Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945

Fredrik Ståhl, Eva Sikander, Thorbjörn Gustavsson

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Energiteknik

SP Rapport 2014:56

Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945

Fredrik Ståhl, Eva Sikander, Thorbjörn Gustavsson

Abstract

About one third of Swedish buildings were built before 1945 and they constitute an important part of our building heritage. However, these buildings also stand for a significant part of the Swedish energy use and drastic measures might be needed to meet the European and national targets for energy efficiency. This report is part of the research project 'Potential and policies for energy efficiency in buildings built before 1945' that assesses the capacity for energy saving in buildings built before 1945 with regard to historic values of the buildings.

The purpose of this work is to clarify to what extent the national rules for building conservation will affect the potential for energy savings and to describe the consequences, with respect to conservation and technical aspects, of the new energy targets.

A methodology for energy saving measures in historic buildings has been developed by an interdisciplinary research group from Uppsala University, Linköping University and SP. Several case studies of fictitious buildings, characteristic of the time period, have been conducted in which energy-saving packages have been designed for the buildings to meet the national energy savings targets. The consequences of these measures have in this report primarily been evaluated from a hygrothermal and technical perspective.

The energy use in buildings from this time-period is much higher compared to the energy use in buildings built in recent years and the energy saving potential of Swedish buildings built before 1945 is high. However, to meet the long-term national energy saving targets most buildings from this time period will have to go through some extensive energy saving measures which could alter the buildings character and historic value. Additional knowledge of the Swedish building stock built before 1945 is necessary in order to balance the requirements of energy conservation with the conservation of the built environment.

Key words: energy efficiency, historic buildings, energy saving measures, moisture safety

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2014:56
ISBN 978-91-87461-99-6
ISSN 0284-5172
Borås 2014

Innehållsförteckning

Abstract **3**

Innehållsförteckning **4**

Förord **6**

Sammanfattning **7**

1 Inledning **8**

2 Bakgrund **9**
2.1 Problembeskrivning 9
2.2 Politiska mål och nationella regler avseende minskad energianvändning 9
2.3 Verksamhetsändring 10

3 Syfte och mål **11**

4 Genomförande **12**

5 Omfattning och avgränsning **13**

6 Tidigare arbete och pågående forskning **14**
6.1 Kvalitetssäkringsmetodik 14
6.2 Riskbedömning vid energieffektivisering i byggnader 15
6.3 Energioptimeringsmetodik 16
6.4 Metodik för renovering av byggnadsbestånd 16
6.5 Energieffektivisering i bevarandevärda byggnader 17
6.6 Undersökning av det svenska byggnadsbeståndet 17

7 Metodik för energieffektivisering i kulturhistoriska byggnader **19**

8 Det svenska byggnadsbeståndet före 1945 **21**
8.1 Underlag från BETSI-undersökningen 21

9 Scenariobeskrivning **24**

10 Energibesparande åtgärder **25**
10.1 Lufttätning av klimatskalet 25
10.2 Energiförbättring av fönster 25
10.3 Tilläggsisolering av vindsbjälklag 26
10.4 Tilläggsisolering av grund 26
10.5 Utvändig tilläggsisolering - vägg 26
10.6 Invändig tilläggsisolering – vägg 27
10.7 Uppvärmning, styr och regler 27
10.8 Ventilation och värmeåtervinning 27
10.9 Varmvatten 28
10.10 Vitvaror 28
10.11 Val av inomhustemperatur 28
10.12 Acceptans för varierande komfort 28
10.13 Ytterligare koncept för att minska energianvändningen 29

11 Konsekvenser av energibesparande åtgärder 31
11.1 Förenklad åtgärd-konsekvensmatris 31
11.2 Åtgärd-konsekvensmatris 32

12 Fuktgranskning av åtgärdspaket med hjälp av ByggaF 34
12.1 ByggaF metoden 34

13 Åtgärdspaket för svenska byggnadskategorier 36
13.1 Energibesparingspaket för ett enfamiljhus i trä byggt på 1920-talet 36
13.2 Energibesparingspaket för ett flerfamiljshus i tegel byggt på 1890-talet 38
13.3 Optimerade energibesparingspaket för ett enfamiljhus i trä byggt på 1920-talet 40

14 Slutsatser 43

15 Referenser 44

Bilaga 1: Fallstudie Småhus 1920-tal i trä 47

Bilaga 2: Fallstudie flerfamiljshus 1890-tal i tegel 51

Bilaga 3: Köldbryggor vid energibesparingsåtgärder i byggnader 55

Bilaga 4: LCC – livscykelkostnad 59

Bilaga 5: Inglasning av tegelfasad 62

Bilaga 6: Förbättringspotential hos kopplade 2-glasfönster i trä 92

Bilaga 7: Textilers inverkan på fönster U-värde 96

Bilaga 8: BETSI om byggnader byggda före 1945 98

Bilaga 9: Förenklad Åtgärd-konsekvensmatris 122

Bilaga 10: Fuktgranskning med ByggaF 125

Förord

Detta projekt har finansierats av Energimyndigheten inom forskningsprogrammet Spara och Bevara (projektnummer 35103-1), och ingår som en del i ett nära samarbete mellan Uppsala Universitet Byggnadsvård/Campus Gotland, Linköpings Universitet Energisystem och SP Energiteknik. Samarbetsprojektet heter ’Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945’. Linköping Universitet och SP Energiteknik avrapporterar sina respektive delprojekt i oktober 2014 och Uppsala Universitet, Campus Gotland avrapporterar sin del i mars 2015.

I denna rapport har främst följande SP-medarbetare medverkat:

- Fredrik Ståhl, SP (projektledare)
- Eva Sikander, SP (biträdande projektledare)
- Thorbjörn Gustavsson, SP (fuktsäkert byggande och ByggaF)
- Peter Ylmén, SP (livscykelkostnad)
- Stefan Elfborg, SP (beräkning av energianvändning i byggnader)
- Harris Poirazis, SP (beräkning av energianvändning och temperaturförhållanden i byggnader med glasfasader)

Ett stort tack till Energimyndigheten och deras forskningsprogram Spara och Bevara som finansierat arbetet. Och slutligen ett stort tack till våra samarbetsparter på Uppsala Universitet: Tor Broström, Petra Eriksson, Anna Donarelli och Fredrik Berg samt på Linköpings Universitet: Bahram Moshfegh, Patrik Rohdin och Linn Liu.

Sammanfattning

Omkring en tredjedel av Sveriges byggnader är uppförda före 1945 och de utgör en betydande del av det svenska kulturarvet och den sociala miljön. Samtidigt står dessa byggnader för en stor del av Sveriges energianvändning. Kraven på att minska energianvändningen i samhället i stort och i den bebyggda miljön ökar både på europeisk och på nationell nivå. Inom EU finns en målsättning att minska energianvändningen i byggnader med 20 % till år 2020. Sverige har en målsättning att reducera energianvändningen i byggnader med 50 % till år 2050. För att nå detta skärps krav i de nationella byggreglerna. Vid ändringar av befintliga byggnader gäller nybyggnadsreglerna vilket kräver mycket omfattande åtgärder i äldre byggnader för att nå energimålen. Här finns en konflikt mellan byggreglernas krav på energibesparing och Plan- och bygglagens krav på varsamhet vid ombyggnad.

Syftet med projektet har varit att bedöma hur energibesparingspotentialen i byggnader byggda före 1945 påverkas om man tar hänsyn till byggnadernas bevarandevärde men också beskriva de antikvariska och byggnadstekniska konsekvenserna då man försöker uppfylla nationella mål och regler för energisparande. Här är det tydligt att frågeställningen kräver att många kompetenser samverkar och att ett tvärvetenskapligt angreppssätt är nödvändigt.

I samarbete med Uppsala Universitet och Linköpings Universitet har en tvärvetenskaplig metodik för energieffektivisering av bevarandevärda byggnader arbetats fram. I den här rapporten presenteras några delar av metodiken utförligare. Dels är det en Åtgärd-konsekvensmatris som i ett tidigt skede av renoveringsprocessen hjälper användaren att sortera och välja bort energibesparande åtgärder som är mindre lämpliga. Detta görs i ett tvärvetenskapligt perspektiv där för- och nackdelar inom olika bedömningsområden vägs mot varandra. Dels har ett verktyg ur den befintliga branschstandarden ByggaF införlivats i metodiken för att värdera byggnadsfysikaliska risker hos de åtgärdspaket som tas fram.

Flera fallstudier av fiktiva byggnader, karaktäristiska för tidsperioden, har genomförts där energibesparande åtgärdspaket tagits fram för att byggnaderna skall nå de nationella energibesparingsmålen. Konsekvenserna av dessa åtgärder har i den här rapporten främst bedömts ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv men i samarbetsprojektet har också konsekvenser för kulturhistoriska värden och ekonomiskt aspekter bedömts. Fallstudierna indikerar att för att nå de långsiktiga nationella kraven på energibesparing i byggnader krävs omfattande åtgärder som i många fall kommer i direkt konflikt med bevarandekrav eller ökar de byggnadsfysikaliska riskerna för byggnadens långsiktiga beständighet. Ytterligare kunskap om det svenska byggnadsbeståndet byggt före 1945 är nödvändig för att kunna väga samman kraven på energibesparing med bevarandet av den byggda miljön.

I rapporten återfinns också studier hur man kan förbättra energiprestandan, exempelvis hos 2-glasfönster och hur man på ett mindre traditionellt sätt kan förbättra energiprestandan hos en tegelfasad genom en yttre glasvägg.

1 Inledning

Följande rapport är slutrapport avseende projektnummer 35103-1 Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945. Projektet är en del av ett samverkansprojekt med samma namn, det vill säga ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945”. Samverkansprojektet är ett samarbete mellan Uppsala Universitet Byggnadsvård/Campus Gotland (tidigare Högskolan på Gotland), Linköpings Universitet Energisystem och SP Energiteknik. I forskargruppen representeras olika kompetenser: bevarandevärden, energisystem, byggnadsfysik. Dessa kompetensområden återspeglar tyngdpunkten i det tvärvetenskapliga arbetet men också samarbetspartnernas respektive ansvarsområden.

2 Bakgrund

2.1 Problembeskrivning

Omkring en tredjedel av Sveriges byggnader är uppförda före 1945, och därmed finns också en stor del av Sveriges energianvändning inom denna grupp av byggnader. På EU-nivå och nationell nivå finns målsättningen att minska energianvändning för den byggda miljön med 20% till år 2020 samt 50% till år 2050 (nationellt mål) jämfört med energianvändningen 1995. Även de svenska byggreglerna kräver en betydande minskning av energianvändningen vid en omfattande ombyggnad. Både målen om att minska fastighetssektorns energianvändning och de nationella kraven i samband med en ändring av byggnaden gör att det nu är viktigt att veta hur dessa olika målsättningar kommer att påverka andra aspekter än byggnadens energianvändning. Exempelvis kan byggnadens kulturhistoriska värden gå förlorade, byggnadens beständighet kan påverkas liksom fuktsäkerhet och innemiljö. För att energieffektiviserande åtgärder skall vara hållbara behöver även de ekonomiska aspekterna beaktas.

2.2 Politiska mål och nationella regler avseende minskad energianvändning

EPBD (The Energy Performance of Buildings Directive), det vill säga direktivet om byggnaders energianvändning anger det gemensamma målet för minskning av bygg- och fastighetssektorns energianvändning på EU-nivå. Målet är en 20% minskning av energianvändningen och CO_2-utsläppen till år 2020 jämfört med år 1995. På nationell nivå syftar den svenska regeringen till att minska energianvändningen med 50 procent fram till 2050.

Utöver detta kräver de nationella byggbestämmelser i BBR samma energiprestanda för en äldre byggnad i samband med ändring av en byggnad som för nyproducerade byggnader.

I Plan- och bygglagen (PBL) finns ett varsamhetskrav som säger att man skall ta hänsyn till byggnadens karaktärsdrag vid alla ändringar av en byggnad. Dock får det inte hindra tekniska egenskapskrav (som t ex bärförmåga, beständighet, hygien, hälsa, miljö, säkerhet, buller, energihushållning och tillgänglighet). De tekniska egenskapskraven kan dock sänkas med hänsyn till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar. I Plan- och bygglagen kan man skydda byggnader med ”kommunalt byggnadsminne” q-märkt byggnad. Det har framkommit att det råder en viss osäkerhet i när man kan och skall åberopa hänsyn till kulturvärden i samband med ändring av en befintlig byggnad. Det kan finnas olika tolkningar i olika delar av landet.

Kulturminneslagen gäller för byggnadsminnen och kyrkor, det vill säga byggnader som har skyddsbestämmelser. Miljöbalken skyddar miljöer som är av riksintressen för kulturmiljövården.

Dessutom utförs energideklarationer i EU och Sverige. Detta innebär i korthet att fastighetsägaren ska anlita en energiexpert som gör en energideklaration innan byggnaden säljs, om byggnaden hyrs ut eller om det är en större byggnad som ofta besöks av allmänheten. Nya byggnader ska också energideklareras senast två från det att de har tagits i bruk. Bland annat skall energiexperten ange åtgärder för att minska byggnaders energianvändning. Även i detta fall framgår det av regelverket att man skall ta hänsyn till kulturvärden vid formulering av dessa åtgärdsförslag.

2.3 Verksamhetsändring

Brukande av en byggnad kan i många fall vara en förutsättning för bevarande av byggnaden inför framtiden eftersom man i det fallet kan ha bättre förutsättningar för ett kontinuerligt underhåll och vilja att betala för detta underhåll. Brukandet kan också innebära att byggnaden behöver anpassas till verksamheten och därmed andra förväntningar på t ex innemiljö och tillgänglighet.

3 Syfte och mål

Denna delrapport ingår i ett större arbete inom ramen för projektet ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945”. Projektet syftar till att bedöma hur den teknisk-ekonomiska besparingspotentialen påverkas av kulturvärden och beskriva den antikvariska och byggnadstekniska konsekvenserna av nationella mål och regler för energisparande.

Det övergripande målet är att skapa förutsättningar för en varsam minskning av energianvändning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Sverige byggda före 1945.

Delmål för samarbetsprojektet, där denna delrapport ingår, är att:

- Kvantitativt beskriva hur den teknisk-ekonomiska besparingspotentialen påverkas av hänsyn till kulturvärden
- Kvantitativt och kvalitativt beskriva de antikvariska och byggnadstekniska konsekvenserna av de politiska målen och Boverkets nya regler
- Definiera åtgärder, i form av policies, information och tekniska lösningar vilka behöver utvecklas för att kunna harmonisera målsättningarna inom energiområdet med kulturvårdens mål.

4 Genomförande

Som tidigare nämnts har projektet genomförts i samverkan med Uppsala Universitet, Campus Gotland och Linköpings Universitet och här redovisas främst de delar av projektet där SP varit mest aktiv. Dessa delar är följande:

- En tvärvetenskaplig metodik har utvecklas för bedömning av potentialen för energieffektivisering men också dess konsekvenser i svenska bevarandevärda byggnader.

- Som en del i metodiken har ett verktyg/en modell (Åtgärd-konsekvensmatris) tagits fram för att tidigt kunna bedöma konsekvenser av olika energibesparande åtgärder. På så sätt kan åtgärder som är mindre lämpliga sorteras bort och den fördjupade analysen kan fokusera på de åtgärder som är mest fördelaktiga och riskerna för byggnadens långsiktiga bevarande är låga.

- Till metodikens fördjupade byggnadstekniska riskvärdering har ett befintligt verktyg från ByggaF kopplats. ByggaF är en metod för att säkerställer att fuktsäkerhetsfrågorna beaktas och dokumenteras genom hela byggprocessen och verktyget 'Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering' används i metodiken för att värdera energibesparande åtgärder ur ett fuktteknisk perspektiv.

- En populationsstudie av det svenska byggnadsbeståndet byggt före 1945 har påbörjats genom att byggnadstekniskt beskriva de byggnader i BETSI-undersökningen som är byggda före 1945.

- Fallstudier av typiska byggnader från perioden före 1945 har genomförts där energibesparingspaket till byggnaderna tagits fram och utvärderats gentemot nationella energibesparingsmål och de byggnadsfysikaliska risker åtgärderna medför.

- Som ett komplement till en sammanställning av traditionella energibesparande åtgärder har energibesparingspotentialen för några mindre traditionella åtgärder bedömts.

5 Omfattning och avgränsning

Inom ramen för denna studie samt för huvudprojektet ”Potential och policy för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945” representeras det svenska byggnadsbeståndet av ett antal byggnadskategorier. Denna indelning av det svenska byggnadsbeståndet byggt före 1945 kommer inte att ge en helt sanningsenlig bild över hur byggnaderna i Sverige under den aktuella perioden faktiskt ser ut. Varje byggnad är ur många aspekter unika. Däremot är avsikten att kunna härleda de flesta byggnaderna till dessa byggnadskategorier. Inom varje byggnadskategori gör vi dessutom en förenkling på så sätt att en antagen representativ byggnad för kategorin är utgångspunkt för studierna av energibesparingspotentialen och dess eventuella konsekvenser på kulturhistoriska värden, beständighet, fukt osv.

Resultatet från arbetet i form av förslag på lämpliga åtgärder, hur mycket energi dessa åtgärder kan spara och andra konsekvenser kan inte exakt överföras på unika byggnader. För en enskild byggnad måste i varje enskilt fall en bedömning göras utifrån de unika förutsättningar som gäller där. Arbetet skall vara ett underlag för att förstå helheten och dess konsekvenser på ”gruppnivå”.

Projektet fokuserar på energianvändningen och möjligheter att minska denna för byggnader uppförda före 1945. Ur miljöhänsyn och för att minska byggnadernas påverkan på utsläpp av växthusgaser är förstås även energikällan för uppvärmning och el också mycket viktig. Studier och analyser av CO_2-utsläpp ligger dock inte inom ramen för denna rapport.

6 Tidigare arbete och pågående forskning

6.1 Kvalitetssäkringsmetodik

Vid energieffektivisering av befintliga byggnader är det viktigt att de åtgärder som utförs inte försämrar byggnadens andra egenskaper. Dessa egenskaper kan t ex vara innemiljön (termisk komfort, luftkvalitet etc), fukttillstånd i byggnadskonstruktionen eller byggnadens beständighet. Nedan beskrivs några kvalitetssäkringssystem som tagits fram för att undvika framtida problem i samband med renovering eller nybyggnad.

SQUARE är ett kvalitetssäkringssystem för effektiv energianvändning och förbättrad inomhusmiljö vid ombyggnad av flerbostadshus som baseras på det svenska P-märkningssystemet. I systemet delas funktionskrav avseende innemiljön upp i följande grupper: Termisk komfort, Luftkvalitet, Materialval, Radon, Ventilation, Fuktsäkerhet, Lufttäthet, Ljudmiljö, Ljus, Tappvatten och Förvaltning. Kravnivån för energianvändning och innemiljö bestäms för varje enskilt projekt. Inom systemet finns också möjlighet till ett frivilligt åttagande om begränsning av utsläpp av t ex växthusgaser (omräkning till CO_2-ekvivalent). (iee-square.eu)

P-märkt innemiljö (och energi) är en kvalitetsmärkning vid nybyggnad eller ombyggnad av befintliga hus som följer med och måste uppdateras var femte år under byggnadens drifttid. (www.sp.se/p-mark).

ROSH-projektet, Retrofitting of Social Housing, är ett internationellt projekt med inriktning på sammanställning och marknadsföring av olika helhetslösningar för energieffektiv och uthållig renovering av flerbostadshus. Här finns material framtaget för fastighetsägare, förvaltare och hyresgäster, för projektörer, arkitekter och byggare. Bland annat finns här en sammanställning av kommersiella och fritt tillgängliga IT-hjälpmedel för fukt, energi och kostnadsanalyser i samband med ombyggnation, goda exempel på finansierings- och tekniklösningar samt olika utbildningsmaterial (rosh-project.eu).

MILPARENA projektet följer upp ett antal projekt där flerbostadshus byggda mellan 1965-1975 renoveras. Projektets mål är att identifiera innovativa ombyggnadskonstruktioner och systemlösningar som till stor del minskar den totala energianvändningen och kan användas i praktiskt byggande inom fem år. I projektet föreslås en ”Metodik för utredning, utvärdering och uppföljning vid ombyggnad” som liknar metodiken i P-märkningen (Mjörnell et al 2011) Metodiken är framtagen för rekordårens flerbostadshus men bör kunna användas utan större förändringar. Dock är energibesparingsåtgärderna i några av projekten inte tillämpbara i byggnader med stora bevarandevärden.

ByggaF – Metod för fuktsäker byggprocess är en systematisk metod för fuktstyrning i byggprocessen. I fuktsäkerhetsarbetet ingår att identifiera fuktkritiska konstruktioner och moment, göra fukttekniska bedömningar, redovisa tekniska lösningar, upprätta en plan för fuktsäkerhet i produktionsskedet och rutiner för fuktsäker förvaltning. Det måste dessutom finnas en medvetenhet och kunskap hos samtliga aktörer om de risker som finns om man inte tar hänsyn till fukten (www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/fuktsaekert-byggande/byggaf-metoden)

ByggaE – Metod för kvalitetssäkring av energieffektiva byggnader är en metod för att arbeta med energifrågorna genom hela byggprocessen. Det innebär kvalitetssäkrad kravformulering (programskede), projektering och produktion av energieffektiva byggnader med god innemiljö och beständiga konstruktionslösningar (www.byggae.se).

ByggaL – Metod för kvalitetssäkring av lufttäta byggnader är en generell metod för byggande av lufttäta byggnader som omfattar kravformulering, projektering och framförallt produktion. Metoden bygger på att kvaliteten säkerställs genom att arbetet löpande dokumenteras, kommuniceras, kontrolleras och verifieras med hjälp av kvalitetsstyrande rutiner och tillhörande checklistor (www.lufttathet.se).

Renobuild är ett pågående forskningsprojekt vars syftet är att ge en systematik för hur man skall utvärdera och föreslå renoveringsalternativ. I projektet tas ett beslutsverktyg fram som utvärderar olika renoveringsalternativ utifrån kriterier som: estetik, energieffektivisering, innemiljö, fukt, lufttäthet, materialskador, ekonomi, beständighet, livscykelkostnad, miljöpåverkan, hälsa och säkerhet (Mjörnell et al. 2013).

Retrofit advisor är ett rådgivande verktyg i tidigt konstruktionsskede. Utvärderar och jämför olika renoveringsstrategier ur ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter. En del av bakgrundsdata är inte tillgängligt. Verktyget, Retrofit advisor, är utvecklat för prefabricerade renoveringslösningar för bostadshus och är enligt uppgift inte lämpligt för historiskt värdefulla byggnader (Zimmermann 2010). Verktyget utvecklas till European Retrofit Advisor inom E2ReBuild.

Ett österrikiskt verktyg, **SAQ – Sanieren mit Qualität**, kan jämföra olika renoveringsalternativ i främst offentliga byggnader (Ruhs et al 2006). Bedömningen görs enligt följande kriterier:

- Energiprestanda (klimatskal, energibärare, solenergi - värmeåtervinning)
- Miljöprestanda (arkitektur, infrastruktur, faror, vatten, biologisk mångfald, återvinningsbara material)
- Hälsoprestanda (termisk komfort, ventilation, solexponering, ljusexponering, ljudisolering, tillgänglighet, fuktskydd)
- Ekologisk prestanda (energibokföring, byggmaterial, vätskebalans, fjärrvärme)

6.2 Riskbedömning vid energieffektivisering i byggnader

Berggren (2013) presenterar en modell för utvärdering av fukt- och energiprestanda hos åtgärder för renovering och nyproduktion av klimatskal som baseras på Multi Criteria Decision Analysis – MCDA. Författaren påpekar att ingen internationell eller europeisk standard finns för att utvärdera och presentera fuktprestanda.

Vanligtvis anges fukttillståndet i en byggnadskonstruktion med ett beräknat värde som jämförs med ett tillåtet fukttillstånd För att kunna bedöma riskerna med energibesparande åtgärder i en byggnad bör man väga in osäkerheten i de ingående variablerna vid beräkning av fukttillståndet. Pallin (2013) använder en probabilistisk riskbedömning som tar hänsyn till de ingående parametrarnas naturliga avvikelse för att kunna beräkna ett mer realistiskt fukttillstånd.

IEA Annex 55 RapRetro står för Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting – Probability Assessment of Performance and Cost. Målet med projektet är att ta fram byggnadsfysikaliska metoder som underlättar att uppsatta energimål nås och att oönskade effekter undviks då energibesparingsåtgärder planeras och genomförs i befintliga byggnader. De utvecklade metoderna tar hänsyn till osäkerheten hos de ingående parametrarna med hjälp av probabilistiska metoder för att mer tillförlitligt kunna beskriva åtgärdernas prestanda och kostnader (www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-55). Vid renovering och tilläggsisolering av en befintlig byggnads klimatskal blandas både nya och äldre material och nya och äldre byggnadskonstruktioner. Till

många av dessa kombinationer av åtgärder och äldre byggnadsteknik finns det ingen eller lite praktisk erfarenhet varför behovet att kunna bedöma riskerna är stort.

Inom Energimyndighetens forskningsprogram Spara och bevara pågår ett projekt som syftar till att utveckla metoder för statusbestämning av befintlig byggnad samt metoder och modeller för riskbedömning av energibesparande åtgärder. Målet är att arbeta fram säkra koncept för energibesparande åtgärder i olika typer av historiska byggnader (Arfvidsson et al 2014).

6.3 Energioptimeringsmetodik

BELOK Totalprojekt är en ekonomisk modell för lönsamhetsbedömning av energieffektiviseringar i byggnader. Man börjar med den mest lönsamma åtgärden och bygger på med mindre och mindre lönsamma åtgärder. När den totala lönsamheten inte lägre är tillräcklig lägger man inte till fler åtgärder. På så sätt genomförs många åtgärder och en stor energibesparing som tillsammans ger en acceptabel lönsamhet (www.belok.se)

6.4 Metodik för renovering av byggnadsbestånd

Följande projekt behandlar metodik och processer i samband med renovering och energieffektivisering av större byggnadsbestånd.

Grytli (2004) presenterar en strategi för energibesparing i kulturhistoriska byggnader som baseras på Kyoto-pyramiden.

Projektet **MECOREN**, Metoder och koncept för uthållig renovering, föreslår att det svenska miljöcertifieringsverktyget Miljöbyggnad (Malmqvist 2012) användas vid bedömning av olika renoveringspaket.

TRAINREBUILD är ett europeiskt forum för utbildning och kunskap om ombyggnad. Projektet syftar till att uppmuntra energieffektivisering och renovering av bostadshus, oavsett storlek på byggnaden eller om den är privatägd eller ägt av allmännyttan (www.trainrebuild.eu).

Rekorderlig renovering är ett projekt där man genom goda exempel, demonstrationsprojekt, visar möjligheterna med energieffektivisering i befintliga byggnader. Projektet har utmynnat i metoden Rekorderlig Renovering där målet med renoveringen är att halvera energianvändningen. Projektet är främst inriktat på rekordårens byggnader, det vill säga byggnader som är byggda efter 1945 (www.bebostad.se/rekorderlig-renovering).

Vid renoveringen av ”Fæstningens Materialgård” i Köpenhamn använde sig **REALEA** av en arbetsprocess där energibesparingsåtgärder värderades av en tvärvetenskaplig arbetsgrupp i flera steg (Realea 2009).

E2ReBuild är ett europeiskt projekt där samtliga demonstrationsprojekt, utom det svenska, tilläggsisolerades på utsidan med en träregelkonstruktion. Renoveringslösningen ger stor inverkan på exteriöra värden. Samtliga av demonstrationsobjekten var byggda efter 1945 (www.e2rebuild.eu).

BEEM-UP är ett europeiskt projekt där man i tre demonstrationsprojekt visat att det är tekniskt möjligt att drastiskt minska energianvändningen i flerbostadshus. Viktigt i

projektet har också varit att renoveringen skall vara ekonomiskt försvarbara och fungera ur ett socialt perspektiv (www.beem-up.eu).

De flesta projekten i Sverige och Europa som behandlar renovering riktar sig mot byggnader byggda efter 1945. I vissa fall är de renoveringslösningar som används direkt olämpliga om man vill bevara byggnadernas exteriöra kvaliteter.

6.5 Energieffektivisering i bevarandevärda byggnader

Följande avsnitt beskriver kortfattat de svenska och europeiska projekt som behandlar energieffektivisering i bevarandevärda byggnader.

Spara och bevara är Energimyndighetens forsknings- och utvecklingsprogram för att öka kunskapen om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (www.sparaochbevara.se).

SECHURBA är ett Europeiskt projekt som demonstrerar hur hållbara energibesparingsåtgärder kan användas kulturhistoriska byggnader. Utöver demonstrationsprojekt runt om i Europa har projektet tagit fram hjälpmedel som stöder energieffektivisering i bevarandevärda byggnader och områden (www.sechurba.eu).

I **New4Old** diskuterar möjligheter och svårigheter med ett stort antal energibesparande åtgärder samt användningen av olika förnybara energikällor i kulturhistoriska byggnader (www.new4old.eu).

EFFESUS, Energy Efficiency for EU Historic Districts' Sustainability, projektet avser att ta fram en metodik för energibesparing i kulturhistoriskt värdefulla stadsdelar samt att demonstrera detta i ett antal fallstudier i Europeiska städer (www.effesus.eu).

Projektet **SUSREF** analyserar de risker och problem man ställs inför i samband med tilläggsisolering av ytterväggar i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Rapporten går igenom ett flertal olika isoleringsalternativ och bedömer dessa ur flera aspekter, bland annat ur fuktteknisk och bevarandesynpunkt (Häkkinen 2012).

En arbetsgrupp inom CEN TC 346 håller för närvarande på att ta fram riktlinjer för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader som skall utvecklas till en europeisk standard.

6.6 Undersökning av det svenska byggnadsbeståndet

I projektet **BETSI** har Boverket undersökt knappt 1800 byggnader i Sverige med hjälp av besiktningar och enkäter. De undersökta byggnaderna är valda för att kunna representera hela det svenska byggnadsbeståndet byggt före 2006. Målsättningen var att beskriva byggnadernas energiprestanda, tekniska status och inomhusmiljö (Boverket 2010).

Elhushållning i bebyggelse, **ELIB**, var ett forskningsprojekt inriktat på effektivisering av energianvändningen i det svenska bostadsbeståndet. I studien besiktigades ett stort antal bostadshus avseende tekniska egenskaper, energianvändning och inneklimat (Tolstoy et al 1993).

