statistiska grunddata för svenska småhus

Först redovisas statistiska grunddata för det svenska småhusbeståndet. I Sverige finns ca 2 miljoner småhus, varav 30 % är byggda under perioden 1971-1990 (se tabell 5). Fortfarande har ca 500 000 (30 % av alla småhus) småhus elvärme, varav hälften är i småhus byggda mellan 1960 och 1980. Övriga uppvärmningssätt är en liten andel enbart olja, 20 % är biobränsle med eller utan el, 7 % är värmepump och slutligen 12 % är fjärrvärme. Av alla småhus finns endast 10 % i Norrland. Drygt 80 % av småhusen är friliggande (Boverket 2010). Den nuvarande produktionen av småhus är

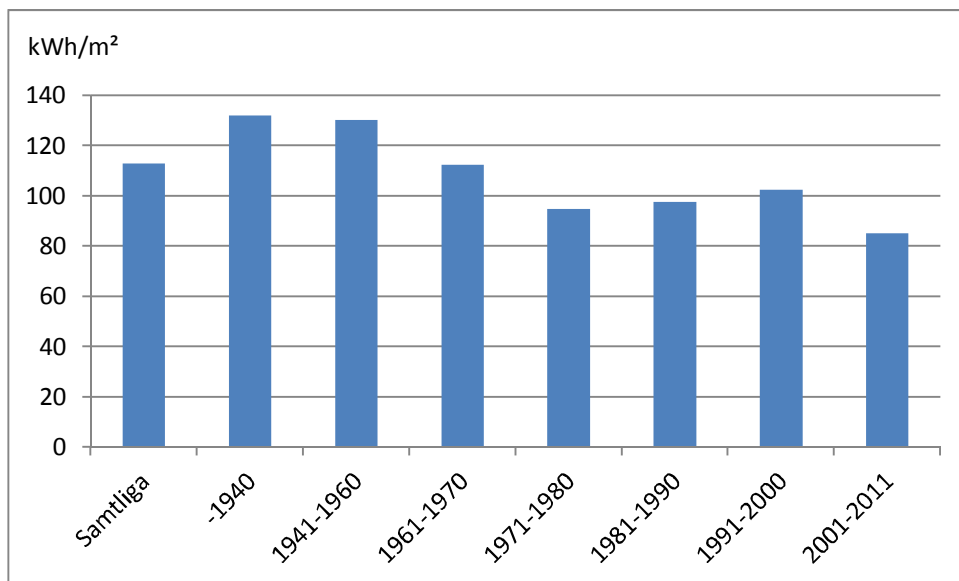
ca 8 000 per år sedan år 2000. Under 70-talet var den årliga småhusproduktionen ca 40 000 (SCB 2014).

Tabell 5 Antal småhus år 2012, fördelade efter byggår och använt uppvärmningssätt, 1000-tal (Energimyndigheten 2013). Observera att för de enskilda värdena för olika byggår för uppvärmningssätt är felmarginalen (95 % konfidensintervall under antagandet om normalfördelning) \pm ca 25 %.

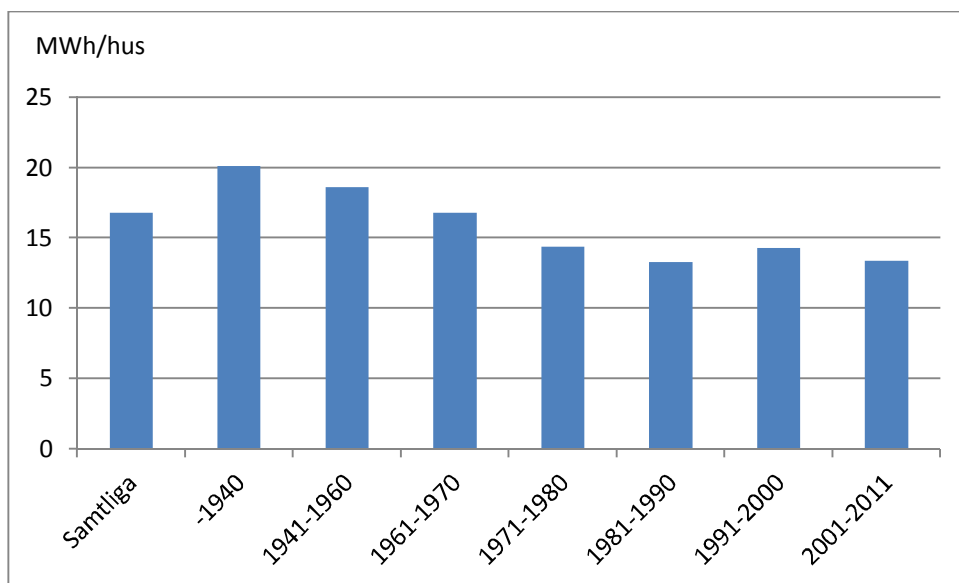
Använt uppvärmningssätt	Byggår							
	- 1940	1941- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2011	Samtliga
Antal småhus, 1000-tal	546	279	275	413	203	98	123	1937
Enbart direktel	48	13	21	153	30	7	6	277
Enbart vattenburen el	45	27	45	33	54	35	38	277
Enbart olja	4	10		2				20
Olja och el	6	4						12
Biobränsle och el	134	55	40	89	41	21	26	406
Enbart biobränsle	99	46	18	10	8	6	5	192
Berg/jord/sjövp och el	19	13	3	6	3	2	3	48
Berg/jord/sjövp och bio	32	17	10	13	3	1	7	83
Berg/jord/sjövpump	71	30	41	35	11	5	15	309
Fjärrvärme	26	36	65	43	38	10	12	231
Övriga uppvärmningssätt	64	28	28	26	16	10	11	182

Småhus svarar för en betydande del av energianvändningen inom byggsektorn, ca 30 % eller 45 TWh för värme, tappvarmvatten och hushållsel. Effektiviseringspotentialen är stor.