I projektet **ERBOL**, Energisparpotential och reparationsbehov i bostäder och lokaler, granskades ritningar och genomfördes besiktningar av knappt 1500 byggnader i 62

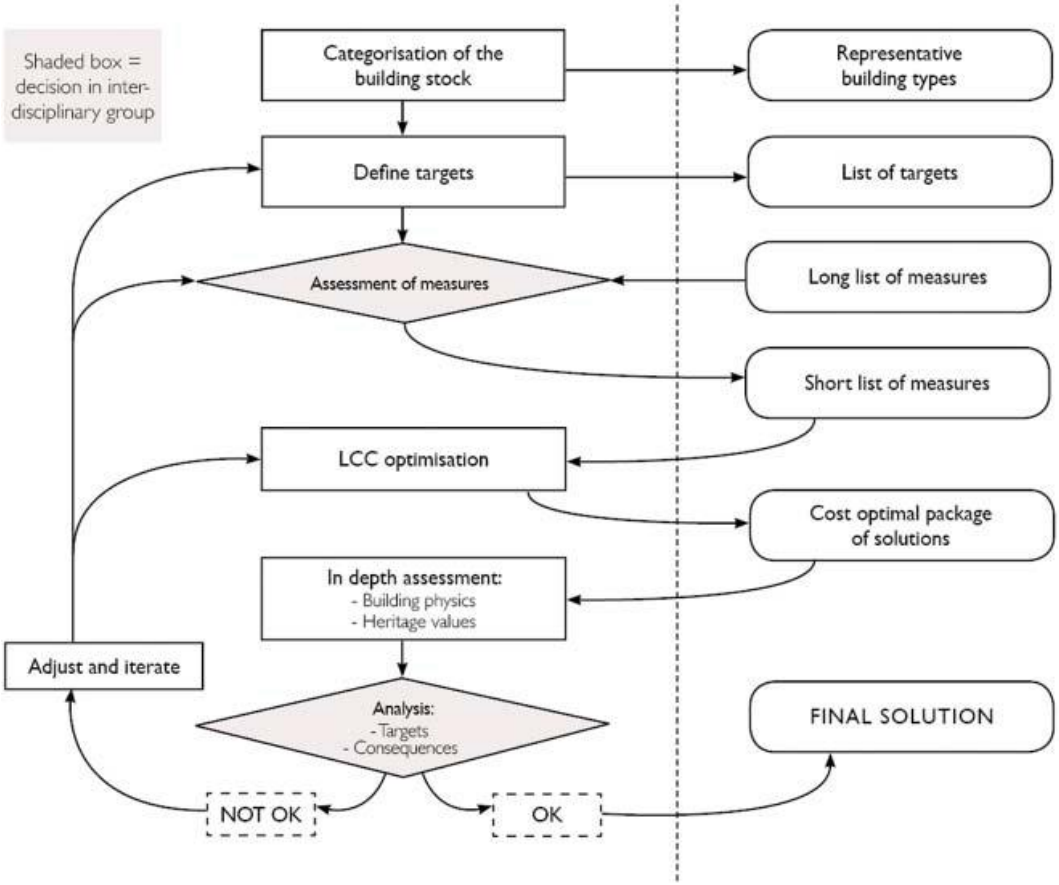
kommuner för att bedöma reparationsbehovet. Genom viktning kunde man bedöma reparationsbehovet för hela det svenska byggnadsbeståndet (Tolstoy och Svennerstedt 1984):

Bjerking (1974) har sammanställt den tekniska uppbyggnaden av bostadshus byggda mellan 1880-1940. Arbetet innehåller också avsnitt om vanliga byggnadsskador och riktlinjer för ombyggnad av husen.

I undersökningarna har byggnaderna valts ut för att vara representativa för hela byggnadsbeståndet. Det är inte säkert att ett urval, t ex byggnader byggda före 1945, från undersökningarna är representativa för just den tidsperioden.

7 Metodik för energieffektivisering i kulturhistoriska byggnader

Projektet ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945” föreslår en metodik för att bedöma potentialen för energieffektivisering men också dess konsekvenser i svenska bevarandevärda byggnader (Broström et al 2012 och 2014) . Metoden bygger på metoder och praxis från byggindustrin och byggnadsvården och har utvecklats i samverkan med Uppsala Universitet Campus Gotland och Linköping Universitet. Metodiken, Figur 1, väger byggnaders bevarandevärden mot tekniska och ekonomiska faktorer och bygger på att en tvärvetenskaplig grupp samverkar och iterativt jobbar fram det åtgärdspaket som är mest fördelaktigt utifrån de givna förutsättningarna. Sammansättningen av den tvärvetenskapliga gruppen kan variera beroende på vad som prioriteras inom respektive projekt. I projektet ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945” finns kompetens inom byggnadsvård, byggnadsfysik och energisystem representerade men metodiken möjliggöra att fler kompentensområden kopplas in.



Figur 1. Metodik för energieffektivisering i kulturhistoriska byggnader. (Broström et al 2014)

Metoden innehåller följande steg:

- Kategorisering av byggnadsbeståndet för att identifiera representativa byggnadstyper.
- Definiera mål för byggnadernas energiprestanda och bevarande.
- Förbedömning av fördelar och risker med de energibesparande åtgärder som finns tillgängliga, från en bruttolista med åtgärder.

- En livscykelbaserad teknisk-ekonomisk optimering för att hitta den bästa kombinationen av åtgärder.
- En fördjupad riskanalys avseende bevarandevärden och byggnadsfysik
- Analys av konsekvenser av åtgärdspaket i förhållande till definierade mål
- Iterativ process där åtgärder och mål vid behov justeras då konsekvenserna blir oacceptabla.

Tack vare processens iterativa natur och att man använder sig av en tvärdisciplinär grupp kan man hitta rätt balans mellan fördelar som lägre energianvändning och minskade kostnader och risker för byggnadernas bevarande och brukarnas innemiljö.

8 Det svenska byggnadsbeståndet före 1945

I följande kapitel presenteras ett utdrag från Bilaga 8 som är en byggnadsteknisk beskrivning av det svenska byggnadsbeståndet byggt före 1945 med utgångspunkt den information som tagits fram av Betsi-undersökningen.

8.1 Underlag från BETSI-undersökningen

BETSI-undersökningen baseras på knappt 1800 byggnader i Sverige och av dess är 263 byggnader byggda 1945 eller tidigare. I BETSI delas byggnaderna in i tre byggnadstyper: småhus (S), flerbostadshus (F) och lokaler (L). I Tabell 1 redovisas antalet byggnader av dessa tre typer det finns i Sverige, i hela BETSI-studien och hur många byggnader det är i BETSI-studien som byggts 1945 eller tidigare.

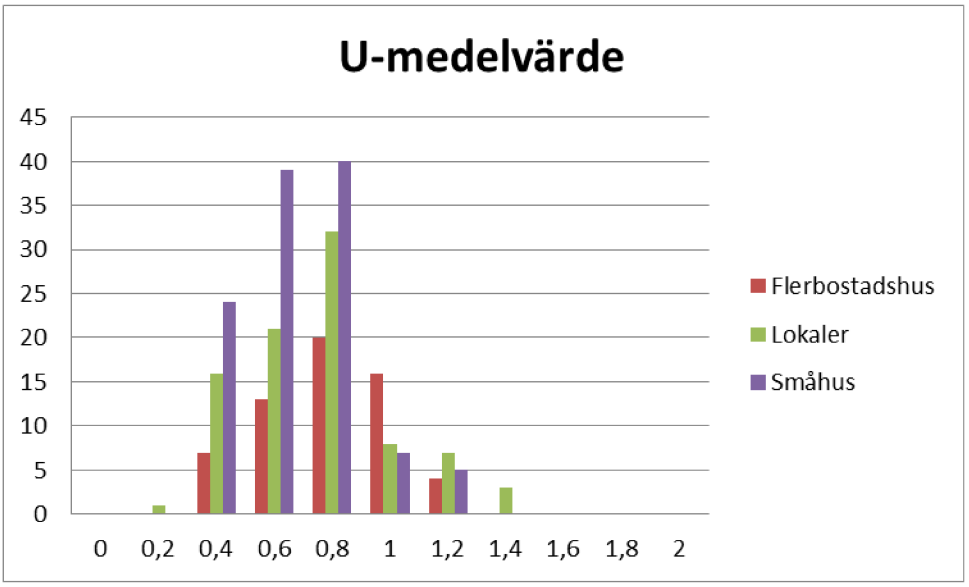
Tabell 1. Fördelning av byggnadstyp (småhus, flerbostadshus och lokaler) efter byggnadsår i BETSI (Boverket 2009).

Byggnadstyp	Antal i BETSI, byggår -1945	Antal i BETSI, byggår - 2005	Antal i Sverige
Småhus	115	826	1 888 000
Flerbostadshus	60	560	165 000
Lokaler	88	367	47 000
Totalt	263	1753	2 100 000

Det är tveksamt om urvalet av byggnader byggt 1945 eller tidigare från Betsi-undersökningen är helt representativt för det svenska byggnadsbeståndet från den perioden men det kan ge värdefull information om byggnadernas uppbyggnad.

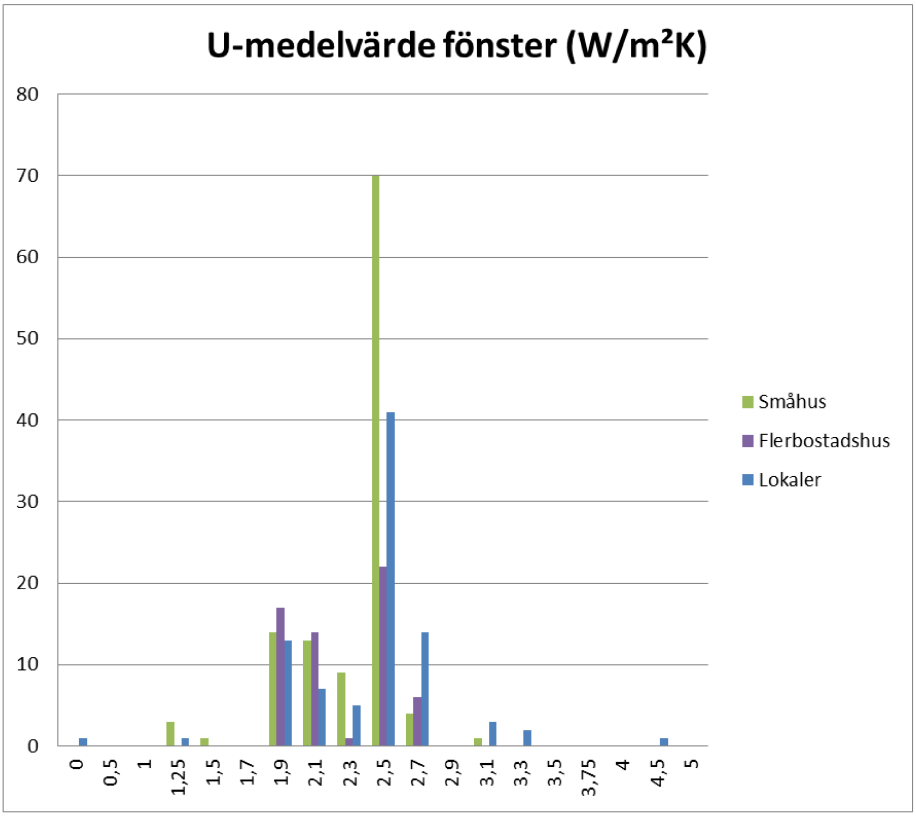
De flesta småhusen, byggda 1945 eller tidigare, är friliggande tvåvåningshus och byggdes efter sekelskiftet. De är också förhållandevis stora då medelvärdet på A_{temp} är 174 m^2. Flerbostadshusen har lite mer varierat utseende och ingen är byggd före 1850. Lamellhus är vanligast därefter följer skivhus och flerbostadsvillor. Som väntat är flerbostadshusens formfaktor (kvoten omslutande area och A_{temp}) bättre än i småhusen. Den dominerande grundkonstruktionen för alla byggnadstyper (S, F och L) är källare. Över hälften av flerbostadshusen och en dominerande andel av lokalerna har väggar uppbyggda av murverk. I Betsi-undersökningen redovisas inte småhusens vertikala bärverk direkt men genom att gå igenom de U-värdesberäkningar som gjorts för varje byggnad kan den uppgiften plockas fram. Takkonstruktionen är normalt i trä och fribärande takstolar följt av tak uppstolpat från bjälklag är klart vanligast i alla byggnader.

Värmeisolering
Det genomsnittliga U-värdet (U_m) är för småhus 0,584 W/m^2K, flerbostadshus 0,683 W/m^2K och för lokaler 0,648 W/m^2K för de byggnader i BETSI-undersökningen som är byggda 1945 eller tidigare. I Figur 2 visas antalet byggnader inom olika intervall för det genomsnittliga U-värdet för byggnadstyperna småhus, flerbostadshus och lokaler.



Figur 2 Antalet byggnader per byggnadstyp uppdelat efter U_{medel} utan köldbryggor.

I Figur 3 visas antalet byggnader där U-värdet för fönsterna ligger inom ett visst intervall.



Figur 3 Fördelningen av U-medelvärdet hos fönster som ingår i Betsi-undersökningen och byggdes 1945 eller tidigare.

Många av byggnaderna, och framför allt småhus, har fönster med ett genomsnittliga U-värdet runt 2,5 W/m^{2}K tyder på att många byggnader har bytt till 2-glas med LE-skikt eller till 3-glas med eller utan isolerruta Se vidare i Bilaga 6.

Som tidigare nämnts har de flesta byggnader källare och källarytterväggarna har ofta höga U-värden.

Möjligheter för tilläggsisolering
I BETSI har man också undersökt om det finns förutsättningar till utvändig tilläggsisolering av fasad eller vindskonstruktion och i Tabell 2 finns en sammanställning av resultatet.

Tabell 2 Sammanställning av möjligheten att tilläggsisolera av fasad och vind.

	Utvändig tilläggsisolering av fasad			**Utvändig tilläggsisolering av vindskonstruktion**		
	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
Inte möjligt att tilläggsisolera	30	24	43	28	16	25
Möjlig att tilläggsisolera	71	19	30	70	27	47
Tveksamt	14	17	12 (3)*	15 (2)*	16 (1)*	10 (6)*

* Siffra inom parantes anger antal där svara saknas.

I Bilaga 8 finns också en sammanställning av det man angett som hinder för tilläggsisoleringen.

Uppvärmningssystem
Den övervägande majoriteten av flerbostadshus och lokaler i undersökningen värms med fjärrvärme. För småhusen är uppvärmningssättet mer varierat men den direkta användningen av fossila bränslen är begränsad.

Uppvärmningssystem	**Småhus**	**Flerbostadshus**	**Lokaler**
Närvärme	3	2	7
Fjärrvärme	20	43	43
Egen förbränningspanna	28 [1]	2	12
Direktverkande el	12	1	14
Elpanna	9		1
Värmepump	33	12	8
Elpatron	2		1
Braskamin	1		
Pelletskamin	4		1
Elradiatorer			1

[1] I småhus med egen förbränningspanna eldar 21 med ved, flis eller spån och 7 med olja.

9 Scenariobeskrivning

För att bedöma hur bebyggelsen påverkas i framtiden av krav på energieffektivisering och bevarande så har ett antal relevanta scenarior tagits fram. De baseras på de europeiska och nationella direktiv som är aktuella. EU-kommissionens EPBD (The Energy Performance of Buildings Directive), det vill säga direktivet om byggnaders energianvändning anger det gemensamma målet för minskning av bygg- och fastighetssektorns energianvändning på EU-nivå. Målet är en 20% minskning av energianvändningen till år 2020 jämfört med år 1995. På nationell nivå avser den svenska regeringen dessutom att minska energianvändningen med 50 procent fram till 2050. De nationella byggbestämmelserna (BBR) kräver att energiprestandan i en äldre byggnad blir likvärdig med en nyproducerad byggnad i samband med omfattande ändringar.

Utgående från ovanstående direktiv har fyra grundläggande scenarier där kravnivåer för energianvändningen identifierats:

- nuvarande energianvändning,
- minskning av energianvändningen med 20%
- minskning av energianvändningen med 50%
- följa Boverkets byggregler för nyproduktion (BFS 2014:3 - BBR 21)

Att definiera generella bevarandekrav eller nivåer för bevarande för ett byggnadsbestånd är inte möjligt. Bevarandevärdet bestäms normalt på byggnadsnivå med hjälp av Plan- oh bygglagen och utmaningen i projektet är att ge riktlinjer för bevarandevärdet hos en viss byggnadstyp.

Utöver krav på energibesparing och bevarande, som är grundfrågeställningen i arbetet, så måste de åtgärder man föreslår vara ekonomiskt försvarbara för att en fastighetsägare överhuvudtaget skall genomföra dem. Åtgärderna får inte heller försämra byggnadens innemiljö och därmed riskera brukarnas hälsa eller komfort. De energibesparande åtgärderna får heller inte förkorta byggnadens livslängd och därmed äventyra möjligheten att bevara byggnaden. Sammantaget är detta krav som måste tas hänsyn till men som i sig inte bygger upp ett scenario.

I metodiken anges inga absoluta krav utan möjligheten finns att i den iterativa processen justera både åtgärder och kravnivåer.

10 Energibesparande åtgärder

I Sverige har vi lång erfarenhet av att minska energianvändningen hos befintliga byggnader. I Ståhl et al (2011) beskrivs olika energibesparande åtgärder mer ingående tillsammans med generella kommentarer kring konsekvenser som påverkan på fuktförhållande, hållfasthet, innemiljö m m. Kapitlet innehåller en kort sammanställning av de vanligaste energibesparingsåtgärderna samt ett avsnitt där några innovativa energibesparingskoncept beskrivs.

10.1 Lufttätning av klimatskalet

Då luft läcker genom en byggnads klimatskal försvinner inte bara värme utan det kan också uppstå nedkylda ytor eller drag. Med andra ord blir både den termiska komforten lidande liksom energianvändningen. Ventilationssystemets funktion och därmed luftkvaliteten kan också påverkas, framför allt vid blåsigt väder. Det kan också vara risk för fuktskador i klimatskalet om varm fuktig inomhusluft transporteras ut i konstruktionen, kyls av och kondenserar. Genom otätheter kommer också ljud och lukter in i byggnaden, utifrån eller från angränsande utrymmen (Adalberth 1998). Detta gäller även för brandgaser.

Otätheter i väggar och tak finns oftast vid anslutningar av byggnadsdelar t ex vid fönster, dörrar, golvvinklar, mellanbjälklag och takvinklar. Ett annat problemområde är genomföringar, exempelvis kanalgenomföringar i vindsbjälklag.

Genom att lufttäta i efterhand kan man reducera värmeförlusterna och med tämligen enkla medel minska luftläckaget avsevärt. De enklaste åtgärderna är att täta fönster och dörrar. Att täta luftläckage genom övriga delar av klimatskärmen är oftast betydligt svårare att genomföra.

Observera att lufttätande åtgärder kan påverka luftväxlingen i byggnaden. I det fall att luftväxlingen har skett genom luftläckage t ex vid fönster, måste man samtidigt också se till att ventilationen av byggnaden tillgodoses på ett effektivare och bättre sätt. Om tätning sker utan att luftväxlingen inomhus beaktas så kan det uppstå fuktskador på och i konstruktioner.

Mer information om lufttäthet i byggnader återfinns i Ståhl et al 2011.

10.2 Energiförbättring av fönster

Det finns flera alternativa åtgärder för att minska energiförlusterna via fönster. Vilket alternativ som väljs i det enskilda fallet beror bland annat på de befintliga fönstrets status vad gäller skador, men även fönstrets bevarandevärde. De vanligast förekommande åtgärderna är:

- Lufttätning, som omnämns i avsnittet ovan.
- Utbyte av fönstren till nya fönster med låga U-värden.
- Delvis utbyta av fönstren där glasdelen helt eller delvis byts ut till isolerrutor eller glas med beläggning som minskar värmeförlusterna genom glasdelen.
- Komplettering av det befintliga fönstret med ytterligare glas.

Mer information om fönster återfinns i Ståhl et al 2011.

Kopplade 2-glasfönster av trä är en vanlig fönstertyp i äldre svenska byggnader och i Bilaga 6 finns en sammanställning av potentialen för förbättring av energiprestandan hos den här fönstertypen.

10.3 Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Många byggnader har en uteluftventilerad kallvind där ett yttertak skyddar mot nederbörd och leder bort regn och ett värmeisolerat bjälklag förhindrar värmeförluster från utrymmena under. Det är ofta lättare att tilläggsisolera vindsbjälklaget jämfört med väggarna utan att förstöra de kulturhistoriska värdena i byggnaden (Grytli 2004). Vanligtvis är det möjligt att tilläggsisolera ovanpå den befintliga isoleringen på vinden.

Eftersom värmeförlusterna genom vindbjälklaget minskar vid en tilläggsisolering blir temperaturen på vinden lägre under vintern. Den relativ fuktigheten på vinden kommer därmed att bli högre än tidigare och därmed en ökad risk för fuktskador. Mer information om tilläggsisolering av vindsbjälklag återfinns i Ståhl et. al. 2011.

10.4 Tilläggsisolering av grund

De vanligaste grundläggningarna i äldre byggnader är källare, krypgrund och platta på mark. Har byggnaden en källare kan källarytterväggarna isoleras både på utsidan och insidan. Att tilläggsisolera källarväggen utvändigt kan innebära att kulturhistoriska värden förstörs om det görs ovan mark. Att tilläggsisolera under mark innebär ofta omfattande markarbeten. Dock är utvändig isolering av källarväggen att föredra ur byggnadsfysikalisk synpunkt då väggen blir varmare och mindre känslig för fukt problem. Invändig isolering är lättare att utföra med kan ge upphov till fuktproblem då den ursprungliga väggen blir kallare. Normalt kan bottenplattan endast isoleras invändigt i befintliga byggnader. Även här kan fuktrelaterade problem uppstå om utförandet inte är fullgott.

Enklast att tilläggsisolera en byggnad med krypgrund är att isolera på bottenbjälklagets undersida om utrymme finns. Det här är en åtgärd som ofta rekommenderas ur bevarandesynpunkt men kan ge upphov till hög relativ fuktighet och mikrobiell påväxt i kryprummet främst under sommarmånaderna. Mer information om tilläggsisolering av kryprum och bottenplattor finns i Ståhl et al 2011.

10.5 Utvändig tilläggsisolering - vägg

Tilläggsisolering av yttervägg kan utföras såsom utvändig eller invändig tilläggsisolering. Utvändig isolering är att föredra framför invändig isolering ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv. Nackdelen är att byggnadens kulturhistoriska och arkitektoniska värden kan äventyras. Fasaden kan ha sådana kulturhistoriska värden att den helt enkelt inte får ändras.

Med utvändig tilläggsisolering är det möjligt att isolera bort de flesta köldbryggorna. Intilliggande väggar och golv blir härigenom varmare och en god termisk komfort kan uppnås även med en lägre inomhustemperatur. Energianvändningen för uppvärmning blir lägre. I Ståhl et al 2011 finns mer information om utvändig tilläggsisolering av ytterväggar.

10.6 Invändig tilläggsisolering – vägg

I vissa fall finns skäl att överväga invändig tilläggsisolering, även om det finns byggnadsfysikaliska nackdelar med detta. Tilläggsisoleras en vägg invändigt blir den gamla konstruktionen kallare och får därmed en högre relativ fuktighet. Köldbryggor förstärks ofta vid invändig isolering. I Bilaga 3 finns en studie av köldbryggor vid tilläggsisolering av en homogen träkonstruktion. I många kulturhistoriskt intressanta byggnader är dock utvändig isolering direkt olämplig eftersom den ursprungliga fasadens utseende förvanskas. I vissa fall kan en invändig isolering vara ett alternativ förutsatt att interiöra kulturhistoriskt intressanta detaljer, som väggmålningar och väggdekor, inte skadas. En annan förutsättning för invändig isolering är att en bedömning görs av den ursprungliga konstruktionens känslighet för skador och de fuktförhållandena som råder i väggen efter åtgärden. Mer information om invändig tilläggsisolering av yttervägg återfinns i Ståhl et al 2011.

10.7 Uppvärmning, styr och regler

I en äldre byggnad kan uppvärmningssystemet vara utbytt, varför den ursprungliga funktionen hos huset och dess värmesystem bör tas i beaktande när ett nytt värmesystem ska väljas. Byggnaden och dess ursprungliga värmesystem är oftast väl anpassade till varandra. Det bör göras en individuell bedömning av eventuella konsekvenser vid byte till en annan typ av uppvärmningssystem.

Byggnadens brukare har stor inverkan på byggnadens energianvändning och tekniken bör anpassas efter brukarna så att dessa kan minska sin och byggnadens energianvändning. Exempelvis kan byggnadens uppvärmningssystem och eventuella kylsystem styras utifrån temperatur och ventilationen kan närvarostyras. I Ståhl et al 2011 beskrivs flera åtgärder inom styr och reglersystem som kan minska energianvändningen i en byggnad.

Brukarna av en byggnad har stor inverkan på dess energianvändning genom sitt beteende. En byggnad finns dock till för brukaren snarare än tvärtom. Därför bör tekniken i första hand anpassas efter brukaren och förenkla ett energieffektivt leverne. Det är möjligt att påverka energianvändningen avsevärt genom olika typer av styrning, såsom behovsstyrning av flöde för värme, kyla och ventilation. Uppvärmning och kyla kan styras utifrån temperatur och ventilationen kan styras beroende på närvaro eller via koldioxidmätare. Belysning i sin tur bör vara behovsanpassad och kan vara närvarostyrd och dagsljusreglerad (detta kan exempelvis gälla gemensamma utrymmen i flerbostadshus eller de flesta utrymmen i kontorsbyggnader och skolor). Belysningsnivån bör anpassas efter behovet. Exempelvis kan belysningsintensiteten mätas och anpassas till effektivast möjliga användning av dagsljus.

Byggnadskonstruktionen hos många gamla byggnader (tunga stenbyggnader) gör att de har en stor termisk massa, vilket ger dem en termisk tröghet. Det är därför inte alltid möjligt att styra temperaturen för att direkt svara på lastens variation över dygnet. För att få önskad effekt kan temperaturen istället behöva regleras långt innan det egentliga behovet av justering uppkommer. Det är därför viktigt att uppskatta byggnadens tidskonstant.

10.8 Ventilation och värmeåtervinning

Självdragssystem är vanligast i äldre bostadsbyggnader och har fördelen att de ofta är ljudlösa och inte kräver någon energi för drift. Däremot måste de kompletteras med vädring under den varma delen av året för att åstadkomma tillräcklig ventilation. Vanligt

är att fuktbelastade utrymmen som badrum har för liten luftomsättning med påföljande fuktproblematik. På vintern kan ventilationsflödena blir för höga med problem med drag som följd. Stora mängder värme förs bort med ventilationsluften och med ett självdragssystem går det inte att återvinna värmen. För att minska värmeförlusterna från ventilationssystemet kan man installera en frånluftsvärmepump eller ett till- och frånluftsventilationssystem med värmeåtervinning. Båda systemen kräver omfattande kanaldragning och behöver utrymme invändigt vilket kan påverka bevarandevärden inomhus. Nya ventilationslösningar bör anpassas, dels efter byggnaden, dels efter verksamheten i byggnaden. I flera fall kan en översyn av det befintliga ventilationssystemet vara tillräckligt. En utförligare beskrivning av olika ventilationslösningar återfinns i Ståhl et al 2011.

10.9 Varmvatten

Med hjälp av solfångare kan man i princip halvera behovet av energi för uppvärmning av varmvatten i bostadhus. Detta kräver att solfångare kan placeras på eller i nära anslutning till byggnaden vilket kan påverka byggnadens bevarandevärden. I flerbostadshus kan de tillgängliga ytorna för solfångare också vara otillräckliga.

För byggnader med små varmvattenbehov, såsom kontor, innebär det ofta stora energiförluster att låta varmvatten cirkulera i byggnaden för att snabbt kunna tillgodose varmvattenbehovet vid varje tappning. Ett alternativ kan vara att ha eluppvärmning av varmvattnet vid varje tappställe, antingen genom momentan uppvärmning eller via en liten varmvattenberedare. Vid denna typ av lösning behöver endast el och kallvatten dras till tappstället, vilket minskar rördragningarna och därmed genomföringarna i väggarna. Ytterligare detaljer återfinns i Ståhl et al 2011.

10.10 Vitvaror

Arbetet inriktar sig i första hand på energibesparande åtgärder som direkt eller indirekt påverkar byggnadens bevarandevärden. Genom att byta till energisnåla apparater, vitvaror, ljuskällor etc kan verksamhetens energianvändning i en byggnad minskas.

10.11 Val av inomhustemperatur

Energi kan sparas om brukarna kan acceptera en mindre temperatursänkning inomhus även när byggnaden brukas. Ofta kan man kombinera åtgärder där tidigare kalla ytor blir varmare, t ex förbättring av fönsters U-värde som därmed ökar temperaturen på fönstrets insida, med en sänkning av inomhustemperaturen utan att den termiska komforten försämras.

10.12 Acceptans för varierande komfort

I vissa lägen kan brukarna av en byggnad acceptera en något försämrad komfort motiverad av energibesparing och/eller för att skydda bevarandevärden. Detta måste dock ses som en åtgärder som bara är aktuell i vissa enskilda fall och kommer inte beröras vidare i detta arbete.

10.13 Ytterligare koncept för att minska energianvändningen

Förbättring av fönsters energiprestanda med textilier
Med textilier och gardiner kan man under delar av dygnet förbättra ett fönsters energiprestanda. I Bilaga 7 redovisas mätningar och beräkningar av U-värdet på ett kopplat 2-glasfönster då det kompletteras med textilier på insidan.

Förbättring av energiprestandan hos en tegelvägg med en yttre glasfasad
I många äldre byggnader är ytterväggarna uppbyggda av tegel och ofta rikt utsmyckade. Dessvärre är isolerförmågan hos dessa väggar låg i förhållande till den energiprestanda som krävs av dagens byggnader. Tilläggsisolering kan vara ett sätt att minska värmeförlusterna genom ytterväggarna men utvändig tilläggsisolering förvanskar byggnadens fasad och invändig tilläggsisolering kan medföra risker som frostsprängning och andra fuktrelaterade problem.

Ett alternativ kan vara att förse en bevarandevärd fasad med ett yttre glasskal och på så sätt minska värmeförlusterna genom fasaden och samtidigt bevara och visa fasaden. I Bilaga 8 undersöks möjligheten att glasa in fasaden på en byggnad i tegel som ett alternativ till tilläggsisolering och här följer en sammanfattning av resultatet. Syftet med studien var att bedöma hur fasadens energiprestanda förändras då den glasas in och en dubbelfasad skapas. En förutsättning har varit att använda ett glas som tillåter så stor genomsiktlighet som möjligt. Byggnaden som studerats är en 4-våningsbyggnad i tegel som i stort sett överensstämmer med fallstudien i Bilaga 2. Fyra olika varianter av dubbelfasader har jämförts med den ursprungliga byggnaden med hjälp av energiberäkningsprogrammet IDA ICE 3.0.

Flervåningsfasad – är helt öppen mellan våningarna vilket gör att fasaden syns bra utifrån men det är lite svårare att kontrollera temperaturen och ventilationen i utrymmet mellan fasaderna.

Korridorfasad – avdelas och ventileras våningsvis vilket göra att ventilation och temperatur är lättare att styra samtidigt som risken för ljudöverföring mellan olika våningsplan minskar. Tyvärr blir det möjligheten att se den ursprungliga fasaden lite störd av våningsuppdelningen.

Här bedöms tre olika konfigurationer av korridorfasaden. I Tabell 3 visas det uppskattade årliga uppvärmningsbehovet för byggnaden, dels ursprungligen, dels med de fyra varianterna av dubbelfasad.

Tabell 3. Uppskattat årligt uppvärmningsbehov för byggnaden med olika varianter av dubbelfasad.

Fasad	**Årligt uppvärmningsbehov** (kWh/m^2)
Befintlig byggnad	203
Flervåningsfasad	179
Korridorfasad, ventilerad	180
Korridorfasad, stängda öppningar	161
Korridorfasad, stängd öppningar och glas med LE-skikt	150

Uppvärmningsbehovet minskar kraftigt med en dubbelfasad och dessutom blir den termiska komforten inomhus bättre då yttemperaturen på insidan av ytterväggen och fönstren ökar i den befintliga byggnaden. I Bilaga 8 finns en uppskattning av hur

temperaturen på de befintliga fönstrens insida förändras är byggnaden förses med en dubbelfasad.

I studien har varken bevarandeaspekten eller kostnaden för en glasfasad utretts men detta är troligtvis inte en lösning för byggnader i allmänhet utan snarare ett sätt att skydda en fasad där möjligheten till bevarande i utomhusklimat är begränsat, exempelvis då en värdefull fasad är skadad eller riskerar permanenta skador. Om en dubbelfasad blir aktuell är troligtvis en flervåningsfasad att föredra då det visuella intrycket blir mindre stört trots att lösningen har sämre energiprestanda.

11 Konsekvenser av energibesparande åtgärder

Energibesparande åtgärder påverkar inte bara byggnadens energianvändning utan ofta också de fuktteknska förhållandena, byggnadens utseende m m. Med andra ord påverkas en mängd faktorer/aspekter som man bör ta hänsyn till för att byggnaden skall fungera bra eller bättre i även efter de energibesparande åtgärderna. Dessa faktorer har väldigt olika bedömningsgrund och kräver ett tvärvetenskapligt förhållningssätt. För att inte behöva analysera alla åtgärder på djupet har ett verktyg tagits fram där man ur en större mängd åtgärder, en slags bruttolista, kan sålla ut de åtgärder som har för stor negativ inverkan på någon aspekt. Målet är åtgärder eller ett åtgärdspaket med stora fördelar och så små risker som möjligt. I projektet har två varianter av verktyget använts, dels en enklare variant då en genomgång av möjliga åtgärder behöver göras på kort tid, dels en variant där man har möjlighet att skatta konsekvenserna av olika åtgärder på ett mer förfinat sätt.

11.1 Förenklad åtgärd-konsekvensmatris

För att göra en första bedömning av lämpliga energibesparande åtgärder har följande bedömningskategorier valts:

Energianvändning – Avser vilken påverkan åtgärden har på byggnadens energianvändning. Kan med fördel delas upp i energibehov och specifik energianvändning.

Ekonomi, LCC – Bedöm åtgärdens livscykelkostnad, investeringskostnad kontra lägre driftskostnader, för att klargöra de ekonomiska förutsättningarna för åtgärden.

Fukt, beständighet – De flesta energibesparande åtgärderna påverka temperatur och fuktförhållandena i byggnadens klimatskärm. Exempelvis finns det risk för mikrobiell tillväxt om den relativa fuktigheten ökar i vissa byggnadsdelar. Minskar den relativa fuktigheten finns det risk för torrsprickor i organiska material. Lägre temperaturer i en tegelvägg kan ge frostsprängningar.

Hållfasthet, beständighet - Avser i första hand den fysiska hållfastheten och om t ex den extra vikten av en åtgärd äventyrar bärigheten hos konstruktionen.

Bevarandevärden exteriört - Avser kvaliteter hos den befintliga byggnadens klimatskärm som är synliga från utsidan.

Bevarandevärden interiört - Avser kvaliteter hos den befintliga byggnaden som är synliga från insidan.

Innemiljö – En byggnads innemiljö avser här ett samlat begrepp som omfattar ett flertal aspekter, t ex termisk komfort, luftkvalitet och luftrörelse.

Robusthet, underhållsbehov – Avser byggnadens förmåga att klara förändringar i förutsättningarna, t ex inre eller yttre klimat, utan att långtidsegenskaper försämras.

Andra bedömningskategorier som bedömts som intressanta är:

Funktionalitet – Om byggnadens praktiska användbarhet påverkas av åtgärden på något sätt.

Utvecklingsbehov - Önskemål om produkter eller system som ger en energibesparing med mindre konsekvenser.

Valet av kategorier skall ses med bakgrund i projektets inriktning där energibesparingspotentialen skall vägas mot bevarandevärden. Det är också viktigt att åtgärderna inte medför byggnadsfysikaliska risker som förkortad livslängd på grund av fuktproblem eller försämrad innemiljö. Åtgärderna måste också kunna försvaras ekonomiskt för att överhuvudtaget genomföras. Vid behov kan man reducera antalet kategorier ytterligare med uppdelningen: energianvändning, ekonomi, bevarandevärden, fukt och innemiljö. Valet av kategorier kan anpassas efter vad som anses viktigt för varje specifikt projekt.

Verktyget har formen av en matris där varje möjlig åtgärd (en rad i matrisen) bedöms utifrån de olika kategorierna (en kolumn var). Bedömningen av varje åtgärd illustreras i matrisen med en 3-gradig färgskala: grönt för åtgärder som har en positiv inverkan på kategorin, gult för åtgärder där ytterligare utredning behövs och rött för åtgärder som bedöms ha negativ inverkan på kategorin, se Figur 4.

	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Generellt om utvändig tilläggsisolering av källare	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Byggnadens exteriöra karaktär går lätt förlorad även vid ändringar	Ingen interiör påverkan	Kan vara svårt att återställa till ursprungligt skick efter åtgärden	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Befintlig konstruktion blir varmare och torrare
Generellt om invändig tilläggsisolering av källare	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Eventuell invändiga bevarandevärden påverkas	Eventuell invändiga bevarandevärden påverkas	Risk för fukt-relaterade skador som kan påverka innemiljön negativt	Risk för fuktrelaterade skador
Generellt om tilläggsisolering av krypgrund	Minskar transmissions-förlusterna		Kryprummet blir kallare och fuktkänsligare under delar av året	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Ingen interiör påverkan	Ingrepp vid åtgärden kan vara oåterkalleliga	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Kan ge upphov till fuktrelaterade problem
Generellt om tilläggsisolering av platta på mark	Minskar transmissions-förlusterna		Vid invändig tilläggsisolering blir bottenplattan kallare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Ingen interiör påverkan	Ingrepp vid åtgärden kan vara oåterkalleliga	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Kan ge upphov till fuktrelaterade problem

Figur 4. Exempel på en åtgärd-konsekvensmatris där några generella energibesparande åtgärder för olika typer av grundläggning bedömts.

På hemsidan RenoveraK.se finns Åtgärd-konsekvensmatrisen upplagd som ett dokument där varje byggnadsdel har sin egen flik. Utöver ett dokument som kan fungera som mall till en bedömning finns två exempel på ifyllda dokument där energibesparande åtgärder bedömts för ett enfamiljshus respektive ett flerfamiljshus.

11.2 Åtgärd-konsekvensmatris

Har man möjlighet att göra en mer kvalificerad bedömning, det vill säga tillgång till en grupp experter inom de olika områdena, kan istället en femgradig skala användas: mörkgrönt innebär att åtgärden har en mycket positiv inverkan på kategorien, ljusgrönt innebär fortfarande en positiv inverkan på avsedd kategori men i mindre omfattning, vit innebär ingen påverkan (neutral), gult innebär här att åtgärden påverkar kategorin negativt och rött innebär en stor negativ inverkan på kategorin, se Figur 5.

Scale	High benefit	Low benefit	Neutral	Low risk	High risk

Figur 5. Femgradig färgskala för att illustrera bedömningen av olika åtgärder.

I Figur 6 ges ett exempel på hur en åtgärds-konsekvensmatris kan se ut för ett begränsat antal åtgärder med den femgradiga skalan.

Intervention	Consequences							
	Energy savings	Economic	Environmental	Heritage values	Reversibility	Durability	Moisture	Indoor environ.
Geothermal heat pump	Beneficial	Rather expensive, long pay-back time	Increased use of electric energy	Minor impact	Minor impact	No impact	No impact with sufficient ventilation rate	No impact with sufficient ventilation rate
District heating system	Neutral - or perhaps more efficient	Smart system but expensive	Good choice if it is connected to CHP plant	Minor impact	No impact	No impact	No impact with sufficient ventilation rate	No impact with sufficient ventilation rate
Wood boiler	No impact on energy use	Benefical	Is often regarded as CO2 neutral	No or minor impact	No or minor impact	No impact	No impact	No impact
Window change or retrofit	Beneficial	Fairly expensive, long pay-back time	Beneficial	High or low risk dependant on solution	Great impact	No impact	No impact	Improved thermal comfort
Improved air-tightness	Beneficial	Low cost	Beneficial	Usually no or minor impact	Minor impact	Beneficial	Sufficient ventilation rate?	Sufficient inlet airflow?
Insulation on the attic floor	Beneficial	Fairly cost effective intervention	Beneficial	Usually minor impact	In most cases, yes	Airtight attic floor? Moisture convection?	Airtight attic floor? Moisture convection?	Beneficial
Exterior insulation on the wall	Beneficial	Fairly expensive, long pay-back time	Beneficial within a few years	Great impact on the building exterior.	In many cases no.	Beneficial	Beneficial	Beneficial
Interior insulation on the wall	Beneficial but increased risk of thermal bridges	Fairly expensive, long pay-back time	Beneficial within a few years	Great impact on the building interior	In many cases no.	Risk of moisture condensation in exterior wall	Risk of moisture condensation in exterior wall	Enhanced thermal bridges

Figur 6. Exempel på åtgärd-konsekvensmatris där åtgärder för olika byggnadsdelar bedömts enligt en femgradig färgskala. Notera att bedömningskategorierna skiljer sig något från de i Figur 4.

För närvarande håller det på att tas fram riktlinjer för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (CEN TC 346) där en liknande tvärvetenskaplig riskvärdering rekommenderas.

12 Fuktgranskning av åtgärdspaket med hjälp av ByggaF

I metodiken som utvecklats i samverkansprojektet ”Potential och policys för energieffektivisering av svenska byggnader byggda före 1945” ingår en fördjupad studie av byggnadsfysikaliska risker och risker för bevarandevärden. Den här fördjupade riskvärdering görs efter att det mest kostnadseffektiva paketet av åtgärder tagits fram av det nyutvecklade optimeringsverktyget OPERA-MILP. Visar den fördjupade riskvärderingen att åtgärdspaketet medför för stora risker för fuktrelaterade problem eller att bevarandevärden hotas kan hela eller delar av processen behöva att tas om och en förnyad kostnadsoptimering göras. Metodiken blir på så sätt en iterativ process.

Den fördjupade granskningen av de byggnadsfysikaliska riskerna görs med ByggaF som är ett verktyg som säkerställer att fuktsäkerhetsfrågorna beaktas och dokumenteras genom hela byggprocessen, från projektering till förvaltningen av den färdiga byggnaden. ByggaF är ett befintligt verktyg som använts i några år i byggbranschen och är numera branschstandard.

12.1 ByggaF metoden

ByggaF-metoden omfattar ett antal rutiner, mallar och checklistor som hjälper brukaren att formulera krav på fuktsäkerhet och att följa upp och dokumentera de åtgärder som genomförs av olika aktörer i projektet (Mjörnell et al 2012). En av dessa mallar är verktyget ”Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering” där varje byggnadsdel (t ex tak och vind) har en egen flik där möjliga fuktbelastningar och vad man ska tänka på för varje belastning beskrivs (ByggaF). Med detta som stöd kan användaren av verktyget beskriva effekten av fuktbelastningarna och bedöma fuktförhållandena för respektive del.

Översiktligt är arbetsgången följande när man arbetar med mallen:

1. Identifiera fuktkänsliga konstruktioner
2. Identifiera fuktbelastning
3. Beskriv effekt och konsekvens av fuktbelastning
4. Uppskattning av fukttillstånd
5. Bedöma om uppskattat fukttillstånd ligger utanför de tillåtna fukttillstånden
6. Värdering av sannolikheten S (1-4) för att den beskrivna effekten inträffar och konsekvensen K (1-4) av denna. Riskvärde (S * K = 1-16)
7. Uppskatta behovet av risksänkande åtgärder
8. Specificera lämplig uppföljning

Metoden stöder användaren genom att tillhandahålla mallar och verktyg men är beroende av utövarens erfarenhet inom området eftersom den analys som görs är kvalitativ. Metoden har validerats och reviderats då den använts i flera projekt (Mjörnell et al 2012).

Det senaste tillägget i ByggaF metoden är steg 6, Värdering av sannolikhet och konsekvens, där användaren uppskattar sannolikheten för att fuktförhållandena ligger utanför det tillåtna området, det vill säga kan orsaka skada eller förändring i ingående byggnadsmaterial. Vilka konsekvenser fuktförhållandena får uppskattas också och både sannolikhet och konsekvens klassas i en 4-gradig skala, där 1 är lägst och 4 högsta. Riskvärdet är produkten av sannolikheten och konsekvensen. Således är Riskvärdet minst 1 och högst 16. En vägledning för att uppskatta Riskvärdet är följande: Låg risk = 1-5 Medelhög risk = 6-8 Hög risk = 9-11 Extremt hög risk = 12-16. Om riskvärdet är högt eller extremt högt, bör någon form av risksänkande åtgärd vidtas. En riskreducerande

åtgärd kan vara aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktionen som minskar risken för skador.

Verktyget ”Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering” finns att hämta på Fuktcentrums hemsida (http://www.fuktcentrum.lth.se/). I Bilaga 1 finns en fallstudie av ett enfamiljs småhus i trä där ett antal energibesparingsåtgärder är granskade med hjälp av ByggaF-verktyget. I Figur 7 visas ett utdrag från en av flikarna i mallen.

Roof and attic ByggaF

Design	Moisture load	To consider	The effect of moisture load	Estimation of moisture conditions	Probability	Consequence	Risk value	Risk reducing measures	Probability	Consequence	Risk value	Follow-up
Pitched roof, 45 ° Section A1	Snow and ice, melt water, drifting snow	• Dewatering warm roof, cold roof. • Risk of freezing in downspouts and gutters • Drfting snow in ventilated constructions • Are there pockets of snow on the roof? • Risk of re-freezing	The additional attic insulation will decrease the temperature of the roof and the probability for melting snow and forming of ice will decrease. Changing the heat source from district heating to heat pump is not expected to affect the temperature of the attic.	Cold roof, minor risk for ice forming	1	2	2		0	0	0	
	Moisture diffusion due to differences in moisture content	• Location of the vapor barrier • Check the moisture condition in winter and summer climate • Cut-in vapor barrier penetrations, attachments (especially important when difference in moisture content is great) must be sealed • Ventilate condensed water • Moisture buffring in roof materials • Critical moisture level of incliuded materials • Thermal bridges	Moisture diffusion from the interior to the attic will occur. However, the addition of moisture from the interior could vary considerably depending on the number of inhabitants and their habits. Due to the additional insulation, the temperature will be lower and, consequently, the relative humidity will be higher in the attic space during heating season. Changing the heat source from district heating to a heat pump is not expected to affect the temperature of the attic space or the indoor ventilation rate. In this assessment, it is assumed that the air sealing measures will not affect the moistrure diffusion significantly.	A Consequence rating of 2 shall apply provided that the natural ventilation works relatively well during the heating season and indoor moisture production is relatively low. At higher indoor moisture production will increased the consequence rating to 3.	4	2	8	Install a vapor barrier in the attic floor and stud walls. It is especially important to inspect the attic the first winter after the measures are implemented. Look for discoloration, changes, and measure the moisture content in wood constructions.	1	2	2	Placement of the diffusion barrier during the design phase.

Figur 7. Utdrag från mallen ”Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering”.

13 Åtgärdspaket för svenska byggnadskategorier

Under utvecklingen av metodiken i samverkansprojektet testades den på flera troliga svenska byggnadskategorier: ett enfamiljhus i trä från 1920-talet och ett flerfamiljhus i tegel från 1890-talet. Ett steg i samverkansprojektets metodik är att ta fram ett kostnadsoptimerat åtgärdspaket med hjälp av det nyutvecklade OPERA-MILP. Som jämförelse togs också åtgärdspaket fram för de två byggnadskategorierna enligt en energisparstrategi rekommenderad av Grytli (2004). Strategin baseras dels på Kyoto-pyramiden, som visar i vilken ordning man bör göra energibesparingsåtgärder, dels på energibesparingsåtgärder som ofta kan genomföras i äldre byggnader utan för stora ingrepp i deras bevarandevärde. I korthet bör man genomföra följande steg:

1. Tätning av luftläckage
2. Tilläggsisolera tak och golv
3. Energirenovering av befintliga fönster
4. Styrning av innetemperaturen
5. Effektivare utrustning
6. Byte till miljövänligare energikällor

Tilläggsisolering av ytterväggar, både utvändigt och invändigt, har utelämnats i detta angreppssätt eftersom det ansetts påverka byggnadens bevarandevärden för mycket. I kapitel 11 redovisas den Åtgärd-konsekvensmatris om tagits fram inom ramen för detta projekt. Åtgärds-konsekvensmatrisen kan användas till att prioritera olika åtgärder för energibesparing i bevarandevärda byggnader. I Bilaga 9 finns en generell tvärvetenskaplig bedömning av några energibesparande åtgärder som är gjord med den förenklade varianten av Åtgärds-konsekvensmatrisen. Den bedömningen belyser svårigheten med tilläggsisolering av ytterväggar när man granskar åtgärden ur flera synvinklar vilket också förklarar den ovanstående strategin.

I de två följande avsnitten redovisas energibesparingen för varje steg i strategin.

13.1 Energibesparingspaket för ett enfamiljhus i trä byggt på 1920-talet

Här följer en sammanfattning av fallstudien av ett enfamiljhus i trä från 1920-talet. En utförligare beskrivning av fallet återfinns i Bilaga 1.

Byggnaden är en 1½-plans villa med plankstomme uppförd i Stockholm på 1920-talet. Byggnadens fönster är kopplade 2-glas träfönster. Vanligtvis grundlades byggnadstypen på en källare men i det här fallet har krypgrund studerats.

Idag har byggnaden ett vattenburet radiatorsystem anslutet till fjärrvärme. Byggnaden var ursprungligen uppvärmd av kaminer anslutna till en centralt placerad murstock. Ventilationen utgörs av självdrag som antas uppnå 0,35 l/s, m²(A_{temp}). Det ofrivilliga luftläckaget kan variera kraftigt från objekt till objekt men i det här fallet antas det vara 2 l/s, m²(A_{omsl}) vid en tryckskillnad av 50 Pa över klimatskärmen.

I Tabell 4visas en uppskattning av byggnadens energiförluster under ett år fördelat på olika byggnadsdelar och installationssystem.

Tabell 4. Uppskattad ursprunglig avgiven energi.

Typ av energiförluster	**Avgiven energi (kWh/m²år)**	**Andel**
Transmissionsförluster • Tak • Vägg • Grund • Fönster och dörr	237 • ~21% av transmissionsförlusterna • ~50% (inkl. köldbrygga i hörn) • ~10% • ~19%	67%
Luftläckage	34 (~26 utgående från 1,5 l/s,m²)	10% (~7,5%)
Ventilation	57	16%
Spillvatten	20	6%
Kyla[1] (vädringsbehov)	2	1%
Totalt	350	

[1] Byggnadens kylbehov tillgodoses med vädring

En mycket stor andel av värmeförlusterna sker genom byggnadens klimatskal där förlusterna genom ytterväggen dominerar, delvis på grund av ytterväggens stora yta. I Tabell 5 redovisas minskningen i energianvändning när energibesparingsåtgärder införs stegvis enligt energisparstrategin som presenterades av Grytli (2004).

Tabell 5. Energibesparing vid stegvisa åtgärder

Åtgärd	**Specifik energi-användning**	**Ackumulerad besparing för åtgärderna**		**Besparing enskild åtgärd**
	(kWh/m²)	(kWh/m²)	(%)	(kWh/m²)
Befintlig byggnad, ingen åtgärd	301			
Täta luftläckage 2 → 1 l/s m² vid q50	284	17	5	17
Isolera taket +300 mm mineralull	255	46	15	30
Isolera krypgrund +100 mm cellplast	246	55	18	9
Renovera fönster till U=1,2 W/m²K	222	79	26	23
Styrning av innetemperatur 22 → 20°C delar av dygnet	206	95	32	16
Installera FTX (vid styrning av temperatur)	175	114	42	29

Efter åtgärderna har den specifika energianvändningen reducerats. I det sista steget installeras ett till- och frånluftsventilationssystem med värmeåtervinning. Det kan diskuteras om ett FTX kan installeras i byggnaden utan att allt för stor påverkan på byggnadens bevarandevärden. Åtgärden kräver omfattande kanaldragning vilket kan reducera boendeutrymmet. Att sänka temperaturen inomhus är egentligen mer relaterat till de boendes beteende och acceptans än som en byggnadsteknisk åtgärd.

Med de åtgärder som genomförts i klimatskalet för att minska värmeförluster kan man nå det kortsiktiga energibesparingsmålet om 20% minskning av energianvändningen. Trots ytterligare åtgärder, som sänkning av innetemperaturen under delar av dygnet samt ett FTX-system, når man inte ner till energibesparingsmålet på 50% minskning av energianvändningen. Det är möjligt att FTX-systemet jobbat effektivare om man lyckas minska luftläckaget i byggnaden ytterligare men det är ofta svårt att nå en mycket god lufttäthet (< 0,5 l/s m² vid 50 Pa) i befintliga byggnader utan mycket omfattande åtgärder.

För att nå energibesparingsmålet på 50% bör man fundera på om tilläggsisolering av yttervägen är möjlig. Transmissionsförlusterna dominerar och ytterväggen står för en mycket stor del, särskilt efter att åtgärder utförts på andra delar av klimatskalet. En tunn tilläggsisolering skulle säkerställa att energibesparingsmålet på 50% kan uppnås men kostnaden för åtgärden är stor. En tunn utvändig tilläggsisolering där fasad och dess detaljer flyttas ut (Johansson 2014) kan vara ett alternativ men med tanke på byggnadens karaktär är det tveksamt om byggnaden tål ens en varsam tilläggsisolering. Att nå ner till en energianvändning enligt kraven i BBR19 på 90 kWh/m² kräver ytterligare åtgärder.

Som tidigare nämnts finns en generell tvärvetenskaplig bedömning av energibesparande åtgärder för olika byggnadsdelar enligt den förenklad åtgärd-konsekvensmatrisen i Bilaga 9. I Figur 8 finns ett utdrag ur denna för ytterväggen.

Åtgärd	Konsekvens							
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)
Utvändig tilläggsisolering - generellt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare		Stor påverkan på byggnadens karaktär		Svårt att återställa till ursprungligt skick	Förbättrad termisk komfort
Invändig tilläggsisolering - generellt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare			Invändiga bevarandevärden påverkas	Svårt att återställa till ursprungligt skick	Varmare innerytor men ökad risk för köldbryggor och sämre luftkvalité

Figur 8. Utdrag ur förenklad åtgärd-konsekvensmatris där tilläggsisolering av yttervägg bedöms.

I Bilaga 3 presenteras en genomgång av hur köldbryggorna vid några konstruktionsdetaljer förändras i enfamiljshuset i trä. I Bilaga 4 finns en livscykelkalkyl för de energibesparande åtgärder som presenterats i Tabell 5.

13.2 Energibesparingspaket för ett flerfamiljshus i tegel byggt på 1890-talet

Här följer en sammanfattning av fallstudien av ett flerfamiljhus i tegel från 1890-talet. En utförligare beskrivning av fallet återfinns i Bilaga 2.

Byggnaden har fyra våningar och är byggd i tegel på en murad källare. Taket består av en kallvind med yttertak och vindsbjälklag i trä. Byggnaden ingår i ett kvarter och båda gavlarna vetter mot angränsande byggnader. En fasad vetter mot gatan och är rikare utsmyckad. Fasaden mot gården är enklare utformad. Fönstren är kopplade 2-glasfönster i trä.

I Tabell 6 visas en uppskattning av den befintliga byggnadens energiförluster under ett år fördelat på olika byggnadsdelar och installationssystem.

Tabell 6 Uppskattad ursprunglig avgiven energi.

Typ av energiförluster	Avgiven energi (kWh/m²år)	Andel
Transmissionsförluster • Tak • Vägg • Grund • Fönster	189 • ~14% av transmissionsförlusterna • ~48% • ~7% • ~31%	65%
Luftläckage	16	6%
Ventilation	56	20%
Spillvatten	25	9%

Typ av energiförluster	Avgiven energi (kWh/m²år)	Andel
Kyla (vädringsbehov)	0,3	
Totalt	287	

Även i den här byggnaden sker en mycket stor andel av värmeförlusterna genom byggnadens klimatskal. Förlusterna genom ytterväggen dominerar, delvis på grund av ytterväggens stora yta. Notera att fönstren står för en större andel av transmissionsförlusterna i detta exempel med ett flerfamiljshus jämfört med föregående exempel med ett enfamiljshus. I Tabell 7 redovisas minskningen i energianvändning när energibesparingsåtgärder införs stegvis enligt tidigare presenterade energisparstrategin.

Tabell 7. Stegvis energibesparing i flerfamiljshus i tegel.

Åtgärd	Specifik energi-användning (kWh/m²)	Ackumulerad besparing för åtgärderna (kWh/m²)	(%)	Besparing enskild åtgärd (kWh/m²)
Befintlig byggnad, ingen åtgärd	237			
Täta luftläckage 2 →1,5 l/s m² vid q50	233	4	2	4
Täta luftläckage 1,5 →1 l/s m² vid q50	229	8	3	4
Isolera taket +300 mm lösull	213	24	10	16
Isolera källare +100 mm cellplast	190	47	20	22
Renovera fönster till U=1,3 W/m²K	166	71	30	25
Styrning av innetemperatur 22 → 20°C delar av dygnet	152	85	36	13
Installera FTX	123	114	48	29
Ytterligare åtgärder				
Isolera taket +300 mm lösull (tot. 600 mm)	121	116	49	2
Isolera yttervägg mot innergård +50 mm cellplast (tot. 150 mm)	103	134	57	19
Isolera yttervägg mot innergård +50 mm cellplast (tot. 200 mm)	97	140	59	6

Med den här strategin går det att minska energianvändningen med knappt hälften och man når därmed nästan målet med en minskning av energianvändningen på 50%. Dock kräver detta att ett FTX-system installeras och ur bevarandesynpunkt kan åtgärden vara tveksam. Åtgärden kräver omfattande kanaldragning och även om det finns plats på grund av den stora våningshöjden kräver det håltagning genom innerväggar och bjälklag. Utan FTX-system kan man nå de kortsiktiga målet på 20% minskning av energianvändningen och med renoverade eller utbytta fönster kan man nå 30% energibesparing. För att minska energianvändningen ytterligare är det möjligt att tilläggsisolera fasaden mot gården eftersom den ofta har lägre exteriöra värden jämfört med gatufasaden.

13.3 Optimerade energibesparingspaket för ett enfamiljhus i trä byggt på 1920-talet

Här följer en kortfattad redovisning av fallstudien av ett enfamiljhus i trä från 1920-talet där metodiken som utvecklats i samverkansprojektet används (Broström et al 2014 och Ståhl et al 2014). Byggnaden i fallstudien är samma som presenterades i avsnitt 12.1 och utförligare detaljer återfinns i Bilaga 1.

En tvärvetenskaplig förbedömning genomfördes av de energibesparingsåtgärder som för närvarande finns tillgängliga i OPERA-MILP. Resultatet redovisas kortfattat i Tabell 8.

Tabell 8. Åtgärd-konsekvensmatris för energibesparingsåtgärder (Broström et al 2014).

Åtgärd	**Konsekvens**				
	Energi	**Ekonomi**	**Bevarande**	**Fukt**	**Innemiljö**
Bergvärmepump		Stor investering	Kräver håltagning och rördragning	Lite inverkan jämfört med fjärrvärme	Lite inverkan jämfört med fjärrvärme
Flisvärmepanna		Stor investering	Installation med tillhörande rördragning	Ökad ventilation	Ökad ventilation
Fönsterbyte		Stor investering	Förändring i material och utseende		Ökad komfort
Extra ruta till befintliga fönster			Viss förändring av utseende		Ökad komfort
Lufttätning				Försämrad ventilation?	Försämrad ventilation? Förbättrad komfort
Tilläggsisolera vindsbjälklag				Risk för ökad relativ luftfuktighet på vind	Förbättrad komfort
Utvändig tilläggsisolering av yttervägg		Stor investering	Förändring i material och utseende	Varmare vägg-konstruktion	Förbättrad komfort
Invändig tilläggsisolering av yttervägg		Stor investering	Viss förändring av material och utseende	Risk för fuktskador i yttervägg	Förbättrad komfort Risk för köldbryggor
Tilläggsisolering av bottenbjälklag				Risk för hög relativ fuktighet i krypgrund	Varmare golv

Skala	Mkt positivt	Positivt	Neutral	Negativt	Mkt negativt

I Broström et al (2014) presenteras optimeringsresultatet från OPERA-MILP. I Tabell 9 redovisas de åtgärdspaket (paket 1 och 2) som når energibesparingsmålen 20 och 50% samt det fall där lägsta livscykelkostnad uppnås (paket 3), där energibesparing blir 70%.

Tabell 9. Sammanställning av åtgärdspaket (Ståhl et al 2014).