Högst specifika energianvändning eller energianvändning per hus för uppvärmning och tappvarmvatten har småhus byggda före 1970 (Energimyndigheten 2013), 112 – 132 kWh/m²år resp. 14,4 – 20,1 MWh/hus (se figur 3a och 3b). Givetvis finns det stor variation från hus till hus beroende på boendevanor och husstorlek.



Figur 3a Genomsnittlig energianvändning per kvadratmeter (för uppvärmning och varmvatten, exkl. hushållsel) i småhus unde 2012, fördelad efter byggår, kWh/m².



Figur 3b Energianvändning per hus för uppvärmning i småhus år 2012, fördelad efter byggår, MWh/hus.

Värmeisolering av olika byggdelar

Av småhus byggda före 1975 är det en hög andel som har källare, ca 57 %, medan småhus byggda efter 1975 och fram till 2005 endast 18 % har källare (Boverket 2010b). Grundläggning med platta på mark blev mer frekvent först på 60-talet (se tabell 7), för att bli mest frekvent under 1976 – 1985.

Tabell 7 Andel platta på mark som utgör hela eller del av småhus grundläggning för olika byggår (Boverket 2010b). Av de småhus som inte är grundlagda med källare eller platta på mark, torde flertalet var grundlagda med uteluftsventilerad krypgrund.

Byggår	Andel grunder med platta på mark, %	Andel krypgrunder och liknande grund		
-60	10 ±7	53 ±11	Byggår	Andel grunder med källare
61 – 75	39 ±10	26 ±11	-75	57 ±9
76 – 85	57 ±11	28 ±13	75-05	18 ±6
86 – 05	50 ±9	45 ±13	Totalt	46 ±6
Totalt	30 ±5	41 ±6		

Det genomsnittliga svenska småhuset byggdes 1953 och är ett 1,5 plans hus med källare. Husets fasad är av trä och taket är ett sadeltak med betongtakpannor. Den uppvärmda area är $160 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ och ytterväggarnas U-värde är $0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Det bor 2,3 personer i huset (Boverket 2010).

U-värden för olika byggdelar i småhus från olika tidsperioder varierar. För platta på mark/källargolv är det genomsnittliga U-värdet $0,29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (se tabell 8) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största platta på mark/källargolvsarean finns i hus byggda före 1975. UA-värdet för platta på mark/källargolv har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 36 miljoner W/K (se tabell 8) (Boverket 2010c). Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1975. Dock är det inte utan problem att tilläggsisolera platta på mark/källargolv i ett befintligt småhus, framförallt är det förenat med fuktrisker, eftersom det enda realistiska alternativet är invändig tilläggsisolering. En ev. invändig tilläggsisolering kan endast var av begränsad tjocklek dvs. en radikal förbättring av värmeisoleringen är inte lätt att åstadkomma.

Tabell 8 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för platta på mark/källargolv för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)		miljoner m ²		miljoner W/K	
-60	0,28	±0,05	42,6	±11	12,5	±3
61-75	0,32	±0,05	43,0	±7	13,8	±3
76-85	0,27	±0,04	24,5	±5	6,8	±1,5
86-95	0,24	±0,02	6,3	±2	1,5	±0,5
96-05	0,18	±0,02	5,7	±1	1,0	±0,2
Medel/-summa	0,29	±0,02	122,1	±13	35,6	±5,6

För kryppgrundbjälklag är det genomsnittliga U-värdet 0,26 W/(m²·K) (se tabell 9) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största kryppgrundsarean finns i hus byggda före 1960. UA-värdet för kryppgrundbjälklag har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 17 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggda före 1960. Dock är det inte utan problem att tilläggsisolera kryppgrund i ett befintligt småhus, framförallt är det förenat med fuktrisker. En radikal förbättring av värmeisoleringen är inte lätt att åstadkomma.

Tabell 9 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för kryppgrundsbjälklag för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)		miljoner m ²		miljoner W/K	
-60	0,30	±0,09	38,2	±11	11,0	±4,6
61-75	0,26	±0,08	12,3	±6	3,1	±1,3
76-85	0,17	±0,02	9,0	±4	1,5	±0,7
86-95	0,16	±0,02	7,9	±2	1,2	±0,3
96-05	0,15	±0,01	2,4	±1	0,3	±0,1
Medel/summa	0,26	±0,06	69,8	±14	17,1	±5,1

Uppgifter för bjälklag ovan uppvärmd källare om genomsnittligt U-värde, total area och totalt UA-värde finns endast för småhus byggda före 1960 och UA-värdet är inte högt, 4,5 miljoner W/K, jämfört med övriga byggdelar (se tabell 10).