Åtgärd	Paket 1	Paket 2	Paket 3
Bergvärmepump	x	-	-
Flisvärmepanna	-	x	x
Lufttätning	x	x	x
Tilläggsisolering bjälklag (mm)	600	160	360
Tilläggsisolering vägg (mm)	-	60	160
Tilläggsisolering (mm)	-	-	220
Förbättring av fönster	Extra fönsterruta	-	3-glas, LE-skikt

Byggnader av den här typen är normalt inte byggnadsminnen men framför allt fasaden är känslig för förändring i både material och visuellt uttryck. I Broström et al (2014) diskuteras konsekvenserna av åtgärdspaketen för byggnadens bevarandevärden mer utförligt.

De tre energisparpaket i Tabell 9 har utvärderats enligt ByggaF-mallen ”Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering” (Ståhl et al 2014). Som ett alternativ till utvändig isolering, bedömdes paket 2 även med invändig isolering (60 mm) av ytterväggen. Vid fuktgranskningen förutsätts att den ursprungliga konstruktionen fungerar relativt väl när det gäller fuktsäkerhet och granskningen fokuserar på de risker som de föreslagna åtgärderna kan medföra. Vid behov föreslås ytterligare teknisk undersökning. I vissa fall har risksänkande åtgärder lagts till för att sänka åtgärdens riskvärde. I Bilaga 10 finns fuktgranskningen i sin helhet men här följer en kort sammanfattning av de viktigaste slutsatserna.

Uppvärmningssystem
Att byta från fjärrvärme till en bergvärmepump påverkar inte de byggnadsfysikaliska förhållandena i byggnaden men bytet till en flisvärme panna, som i paket 2 och 3, innebär troligen att undertryck kommer råda i hela byggnaden under uppvärmningssäsongen vilket kommer minska risken för fuktkonvektion (och därpå följande risk för fuktskador) i klimatskärmen. Luftomsättningen i byggnaden ökar också och en större del av fukttillskottet inomhus transporteras bort med ventilationen jämfört med innan åtgärden.

Tätning av luftläckage
Lufttätande åtgärder har en positiv inverkan på innemiljön under förutsättningen att tillräckligt ventilationsflöde bibehålls. Risken för fuktkonvektion i klimatskärmen minskar också. Vissa lufttätande åtgärder minskar också fuktdiffusionen men ByggaF-metoden bedömer fukttransport via konvektion och diffusion separat.

Tilläggsisolering av vindsbjälklag
I byggnader med kallvind är det ofta lätt att tilläggsisolera vindsbjälklaget ovanpå den befintliga isoleringen. I den granskade byggnaden är delar av vinden inredd med två kattvindar på ömse sidor vilket innebär att både stödbensväggar, snedtak och vindsbjälklag behöver isoleras. Åtgärden innebär att temperaturen kommer sjunka och den relativa fuktigheten därmed öka i de kalla delarna av vindsutrymmet. Detta innebär i sin tur att risken för mikrobiell påväxt på yttertaket ökar. Slutsatsen av riskbedömningen är att en diffusionsspärr och ett lufttätt skikt behöver komplettera tilläggsisoleringen för att förhindra fuktdiffusion och fuktkonvektion. Valet av flisvärmepanna i åtgärdspaket 2 och 3 kan medföra att det tillförs spillvärme till kallvinden från murstocken under eldningssäsongen och på så sätt motverka de negativa aspekterna av tilläggsisoleringen. Det ByggaF-verktyget identifierar som den mest svåråtgärdade fuktbelastningen på kallvinden är ventilation med uteluft. Under vissa klimatförhållanden kan detta skapa

problem och vara svåra att åtgärda utan en aktiv styrning av ventilationen i de kalla delarna av vindsutrymmet. En årlig inspektion av vindsutrymmet rekommenderas.

Uppgradering av fönster
I ByggaF-verktyget ”Fuktsäkerhetsprojektering med riskvärdering” ingår inte fönster i bedömningsmallen för fuktsäkerhetsprojektering. Den termiska komforten i byggnaden blir bättre om fönsteren utrustas med en extra ruta och därigenom för ett lägre U-värde. Det man måste tänka på är att fönstret är tillräckligt tätt så att inte inneluften kommer in mellan glasrutorna i fönstret.

Utvändig tilläggsisolering av yttervägg
Den här åtgärden förbättrar den termiska komforten i byggnaden. Temperaturen blir högre i den ursprungliga väggkonstruktionen och därmed blir fuktförhållandena bättre. Är ytterväggen en regelkonstruktion bör den dessutom förses med en luftspalt bakom ytterpanelen som förhindrar att slagregn kommer in i konstruktionen. Som synes i Tabell 4 är transmissionsförlusterna stora genom ytterväggen innan åtgärderna men med tilläggsisolering minskar den kraftigt i den studerade byggnaden. Den största risken för fuktskador vid den här åtgärden är när arbete med tilläggsisoleringen utförs och väggen är oskyddad för nederbörd. Väderskydd bör användas under byggtiden. Den stora nackdelen med den här åtgärden är att den påverkar byggnadens utseende och bevarandevärden kan gå förlorade.

Invändig tilläggsisolering av yttervägg
Invändig isolering förbättrar den termiska komforten och minskar transmissionsförlusterna genom väggen men utanför isoleringen blir väggen kallare och mer känslig för fukt från t ex slagregn. Risken för fuktdiffusion är också stor även om den till viss del motverkas av det ökade ventilationsflödet genom pelletspannan. En väl monterad diffusionsspärr på ytterväggens varma sida är nödvändig för att minska riskerna med den valda åtgärden.

Isolering av bottenbjälklag
Att isolera undersidan av bottenbjälklaget mot krypgrunden innebär en förbättring av de fukttekniska förhållandena för bjälklaget då bjälklaget blir varmare och mindre känsligt för fukt både inifrån och från krypgrunden. I själv kryputrymmet blir förhållandena däremot sämre då utrymmet blir kallare och den relativa fuktigheten blir högre med påföljande risk för mikrobiell påväxt. Särskilt sommaren är besvärlig då varm fuktig uteluft kyls ner i kryprummet och den relativa fuktigheten blir hög.

14 Slutsatser

En stor del av Sveriges energianvändning kan hänföras till byggnader och kraven på att minska byggnader energianvändning är stora både på Europeiskt nivå genom EU-kommissionens direktiv om energianvändning i byggnader och på nationell nivå där byggreglerna skärps gällande energianvändning. Omkring en tredjedel av Sveriges byggnader är byggda före 1945 och står för en stor del av energianvändningen i Sverige. Den långsiktiga målsättningen att halvera energianvändningen i svenska byggnader kommer påverka också den äldre delen av Sveriges bebyggelse. Samtidigt finns det stora kulturella värden i byggnader byggda före 1945 och att beakta dessa värden i samband med energibesparingar är nödvändigt för att inte skada vårt kulturella och social arv.

I föreliggande projekt har den del av det svenska byggnadsbeståndet som är byggt före 1945 studerats med hjälp av resultaten från BETSI-undersökningen. Urvalet är inte helt representativt för det svenska byggnadsbeståndet byggt före 1945 men mycket tyder på att byggnadernas energianvändning är hög och att mycket kan göras för att förbättra byggnadernas klimatskärm och installationstekniska system. Flera fallstudier av fiktiva byggnader, karaktäristiska för tidsperioden, har genomförts. Det visar sig att det teoretiskt är möjligt att minska energianvändningen kraftigt i byggnaderna. I vissa fall kan man minska energianvändningen med nästan hälften utan allt för stor påverkan på kulturhistoriska värden. Att nå energikraven i nybyggnadsreglerna ter sig mycket svårt utan att komma i direkt konflikt med Plan- och bygglagens varsamhetskrav.

I två fallstudier har en stegvis strategi för energibesparing i byggnader provats där enbart åtgärder med liten inverkan på byggnaders bevarandevärden används. Med denna strategi kan man komma en bit på vägen med att nå energibesparingsmålen men för att halvera energianvändningen eller mer krävs ett annat angreppssätt.

Den åtgärds-konsekvensmatris som tagits fram i projektet finns tillgänglig som ett verktyg för att väga samman flera bedömningskategorier, t ex energianvändning, ekonomi, fuktsäkerhet, bevarandeaspekter och innemiljö, då olika energibesparande åtgärder bedöms. En liknande tvärvetenskaplig riskvärdering rekommenderas i de kommande riktlinjer för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (CEN TC 346).

I projektet har vanliga tekniska åtgärder för att minska energianvändningen behandlats, bland annat lufttäthet, energiförbättring av fönster, tilläggsisolering, värmeåtervinning. Även några alternativa och mindre vanliga lösningar för energibesparing harundersökts. Exempelvis kan energiprestandan hos 2-glasfönster förbättras/kompletteras med hjälp av textilier men bara under delar av dygnet. I vissa fall kan en utvändig glasvägg användas för att förbättra energiprestandan hos en befintlig vägg, vilket dock samtidigt påverkar byggnadens uttryck. Ett sådant exempel på energiförbättring behöver i varje enskilt fall bedömas tillsammans med bevarandevärde och beständighet. Det behövs ytterligare studier för att hitta och bedöma fler alternativa lösningar för att minska energianvändningen med liten påverkan på bevarandevärden och fuktsäkerhet.

15 Referenser

Arfvidsson J., Bjelke-Holtermann B., and Mattsson J. 2014 A method for status determination of historical buildings. Proceedings NSB 2014 10th Nordic Symposium on Building Physics. ISBN: 978-91-88722-53-9.

Baker (2008): Improving the thermal performance of traditional windows.

Berggren B. 2013. Evaluating building envelopes for energy efficient buildings. Division of Energy and Building Design. Department of Architecture and Built Environment. Lund University. Faculty of Engineering LTH, 2013. Report EBD-T--13/16. ISBN 978-91-85147-54-0.

Bjerking S. E. 1974. Ombyggnad. Hur bostadshusen byggdes 1880-1940. Byggforskning Rapport R32: 1974.

Boverket 2007 Instruktioner och definitioner till besiktningsprotokoll för flerbostadshus

Boverket 2009. Statistiska urval och metoder i Boverkets projekt BETSI. ISBN 978-91-86342-48-7.

Boverket 2010. Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI. ISBN 978-91-86559-84-7.

Broström T., Eriksson P., Rohdin P. and Ståhl F. 2012. A method to assess the effect of energy saving interventions in the Swedish stock of historic buildings. Book of Proceedings: Heritage 2012 – Heritage and Sustainable Development. eBook ISBN: 978-989-95671-8-4

Broström T., Eriksson P., Liu L., Rohdin P., Ståhl F. and Moshfegh B. 2014. A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. The Historic Environment, Vol. 5 No. 2, July 2014, 150–66.

ByggaE. www.byggae.se

ByggaF. www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/fuktsaekert-byggande/byggaf-metoden/

ByggaL. www.byggal.se

Energimyndigheten 2006. Fönsterrenovering med energiglas. ET 2006:27

Fredlund B. 1999. Lågemissionsglas och renovering förbättrar äldre fönsters värmeisolering. Lunds Universitet. Rapport TABK 99/3055.

Ghofranifar 2008 Energieffektivisering av stenhusstaden KTH Exjobb

Grytli E. 2004. Fiin gammel aargang.

Homb A and Uvslokk S. 2012. Energy efficient windows with cultural value - Measurements and calculations. Technical Report. SINTEF Byggforsk.

Häkkinen T. (ed.) 2012. Sustainable refurbishment of exterior walls and building facades, Final report Part A –Methods and recommendations. VTT Technical Research Centre of Finland. ISBN 978-951-38-7845-0.

Johansson P. 2014 Building Retrofit using Vacuum Insulation Panels: Hygrothermal Performance and Durability (Renovering av byggnader med vakuumisoleringspaneler: Hygrotermisk prestanda och hållbarhet). Byggnadsteknologi. Chalmers University of Technology. ISBN: 978-91-7385-976-9.

Lönsam energieffektivisering – Saga eller verklighet – För hus byggda 1950-75

Malmqvist T. 2012. Miljöbyggnad i renoveringsprocessen. KTH/SABO.

Mjörnell K., Arfvidsson J. and Sikander E. 2012. A Method for Including Moisture Safety in the Building Process. Indoor and Built Environment 2012;21;4:583–594.

Göransson et al 2008 Energieffektiviseringspotential i bostäder och lokaler CEC

Mjörnell K., Gustavsson T., Fyhr K., Gervind P. och Sasic A. 2011. Innovativa åtgärdsförslag för renovering av byggnadsskal och installationer och metoder som använts för att nå dit – exempel från några pilotprojekt inom Milparena. Miljonprogrammets arena. SP rapport 2011:39.

Mjörnell K., Capener C-M och Elfborg S. 2013. Renobuild – en metod för att fatta beslut om hållbar renovering. Bygg&Teknik nr 2/2013

Pallin S. 2013. Risk Assessment of Hygrothermal Performance - Building Envelope Retrofit. Department of Civil and Environmental Engineering. Chalmers University of Technology ISBN 978-91-7385-849-6

Realea 2009. Energirenovering i fredede bygninger - Afdækning af muligheder for implementering af energibesparende tiltag i fredede bygninger med afsæt i det fredede bygningskompleks Fæstningens Materialgård. ISBN: 978-87-92230-16-4

Ruhs H., Six E. and Strasser H. 2006. Sanieren mit Qualität. Qualitätskriterien für die Sanierung kommunaler Gebaude.

Ståhl F, Lundh M och Ylmén P. 2011. Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader - en förstudie. SP Rapport 2011:48. ISBN 978-91-86622-78-7.

Ståhl F., Gustavsson T., Broström T., Eriksson P., Liu L., Rohdin P. and Moshfegh B. 2014. Hygrothermal performance of energy saving measures in a wooden building from the 1920s. Proceedings NSB 2014 10th Nordic Symposium on Building Physics. ISBN: 978-91-88722-53-9.

Tolstoy N. och Svennerstedt B. 1984. Reparationsbehov i bostäder och lokaler. ERBOL. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande M84:10. ISBN 91-540-9208-6.

Tolstoy N., Borgström M., Högberg H. och Nilsson J. 1993. Bostadsbeståndet tekniska egenskaper. ELIB-rapport nr 6. Statens institut för byggnadsforskning. ISBN 91-7111-054-2.

Zimmermann M. 2010. Retrofit Advisor Reference Guide. IEA ECBCS Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings.

PUBLICERAT

Lista på artiklar med knytning till samverkansprojektet som är publicerade vid denna rapports färdigställande.

Broström T., Eriksson P., Rohdin P. and Ståhl F. 2012. A method to assess the effect of energy saving interventions in the Swedish stock of historic buildings. Book of Proceedings: Heritage 2012 – Heritage and Sustainable Development. eBook ISBN: 978-989-95671-8-4

Broström T., Eriksson P., Liu L., Rohdin P., Ståhl F. and Moshfegh B. 2014. A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. The Historic Environment, Vol. 5 No. 2, July 2014, 150–66.

Eriksson P., Donarelli A., Arumägi E., Ståhl F. and Broström T. 2013. Energy efficient historic stone houses – a case study highlighting possibilities and risks. Sustainable Building SB13 Munich – Implementing Sustainability – Barriers and Chances. 2013. Munich.

Ståhl F., Gustavsson T., Broström T., Eriksson P., Liu L., Rohdin P. and Moshfegh B. 2014. Hygrothermal performance of energy saving measures in a wooden building from the 1920s. Proceedings NSB 2014 10th Nordic Symposium on Building Physics. ISBN: 978-91-88722-53-9.

Bilaga 1: Fallstudie Småhus 1920-tal i trä

I bilagan redovisas en fallstudie där ett energibesparingspaket tagits fram till en enfamiljsvilla i trä från 1920-talet, Figur 9.

Figur 9. Småhus i trä från 1920-talet. Byggnaden på bilden är från samma tidsålder och har samma storlek som fallstudien men är inte den byggnad som studerats (foto: Mikael Eriksson Andin, SP).

Allmän beskrivning
1½-plans villa uppförd i Stockholm på 1920-talet. Plankstomme med stående träpanel på utsida och pappklädd liggande träpanel på insida. 2-glas kopplade träfönster med större fönster på våning 1 än våning 2. Vanligtvis grundlades byggnadstypen på en källare men i det här fallet har krypgrund studerats.

Värmekällan utgjordes ursprungligen av vedeldade kaminer anslutna till en centralt placerad murstock. Kaminerna har under årens lopp ersatts med ett vattenburet radiatorsystem anslutet till fjärrvärme. Ventilationen utgörs av självdrag som antas uppnå 0,35 l/s, m²(A_{temp}). Det ofrivilliga luftläckaget antas vara 2 l/s, m²(A_{omsl}) vid en tryckskillnad av 50 Pa över klimatskärmen. Luftläckaget kan variera kraftigt från objekt till objekt och det kan diskuteras om det antagna luftläckaget är en överskattning.

Byggnadens längd och bredd är 10,5 x 8 m.
Höjden är 8,4 m upp till nock
Fönstren mäter på våning 1: 1,2x1,3 m och på våning 2: 1,2x1,2 m.
A_{temp} =168 m²

Klimatskärm

- Luftläckage 1,5 l/s x m²
- Yttertak: takstolar, spontad panel täckt med papp, bär- och ströläkt med tegelpannor
- Vindsbjälklag/träbjälklag, kutterspån på papp och brädor
- Yttervägg: plankstomme
  Invändigt: med luftspalt och liggande panel
  Utvändigt: klädd med tjärpapp och stående panel
- Fönster: 2-glas kopplade bågar i trä

- Dörrar: i trä
- Bottenbjälklag: träbjälklag, blindbotten fylld med sågspån och kalkgrus
- Källar-/kryprumsväggar, bottenplatta.

Tabell 10 visar byggnadsdelarnas uppbyggnad och Tabell 11 anger U-värde och area för de ingående byggnadsdelarna.

Tabell 10. Byggnadens konstruktion.

Byggnadsdel	**Uppbyggnad**
Yttertak	Tegelpannor Bär- och ströläkt Papp Spontad panel 25 mm Takstol (cc120)
Vinds-/mellanbjälklag	Spontat trägolv (32 mm) Träreglar (75x225 c/c 600 mm), kutterspån på papp Takpanel (25 mm)
Ytterväggar	Lockläkt Panel (25x175 mm) Impregnerad tjärpapp Spontad plankstomme (75xvarierande) Förhydningspapp Luftspalt (25 mm) Panel, liggande
Fönster	2-glas kopplade bågar
Bottenbjälklag	Undertak panel (25x100 mm) Blindbotten Träreglar (75x225 c/c 600 mm), sågspån och kalkgrus Spontat trägolv (32 mm)

Tabell 11. Byggnadsdelarnas area och U-värde.

Byggnadsdel	**Specifikation**	**Area** (m²)	**U-värde** (W/m²K)	**U-värde inkl. köldbryggor** (W/m²K)
1 vägg typ	Plankstomme	155,8	0,941	1,313
2 fönstertyper	6 rutor, 4 rutor	18,2	2,70	
1 grundläggning	Krypgrund	84	0,303	
1 dörr typ	Homogent trä	3,6	2,00	
1 tak typ	Tegelpannor	126	0,493	
1 hörna (köldbrygga)		16 m		

Installationsteknik
Byggnaden antas ventileras enligt följande:
- Självdrag (0,35 l/s x m² (0,5 1/h).
- Köksfläkt (0,35 l/s x m² 1 timme per dag, genomsnitt per dygn 0,0146 l/s x m²)

Uppvärmning
Ursprungligen var kakelugnar anslutna till centralt placerad murstock men idag är fjärrvärme ansluten till ett vattenburet radiatorsystem.

Driftdata
Klimat: Stockholm
Varmvattenförbrukning: enligt SVEBY (Tappvarmvattenanvändningen 2,28 W/m²)

Uppskattad energianvändning
En grov bedömning av energianvändningen i byggnaden har gjorts med hjälp av energisimuleringsprogrammet VIP Energy, se Tabell 12.

Tabell 12. Uppskattad ursprunglig avgiven energi.

Typ av energiförluster	Avgiven energi (kWh/m²år)	Andel
Transmissionsförluster • Tak • Vägg • Grund • Fönster och dörr	237 • ~21% av transmissionsförlusterna • ~50% (inkl. köldbrygga i hörn) • ~10% • ~19%	67%
Luftläckage	34 (~26 utgående från 1,5 l/s,m²)	10% (~7,5%)
Ventilation	57	16%
Spillvatten	20	6%
Kyla[1] (vädringsbehov)	2	1%
Totalt	350	

[1] Byggnadens kylbehov tillgodoses med vädring

Köldbryggornas andel är en uppskattning. I Bilaga 3 redovisas en beräkning av några av köldbryggorna i ett småhus av trä.

Val av åtgärder för energibesparing i enfamiljhus i trä
För att ta fram ett åtgärdspaket till enfamiljhuset har en strategi för energibesparande med hänsyn till bevarandevärden tagits fram. Den är baserad på en strategi presenterad i Grytli (2004) som i sin tur bygger på Kyoto-pyramiden och på de generella åtgärder som normalt kan genomföras i en äldre byggnad utan större inverkan på byggnadens bevarandevärden.

1. Tätning av luftläckage
2. Tilläggsisolera tak och golv
3. Energirenovering av befintliga fönster
4. Styrning av innetemperaturen
5. Effektivare utrustning
6. Byte till miljövänligare energikällor

Tvärvetenskaplig bedömning av energibesparande åtgärder
I fallstudien följs ovanstående strategi för att ta fram ett energibesparande åtgärdspaket men i projektet ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945” har en Åtgärds-konsekvensmatris utvecklats för att kunna sortera bort mindre lämpliga åtgärder i ett tidigt stadium i renoveringsprocessen. I Bilaga 9 finns en generell tvärvetenskaplig bedömning av energibesparande åtgärder för olika byggnadsdelar enligt den förenklad åtgärd-konsekvensmatrisen.

Beräknad energianvändning
Byggnadens specifika energianvändning uppskattats till 301 kWh/år, m^2 med hjälp av VIP Energy. I Tabell 13 anges minskningen av energianvändningen stegvis vid olika energibesparande åtgärder.

Tabell 13. Energibesparing vid stegvisa åtgärder.

Åtgärd	**Specifik energi-användning** (kWh/m^2)	**Ackumulerad besparing för åtgärderna**		**Besparing enskild åtgärd** (kWh/m^2)
		kWh/m^2)	(%)	
Befintlig byggnad, ingen åtgärd	301			
Täta luftläckage 2 →1 l/s m² vid q50	284	17	5	17
Isolera taket +300 mm mineralull	255	46	15	30
Isolera krypgrund +100 mm cellplast	246	55	18	9
Renovera fönster till U=1,2 W/m²K	222	79	26	23
Styrning av innetemperatur 22 → 20°C delar av dygnet	206	95	32	16
Installera FTX (vid styrning av temperatur)	175	114	42	29

Krav på minskning av energianvändningen
Åtgärderna är inte tillräckliga för att uppnå samtliga mål på minskning av energianvändningen

- minskning av energianvändningen med 20%: Uppnås
- minskning av energianvändningen med 50%: Kravet uppnås inte. En kombination av ytterligare lufttätningsåtgärder, som förbättrar FTX-systemets funktion, samt ökad isolertjocklek på vind och krypgrund kan troligtvis inte minska energianvändningen tillräckligt utan tilläggsisolering av fasaden blir nödvändig.
- följa Boverkets byggregler för nyproduktion (BFS 2014:3 - BBR 21): Kravet på den specifika energianvändningen, som i det här fallet är 90 kWh/m², uppnås inte utan mycket omfattande åtgärder på klimatskärmen.

Livscykelkostnad för åtgärdspaketet
I Bilaga 4 redovisas en livscykelkostnadskalkyl för energibesparingsåtgärderna ovan.

Slutsatser
En stor del av byggnadens värmeförluster sker genom byggnadens klimatskal där förlusterna genom ytterväggen dominerar. Ur ett energiperspektiv är tilläggsisolering av ytterväggen ett naturligt val. Denna lösning är ofta kostsam med en lång återbetalningstid vilket får många husägare att tveka. Det som direkt talar mot en utvändig tilläggsisolering är att huset karaktär skulle förändras dramatiskt. Även om den befintliga fasaden kan demonteras och återmonteras efter tilläggsisoleringen kommer byggnadens proportioner förändras. En noggrant genomförd invändig isolering kan vara ett alternativ men kan också vara riskfyllt då den ursprungliga ytterväggskonstruktionen blir känsligare för fuktrelaterade problem.

Bilaga 2: Fallstudie flerfamiljshus 1890-tal i tegel

I bilagan redovisas en fallstudie där ett energibesparingspaket tagits fram till ett flerfamiljshus i tegel från 1890-talet, se Figur 10.

Figur 10. Flerfamiljhus i tegel. Byggnaden på bilden är från samma tidsålder och har samma storlek som fallstudien men är inte den byggnad som studerats (foto: Mikael Eriksson Andin, SP).

Allmän beskrivning
4-våningshus i tegel från 1890-talet. Murad källare, kallvind i trä. En utsmyckad fasad mot gatan och en enklare utformad fasad mot gård, gavlar mot angränsande fastigheter.

Värmekällan utgjordes ursprungligen av vedeldade kaminer anslutna till murstockar. Vi antar att värmekällan har ändrats till fjärvärme och att ett vattenburet radiatorsystem har installerats. Ventilationen antar vi utgörs av självdrag om 0,35l/s,A_{temp} och läckaget sätts till 1,5 l/s,A_{omsl}.

- Byggnad: 20 x 10 m (fasad mot gata och gård 20 m, kortsida mot angränsande byggnad 10 m)
- Antal våningar: 4 (våningshöjd 3 m), källare (våningshöjd 2,20 m) och kallvind
- Fönster: 2-glas kopplade bågar 1,3x1,8 m, 56 stycken
- Bostadsyta: 800 m², 200 m² källare
- Omslutande area (yta mot uppvärmd inneluft): 1252 m²

Klimatskärm
- Grund (Källare, våningshöjd 2,20 m varav 1,2 m under mark, betonggolv, väggar av tegel 60 cm)
- Ytterväggar (homogent tegel, våning 1 tegel 60 cm, våning 2-3 tegel 45 cm, våning 4 tegel 30 cm)
- Fönster (2-glas kopplade träbågar 1,3x1,8 m, 56 stycken totalt)

- Vindsbjälklag (träbjälklag med kalkgrus eller sand som fyllning, brandskydd av tegel, tjocklek ungefär 43 cm)
- Yttertak (trä, takstolar, ouppvärmd vind)
- Mellanbjälklag (träbjälklag med kalkgrus eller sand som fyllning, tjocklek ungefär 35 cm)
- Luftläckage 2 l/s x m²

I Tabell 14 redovisa byggnadsdelarnas uppbyggnad och konstruktion i mer detalj.

Tabell 14. Byggnadsdelarnas konstruktion.

Byggnadsdel	**Uppbyggnad**
Yttertak	Falsad plåt Takpanel (spontad 25mm) Takstol (c/c120)
Vindsbjälklag	Tegel (brandbotten) Lerbruk Trägolv (38 mm) Golvbjälkar (150x250 mm) kalkgrus eller sand Blindbotten Takpanel (25 mm) Puts på vassmatta och spräckpanel
Ytterväggar	Tegel (våning 1 tegel 600 mm, våning 2-3 tegel 450 mm, våning 4 tegel 300 mm)
Fönster	2-glas kopplade träbågar
Bottenbjälklag	
Källarvägg	Gråsten eller tegel
Bottenplatta	Betongplatta på sten och skärv

Tabell 15 anger U-värde och area för de ingående byggnadsdelarna.

Tabell 15. Byggnadsdelarnas area och U-värde.

Byggnadsdel	**Specifikation**	**Area** (m²)	**U-värde** (W/m²K)
Väggtyp 1	Tegel 60 cm	168,5	0,855
Väggtyp 2	Tegel 45 cm	337	1,087
Väggtyp 3	Tegel 30 cm	189,7	1,493
Fönster		131	2,700
Grundläggning	Källargolv	200	0,378 (genomsnitt)
Källarvägg		132	0,855 [1]
Dörr		0	
Tak - Vindsbjälklag	Tegelpannor	200	0,780

[1] Marken utanför delar av källarväggen har inte tagits med i kalkylen varför U-värde är något överskattat

Installationsteknik

Ventilation:

- Självdrag (tilluft via fönster, frånluft via kanaler i murstock) (0,35 l/s x m² (0,5 1/h).
- Köksfläkten går 1 timme per dygn med ett flöde på 0,35 l/s x m².

Uppvärmning

- Idag: fjärrvärme, vattenburen värmedistribution
- Ursprungligt: Kakelugnar

Driftdata

Klimat: Stockholm
Varmvattenförbrukning: enligt SVEBY (flerbostadshus). Tappvarmvattenanvändningen 2,85 W/m².

Uppskattad energianvändning

En uppskattning av energianvändningen i byggnaden har gjorts med hjälp av energisimuleringsprogrammet VIP Energy, se Tabell 16.

Tabell 16. Uppskattad ursprunglig avgiven energi.

Typ av energiförluster	Avgiven energi (kWh/m^{2}år)	Andel
Transmissionsförluster • Tak • Vägg • Grund • Fönster	189 • ~14% av transmissionsförlusterna • ~48% • ~7% • ~31%	65%
Luftläckage	16	6%
Ventilation	56	20%
Spillvatten	25	9%
Kyla (vädringsbehov)	0,3	
Totalt	287	

Val av åtgärder för energibesparing i ett flerbostadshus av tegel

Ett åtgärdspaket för energibesparing i flerbostadshuset har tagits fram enligt strategin presenterad i Bilaga 1.

1. Tätning av luftläckage
2. Tilläggsisolera tak och golv
3. Energirenovering av befintliga fönster
4. Styrning av innetemperaturen
5. Effektivare utrustning
6. Byte till miljövänligare energikällor

Tvärvetenskaplig bedömning av energibesparande åtgärder

I fallstudien följs ovanstående strategi för att ta fram ett energibesparande åtgärdspaket men i projektet ”Potential och policys för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945” har en Åtgärds-konsekvensmatris utvecklats för att kunna sortera bort mindre lämpliga åtgärder i ett tidigt stadium i renoveringsprocessen. I Bilaga 9 finns en generell tvärvetenskaplig bedömning av energibesparande åtgärder för olika byggnadsdelar enligt den förenklad åtgärd-konsekvensmatrisen.

Beräknad energianvändning

Byggnadens specifika energianvändning uppskattats till 237 kWh/år, m² med hjälp av VIP Energy. I Tabell 17 anges minskningen av energianvändningen stegvis vid olika energibesparande åtgärder.

Tabell 17. Energibesparing vid stegvisa åtgärder.

Åtgärd	**Specifik energi-användning** (kWh/m²)	**Ackumulerad besparing för åtgärderna**		**Besparing enskild åtgärd** (kWh/m²)
		kWh/m²)	(%)	
Befintlig byggnad, ingen åtgärd	237			
Täta luftläckage 2 →1,5 l/s m² vid q50	233	4	2	4
Täta luftläckage 1,5 →1 l/s m² vid q50	229	8	3	4
Isolera taket +300 mm lösull	213	24	10	16
Isolera källare +100 mm cellplast	190	47	20	22
Renovera fönster till U=1,3 W/m²K	166	71	30	25
Styrning av innetemperatur 22 → 20°C delar av dygnet	152	85	36	13
Installera FTX	123	114	48	29
Ytterligare åtgärder				
Isolera taket +300 mm lösull	121	116	49	2
Isolera yttervägg mot innergård +50 mm cellplast	103	134	57	19
Isolera yttervägg mot innergård +50 mm cellplast	97	140	59	6

Krav på minskning av energianvändningen
Åtgärderna är inte tillräckliga för att uppnå samtliga mål på minskning av energianvändningen

- minskning av energianvändningen med 20%: Uppnås
- minskning av energianvändningen med 50%: Uppnås nästan utan ytterligare isoleringsåtgärder. För att nå detta krav behövs troligtvis en tunn tilläggsisolering av fasaden mot innergården.
- följa Boverkets byggregler för nyproduktion (BFS 2014:3 - BBR 21): Kravet på den specifika energianvändningen, som i det här fallet är 90 kWh/m², uppnås inte utan tilläggsisolering på gatufasaden.

Slutsatser
Även i den här byggnaden dominerar värmeförlusterna genom klimatskalet och då främst genom ytterväggen. Här är en utvändig tilläggsisolering i princip otänkbar om något av byggnadens utseende och karaktär skall vara kvar. I många fall kan en utvändig tilläggsisolering av fasaden mot innergården vara möjlig för att klara energibesparingskraven. Flera av de svenska stenstädernas byggnader från den här tidsåldern har redan tilläggsisolerats mot gårdssidan och det kan vara svårt att en minska energianvändningen kraftigt i dessa redan tilläggsisolerade byggnader. Ibland förespråkas invändig tilläggsisolering på fasader av stenmaterial men då krävs att teglet är av god kvalitet och inte skadas av frostsprängning.

Bilaga 3: Köldbryggor vid energibesparingsåtgärder i byggnader

När en befintlig byggnad tilläggsisleras finns det risk att köldbryggor i konstruktionen förstärks. Främst gäller detta då invändig tilläggsisolering utförs. Detaljutformningen där nya byggnadsdelar ansluts till befintligt klimatskal är viktigt.

Några konstruktionsdetaljer från ett småhus i trä från 1920-talet har studerats före och efter tilläggsisolering av utsidan eller insidan av en yttervägg. Med hjälp av energisimuleringsprogrammet Therm kan värmeflödet genom komplexa byggnadsdelar beräknas i två dimensioner, se Figur 11 och Figur 12. Följande fall har studerats:

1. Mellanbjälklag vid invändig isolering
2. Mellanbjälklag vid utvändig isolering
3. Fönstersmyg vid invändig isolering
4. Fönstersmyg vid utvändig isolering

Enfamiljhus med trästomme från 1920-talet
Konstruktionen i enfamiljshuset finns beskrivet i Bilaga 1. I Tabell 18 redovisas de beräknade köldbryggorna för anslutningen mellan mellanbjälklaget och ytterväggen samt vid fönstersmygen både före och efter tilläggsisolering av väggen invändigt och utvändigt. Beräkningarna har gjorts för två olika tjocklekar på isoleringen, 60 och 160 mm.

Tabell 18. Köldbryggor, beräknade i två dimensioner, före och efter tilläggsisolering.

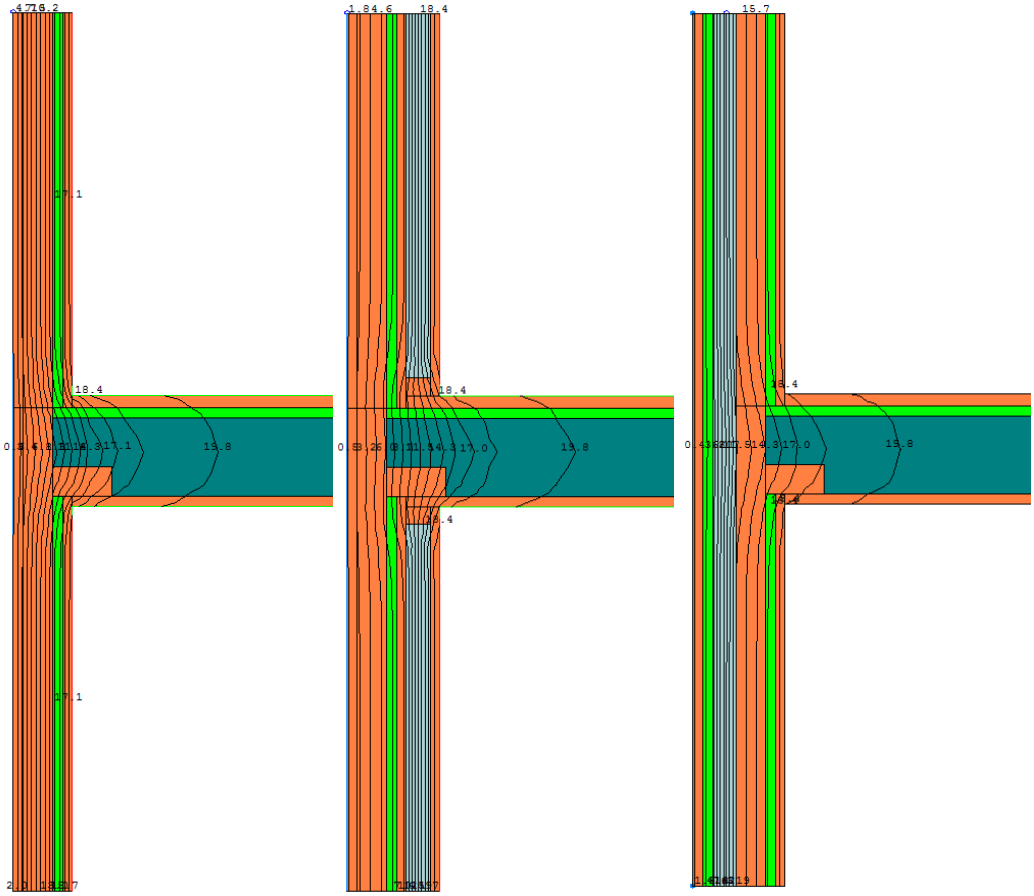
Utförande	**U-värde Yttervägg** (W/m²K)	**Köldbrygga – mellanbjälklag-yttervägg** (W/mK) (1)	**Köldbrygga – fönstersmyg** (W/mK)
Ursprunglig vägg – linjär köldbrygga	0,812	0,154 (0,176) (2)	0,0029
Invändigt tilläggsisolerad vägg (60 mm) – linjär köldbrygga	0,3252	0,130 (0,149) (2)	0,032
Utvändigt tilläggsisolerad vägg (60 mm) – linjär köldbrygga	0,3386	0,0894 (0,102) (2)	0,0136
Invändigt tilläggsisolerad vägg (160 mm) – linjär köldbrygga	0,1753	0,103 (0,118) (2)	0,050
Utvändigt tilläggsisolerad vägg (160 mm) – linjär köldbrygga	0,1868	0,046 (0,053) (2)	0,025

(1) Beräkningen av köldbryggan för mellanbjälklaget utgår från invändig area av ytterväggen. I BBR anges längden av linjär köldbrygga mot uppvärmd inneluft. I standarden SS-EN ISO 10211:2007 används också den invändiga längden till linjära köldbryggor.

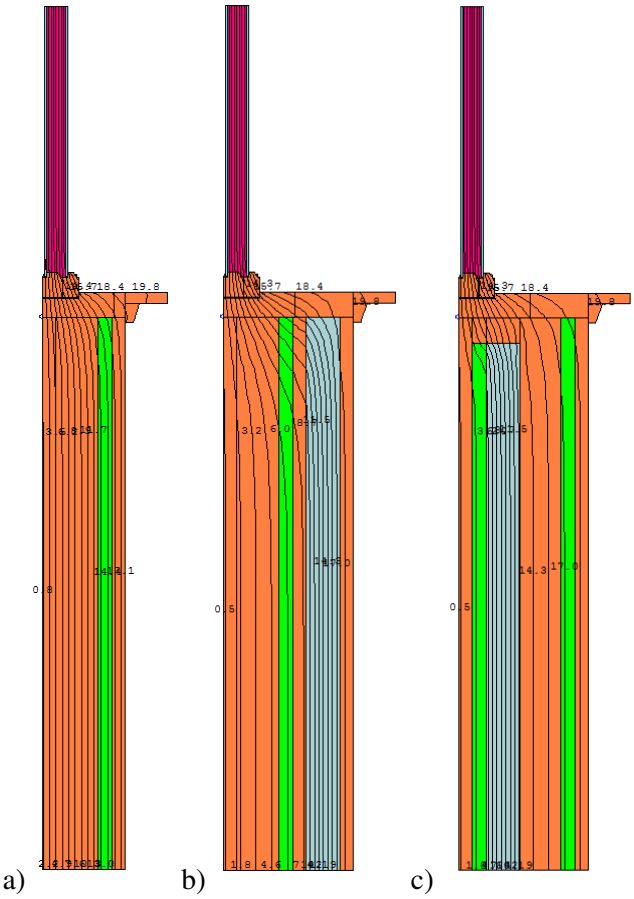
(2) Ibland förekommer att köldbryggan beräknas utgående från den ”försvagning” som infästningen av mellanbjälklaget innebär, det vill säga ytterväggens area ses utifrån. Dessa värden anges inom parentes.

Väggkonstruktionen och fönstret är i princip en homogen träkonstruktion varför köldbryggorna i den ursprungliga konstruktionen blir låga. U-värdet är också högt då väggen är oisolerad. Som väntat är köldbryggan lägre för utvändig isolering jämfört med fallet med invändig isolering. Vid högre isolergrad hade detta varit än tydligare.

Förvånande är dock att köldbryggan blir lägre då väggen isolerads på insidan jämfört med den ursprungliga väggen. Troligtvis beror det på att värmeflödet i stort sett är endimensionellt (och horisontellt) genom vägg- och mellanbjälklagsdelen. I tilläggsisoleringsfallet har ”beräkningslinjen” för U-värdet flyttat längre in och värmeflödet sker genom mer material trots köldbryggan och värmeflödet blir lägre.



Figur 11. Anslutning mellanbjälklag och yttervägg, till vänster: ursprunglig konstruktion , mitten: invändig tilläggsisolering, till höger: utvändig tilläggsisolering.



Figur 12. Anslutning fönster och ytterväg, a) ursprunglig konstruktion, b) invändig tilläggsisolering, c) utvändig tilläggsisolering.

I Tabell 19 redovisas köldbryggornas andel av transmissionsförlusterna genom fasaden på byggnadens gavelsida.

Tabell 19. Redovisning av U-värde samt köldbryggor vid olika tilläggsisoleringsalternativ för enfamiljshuset i trä. Areorna gäller för byggnadens ena gavelsida.

					Invändig area		Utvändig area	
Byggnadsdel	**Tilläggsisolering (mm)**	**U-värde (W/m2K)**	**Psi-värde (W/mK)**	**Psi-värde utvändig area**	**Area / Längd**	**"Konduktans" (W/K)**	**Area / Längd**	**"Konduktans" (W/K)**
Ytterväg		0,812			30,53	24,79	32,7	26,55
	Inv 60	0,325			30,53	9,93	32,7	10,63
	Utv 60	0,339			30,53	10,34	32,7	11,07
	Inv 160	0,175			30,53	5,35	32,7	5,73
	Utv 160	0,187			30,53	5,70	32,7	6,11
Fönster		2,584			6	15,50		
Köldbrygga mellanbjälklag			0,154	0,176	7,665	1,18	7,665	1,35
	Inv 60		0,130	0,149	7,665	1,00	7,665	1,14
	Utv 60		0,089	0,102	7,665	0,69	7,665	0,78
	Inv 160		0,103	0,118	7,665	0,79	7,665	0,90
	Utv 160		0,025	0,029	7,665	0,19	7,665	0,22
Köldbrygga fönster			0,005		19,6	0,09		
	Inv 60		0,032		19,6	0,63		
	Utv 60		0,014		19,6	0,27		
	Inv 160		0,050		19,6	0,97		
	Utv 160		0,028		19,6	0,55		

Tabell 20. Storleken på värmeförlusterna genom olika byggnadsdelar i enfamiljhuset i trä för olika tilläggsisoleringsalternativ. Om inte annat anges är enheten W/K. Gäller för byggnaden ena gavelsida.

Beräkningsfall	Yttervägg (W/K)	Fönster (W/K)	Köldbrygga Mellanbjälk (W/K)	Köldbrygga Fönster (W/K)	Summa (W/K)	Köldbryggornas andel (%)
Ursprunglig konstruktion	24,79	15,5	1,18	0,09	41,56	3,1
Invändig isolering 60 mm	9,93	15,5	1,00	0,63	27,06	6,0
Utvändig isolering 60 mm	10,34	15,5	0,69	0,27	26,8	3,6
Invändig isolering 160 mm	5,35	15,5	0,79	0,97	22,61	7,8
Utvändig isolering 160 mm	5,70	15,5	0,19	0,55	21,94	3,4

De två redovisade köldbryggornas andel av totala energiförlusten via transmission är mellan 3 och 8 %, se Tabell 20. Det skall betonas att det finns fler köldbryggor i byggnaden som inte har beräknats och att detta inte är ett mått på totala andelen köldbryggor i byggnaden.

Bilaga 4: LCC – livscykelkostnad

Nedan följer en LCC-beräkning av de energibesparingspaket som har tagits fram i Bilaga 1 Fallstudie Småhus.

Metod
De energibesparingsåtgärder vars livscykelkostnad skall beräknas finns listade i Tabell 21 med uppskattad värmebesparing.

Tabell 21. De undersökta åtgärderna.

Åtgärd	**Sänkt värmebehov** [kWh]
Lufttätning från 2,0 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	2 800
Lufttätning från 1,5 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	1 400
Tilläggsisolera tak 300 mm	4 200
Tilläggsisolera golv 100 mm	6 600
Fönsterbyte 2,7 W/(m²K) till 1,2 W/(m²K)	3 000
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C	4 500
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C delar av dygnet	2 600
Installera FTX	5 200
Installera FVP	6 500

Först gjordes en beräkning av hur det förändrade värmebehovet påverkade nuvärdet med olika antagande kring beräkningsparametrarna. Värdena på parametrarna i basfallet är sammanställda i Tabell 22. Beräkningen är gjord med realkalkylränta, det vill säga inflationen ingår inte.

Tabell 22. Antagna parametrar för basfallet.

Parameter	**Värde**
Kalkylperiod	30 år
Kalkylränta	5 %
Värmepris	0,8 kr/kWh
Årlig prisökning för värme utöver index	1 %

Utifrån basfallet varierades de olika parametrarna för olika stor värmebesparing. Det är på så sätt möjligt att få fram hur stor investeringen som är lönsam utifrån vilken värmebesparing och antagande man har för övriga parametrar. Resultatet finns redovisat i Figur 13.

Alla kostnader för byggnadskonstruktioner och installationer hämtas från programmet Sektionsdata (wikells.se).

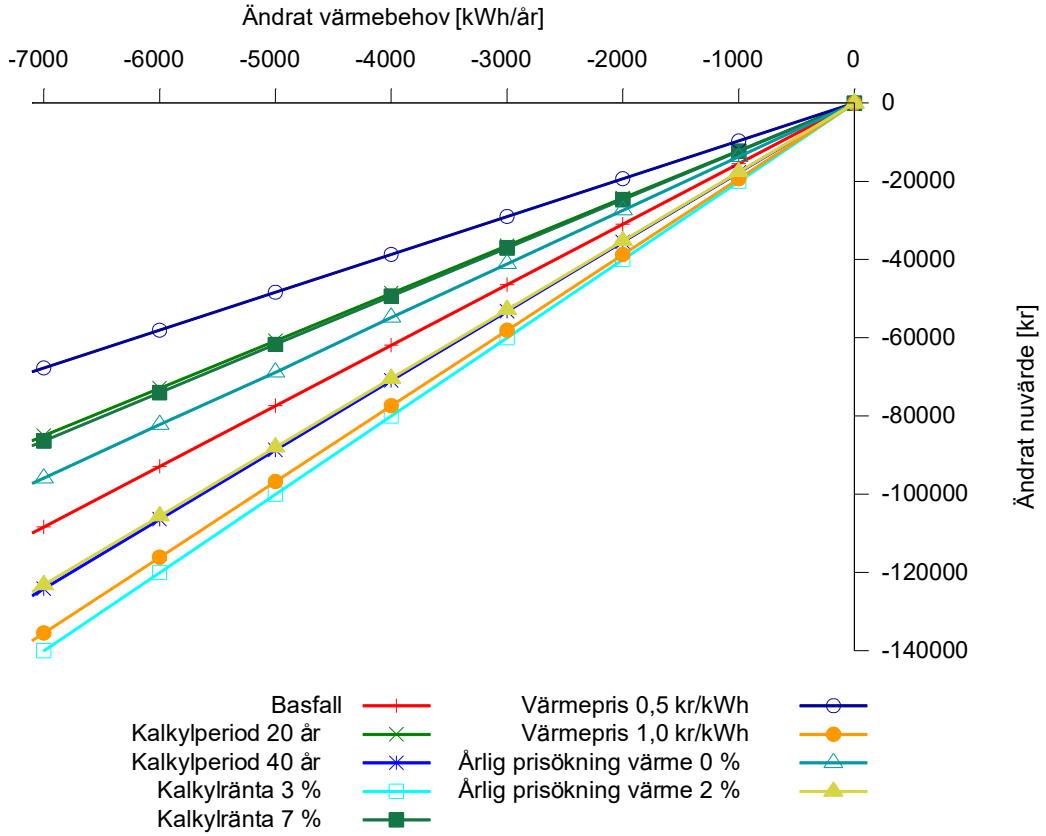
För fallen med FTX och FJV finns det inte redovisat det ökade elbehovet för pumpar och fläktar. I båda fallen antas det att elbehovet ökar med 10 kWh/(m²år), vilket innebär 840 kWh/år. Elpris antas vara 0,9 kr/kWh inkluderat skatter och fasta kostnader och en prisökning utöver index med 2 %. Den tekniska livslängden för systemen antas vara 25 år och sedan behöver man reinvestera i ett nytt system. De beräknas ha ett restvärde efter kalkylperioden eftersom huset fortfarande finns kvar då.

Exempel på uppskattade investeringskostnader finns listade i Tabell 23. De kan dock variera markant eftersom det är väldigt beroende på de specifika förutsättningarna i varje byggnad. För lufttätning kan det t ex räcka med att byta tätning i fönster eller så kräver det att öppna upp alla konstruktionsdelar för att uppnå angiven lufttäthet. Vilket uppenbarligen innebär stor kostnadsskillnad. Siffran i tabellen innebär en mindre arbetsinsats som tar ca 1 ½ dag.

Tabell 23. Exempel på möjliga investeringskostnader för de olika åtgärderna.

Åtgärd	**Uppskattad investeringskostnad [kr]**
Lufttätning från 2,0 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	10 000
Lufttätning från 1,5 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	10 000
Tilläggsisolera tak 300 mm	43 000
Tilläggsisolera golv 100 mm	19 000
Fönsterbyte 2,7 W/(m²K) till 1,2 W/(m²K)	80 000
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C	0
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C delar av dygnet	5 000
Installera FTX	45 000
Installera FVP	65 000

Resultat



Figur 13. Diagram över hur nuvärdet påverkas för förändrat värmebehov med olika antagande på beräkningsparametrar.

I Figur 13 visas hur stort nuvärdet blir beroende på värmebesparing. I basfallet kan man t ex utläsa att om en besparingsåtgärd kostar 100 000 kr i investering så kommer nuvärdet för åtgärden bli ca 0 kr. Dock beroende på vilka antaganden man gör på övriga

parameterar är spridningen mellan nuvärdet 60 000-125 000 kr för samma värmebesparing.

För de föreslagna åtgärdena innebär det för basfallet att lägre investeringskostander än de redovisade i Tabell 24 kommer vara lönsamma. Den ökade elförbrukningen för FTX- och FVP-systemen har nuvärdeskostnad 15 000 kr. Dessa subtraheras från tillåten investeringskostnad i tabellen.

Tabell 24. Maximal investeringskostnad för att åtgärden ska löna sig i basfallet.

Åtgärd	**Maximal investeringskostnad [kr]**
Lufttätning från 2,0 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	49 000
Lufttätning från 1,5 l/(sm²) till 1,0 l/(sm²)	24 000
Tilläggsisolera tak 300 mm	73 000
Tilläggsisolera golv 100 mm	115 000
Fönsterbyte 2,7 W/(m²K) till 1,2 W/(m²K)	52 000
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C	78 000
Styrning av innetemperaturen 22 °C till 20 °C delar av dygnet	45 000
Installera FTX	75 000
Installera FVP	98 000

Nuvärdeskostnad för investering och reinvestering av FTX- och FVP-system i basfallet är 58 000 kr respektive 84 000 kr.

Vid jämförelse av Tabell 23 och Tabell 24 visar det sig att under givna förutsättningar lönar sig samtliga åtgärder i basfallet förutom fönsterbytet.

Bilaga 5: Inglasning av tegelfasad

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Refurbishment of a traditional façade

Adding a second skin

Job number:

Issue 1 | 28 October 2014

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Document verification

Job title	Swedish Energy Agency
Job number	ETi 6108-04
Document title	Refurbishment of a traditional façade: Adding a second skin

Revision	Date	Prepared by	Checked by	Approved by
Issue 1	20141028	Harris Poirazis	Harris Poirazis	

Contents

1. Introduction 4

2. Location, climate & sun path 5

3. The reference building 7

4. Adding a second skin 8
4.1. Introduction 9
4.2. The concept 10
4.3. The types 11
4.4. Precedents 12

5. Analysis 13
5.1. Description of the methods 13
5.2. Devised cases 14
5.3. Reference case 15
5.4. Corridor DSF - open cavity 16
5.5. Corridor DSF - closed cavity 17
5.6. Multi storey façade - open cavity 18
5.7. Corridor façade - low E outer skin 19

6. Conclusions 20

Appendix A: Climate and location 21
Appendix B: Sun path diagrams & Solar exposure 22
Appendix C: Double Skin Facades 23
Appendix D: Glass products 24
Appendix E: Performance assessments 26
Appendix F: Modelling methods 27

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

1. Introduction

Aim of the sketchbook

This sketchbook is written within the context of a three year project funded by the Swedish Energy Agency. The aim of the project is to suggest renovation solutions of traditional facades without disturbing their existing image. Part of the façade improvements after the renovation process include energy savings and provision of a more stable indoor environment that can better correspond to the occupants needs and expectations.

This sketchbook is a side-study within the framework of the broader project and aims to “push the boundaries” by suggesting and quantifying the performance improvements of a rather challenging solution, the addition of a second skin.

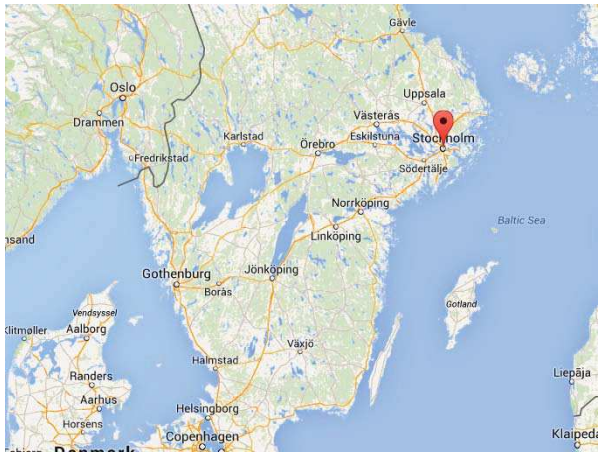
As the refurbishment criteria are not only related to the façade performance but also to the aesthetics, a second skin can potentially be an attractive solution which will keep the existing façade undisturbed and simultaneously give a more “edgy” and modern look.

Within this sketchbook the concept is being thoroughly explained and the results of simulations for a reference building in Stockholm (and their renovation alternatives) are being discussed. Conclusions and suggestions are provided as guidelines for such refurbishment solutions.

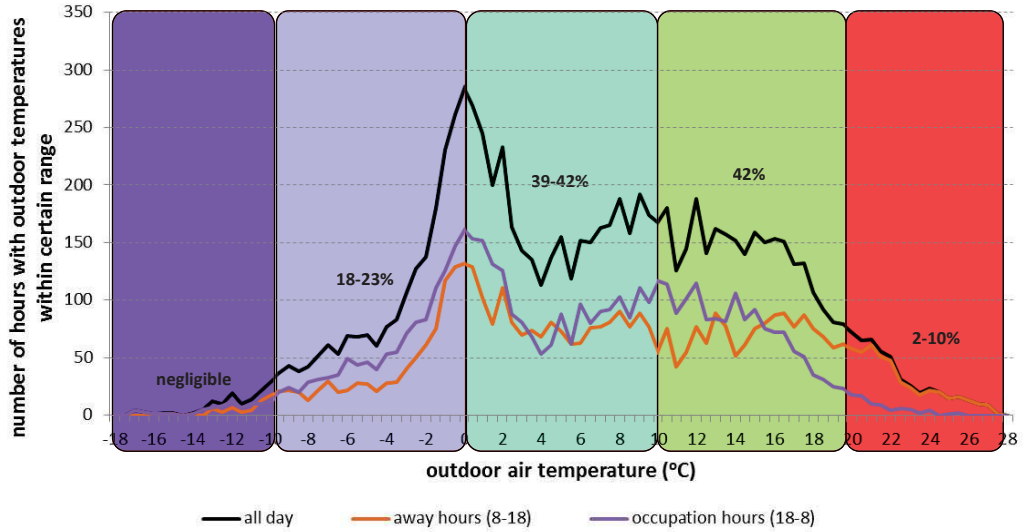
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

2. Location, climate & sun path

Location



Outdoor dry bulb temperature distribution



Location

The location considered for the analysis is central Stockholm as indicated in the top images.

Climate

Stockholm experiences a rather reasonable range of outdoor dry bulb temperatures throughout the year.

Looking a bit closer into an epw weather file, one can notice that the outdoor air temperatures hardly exceed the - 10°C during winter and the 26°C during summer (bottom image). A distinction was made between the total amount of hours within a year (black line) and the hours when the flats are more likely to be empty (away hours) and occupies (occupation hours). **Basic conclusions** that can be drawn when having a first look at the weather file are:

- The **major temperature variation** is within the **range of 0°C to 20°C**
- The amount of time with **outdoor air temperatures below -10°C is negligible**
- Only for a **rather small percentage of time the outdoor air temperature is above 20°C**

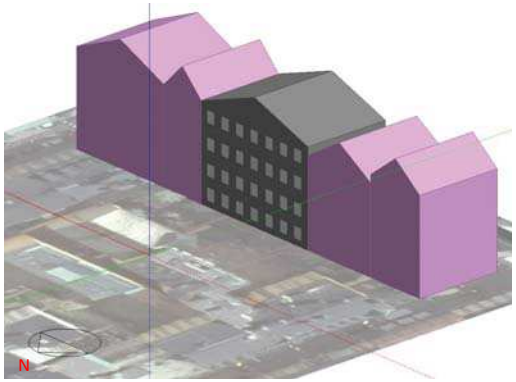
Background information on climate & location as part of envelope design is provided in Appendix A.

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

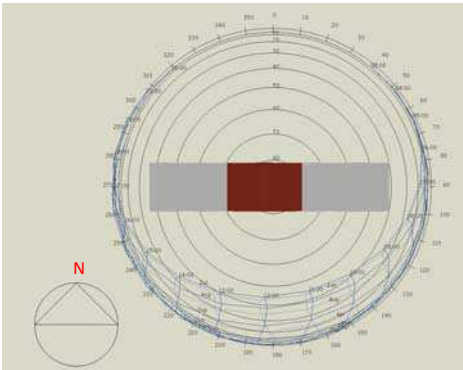
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

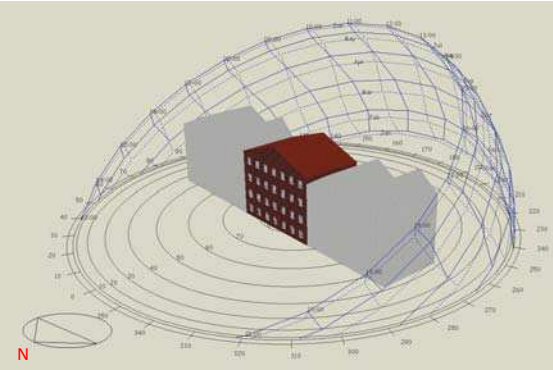
2. Location, climate & sun path

View of reference building



Sunpath diagram





Sun path

The **sun path diagram** is the first step to allows us understand the solar exposure of the façade and draw conclusions as to how to integrate the renovation elements for enhanced envelope and building performance.

In our case, as shown in the top images, our **reference building** is considered to be located in a relative dense area, **aligned at the north-south axis**. This means that the south facing façade will benefit during winter from useful solar gains (potentially reducing the heating demand), while there is a risk of overheating the occupied space during summer. The north facing façade on the other hand, is more likely to have a larger benefit when the second skin is added, as it hardly experiences any direct (beam) solar radiation (see sun path Figures at the bottom)

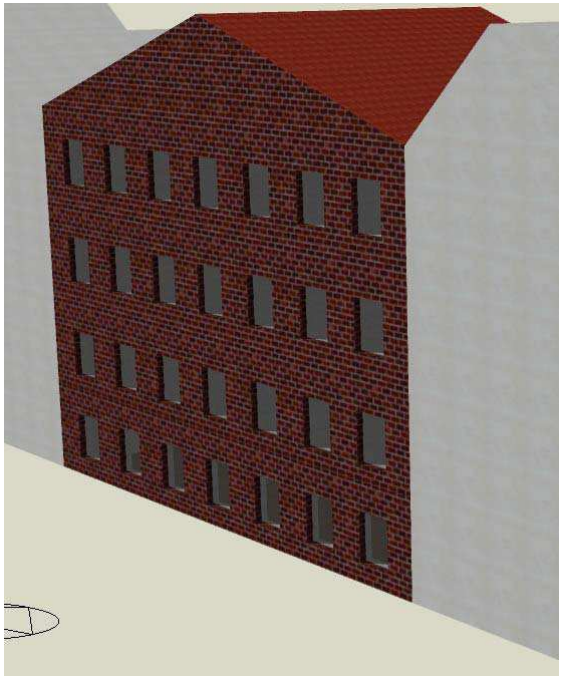
More background information on utilizing sun paths in façade design can be found under Appendix B.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

3. The reference building

Example of façade view

Building model



General

Our reference building is considered a 4 storey high typical traditional building facing the north and south. Example of the façade considered is shown at the left image.