Tabell 10 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för bjälklag ovan uppvärmd källare för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)		miljoner m ²		miljoner W/K	
-60	0,40	±0,07	10,9	±4,7	4,4	±1,9
61-75	0,27	±0,08		±6		
76-85	0,18	±0		±4		
86-95	0,14	±0		±2		
96-05	0,14	±0,01		±1		
Medel	0,39	±0,07	11,7	±4,9	4,5	±1,9

För källarvägg under mark är det genomsnittliga U-värdet 0,75 W/(m²·K) (se tabell 11) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största arean för källare under mark finns i hus byggda före 1975. UA-värdet för krypgrundsbjälklag har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 29 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1960, vilket inte är lätt men inte omöjligt att åtgärda. Antingen grävs marken upp på utsidan och en tilläggsisolering genomförs eller det finns också möjlighet till begränsad tilläggsisolering på insidan, dock med risk för fukt och mögelproblem.

Tabell 11 Genomsnittliga U-värden, areaor och det totala UA-värdet för källarvägg under mark för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)	miljoner m ²	miljoner W/K			
-60	0,85	±0,19	18,8	±7,5	16,2	±4,7
61-75	0,73	±0,14	13,5	±4,2	10,0	±3,5
76-85	0,45	±0,21	4,8	±2,4	2,1	±1,4
86-95	0,37	±0,11	0,7	±0,4		
96-05	0,81	±0,23				
Medel	0,75	±0,11	38,1	±8,8	28,7	±6,7

För källarvägg ovan mark är det genomsnittliga U-värdet hela 1,65 W/(m²·K) (se tabell 12) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största arean för källarvägg ovan mark finns i hus byggda före 1975. UA-värdet för källarvägg ovan mark har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 28 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1960, vilket borde vara ganska lätt att åtgärda på utsidan. Det torde dock lämpligen göras i samband med en utvändigt tilläggsisolering av ytterväggarna.

Tabell 12 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för källarvägg ovan mark för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)	miljoner W/K	miljoner W/K			
-60	1,97	±0,37	15,8	±7,2	15,8	±7,2
61-75	1,70	±0,48	10,1	±5,5	10,1	±5,5
76-85	0,56	±0,26	1,1	±0,6	1,1	±0,6
86-95	0,51	±0,27				
96-05	1,30	±0,5				
Summa	1,65	±0,3	27,5	±9,1	27,5	±9,1

För ytterväggar är det genomsnittliga U-värdet 0,36 W/(m²·K) (se tabell 13) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största arean för ytterväggar finns i hus byggda före 1960, men även arean för hus byggda 1961-97 är betydande. UA-värdet för ytterväggar har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 93 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1960, vilket är tekniskt möjligt att åtgärda med en tilläggsisolering på utsidan.

Tabell 13 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för ytterväggar för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)		miljoner m ²		miljoner W/K	
-60	0,47	±0,15	133,7	±17	62,4	±24,3
61-75	0,31	±0,03	59,8	±5,1	18,5	±2,2
76-85	0,21	±0,02	36,2	±2,7	7,5	±0,6
86-95	0,17	±0,01	16,0	±1,3	2,8	±0,3
96-05	0,20	±0,03	10,0	±0,7	2,0	±0,3
Medel/-summa	0,36	±0,08	255,7	±21,2	93,2	±25,6

För horisontella vindbjälklag är det genomsnittliga U-värdet 0,22 W/(m²·K) (se tabell 14) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största arean för ytterväggar finns i hus byggda före 1975. UA-värdet för ytterväggar har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 32 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1960, vilket tekniskt i många fall är lätt att åtgärda med en tilläggsisolering på vinden t.ex. med lösull. Man måste dock vara medveten om fukt- och mögelrisken om vindbjälklaget inte har tillräcklig lufttätthet och därmed fuktig rumsluft kan läcka upp till vindstrymmet och kondensera på undersidan av takkonstruktionen. Med tilläggsisoleringen blir nämligen vindstrymmet på vintern avsevärt kallare än tidigare.

Tabell 14 Genomsnittliga U-värden, areor och det totala UA-värdet för horisontella vindbjälklag för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)		miljoner m ²		miljoner W/K	
-60	0,29	±0,04	55,8	±8,7	16,1	±3,5
61-75	0,21	±0,02	45,0	±6,6	9,5	±1,9
76-85	0,15	±0,01	27,7	±3,4	4,2	±0,8
86-95	0,12	±0,01	13,1	±1,2	1,5	±0,2
96-05	0,12	±0,01	5,6	±0,9	0,6	±0,1
Medel/-summa	0,22	±0,02	147,2	±13,8	32,1	±4,1

För fönster är det genomsnittliga U-värdet 2,23 W/(m²·K) (se tabell 15) (Boverket 2010c). Det högsta U-värdet har hus byggda före 1975, då en ny byggnorm gavs ut med U-värdeskrav. Den största arean för fönster finns i hus byggda före 1975. UA-värdet för ytterväggar har beräknats för det svenska småhusbeståndet till 94 miljoner W/K. Den största transmissionsförlusten finns uppenbarligen i hus byggde före 1960, vilket tekniskt i många fall är lätt att åtgärda genom att byta till lågenergifönster.

Tabell 15 Genomsnittliga U-värden, areaor och det totala UA-värdet för fönster för det svenska småhusbeståndet

Byggår	U-värde, W/(m ² ·K)	miljoner m ²	miljoner W/K			
-60	2,34	±0,08	20,1	±3,1	47,0	±6,9
61-75	2,30	±0,09	11,0	±1	25,4	±2,2
76-85	2,01	±0,04	6,3	±0,4	12,6	±0,9
86-95	1,94	±0,05	2,9	±0,4	5,6	±0,8
96-05	1,87	±0,07	2,0	0,3	3,7	±0,7
Medel	2,23	±0,05	42,3	±3,2	94,3	±7,7

En sammanställning av totala UA-värden för olika byggnadsdelar och klimatskärmen totalt visar att för det svenska småhusbeståndet så förekommer de största transmissionsförlusterna genom ytterväggar och fönster (se tabell 16 och 17). Betydande är även förlusterna genom platta på mark/källargolv, källarvägg under och ovan mark, samt horisontella vindbjälklag.

Tabell 16 UA-värden för det svenska småhusbeståndet, miljoner W/K

Byggår	Totalt klimatskalet	Platta på mark/-källargolv	Krypgrunds-bjälklag	Bjälklag ovan ouppvärm� källare	Källarvägg under mark	Källarvägg ovan mark	Ytterväggar	Horisontella vindbjälklag	Fönster
-60	212,4	12,5	11,0	4,4	16,2	15,8	62,4	16,1	47,0
61-75	95,5	13,8	3,1		10,0	10,1	18,5	9,5	25,4
76-85	39,9	6,8	1,5		2,1	1,1	7,5	4,2	12,6
86-95	14,6	1,5	1,2			0,0	2,8	1,5	5,6
96-05	8,7	1,0	0,3			0,0	2,0	0,6	3,7
Summa	371,1	35,6	17,1	4,5	28,7	27,5	93,2	32,1	94,3

Tabell 17 UA-värden för det svenska småhusbeståndet, % av totalt klimatskalet

Byggår	Platta på mark/-källargolv	Krypgrunds-bjälklag	Bjälklag ovan ouppvärm� källare	Källarvägg under mark	Källarvägg ovan mark	Ytterväggar	Horisontella vindbjälklag	Fönster
-60	6	5	2	8	7	29	8	22
61-75	14	3		10	11	19	10	27
76-85	17	4		5	3	19	11	32
86-95	10	8		0	0	19	10	38
96-05	11	3		0	0	23	7	43
Summa	10	5		8	7	25	9	25

Om klimatskärmen för alla småhus kunde uppgraderas till passivhusstandard dvs. ytterväggar, fönster, platta på mark/källargolv, källarvägg under och ovan mark, samt horisontella vindbjälklag så skulle ca 20 TWh/år kunna sparas i tillförd uppvärmningsenergi (se tabell 18), beräknat med hjälp av graddagar för Stockholm. Dock kan det vara svårt att uppgradera platta på mark/källargolv till passivhusstandard utan att skapa fuktproblem. Utan uppgradering av denna byggnadsdel reduceras besparingen till 18 TWh/år. Utan uppgradering av fönster reduceras besparingen ytterligare 5 TWh/år.

Tabell 18 UA-värden för det svenska småhusbeståndet, miljoner W/K, och energibesparing om uppgradering av klimatskärmen till passivhusstandard, TWh/år. Energibesparingen är beräknad för Stockholmsklimat.

	Platta på mark/-källargolv	Krypgrundsbjälklag	Källarvägg under mark	Källarvägg ovan mark	Ytterväggar	Horisontella vindbjälklag	Fönster	Totalt klimatskalet	Totalt klimatskalet exkl. fönster
Summa idag	35,6	17,1	28,7	27,5	93,2	32,1	94,3	333,0	238,7
Summa om passivhus	12,3	6,6	3,8	1,7	25,9	14,6	38,1	102,9	64,8
Reduktion om passivhus	23,3	10,5	24,9	25,8	67,3	17,5	56,2	225,6	169,4
Energi- besparing i TWh/år	2,1	1,0	2,2	2,3	6,1	1,6	5,1	20,4	15,3

Eftersom småhusen byggda under 60- och 70-talet är ganska enhetliga (se avsnitt Allmänt om småhusens arkitektur ...) och har en ganska hög energianvändning (se figur 3, så det ett intressant småhusbestånd att uppgradera klimatskärmens värmeisolering för. Om klimatskärmen hos alla småhus byggda 1961-75 uppgraderades till passivhusstandard skulle 5,5 TWh i tillförd värme kunna sparas (ses tabell 19). En stor del av besparingen kan göras genom uppgradering av källarvägg ovan mark, yttervägg, horisontella vindbjälklag och fönster, ca 4 TWh/år. Övriga byggnadsdelar dvs. platta på mark/källargolv, krypgrundsbjälklag, källarvägg under mark är svårare att tilläggsisolera.

Tabell 19 UA-värden för småhus med byggår 1961-75, miljoner W/K, och energibesparing om passivhusstandard, TWh/år.