The reference building has 28 windows in the north and 28 window in the south facing façade, 7 in each floor

Construction

More detailed, the construction of the reference building

4 storey brick building (storey height 3 m, slab height 0.354 m)

Basement (1 meter above ground, 1.2 m below ground)

Building height (external, from ground to eave) 14.77 m

Length of façade 20 m

Building depth: 10 m

Windows:

height 1.8 m, width 1.3 m (4x7=28) 28x1.8x1.3 = 65,52 m²

Double glazed windows

U-value: 2.7 W/m²K

External Walls:

U-value: 1.087 W/m²K

External floor:

U-value: 0.78 W/m²K

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

4. Adding a second skin

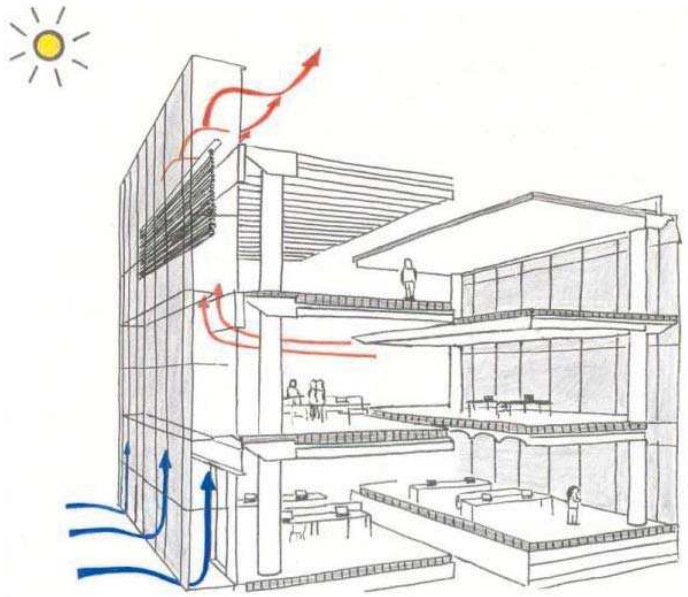
4.1 Introduction

What is a Double Skin Façade?

Double Skin Façades is a European architectural trend driven mostly by (a) the aesthetic desire for an **all glass façade** that leads to increased transparency, (b) the practical need for **improved indoor environment** and **low energy use** and (c) the need for improving the **acoustics** in buildings located in noise polluted areas.

The Double Skin Façade is a system consisting of two skins placed in such a way that **air flows in the intermediate cavity**. The ventilation of the cavity can be natural, fan supported or mechanical.

Double skin façades are mainly considered for **high-quality office buildings** (new construction) and when transparency, lightness with regard to use of daylight and aesthetics is desired. At other times an additional skin can be added during a **refurbishment** project.



Why Double Skin Façades?

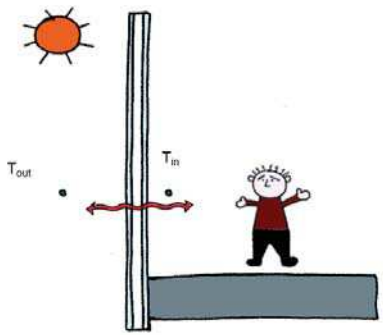
An added second fully glazed skin during a refurbishment project provides the building the potential to improve the thermal performance during winter (when the cavity dampers are closed) and avoid the overheating during summer (as the double façade cavity can be ventilated - opened cavity dampers)

This dynamic performance in combination with the all glass façade that allow for transparency and the improved acoustics are some of the reasons the second skin can be preferred.

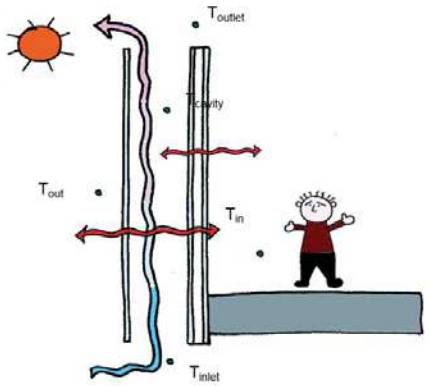
More information on Double Skin Facades can be found under Appendix C

Static vs. Dynamic performance

Static performance of a Single Skin Facade



Dynamic performance of a Double Skin Facade



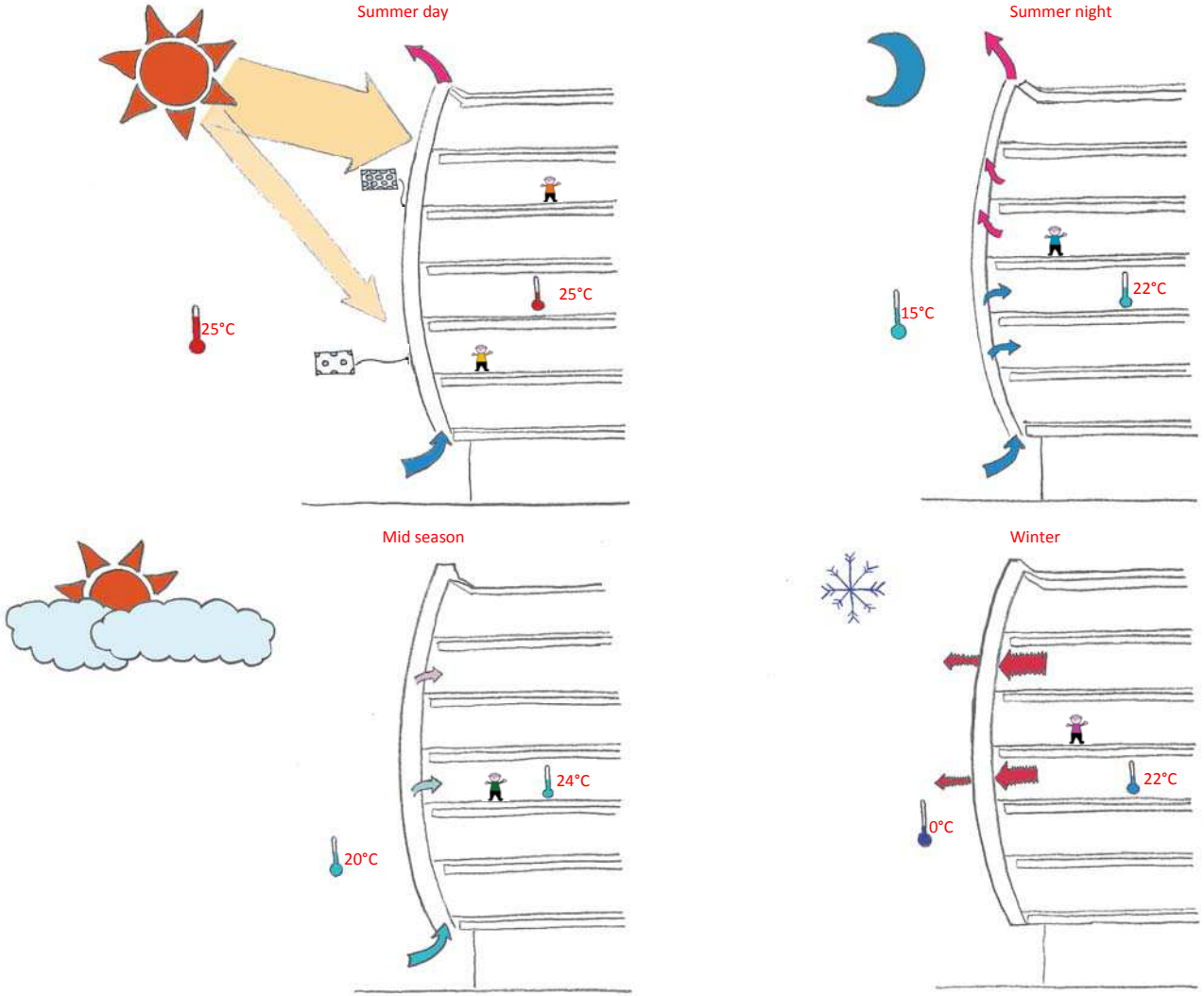
This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

4. Adding a second skin

4.2 The concept

An "all year round performance"



Double skin facades can be designed to allow **maximum flexibility** throughout the year, providing high efficiency and comfort.

The **four modes** illustrated on the left show some possible seasonal behaviour for Double Skin Facades:

1. Summer daytime, reduction of solar gains: ventilation through the cavity to reduce the heat absorbed within the elements. Inner skin closed to avoid warm air to enter the building.

2. Summer night time, purge ventilation: to be used in combination with thermal mass. The outer skin is providing a layer for security allowing the inner skin to **remove the heat accumulated during the day** in the building structure, reducing the cooling demand during the day.

3. Mid season, preheating of air for **natural ventilation**: the heat accumulated within the cavity increases the temperature of the external air passing through the cavity for natural ventilation, **decreasing the heating demand**.

4. Winter, thermal performance improvement: the cavity, preferably **closed**, provides a **buffer zone** which increases the thermal resistance, reducing the heat losses.

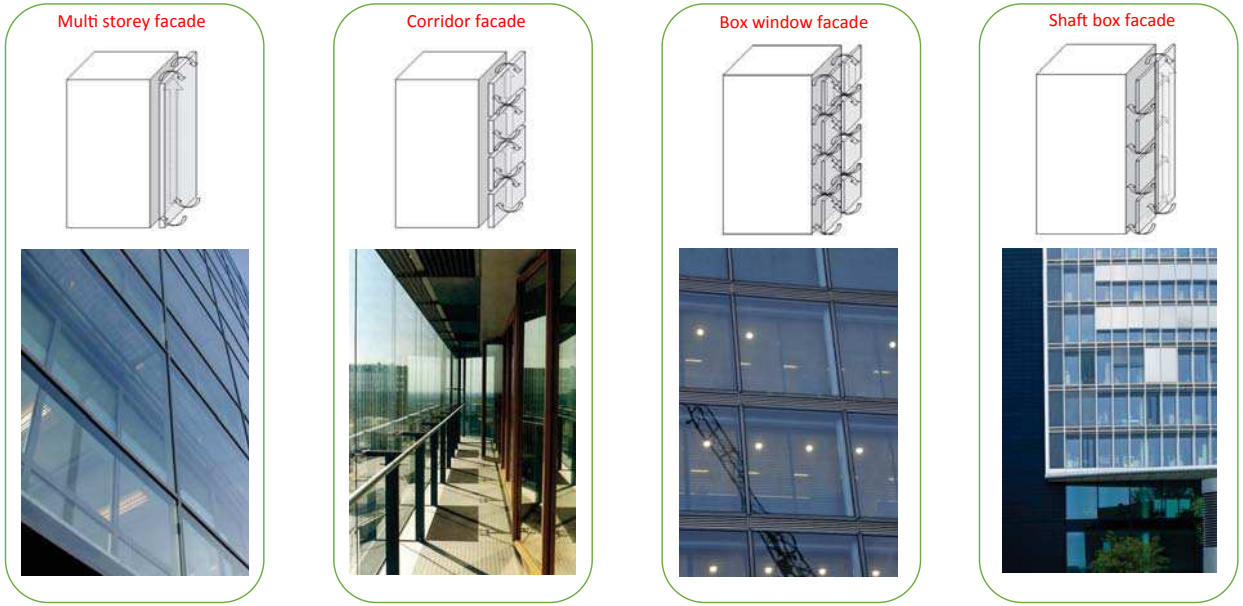
This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

4. Adding a second skin

4.3 The types

Geometries



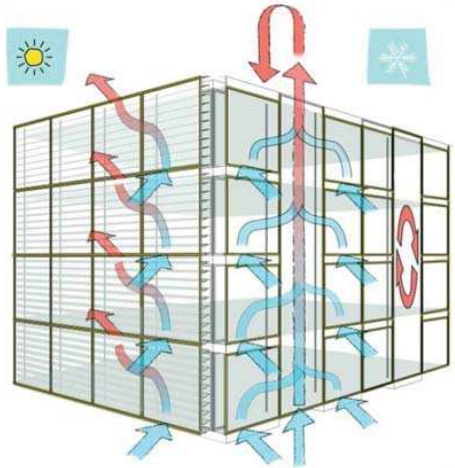
Multi storey: no horizontal nor vertical partitioning exists between the two skins. The ventilation is provided via large openings at the bottom and top of the cavity.

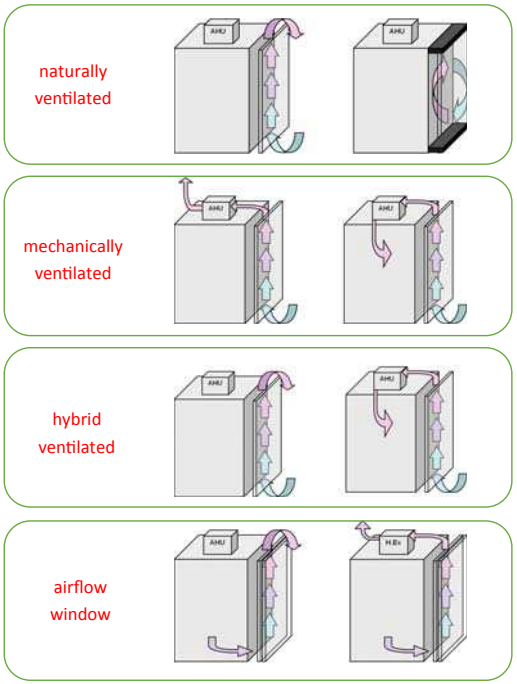
Corridor façade: the cavity is partitioned horizontally for acoustical, fire security or ventilation purposes.

Box window: horizontal and vertical partitioning divides the façade into smaller and independent boxes.

Shaft box: a set of box window elements are placed in the façade. These elements are connected via vertical shafts situated in the façade. These shafts ensure an increased stack effect.

Modes





Naturally ventilated : during summer: open cavity for heat extraction through the ventilated cavity (driving force: thermal buoyancy), during winter: the closed cavity functions as a thermal barrier.

Mechanically ventilated: during summer: heat extraction through the ventilated cavity , during winter: the air is preheated in the cavity and through the AHU supplied in the building.

Hybrid ventilated : during summer: open cavity for heat extraction through the ventilated cavity (driving force: thermal buoyancy), during winter: the air is preheated in the cavity and through the AHU supplied in the building.

Airflow window: summer & winter: the cavity functions as a thermal barrier. The double glazed unit (thermal barrier) in this case is placed as the inner layer.

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

4. Adding a second skin

4.4 Precedents

Some Double Skin Façade examples as a refurbishment option are presented in the left images.

It has to be noted that the **flexibility of the appearance** when adding the second skin is rather **large** and can **follow the architectural vision**. It can make a statement (e.g. by changing the geometry or by using reflective coatings), or be hardly noticeable with minimum interference to the concept and looks of the existing facade. A fully glazed multi storey high second skin, with low iron glass can probably help us meet this “reduced impact” goal.

View of the Die Spreespeicher

Alvaro Siza: Novartis campus

Guelph Civic Museum

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP’s permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

4. Adding a second skin

4.5 Suggested cases

Geometry

During earlier communication it was clearly stated that the **aesthetical impact of the second skin on the existing façade should be minimum**. Therefore having this information as a prerequisite, a **multi-storey high façade** is considered (centre left image). A **corridor façade** is also examined (bottom left image) in order to investigate (a) the possibility to reduce the cavity depth maintaining the same performance and (b) the benefits of a more stable environment provided by a lower double skin façade cavity.

The advantages of the multi storey façade are (a) lower aesthetical impact (clean look) and (b) noise reduction from the outdoors, while the corridor façade can (a) meet the same performance with thinner cavity and (b) allows for natural ventilation.

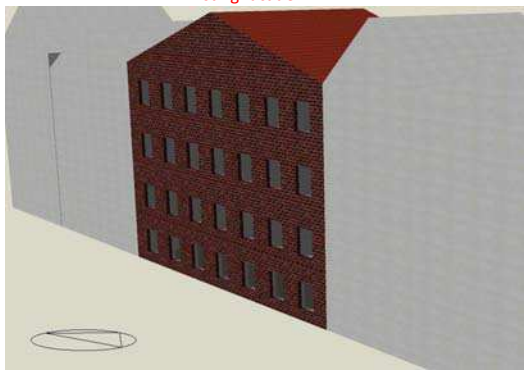
Glass

As our goal is to retain the façade look and make the added skin as less visible as possible, **low iron glass** will be initially selected for the simulations due to its **low reflectance** and **high light transmittance** properties. Then, a glass with improved thermal performance will be considered to examine whether it is possible to further reduce the heating demand. Three types of glass are demonstrated in the right. A clear, a reflective and an absorptive (body tinted) glass. **Our selection indicates a extra clear glass, much dearer than the one of the top right image**.

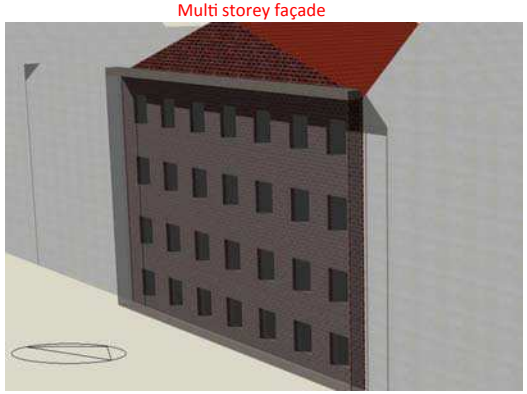
More information on glass can be found under Appendix D

Geometry

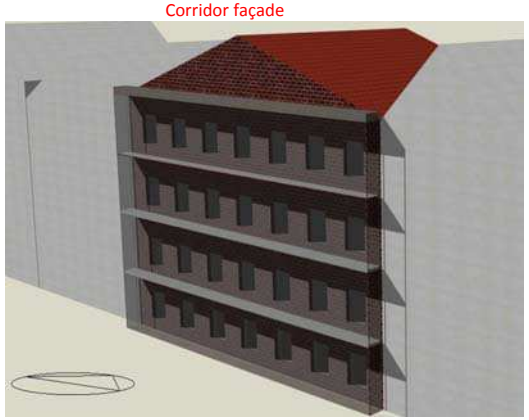
Existing facade



Multi storey façade



Corridor façade



Glass

Selective glass

Reflective glass

Absorbing glass

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

5. Analysis

5.1 Description of the methods

Modelling methods

In order to assess the performance of a Double Skin Façade system Dynamic Thermal Modelling is required (see Appendix E). The Dynamic Thermal Modelling tool selected for this analysis is **IDA ICE 4.6.1** due to its advanced window model (implemented from the **ISO 15099**:Thermal performance of windows, doors and shading devices -- Detailed calculations). More information on Dynamic Thermal Modelling tools and IDA ICE 3.0 can be found under Appendix F.

Assumptions for existing building model

Certain modelling assumptions we made, in order to simplify the simulations. The assumptions and simplifications were made with respect to the actual building performance and are described below:

Only **two zones in each floor** are considered (1 facing north and one south - 6 more identical are in reality placed in each orientation), as shown in the top left image. **Adiabatic conditions** are assumed for the internal walls , as shown in red in the top centre image.

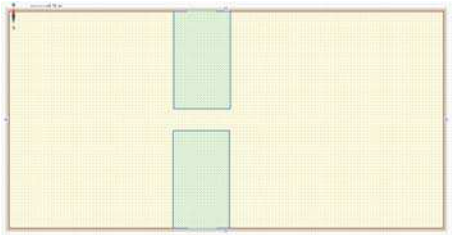
Reasonable assumptions for **occupancy** and schedules were carried out for residential buildings (see graph at the top right).

The **infiltration** considered was 0.1 L/m²ext surface.

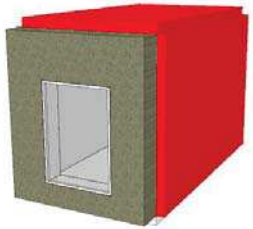
The **windows** centre pane U-value was considered 2.7W/m²K and g-value of 0.7 (double clear glazing Unit with Argon filing). 10% of the window was considered frame with a U-value of 2W/m²K. The external wall U-value was set to 1.087 (0.435m brick construction—no insulation).

A view of the 3D model is displayed in the bottom Figure.

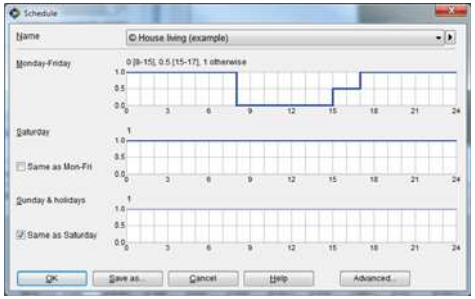
Floor plan

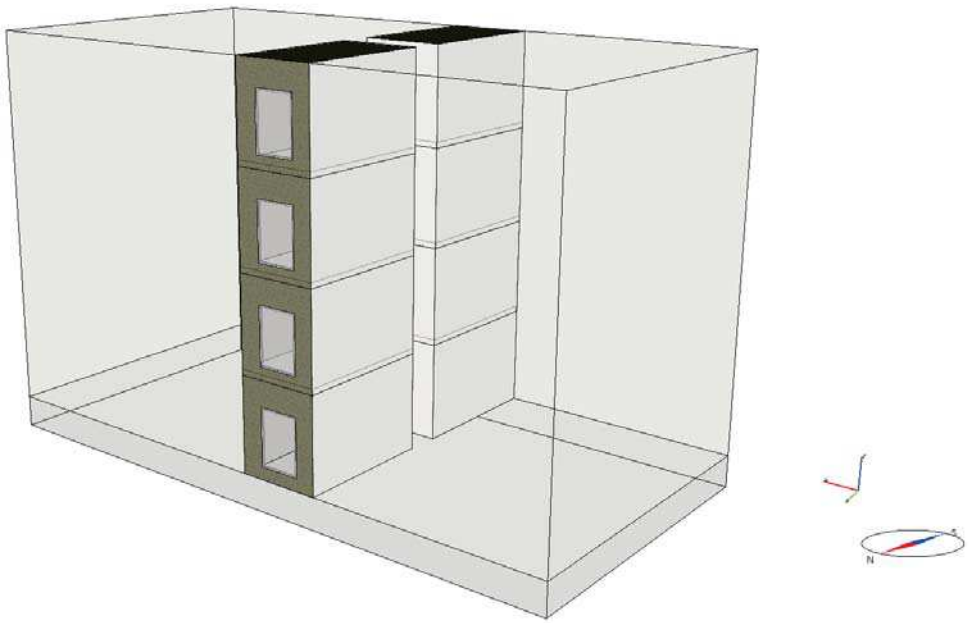


View of each zone



Occupancy and light schedule





This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

5. Analysis

5.2 Devised cases

For this study 5 cases are considered and simulated as briefly described below:

Reference case

Two typical zones of the reference building (with the existing Single Skin Façade) are initially considered and simulated. This will serve purposes of further improvement comparisons (see to left image).

Corridor façade - open cavity

A corridor façade with a depth of 0.3m was considered. The added outer skin is a low iron pane of 12mm (6+6), aiming to increase the transmittance and reduce the aesthetical impact on the existing façade (see top middle image).

Corridor façade - closed cavity

This is a similar case with the one of the corridor façade - open cavity, but no openable dampers were considered. The aim is to use the cavity as a buffer zone to reduce heating demand.

Multi storey high façade - open cavity

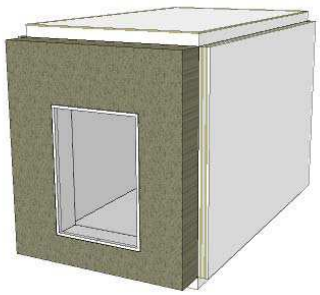
Similar outer skin (low iron) but a multi-storey high construction was considered (see top right image). The air in this case enters from the bottom of the first floor and leaves the cavity at the top of the 4th floor.

Corridor façade - low E outer skin

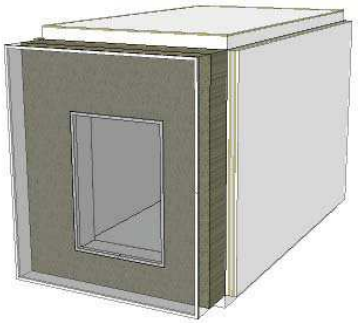
A low E hard coating is applied at the outer skin in order to further reduce the radiative heat losses though the building envelope. As soft coatings can be easily scratched, a hard coating with somewhat reduced performance is used instead.

Schematic description of DSFs are shown in the bottom Figures

Reference case

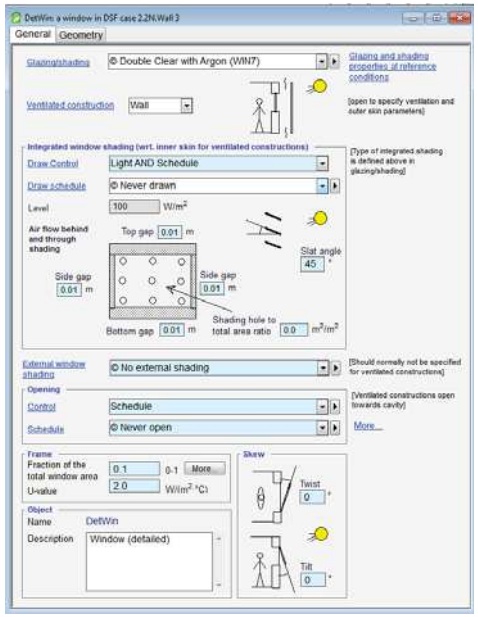


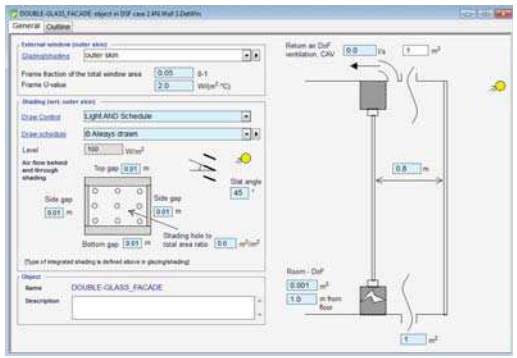
Coridor facade case



Multi storey high case

Schematic description of Double Skin Façades



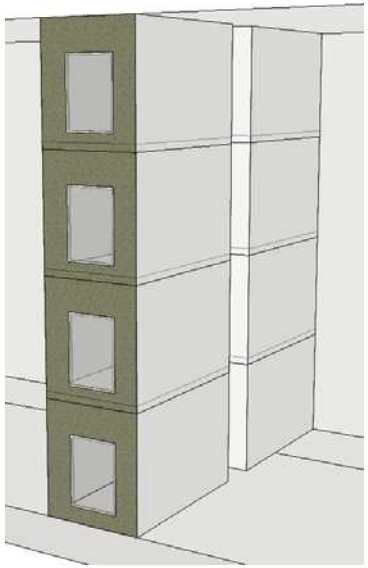


This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

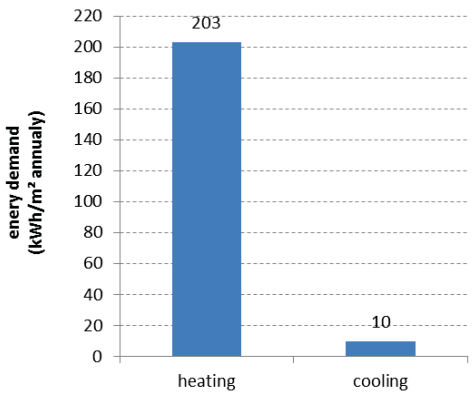
5. Analysis

5.3 Reference case

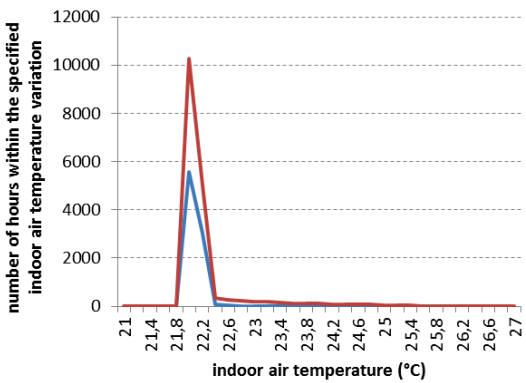
View of the reference simulation model



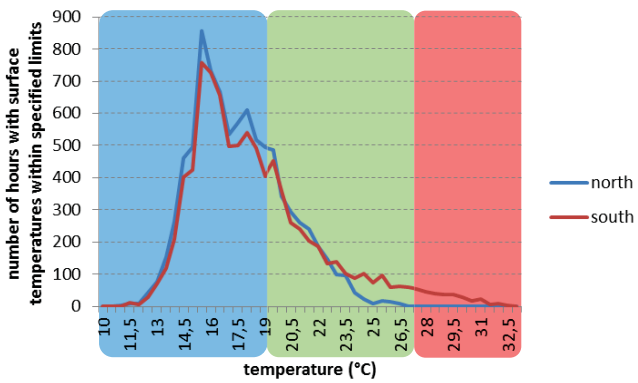
Energy demand of the reference building



Indoor air temperature distribution for the north and southing reference building zones



Temperature distribution of the **inner glass** for the north and southing reference building zones



General

The **reference case** is a relatively **poor performing façade** with **high thermal transmittance** and **high infiltration rates** as previously described. A sketch of the simulation model is shown in the top left image.

Energy demand

As demonstrated at the top right image, the **heating demand** for the reference building **is calculated to 203 kWh/m²annualy** and the cooling demand to 10 kWh/m²annualy. **These values are of course subjective to the assumptions made and do not necessarily represent the absolute energy use predicted in this building.** A more detailed analysis can more precisely predict the demands. **However, these values can serve as good indicators of the potential improvements when comparing the cases where the second skin is added.**

Temperatures

The indoor air temperature distribution for the north and south facing zones is demonstrated in the bottom left image. As shown, for the most hours the indoor air temperatures are close to the heating set point, especially for the north facing zone.