	Platta på mark/-källargolv	Krypgrundsbjälklag	Källarvägg under mark	Källarvägg ovan mark	Ytterväggar	Horisontella vindsbjälklag	Fönster	Totalt klimatskalet	Totalt klimatskalet exkl. fönster
Summa idag	13,8	3,1	10,0	10,1	18,5	9,5	25,4	90,4	65,0
Summa om passivhus	4,3	1,2	1,4	0,6	6,0	4,5	9,9	27,9	18,0
Reduktion om passivhus	9,5	1,9	8,6	9,5	12,5	5,0	15,5	62,5	47,0
Energi- besparing i TWh/år	0,9	0,2	0,8	0,9	1,1	0,4	1,4	5,6	4,2

För att uppnå passivhusstandard för alla småhus med byggår 1961-75 krävs stora tjocklekar på tilläggsisoleringen om mineralull används som värmeisoleringsmaterial (se tabell 20). För alla byggdelar utom vindsbjälklag krävs mellan 25 och 40 cm, vilket åtminstone för platta på mark/källargolv och källarvägg är orimligt. För de sistnämnda byggdelarna skulle superisoleringmaterial vara av intresse.

Tabell 20 U-värden idag och som passivhus, för småhus med byggår 1961-75, miljoner W/m²K, och tjocklek för tilläggsisolering om mineralull används, cm.

	Platta på mark/-källargolv	Krypgrunds- bjälklag	Bjälklag ovan oupp- värm� källare	Källar- vägg under mark	Källar- vägg ovan mark	Ytter- väggar	Horisont- ella vinds- bjälklag	Fönster
U-värde idag, W/m ² K	0,32	0,26		0,73	1,70	0,31	0,21	2,30
U-värde om passivhus, W/m ² K	0,10	0,10		0,10	0,10	0,10	0,10	0,90
Tilläggs- isolering, cm	28	25		35	38	27	21	

Kostnadsuppskattning

Är det möjligt att kostnadseffektivt (LCC) renovera småhus till passivhusstandard eller nära passivhusstandard i Sverige med syftet att nå låg elanvändning och låg energianvändning för värme och tappvarmvatten? En passivhusrenovering ger

förutsättningar för användning av förnybar energi och att ta steget till nära nollenergihus. Om detta kunde genomföras i alla 60-70-tals småhus skulle detta innebära en energibesparing på minst 5,5 TWh/år. Den totala energianvändningen för värme och varmvatten i småhus, 33 TWh/år, är högre än motsvarande värde för flerbostadshus, 28 TWh/år (Energimyndigheten 2012). Den specifika energianvändningen är dock lägre för småhus, 127 kWh/m²år jämfört med 158 kWh/m²år. Småhusen byggda 1971-1980 (26 % av det totala antalet småhus i Sverige) använder idag ca 1/3 av all energianvändning i småhus dvs. 11 TWh/år eller ca 105 kWh/m²år. Många av dessa småhus ingick i riksdagens beslut 1964 att bygga en miljon nya bostäder ”miljonprogrammet” och utgör ca en tredjedel av miljonprogramslägenheterna. Många av miljonprogrammets småhus är i behov av renovering, och eftersom de byggdes innan den första energikrisen och före 1975 års byggnorm med skärpta energikrav behöver de också uppgraderas väsentligt vad gäller energianvändning. Jämfört med dagens småhus är värmeisoleringsnivån låg och värmeåtervinning är sällsynt. Därtill kommer att den stor andel av 1960- och 1970-talssmåhusen värms med elvärme. De har också en hushållselanvändning på ca 6 000 kWh/år, småhus (Energimyndigheten 2006), vilket innebär en total hushållselanvändning på 4 TWh/år. En viktig åtgärd för att sänka energianvändningen till passivhusstandard eller nära passivhusstandard är att förbättra klimatskärmens värmeisolering.

En uppskattning av kostnaderna för uppgradering av klimatskärmen till passivhusstandard för alla småhus med byggår 1961-75 ger långa återbetalningstider (se tabell 21), för de flesta byggdelarna. För en fullständig tilläggsisolering är återbetalningstiden över 50 år, medan för tilläggsisolering av horisontella vindsbjälklag återbetalningstiden är ca 10 år. Payback-metoden är en mycket enkel metod för investeringskalkyl, som endast bör användas för grovsällning. Angivna kostnader är ganska grova skattningar som delvis baserar sig BETSI-studien (Boverket 2010c). Det kan också vara så att en tilläggsisolering av klimatskärmen till passivhusstandard är en alltför ambitiös nivå.

Tabell 21 Kostnader och återbetalningstid för passivhusrenovering av alla småhus med byggår 1961-75.

	Platta på mark/-källargolv	Krypgrunds-bjälklag	Källar-vägg under mark	Källar-vägg ovan mark	Ytter-väggar	Horisont-ella vindsbjälklag	Fönster	Totalt klimatskalet
Area, miljoner m ²	43	12,3	13,5	6,3	59,8	45	11	
Kostnad exkl. moms, kr/m ²	1500	1300	2500	2000	1700	100	7000	
Total kostnad, mkr	64 500	15 990	33 750	12 600	101 660	4 500	77 000	310 000
Energibesparing (1 kr/kWh), mkr/år	857	172	780	859	1 132	450	1 397	5 646
Återbetalnings-tid	75	93	43	15	90	10	55	55

Genomförda energirenoveringar

En intressant fråga är hur många småhus vars klimatskärm renoverats och/eller energirenoverats. Enligt BETSI-studien har ytterväggar mellan år 2007 och 2010 åtgärdats i ca 200 000 småhusen (se tabell 22), vilket utgör 11 % av småhusen (Boverket 2010). Motsvarande värde för yttertak är ca 170 000 småhus, vilket utgör 9 % av småhusen. Av statistiken framgår inte hur många av dessa åtgärdade småhus som tilläggsisolerats, vilket förmodligen är mycket få, framförallt om uppgradering till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard avses.

Tabell 22 Antal och andel småhus som åtgärdats mellan år 2007 och 2010.

Byggnadsdelar	Antal småhus 1000-tal	Andel småhus, %
Grund	122 ±105	6 ±6
Fönster/dörrar	187 ±67	10 ±4
Ytterväggar	199 ±74	11 ±4
Yttertak	169 ±107	9 ±6

Enligt en annan studie har under 2001 – 2011 i hälften av småhusen någon eller några energieffektiviserande åtgärd genomförts, men endast i ca 10 % har värmeisoleringen av väggar/tak förbättrats (Energimyndigheten 2012). Den vanligaste åtgärden är energisåla vitvaror och därefter isolerglas.

I en tredje studie har en uppföljning av allmänhetens kontakter med energi- och klimatrådgivningen under åren 2008 och 2009 gjorts (Energimyndigheten 2011). 490 personer av 661 rådgivarna haft kontakt med gick att nå för en intervju. Närmare åtta av tio rådsökande har genomfört åtgärder, ändrat beteende och/eller gjort inköp med avsikten att spara energi. En tredjedel av de som genomfört åtgärder har bytt uppvärmningssystem genom att installera berg-, sjö-, jordvärme- eller luftvattenvärmepump. Vad gäller planerade åtgärder, så planerar ca 5 % att förbättra fastighetens fönster, 2 % att tilläggsisolera vinden, 1 % att tilläggsisolera fasaden. För drygt en fjärdedel av de rådsökande har ROT-avdraget haft en mycket stor eller ganska stor påverkan på beslutet. Hälften av de som genomfört eller planerar att genomföra en åtgärd bor i ett byggt 1960 eller tidigare.

Intervju med leverantörer av isoleringsmaterial och fasadsystem

En enkätundersökning (se bilaga 2) har genomförts, där fem leverantörer av isoleringsmaterial och en leverantör av fasader svarat (se bilaga 1).

Flertalet av de som besvarat enkäten rekommenderar idag för tilläggsisolering småhusens klimatskärm traditionella isoleringsmaterial och – metoder. En svarande rekommenderar PIR och en rekommenderar prefabricerad fasadpanel.

De flesta svarande anger att de har åtminstone ritningar på anslutning av tilläggsisolering av fasad till fönster, grund/källarvägg och takkonstruktion. En svarande anger att de har P-märkta lösningar.

På frågan hur dagens isoleringsmaterial och – metoder för tilläggsisolering kan förbättras anges, förbättrad värmeisoleringsförmåga hos isoleringsmaterialen, rationellare byggprocess och lägre kostnad.

Flertalet av de svarande har undersökt möjligheten att tilläggsisolera småhus. Aktuella metoder är ofta tilläggsisolering med puts. Flera svarande har deltagit i projekt för tilläggsisolering av småhus. Tillämpade metoder har varierat från tjockputs på mineralull, prefabricerad fasadpanel till polyuretan. Före- och eftermätningar har gjorts i liten utsträckning. Det största hindret för tilläggsisolering är att uppnå lönsamhet enligt alla svarande. Andra hinder som nämns är svårigheter att uppnå lufttäthet, brist på kompetenta hantverkare, avsaknad av kalkyler.

Många av de svarande upplever marknaden som trög med dålig lönsamhet. En svarande upplever dock marknaden som öppen. Flera av de svarande anser att det finns en stor potential för tilläggsisolering av småhusbeståndet.

Synpunkter på en teknikupphandling är bl.a. att fullskaletester för att garantera tätheten hos tilläggsisoleringssystemet måste göras, krav på systemets funktion t.ex. U-värde, brand, ljud, fukt måste ställas, utförandet viktigt – arbetet bör utföras av ”godkända” entreprenörer, ett antal verkliga typiska demonstrationshus bör ingå.

Vad gäller värmeisolering till nästan passivhusstandard eller passivhusstandard vid nyproduktion av småhus hänvisar de flesta till sina svar för tilläggsisolering av befintliga småhus. Synpunkter som framkom var, ökad prefabriceringsgrad, fuktsäkra konstruktioner, säkerställ täthet och kostnadseffektivitet.

Exempel på största hinder är, ”småhusbranschen är lite avvaktande då det inte stämmer med deras utrustning i fabriker”, ”brist på motivation hos småhustillverkarna som tycks bero på svaga BBR-krav”, ”fuktproblem”, samt ”övertemperaturer på sommare”. ”

Slutsatser från teknikupphandlings-utvecklingsprojekt för befintliga flerbostadshus.

Ett antal slutsatser har dragits från teknikupphandlingen-utvecklingsprojektet för rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga flerbostadshus.

Idag finns det flera rationella system för tilläggsisolering och uppgradering av ytterväggar och fasader på marknaden (Mjörnell 2014). En del av systemen har vissa mindre brister i anslutningar mellan element och befintlig fasad och detaljer såsom plåtarbeten vid fönster. Systemen borde efter viss anpassning kunna tillämpas på småhus. Kostnaden för prefabricerade fasadelement anses fortfarande vara dyrare än för de traditionella lösningarna med isolering och puts.