In the bottom right image one can see the inner glass surface temperatures distribution over the year. As expected, the south facing glass is a bit warmer, as the temperatures vary from 10°C to 33°C. **Those temperatures are an indicative factor for the perception of thermal environment from the occupants as both radiant asymmetry and drafts can cause local discomfort. Glass temperatures close to indoor air temperatures (as indicated in the green zone) are desired.**

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

5. Analysis

5.4 Corridor DSF - open cavity

General

The corridor façade consists of a second skin for which air flows through the cavity at each floor. As previously mentioned, in order to minimize the aesthetical disturbance of the existing facade, an **outer skin with maximum transparency** (12mm of **low iron pane**) **was considered**. A sketch of the simulation model is shown in the top left image. The properties of the second skin are displayed at the top right image. The openings considered are of 0.1 m².

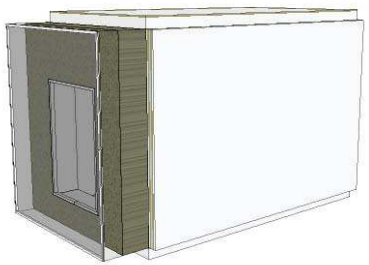
Energy demand

As demonstrated at the bottom left image there is an **improvement in heating demand** when the second skin is added (from 203 kWh/m²annualy to 180 kWh/m²annualy), while the cooling demand stays the same. The ventilation through the cavity and the non-insulating outer skin does not allow for further improvements.

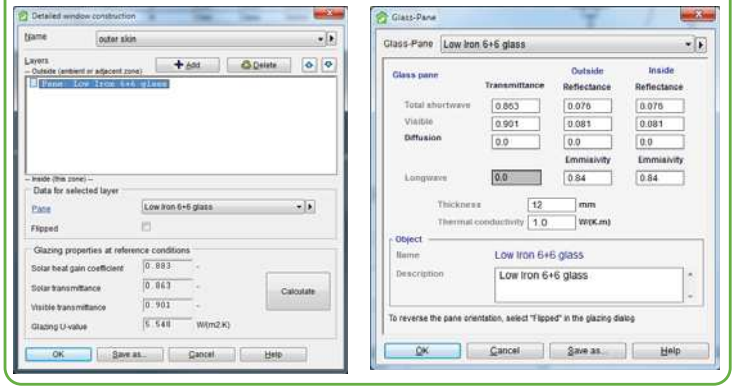
Temperatures

When adding the second skin an **improvement of the inner glass temperatures** can be noticed as demonstrated at the bottom right figure (glass temperatures for north facing zone). Similar are the results for the south facing zones. Those improvements can **potentially lead to increased occupant comfort**.

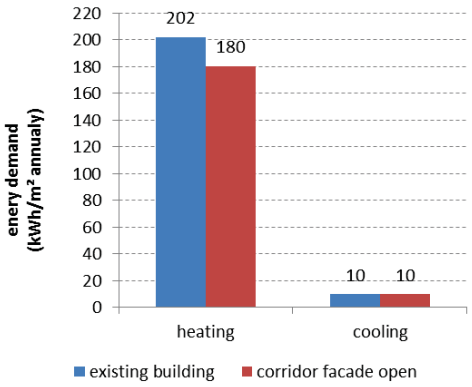
View of the corridor façade simulation model



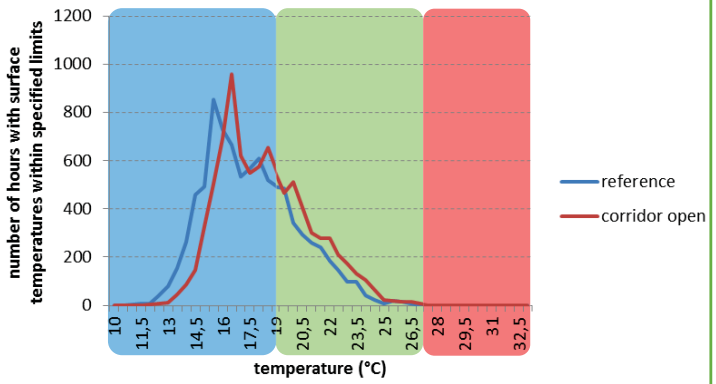
Properties of the outer skin



Energy demand of the Corridor DSF - open cavity compared with the reference building



Temperature distribution of the **inner glass** for the north facing building zones



This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

5. Analysis

5.5 Corridor DSF - closed cavity

General

This is a very similar case with the previous one but **in this case we consider the cavity closed, in order to increase the effect of the thermal barrier**. This is more likely to **benefit winter conditions** as less heat transmitted from the external wall towards the cavity will escape with means of ventilation.

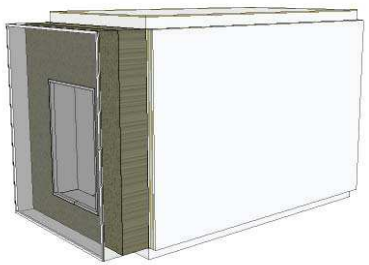
Energy demand

As presented in the bottom left Figure, a **further reduction of heating demand** is noticed (from 180 kWh/m²annualy, to 161 kWh/m²annualy). It has to be noted that **the worse the condition of the existing façade is, the more noticeable the improvement will be**. Especially if the existing façade is "leaky" (very high infiltration rates), then the addition of a second skin can be significantly beneficial.

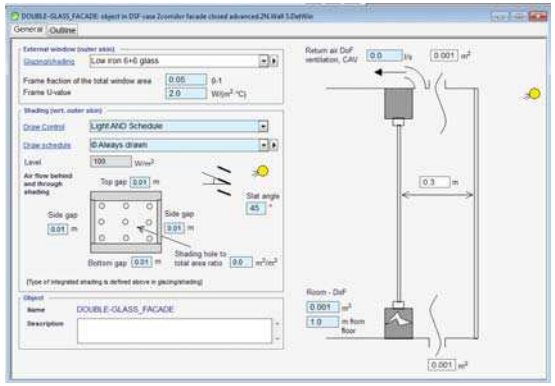
Temperatures

As expected the inner glass temperature improvements are even more evident when the cavity is closed. As presented in the bottom right Figure, there is a **greater number of hours within the green zone** and most importantly, the **number of hours with low surface temperatures (10°C to 14°C) is dramatically reduced**. This will reduce local discomfort caused to drafts and radiant asymmetries.

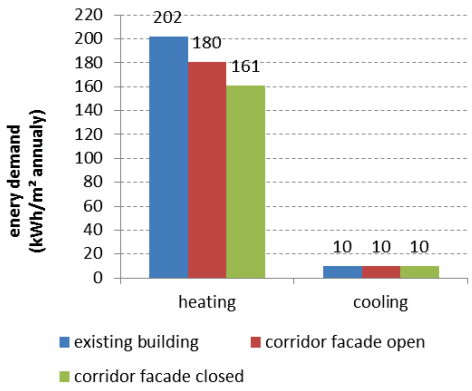
View of the corridor façade simulation model



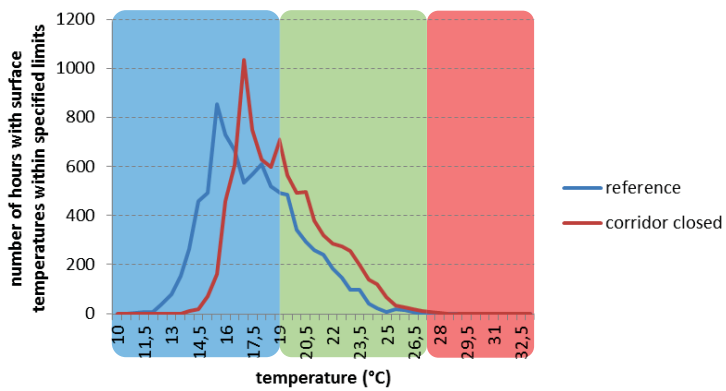
Properties of the cavity



Energy demand of the Corridor DSF - closed cavity compared with the open cavity case and reference building



Temperature distribution of the **inner glass** for the north facing building zones



This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

5. Analysis

5.6 Multi storey façade - open cavity

General

The multi storey façade is a solution more likely to be preferred in our case due to its lower impact on the aesthetics of the existing façade. Some more advantages to be considered when selecting this option are: cleaner façade concept and improved acoustics (noise pollution from the outside), while prevention of natural ventilation and room to room internat noise pollution can be some of the drawbacks.

Energy demand

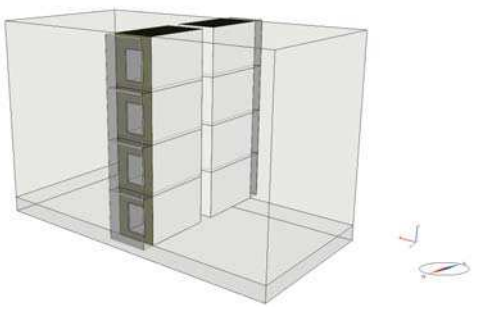
Performance wise , **the multi-storey high façade performs similarly with the corridor façade** (when the same openings considered as the ones of the corridor façade - open cavity case), as demonstrated at the top right Figure.

Temperatures

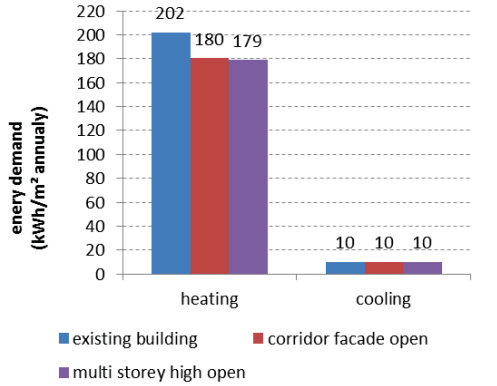
An issue often to be considered in multi storey high facades is the inadequate ventilation rates and potential overheating problems that may occur, especially at the top levels as the cavity air temperatures tend to increase (see as an example the bottom left image). In our case, a random day in March was selected. At the bottom left Figure the cavity air temperature variation during the day is demonstrated for each floor. **The cavity air temperatures are evidently higher than the outdoor air temperature and that is when the benefit of the second skin lies.** In the bottom right Figure the corresponding inner glass temperatures are shown.

No overheating occurs in our case throughout the year; however, more in depth analysis is required in order to derive the appropriate openings size that will provide the optimum all-year-round performance.

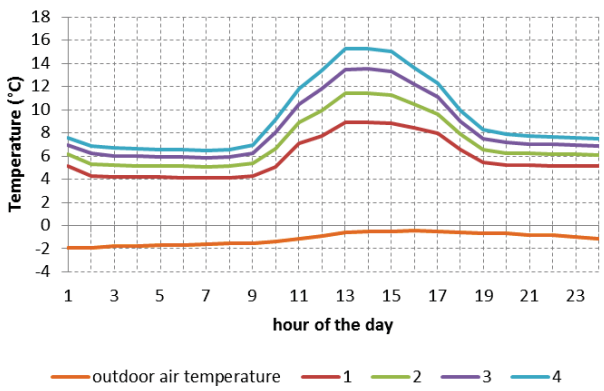
View of the multi storey high simulation model



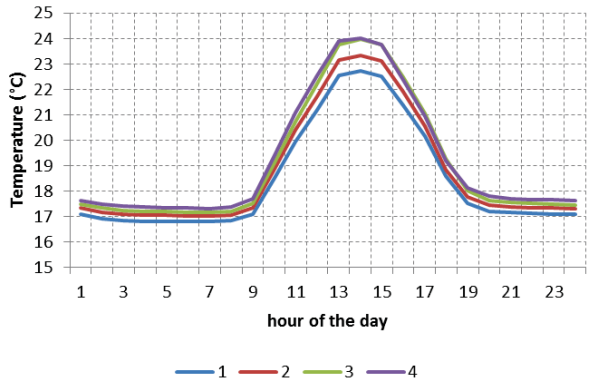
Energy demand of the multi storey DSF - open cavity compared with the corridor case and the reference building



Cavity air temperatures for the 4 floors of the south facing double skin façade



Inner glass temperatures for the 4 floors



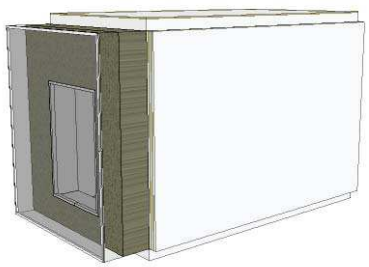
This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

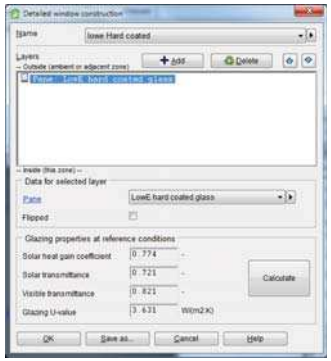
5. Analysis

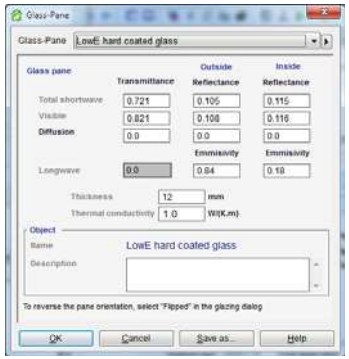
5.7 Corridor façade - low E outer skin

View of the corridor façade simulation model



Properties of outer skin





General

The low E coatings reduce the longwave radiation exchange between panes and therefore the heat losses though the glazing system. In our case however, as the low E needs to be placed at the inner side of the single layered glass, a hard coating is selected. The hard coatings can be applied without the need of protection (soft coatings are placed within the sealed DGUs) and have somewhat reduced performance. The properties of the hard coated pane are shown at the top right image.

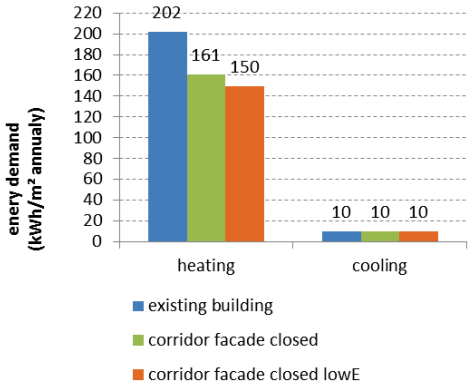
Energy demand

The integration of a **low E outer skin leads to further reduction of the heating demand** (from 161 kWh/m²annualy for the case with low iron, closed cavity, to 150 kWh/m²annualy). **Compared to the reference (existing) case this can be translated to a potential reduction of 25%.**

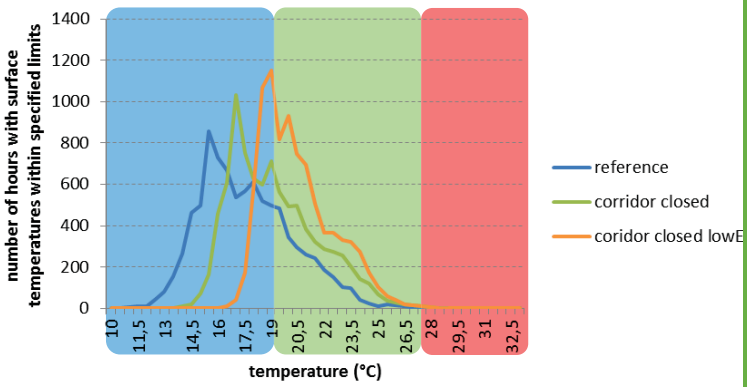
Temperatures

The benefit of the low E outer skin on inner glass temperatures and therefore on thermal comfort is evident in the bottom right image. Low temperatures are eliminated and the mass number of hours are in this case is moved to the thermal comfort zone (green colour).

Energy demand of the Corridor DSF - closed cavity, lowE outer skin, compared with the corridor façade with low iron outer skin and case and the reference building



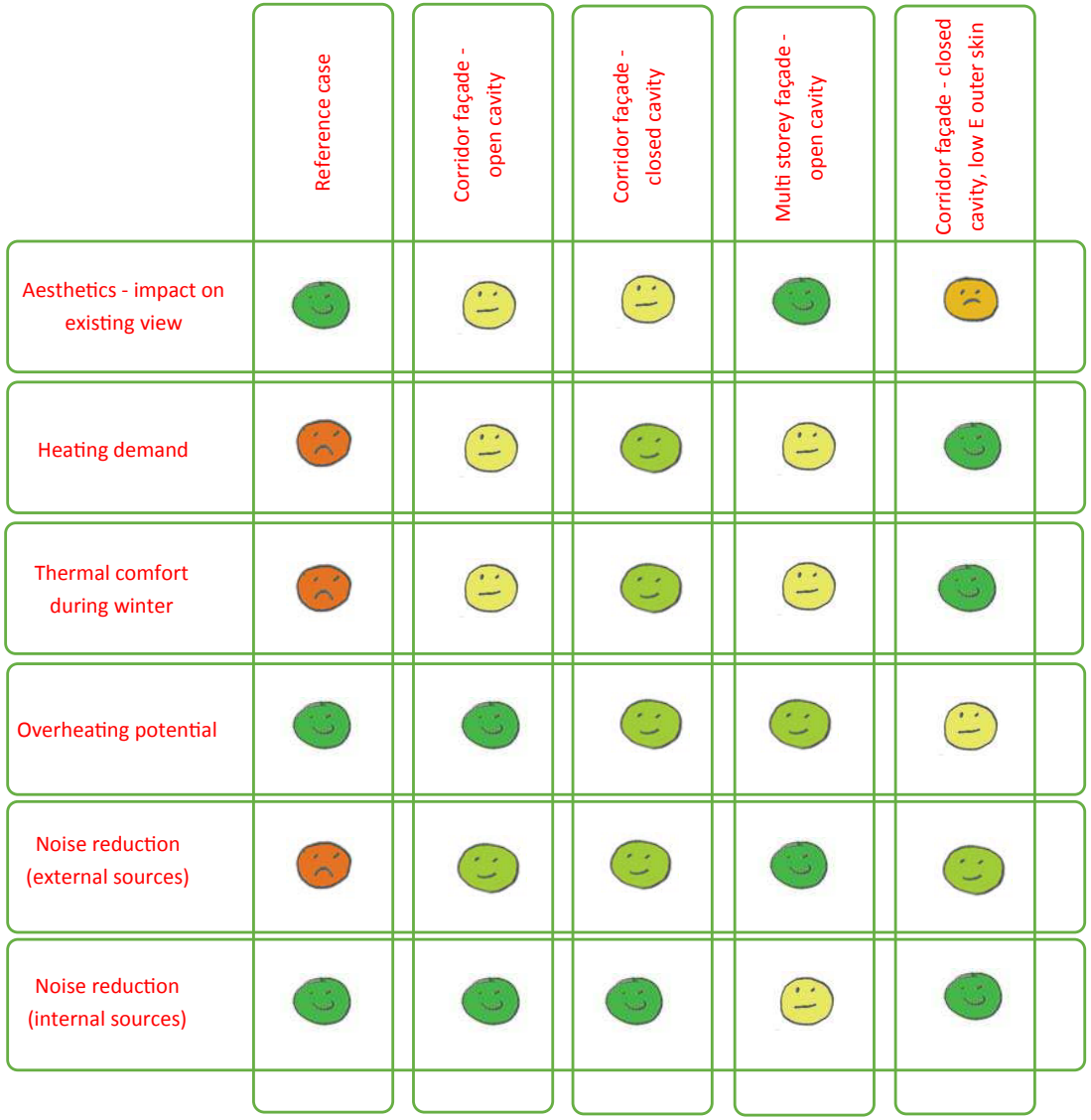
Inner glass temperatures for the north corridor DSF - closed cavity, lowE outer skin, compared with the corridor façade with low iron outer skin and case and the reference building



This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

6. Conclusions



General

The possibility to add a second skin on the existing façade is an attractive and beneficial solution for the following reasons:

- It has a **minimum impact on the aesthetics of the existing façade** (especially the multi storey) and has the potential to "modernise" the traditional façade without alternating its character
- It can lead to **significant heating demand improvements** especially if a hard coated low E outer skin is applied
- **Comfort can be drastically improved** as the inner glass temperatures significantly improve (especially if a hard coated low E outer skin is applied). Drafts, and local discomfort can be significantly reduced
- The second skin can act as a **noise barrier** in noise polluted areas improving the acoustics within the occupied space and the human well-being
- The additional skin further **weather-proofs** the existing façade

The potential benefits of the second skin are even larger if the existing façade is more leaky with poorer construction (insulation and thermal bridges). Additional possibilities such integration of shading devices within the cavity, utilization of natural ventilation, etc. can further increase the attractiveness of the Double Skin Façade option.

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

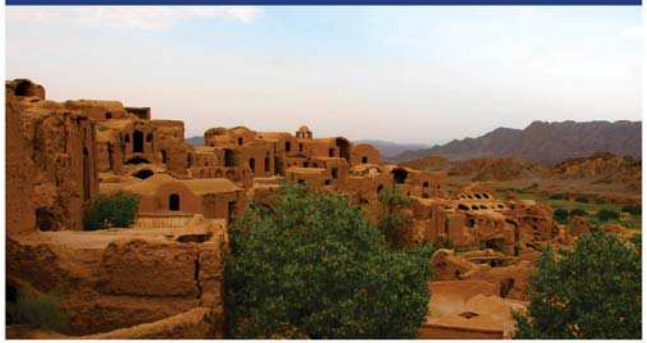
Appendix A

Climate and location

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Climate & location as part of envelope design

How important is a good and early understanding of climate and location for envelope design?



raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Good understanding of location and climatic conditions is essential to ensure high performing envelope design

Good understanding of the **location** and **climatic conditions** is essential to ensure high performing envelope design. In-depth understanding of the **outdoor air temperatures** (minimum & maximum, frequencies, diurnal variations, etc.), **cloud coverage**, **sky temperatures**, and **beam and diffuse solar radiation levels** can inform envelope design as to the required overall **thermal and solar transmittance**, selection of appropriate **shading devices** and use of **thermal mass**. **Sun path diagrams** are informative when exploring alternatives that maximize daylight penetration providing a **sound visual environment**, while keeping the **cooling demand at low levels**. Other factors such as **humidity**, **wind**, **air quality** etc. can drive design when considering use of **natural ventilation** within the occupied space. The **appropriate selection of weather files** determines the designer's approach to **assuring** and **future-proofing** the envelopes **performance.**

Adequate understanding of the location and climatic conditions and appropriate selection of weather files are essential to ensure and future-proof the envelope's performance.

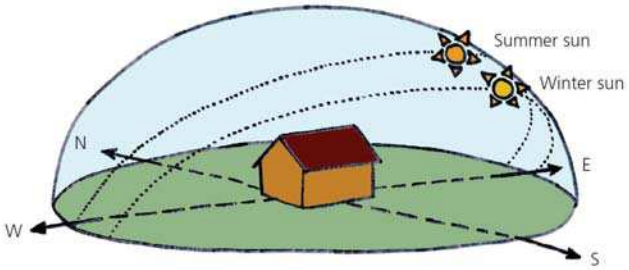
Appendix B

Sun path diagrams & Solar exposure

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Sun path diagrams in early design

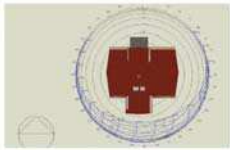
How can sun path diagrams be used to inform design at an early stage?

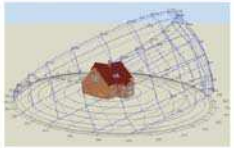


Sun path diagrams can allow us to visually demonstrate the possibilities to utilize daylight or the need to appropriately shade

Sun path diagrams can be used from an **early design stage** to advise on potential **incident solar radiation on the building's façade** throughout the year.

Plotting the building and its surrounding environment in available software tools can allow us to **visually** demonstrate the possibilities to **utilize daylight** or the need to **appropriately shade** the building due to low sun angles (that can cause glare to the occupants). A parallel consideration of the **weather file** of the building location can provide additional information as to **when shading is mostly needed**, in order to avoid **excessive solar gains** which lead to **increased cooling demand** and **occupant discomfort**. Further **Dynamic Thermal Modelling (DTM)** can in a more precise way inform design as to shading options and glazing solar performance.





Sun path diagrams can be used at an early design stage to indicate incident solar radiation on the building's façade throughout the year. DTM can further contribute to assess and quantify the benefit of shading options.

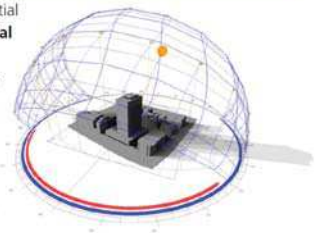
raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Solar exposure as a part of envelope design

Why is it important is to assess the incident solar radiation on the facade from an early design stage?

Early stage solar assessments can allow the designer to prevent excessive cooling loads and overheating risks

Assessments of the **incident solar radiation** on façades is essential to **building design** as they can give an early warning of **potential overheating and discomfort issues.** They also indicate to the design team which **envelope design alternatives** can meet the performance requirements while guaranteeing sound building performance.



Comprehensive analysis of the **total annual solar loads** can limit **the cooling demand,** improving the building's energy performance. Focusing on **maximum incident radiation levels over specific periods** makes it possible to **reduce peak loads,** with a direct impact on the HVAC design. Finally, in depth understanding of a façade's solar exposure is a requirement when selecting appropriate shading that will allow **adequate thermal and visual comfort for the occupants,** especially in highly glazed buildings.

The building's solar and thermal performance is closely connected to the incident solar radiation on its envelope. Early stage solar assessments can allow the design team to quantify its impact and find appropriate solutions.

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

Appendix C

Double Skin Facades

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Double Skin Facades; general

What are Double Skin Facades? Technical information and characteristics.

By varying the airflow within the ventilated cavity, the Double Skin Façade can vary its performance throughout the year

Double Skin Façades is a European architectural trend driven mostly by (a) the aesthetic desire for an all glass façade that leads to increased transparency, (b) the practical need for improved indoor environment and low energy use and (c) the need for improving the acoustics in buildings located in noise polluted areas.

The Double Skin Façade is a system consisting of **two glass skins** placed in such a way that **air flows in the intermediate cavity**. The ventilation of the cavity can be natural, fan supported or mechanical.

Double skin façades are mainly considered for **high-quality office buildings** (new construction) and when **transparency, lightness** with regard to use of **daylight** and **aesthetics** is desired. At other times an additional skin can be added during a **refurbishment** project.

Double Skin Façade is a transparent system with variable performance throughout the year. The main aim of this system is to improve indoor comfort and acoustics, while reducing the energy use of a building.

version 1

Appendix D

Glass products

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Solar control glass panes

Which is the relationship between solar control performance and appearance? How do we select the appropriate product?

The selection of solar control panes depend on the desired appearance, performance and price

One way to **reduce solar gains** into the occupied space is to use **solar control panes**. Those panes **transmit less radiation than normal panes** by either **reflecting or absorbing a higher proportion**. This performance can be achieved by treating the pane itself during its manufacturing (**body tinted**) or by applying **coatings**. **Soft coatings** can not be exposed to weather conditions, therefore they are always placed within Double or Triple Glazed Units. Meanwhile, **hard coatings** are more durable but their performance is often lower.

While **body tinted** coatings reduce the transmitted daylight and often have a **green look**, selective coated panes can have a **neutral appearance, allowing a large proportion of visible light into the buildings**. In modern office buildings sealed double glazed units with selective coatings are generally used.

While body tinted panes can be used as Single Units, DGUs with selective coatings can provide improved performance (better solar control with increased daylight transmittance) maintaining natural appearance.

version 1

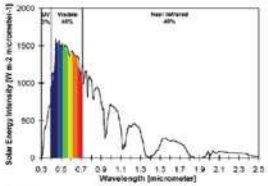
raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

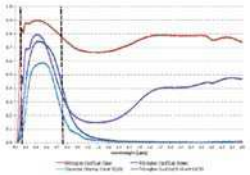
Selective coatings

How do selective coatings work? Which are their possibilities and limitations in envelope design?

Selecting glass with the desirable appearance, daylight transmittance and appropriate solar performance is essential

Efficient solar control can be obtained by using **selective coatings**. These coatings reflect the solar radiation in the infrared spectral band and transmit the **visible light** (see top right graph), resulting in a **neutral appearance** and **low light reflectance**. The diagram on the bottom right shows the transmittance across the solar spectrum for two selective coatings in comparison to a **clear uncoated glass** and a green **body-tinted glass**. Meanwhile, reflective coatings reflect the whole spectrum, and hence have a lower light transmittance than selective coatings of the same g-value.





In modern office buildings sealed double glazed units with selective coatings are generally used. Currently the total solar energy transmittance (g-value) for a sealed double glazed unit with a selective coating can vary between 0.15 and 0.45 with a daylight transmittance between 25% and 70%.

Selective coatings have the ability to transmit a high proportion of visible light while reflecting radiation in the infrared spectrum, providing a more neutral indoor environment and increased daylight within the space.

version 1

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

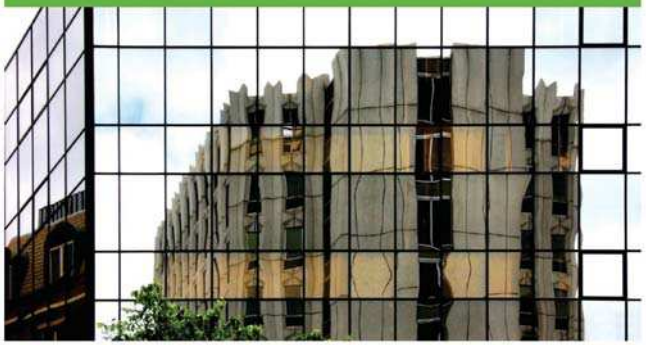
Appendix D

Glass products

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Reflective glass

What is reflective glass and how does it affect the building's envelope performance?



Reflective panes are principally treated with metallic coatings to reflect heat

Reflective panes are principally treated with **metallic coatings** to reflect heat. They are not reflective in the sense that they act as a mirrors (although some products do indeed have a highly reflective surface), but they aim to **reflect radiation rather than absorb it**. Reflective panes are often used in highly glazed constructions with the goal to **reduce excessive solar gains** and **reduce the annual cooling demand**.

The finish used on reflective glasses vary. There are **a number of options available**, including tinted glass that can be used to achieve a desired aesthetic effect. The finish is usually metallic in nature, and designed so that people behind the glass can see out. As a bonus, **the coating sometimes reduces glare**, which can be tremendously beneficial for making office environments more pleasant.

Reflective panes aim to reflect radiation rather than absorb it, with the goal to reduce excessive solar gains and reduce the annual cooling demand.

version 1

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Body tinted glass

What are body tinted glass panes? How can they improve solar control envelope performance?