Ett hinder för användning av rationella system för tilläggsisolering och uppgradering av ytterväggar och fasader är bristen på företag som vill ta på sig totalansvaret för systemen. Utmaningen torde vara ännu större för småhus.

Det finns behov av ytterligare utveckling av produkter, system och monteringsmetoder på platsen.

Förslag till upplägg för teknikupphandling

En utveckling av rationella och kostnadseffektiva energieffektiviserande metoder för småhusens klimatskal behövs. Detta skulle kunna uppnås med en teknikupphandling.

Huvudsyfte böra vara att få till stånd en marknadsdriven utveckling av bättre metoder för tilläggsisolering av befintliga småhus, men med möjliga tillämpningar vid nyproduktion. Dessa metoder skall vara rationella och kostnadseffektiva.

En genomgång av småhusbeståndets isoleringsstandard, byggnadsteknik och energianvändning resulterar i att småhus byggda 1960-1975 är en lämplig grupp att tilläggsisolera. Teknikupphandlingen bör framförallt gälla källarvägg, yttervägg, horisontella vindsbjälklag och fönster för dessa småhus. För många typer av takkonstruktioner finns det idag lösningar för tilläggsisolering av vindsbjälklag och lågenergifönster finns på marknaden, men det gäller att åstadkomma en helhetslösning där anslutningen mellan yttervägg och takkonstruktion, samt integrationen av fönster i yttervägg fungerar väl.

Teknikupphandlingen bör innehålla följande moment, för att uppnå målen:

- Tävlning med utvärdering av olika metoder för tilläggsisolering
 - Utvärdering med hjälp av bedömningar, beräkningar och ev. laboratorietester.
- Installation av de bästa alternativen i provhus
 - Befintliga småhus, representativa för större delar av beståndet
- Uppföljning och utvärdering av provhusen, vilket förväntas ge bra demonstrationsprojekt.
 - Uppfylls utlovad funktion i verkligheten?
 - Hur upplever brukare att inneklimatet påverkats?
 - Behövs några förändringar?
- Beslut om vinnare av teknikupphandlingen.

För att säkerställa god kunskapsspridning är det viktigt med informationsinsatser, så som:

- Utskick till tänkbara tävlingsdeltagare.
- Branschmöte med tänkbara tävlingsdeltagare och beställare.
- Marknadsföring av tävlingen i branschtidningar.
- Delrapporter.
- Riktad information till småhusägare.
- Slutrapport för dokumentation av hela projektet.

Teknikupphandlingen bör vara en öppen internationell upphandling, där alla är välkomna att delta. Anbud bör komma från konsortium mellan flera parter.

Teknikupphandlingen innefattar två etapper där finansiering för etapp 1 söks nu.

Etapp 1, månad 1 - 12:

1. Projektledning och övergripande samordning
2. Etablera beställargrupp
3. Workshop/uppstartmöte och informationsspridning till tänkbara tävlingsdeltagare och beställare
4. Genomförande av beställargruppsmöten och arbetsgruppsmöten
5. Framtagande av kravspecifikation

6. Framtagande av provhus
7. Framtagning av förfrågningsunderlag
8. Utlysning av teknikupphandlingen med informationsspridning
9. Utvärdering av tävlingsförslag
10. Val av finalist(er)
11. Denna etapp av teknikupphandlingen avslutas med en rapport för hela etapp 1 som sedan är ett underlag för fortsättning med etapp 2.

Etapp 2, månad 13 - 24:

1. Projektledning och övergripande samordning
2. Genomförande av beställargruppsmöten och arbetsgruppsmöten
3. Installation, uppföljning och utvärdering
4. Demonstrationsexempel
5. Vinnare utses
6. Informationsspridning
7. Slutrapport för dokumentation av hela projektet.

Beställargruppen består av representanter från fastighetsägare, experter samt projektledare:

- Förslag på ”fastighetsägare”
 - Anders Rosenkilde, TMF
 - NN, Villaägarna
- Förslag på projektgrupp
 - Åke Blomsterberg, WSP/LTH
 - Hans Bagge, LTH (ej vidtalad)
 - Adjungerade experter

Följande aktörer kan tänkas vara intresserade av att delta i teknikupphandlingen:

- Leverantörer av isoleringsmaterial
- Leverantörer av fasadsystem
- Småhustillverkare

Kravspecifikationen kan till stora delar baseras på kravspecifikationen för teknikupphandlingen av rationell isolering för ytterväggar och fasader på befintliga flerbostadshus.

Referenser

Adalberth, K., 2010, Att bygga energieffektivt – fakta och råd för dig som går i nybyggnadstankar, Energikontoret Skåne.

BBR 20, 2013.

Björk, C., Nordling, L., Reppen, L., 2009, Så byggdes villan – Svensk villaarkitektur från 1890 till 2010, FORMAS.

Boverket, 2010, Teknisk status i den svenska bebyggelsen – resultat från projektet BETSI.

Boverket, 2010b, God bebyggd miljö – förslag till nytt delmål för fukt och mögel – Resultat om byggnaders fuktskador från projektet BETSI.

- Boverket, 2010c, Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI.
- Clase, M., 2010, Inventering och Utvärdering av högpresterande isolering, SBUF.
- Energimyndigheten, 2006, Energiläget 2006.
- Energimyndigheten, 2011, Långtidsuppföljning av energi- och klimatrådgivningen 2008 och 2009, ER 2011:20.
- Energimyndigheten, 2012, Energistatistik för småhus 2011.
- Energimyndigheten, 2013, Energistatistik för småhus 2012, ES 2013:05.
- Isover, 2009, Levande hus – isolera – tips & råd – inspiration – bygga nytt – renovera.
- Landfors, K., et al, 2009, Att tilläggsisolera hus – fakta, fördelar och fallgropar, Energimyndigheten.
- Mjörnell, K., Blomsterberg, Å., 2014, Rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga flerbostadshus – Slutrapport för utvecklingsprojektet TURIK 2, beställargruppen bostäder, ej publicerad ännu.
- Ojanen, T., Seppä, I.S., 2014, Road-map for future thermal insulation products and applications, proceedings 10th Nordic Symposium on Building Physics, Lund.
- Paroc, 2014, PAROC renZERO – Energirenovering till nära-noll Sveriges första totalkoncept.
- Quenard, D., 2014, Superinsulating materials: A new era of insulation technologies, Build up energy solutions for better buildings (The European portal for energy efficiency in buildings)
<http://buildup.createsend1.com/t/ViewEmail/r/145409354617ED3A2540EF23F30FED/5F5AD5E598A2C8A246778398EADC2510>
- SCB, 2014, Antal färdigställda lägenheter i flerbostadshus resp. småhus – statistik.
- Österlin, P., Ahrén, H., 2013, Framtida småhus – En jämförelse av tekniska lösningar för att uppnå låg energianvändning, examensarbete Lunds universitet, Byggteknik med arkitektur.

Bilaga 1 – Genomförda intervjuer

Fastighetsägare

Villaägarna – riksförbund för småhusägarna: Johan Smeds, byggnadstekniker - Villaägarna avstår från att delta i förstudien och har tidigare avböjt att delta i denna förstudie.

Leverantörer

- Rockwool – teknisk rådgivare Johan Leander, svarat
- Paroc – teknikansvarige, Anders Olsson, svarat
- Isover – utvecklingsingenjör och specialist på energieffektiva byggnader, Hanne Dybro, svarat
- Isocell

- Foamglas - försäljningsdirektör/teknisk rådgivning, Peter Hellqvist
- Thermocell - teknisk support, Kent Andersson
- Ekofiber
- SPU isoleringsmaterial – business development manager Scandinavia, Niklas Alexandersson, svarat
- Thermisol
- Weber Saint-Gobain Byggprodukter AB - affärsutvecklare Anders Jonsson, svarat
- Isoleringstreprenörerna – ordförande Ann-Kristin Börjesson
- Fasadsystem - Sto Scandinavia - Nordic product manager Johan Claesson, svarat

Övriga

- TMF – Anders Rosenkilde

Bilaga 2 - Intervjufrågor

Tilläggsisolering

1. Vilka material och isoleringsmetoder rekommenderar ni för tilläggsisolering av småhus (ytterväggar, kryppgrundsbjälklag, horisontella vindsbjälklag, källarvägg under mark, källarvägg ovan mark, källarvägg under mark), hänvisa även gärna till dokumentation?
2. Hur löser ni anslutningar av tilläggsisolering av ytterväggar till fönster, grund/källarvägg och takkonstruktion?
3. Hur kan dagens isoleringsmaterial och isoleringsmetoder för tilläggsisolering av småhus förbättras?
4. Har ni undersökt möjligheten att tilläggsisolera småhus?
 - a. Hur upplever ni marknaden?
 - b. Vilka olika metoder har ni stött på?
5. Har ni utfört tilläggsisolering av småhus?
 - a. Vilken metod har ni använt?
 - b. Hur upplevde ni resultatet?
 - c. Har ni några konkreta resultat (före/efter-mätningar)
6. Vad upplever ni vara det största hindret för tilläggsisolering av klimatskärmen hos småhus?
7. Vilken potential finns i småhusbeståndet för tilläggsisolering?
8. Hur skulle en ev. teknikupphandling av tilläggsisolering kunna utformas?

Isolering av nyproduktion

1. Vilka material och isoleringsmetoder rekommenderar ni för värmeisolering av småhus vid nyproduktion med passivhusstandard eller nästan passivhusstandard (ytterväggar, kryppgrundsbjälklag, horisontella vindsbjälklag, källarvägg under mark, källarvägg ovan mark, källarvägg under mark), hänvisa även gärna till dokumentation?
2. Hur kan dagens isoleringsmaterial och isoleringsmetoder för värmeisolering av småhus förbättras?
3. Har ni undersökt möjligheten att värmeisolera småhus till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard?
 - a. Hur upplever ni marknaden?
 - b. Vilka olika metoder har ni stött på?
4. Har ni utfört värmeisolering av småhus till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard?
 - a. Vilken metod har ni använt?
 - b. Hur upplevde ni resultatet?
 - c. Har ni några konkreta resultat (före/efter-mätningar)
5. Vad upplever ni vara det största hindret för värmeisolering av klimatskärmen hos småhus till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard?
6. Vilken potential finns i småhusbeståndet för bygga nya småhus till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard?
7. Hur skulle en ev. teknikupphandling av värmeisolering till passivhusstandard eller nästan passivhusstandard kunna utformas?