Body tinted panes reduce heat penetration into buildings and give a striking visual effect

Body tinted float glass is manufactured using the same method as ordinary float glass, with the **only difference that colorants** (metal oxides) are **added to the raw materials to give the glass the desired colour**. The end product does not affect the basic structure of the glass itself, but does enhance its performance in relation to the (solar) electromagnetic spectrum.

Tinted glass **reduces heat penetration into buildings** and gives a **striking visual effect**. The **parameters of body tinted glass** (e.g. visible light transmittance or the so-called tint darkness) **depend considerably on the thickness of the glass.** Body tinted glass is homogenous in construction and therefore the colour **cannot be scratched or removed as with a glass that has a film placed on top.** The solar energy transmission, shading coefficient and visible light passing through the tinted glass vary according to the colour selected.

Body tinted glass has the ability to absorb higher proportion (compared with clear float panes) of solar radiation protecting the building from excessive solar gains.

version 1

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

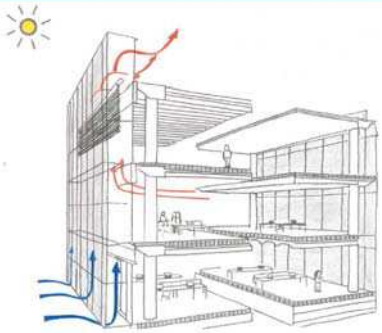
Appendix E

Performance assessments

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Double Skin Facade performance assessments

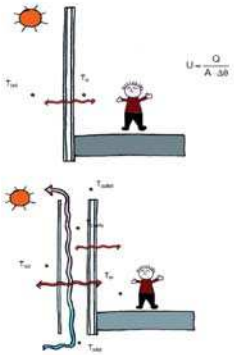
How do we assess the performance of Double Skin Façade systems? Are U and g values enough?



While U and g values can be used to assess performance of a convectional façade, double skin façades assessments are more complicated

While **U and g values** are a comprehensive measure of thermal and solar transmittance for a **glazing unit**, they **do not apply to performance assessments of Double Skin Façades (DSF)**.

In a **naturally ventilated Double Skin Façade** the cavity is often sealed during winter for thermal insulation purposes. In that case, the U and g-values can be calculated as for a sealed Triple Glazed Unit (TGU). **During summer**, however, the **cavity is naturally ventilated** for heat extraction purposes and the thermal and **solar transmittance assessments get more complicated**, since (a) considering the DSF system as a TGU would discard the effect of ventilation (lower U value than in reality) and (b) if only the inner Double Glazed Unit is accounted for, the outdoor temperature considered for the calculations should be the T_{cavity} and not the T_{out}. In multi storey façades, it is essential that the T_{cavity} is calculated for different floors.



U and g values assessment methods applied for sealed glazing units can be misleading when used in Double Skin Facades; Instead, Dynamic Thermal simulations can capture the physics and predict the actual performance.

Appendix F

Modelling methods

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

Dynamic Thermal Modelling (DTM)

What is Dynamic Thermal Modelling and how can it add value to the design process?

EnergyPlus, DesignBuilder, ParaSol, EQUA SIMULATION TECHNOLOGY GROUP, TRNSYS 17, Autodesk Ecotect, GRAPHISOFT ECODESIGNER, ies, Tas, eQUEST

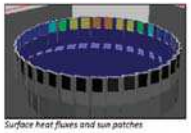
Proper use of Dynamic Thermal Modelling can inform design from early stage in order to meet adequate building performance

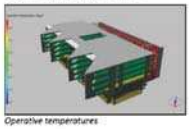
Dynamic Thermal Modelling is an important part of building design enabling delivery of **energy efficient** and **thermally sound buildings**. Creating 3D models of proposed buildings allows one to quantify the **incident solar radiation** on facades, carry out **heat flow and energy balance** calculations, predict **thermal comfort**, and **assess the building's performance**.

This information can help **architects, building service engineers** and **facade designers** to choose among options that lead to effective sustainable development in terms of the environmental impact and involved cost. Indicative to detailed calculations can **raise awareness** regarding potential problems and future-proof the building.

Examples of DTM tools are: IDA ICE, Design Builder, Energy Plus, TRNSYS, ROOM (Beans Suite), eQUEST, ESPr, BSim2000, IES VE, Ecotect, etc.

Sun patches


Surface heat fluxes and sun patches


Operative temperatures

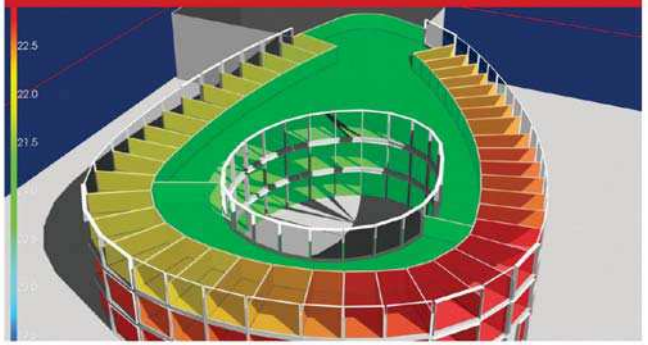
DTM tools can be used from indicative studies (quantify alternatives' performance at an early design stage), to detailed performance analyses; Thorough understanding of the methods is essential to the validity of results.

version 1

raising awareness | methods & tools | building physics | envelope design | facade products

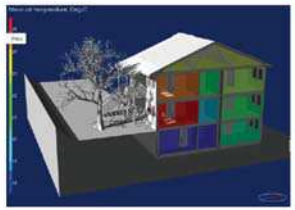
IDA Indoor Climate and Energy

What is IDA ICE and which are its main advantages for energy and comfort assessments?



IDA ICE is a transparent, well-validated Dynamic Thermal Modelling tool used for energy and comfort assessments

IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) is a **commercial multi-zone** DTM (Dynamic Thermal Modelling) tool developed by **EQUA** to assess thermal **indoor climate** as well as **energy consumption** of the entire building. The user **interface** is designed to make it **easy** to build and simulate simple cases, but also to offer the **advanced** user full **flexibility**. IDA ICE 4 can **import** all common **2D** and **3D CAD files**. It supports IFC BIM models, generated by, e.g. ArchiCAD, Revit, AutoCAD ADT, MagiCAD and many other tools. One of the most important features of IDA ICE is that it is **not a black box.** Every underlying equation can be browsed, and every variable can be logged. For a single zone, this means that about a thousand temperatures, heat fluxes, CO2-levels, control signals and other variables can be inspected by the user. IDA ICE has been **validated through international tasks** such as (BESTEST, ASHRAE 140, IEA Task 22, IEA Task 34, etc.).



version 1

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Informing Design

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Energiteknik, Sektionen för Byggnadsfysik och innemiljö

Tel: +46 (0)10 516 50 00
E-post: id.@sp.se

Lund

Besöksadress: Ideon Gateway, Scheelevägen 27
Postadress: Ideon Science Park, SE-223 63, Lund, Sweden

Borås

Besöksadress: Brinellgatan 4
Postadress: Box 857, SE-501 15 Borås, Sweden

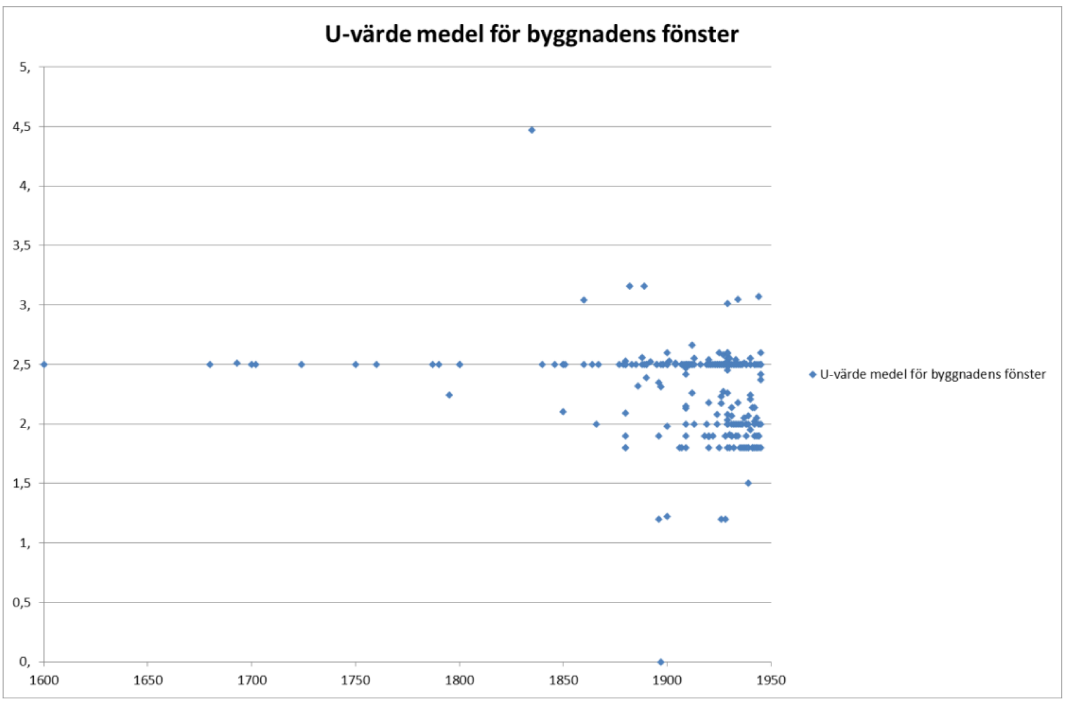
SP Technical Research Institute of Sweden

This draft document contains general information which is not meant to be used within the framework of any project. SP does not accept any responsibility if any of this information is used. The material of this document is SP property and can not be copied or reproduced without SP's permission.

Bilaga 6: Förbättringspotential hos kopplade 2-glasfönster i trä

En av de vanligaste fönstertyperna i äldre byggnader är kopplade 2-glasfönster. I bilagan studeras förbättringspotentialen i den här typen av fönster.

Energiprestanda hos fönster
I Figur 14 visas medel U-värdet för fönster i de byggnader i BETSI-undersökningen som är byggda 1945 eller tidigare.



Figur 14. Uppskattat U-värde för fönster fördelat på byggnadsår enligt BETSI-undersökningen. Här ingår småhus, flerfamiljshus och lokaler.

Medelvärdet för de flesta fönster i byggnaderna ligger inom intervallet 1,8 – 2,6 W/m^{2}K, se Tabell 25.

Tabell 25. Medel U-värdet på fönster i byggnader byggda 1945 eller tidigare som ingår i BETSI-undersökningen.

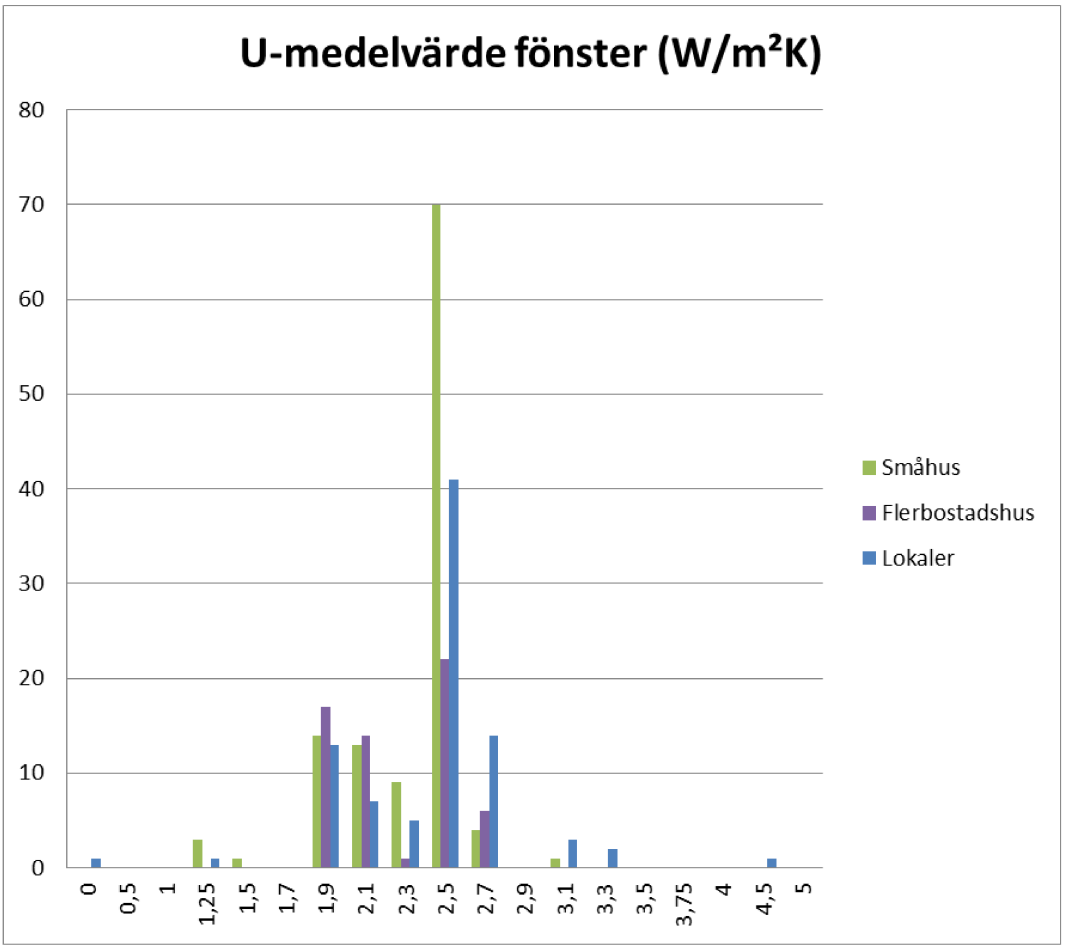
Byggnadstyp	Antal med byggår 1945 eller tidigare	Antal byggnader där $U_{medel\ fönster}$ = 1,8-2,6 (W/m²K)	Antal byggnader där $U_{medel\ fönster}$ < 1,8 (W/m²K)	Antal byggnader där $U_{medel\ fönster}$ > 3,6 (W/m²K)
Småhus	115	110	4	1
Flerfamiljshus	60	60	0	0
Lokaler	88	81	1	6

Det statistiska underlaget är förvisso begränsat men ger ändå en indikation på att de flesta byggnader har bytt till 2-glas med LE-skikt eller till 3-glas med eller utan isolerruta. Allra vanligast är ett U-medelvärde på 2,5 W/m²K för en byggnad. Enligt inventeringsmallen för BETSI-undersökningen, se Tabell 26, har ett 2-glasfönster med LE-skikt ett typiskt U-värde på 2,4 W/m²K vilket innebär att några fönster i respektive byggnad har ett högre U-värde. Teoretiskt kan variationen inom den enskilda byggnaden vara stor.

Tabell 26. Utdrag ur inventeringsmallen för BETSI anger följande riktvärde för U-värdet på fönster.

Fönstertyp	U-värde (W/m^{2}K)
1-glas	5,0
2-glas	3,0
2-glas isolerruta	2,8
2-glas, varav ett med LE-skikt	2,4
3-glas	1,9
3-glas isolerruta	1,8

I Figur 15 visas antalet småhus, flerbostadshus och lokaler inom olika intervall på medel U-värdet för fönster.



Figur 15. Diagrammet anger fördelningen av U-medelvärdet hos fönster i byggnader som ingår i BETSI-undersökningen och har ett byggår 1945 eller tidigare.

Tidigare arbeten om att förbättra fönsters energiprestanda

Fredlund (1999) lät renovera två äldre fönster och utrustade dem med nytt glas med LE-skikt. I Tabell 27 redovisas de uppmätta U-värdena före och efter åtgärderna. De uppmätta värdena hade god överensstämmelse med beräknade värden på fönstrens U-värde. Ett 3-glasfönster testades också som jämförelse.

Tabell 27. Uppmätta U-värden efter renovering av fönster (Fredlund 1999).

Fönstertyp	Tillverkningsår	Befintligt skick	Renoverat	Ett glas med LE-skikt
		U-värde (W/m²K)	U-värde (W/m²K)	U-värde (W/m²K)
Enkelglas kompletterat med innerbågar d v s 2-glas	1880	2,44	2,07	1,60
Kopplade bågar 2-glas	1930	2,56	2,26	1,77
3-glasfönster	1982	1,83		

Energimyndigheten (2006) anger att ett kopplat 2-glas har ett U-värde på ungefär 2,8 W/m²K. Genom att ersätt det befintliga innerglaset med ett hårdbelagt innerglas kan man nå ett U-värde på ner till 1,8 W/m²K. Finns det utrymme och klarar innerbågen vikten, kan innerglaset ersättas av en argonfylld isolerruta med energiglas och det går att nå ett U-värde på ner till 1,3 W/m²K.

Homb and Uvslokk (2012) utgick från ett enkelglasfönster och lyckades förbättra U-värdet från drygt 4 W/m²K till cirka 1 W/m²K med hjälp av en ny inre fönsterbåge med 2-glas isolerruta. Resultatet verifierades både med laboratoriemätningar och beräkningar.

Åtgärder för att förbättra ett fönster
De termiska egenskaperna hos ett kopplat två-glas fönster i trä kan förbättras med ett flertal åtgärder:

- Förbättra lufttäthet (tätningslister mellan karm och båge, drevning mellan karm och vägg)
- Invändig tilläggsruta a) 1-glass b) 2-glas (i den mån bågen kan klara den ökade belastningen)
- Utvändig tilläggsruta mot karm (påverkar öppningsbarheten)
- Utvändig tilläggsruta mot yttervägg (påverkar öppningsbarheten)
- Byt båda bågarna till kopplade 3-glasfönster
- Byt till 2-glaskasset i innerbågen eller 1-glas med hårdbelagd yta
- Byt till 2-glaskasset i ytterbågen eller 1-glas med hårdbelagd yta
- Två hårdbelagda enkelglas i bågarna
- Byt ut innerbågen till ett material med större bärighet, 2-glaskasset, (eventuellt kan mer utrymme skapas i befintlig karm)
- Bryta köldbrygga mellan bågarna med isoleraden material
- Byt ut innerglaset mot vacuumglas

Ett flertal av ovanstående åtgärder är oftast inte lämpliga på grund av praktiska skäl eller ur bevarandesynpunkt. Nedan följer en bedömning av ett urval av åtgärder för att förbättra ett kopplat 2-glasfönsters energiprestanda.

Komplettera ett kopplat 2-glasfönster i trä
Bedömningen har utgått från ett kopplat 2-glasfönster 12x12 där avståndet mellan glasen är 60 mm. Beräkning enligt EN673, ISO 10292.

Tabell 28. Beräknat U-värde för olika förbättringsåtgärder på fönster

	Spalt 1+2 (mm)	Emissivitet Ɛ (-)	Beräknat U-värde glasdel (W/m²K)
Ursprungligt fönster	60+0	0,837	2,81
LE-skikt på innerglas	60+0	0,17 hårdbelagdyta	1,86
Byt ut innerglas mot isolerruta (Argon 90%) med LE-skikt	42+14	0,037	0,92
Extraglas med LE-skikt på innerbågens insida	60+15	0,17	1,22
Byt ut innerglas mot vacuumglas	???	???	

Bilaga 7: Textilers inverkan på fönster U-värde

Ett sätt att ytterligare förbättra ett fönsters energiprestanda är att använda åtgärder som är i bruk under delar av dygnet. Det kan vara fönsterluckor, persienner eller olika typer av gardiner (Ståhl et al 2011). Gemensamt för dessa åtgärder är att de bara ger en förbättring av U-värdet under den delen av dygnet de används och att de kräver att brukaren aktivt reglerar dessa. I den här bilagan utreds främst olika textila materials bidrag till energibesparing.

Tidigare arbeten om att förbättra fönsters energiprestanda med textilier
Baker (2008) mätte upp hur mycket U-värdet förbättrades då ett antal energibesparande åtgärder utfördes på ett traditionellt engelskt fönster (1-glas). Resultatet av mätningarna som genomfördes i en Guarded-hot-box redovisas i Tabell 29.

Tabell 29. Reduktion av U-värdet då energibesparande åtgärder utfördes på ett engelskt 1-glas-fönster (Baker 2008).

Energibesparande åtgärd	Reduktion i U-värde (%)
Ytterligare ett glas (till 2-glas)	63
Fönsterluckor av trä	50-60
Gardiner	14
Rullgardiner	22
Persienner	28

Förbättringspotential med textilier
I en Guarded-hot-box på SP mättes U-värdet då olika textilier monterades innanför ett 2-glasfönster. Mätningarna genomfördes enligt SS-EN ISO 12567. I Tabell 30 redovisas de uppmätta U-värdena tillsammans med beräkningar på U-värde på fönstrets glasdel. Beräkning av U-värdet enligt EN673, ISO 10292.

Tabell 30. Beräknat och uppmätt U-värde för olika kombinationer

Fönstertyp och gardinkombination	Distans inner-glas/textil (mm)	Beräknat U-värde (glasdel) (W/m²K)	Uppmätt U-värde (fönster) (W/m²K)
Kopplat 2-glasfönster	-	2,81	2,22
Kopplat 2-glasfönster med tunn gardin (0,26 mm), tätslutande mot båge	15	1,82	1,85
Kopplat 2-glasfönster med tjock gardin, (1,3 mm) tätslutande mot båge	15	1,78	1,66
Kopplat 2-glasfönster med reflekterande folie, (0,2 mm, Ɛ=0,037) tätslutande mot båge	15	1,07	1,16
Kopplat 2-glasfönster med reflekterande folie, (0,2 mm, Ɛ=0,037) frihängande mot båge	15	1,07	1,26
Kopplat 2-glasfönster med reflekterande folie, (0,2 mm, Ɛ=0,037) öppet runt om	29		1,61
Kopplat 2-glasfönster med reflekterande folie, (0,2 mm, Ɛ=0,037) öppet runt om utan ovankant	29		1,59

Provfönster
Totalarea: 1,185x1,185 = 1,404 m^2
Glasarea: 1,006x0,985 = 0,99 m^2
Karmarea: 0,41 m^2

Bilaga 8: BETSI om byggnader byggda före 1945

BETSI-undersökningen baseras på knappt 1800 byggnader i Sverige och kan utgöra ett underlag för att bedöma statusen för det svenska byggnadsbeståndet. I undersökningen ingår 263 byggnader som är byggda 1945 eller tidigare.

I BETSI delas byggnaderna in i tre byggnadstyper: småhus, flerbostadshus och lokaler. I Tabell 31 redovisas antalet byggnader av dessa tre typer det finns i Sverige, i hela BETSI-studien och hur många byggnader det är i BETSI-studien som byggts 1945 eller tidigare.

Tabell 31. Fördelning av byggnadstyp (småhus, flerbostadshus och lokaler) efter byggnadsår i BETSI (Boverket 2009).

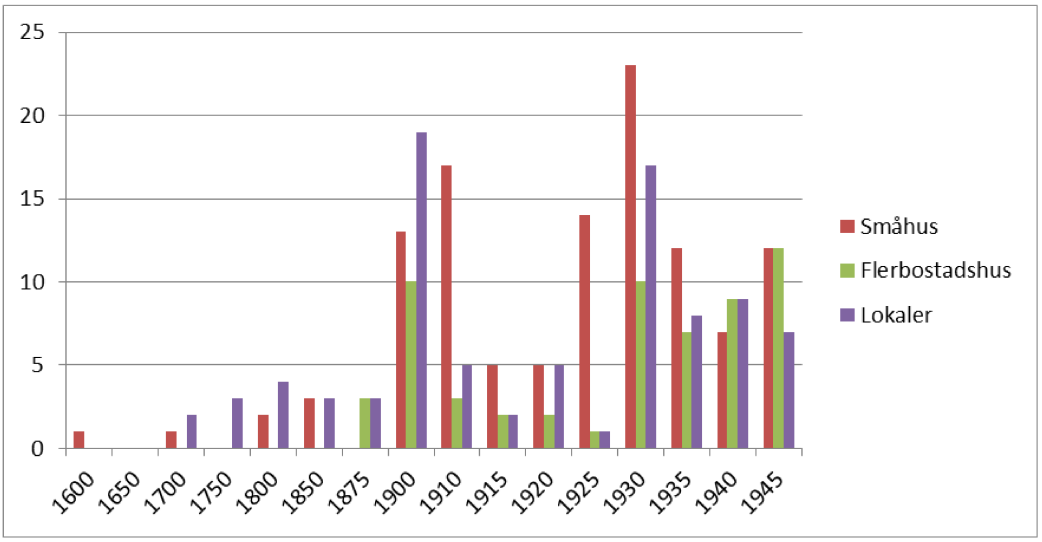
Byggandstyp	Antal i BETSI, byggår -1945	Antal i BETSI, byggår - 2005	Antal i Sverige
Småhus	115	826	1 888 000
Flerbostadshus	60	560	165 000
Lokaler	88	367	47 000
Totalt	263	1753	2 100 000

I BETSI-undersökningen delas småhus och flerbostadshus in i ålderskategorier efter byggnadsår enligt följande: -1960, 1961-75,1976-85, 1986-95, 1996-2005. Lokaler är inte ålderskategoriserade.

I många figurer och diagram i det här kapitlet har byggnaderna delats in i tidsperioder efter byggnadsår. Tidsperioderna är: -1600, 1601-1650, 1651-1700, 1701-1750, 1751-1800, 1801-1850, 1851-1875, 1876-1900, 1901-1910, 1911-1915, 1916-1920, 1921-1925, 1926-1930, 1931-1935, 1936-1940, 1941-1945. I den sistnämnda perioden tas även byggnader som är byggda 1945 med.

Byggnadstyp

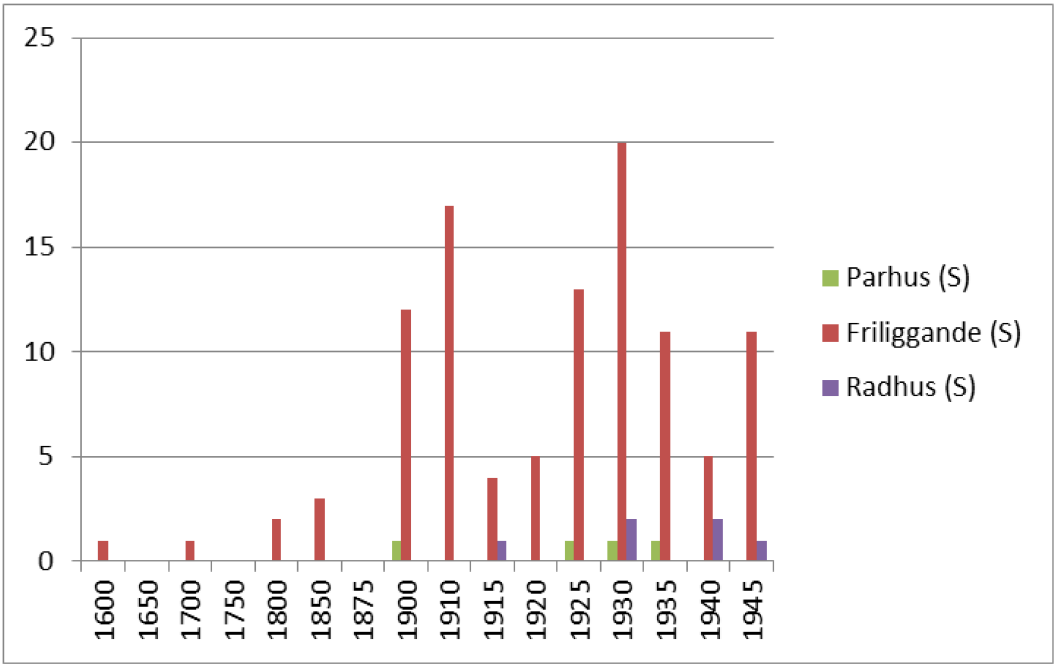
Som tidigare nämnts, delar Betsi-undersökningen in byggnader i småhus (S), flerbostadshus (F) och lokaler (L). I Figur 16 redovisa antalet av de tre byggnadstyperna fördelat på byggnadsår.



Figur 16. Antal av de tre byggnadstyperna fördelat på byggnadsår.

Småhus

De 115 småhus som ingår i BETSI-undersökningen, och är byggda 1945 eller tidigare, fördelar sig i undergrupper enligt Figur 17.

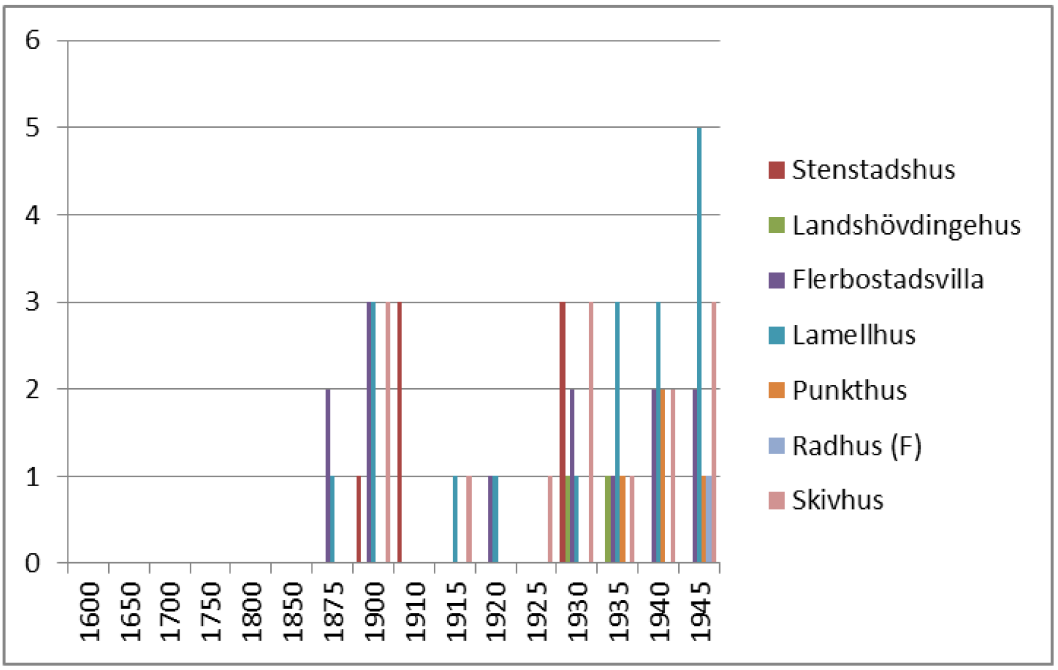


Figur 17. Antalet småhus (y-axeln) fördelat på respektive byggnadsår (x-axeln).

De flesta småhusen är friliggande och byggda efter 1900.

Flerbostadshus

Flerbostadshusen i Betsi-undersökningen är indelade i fler undergrupper och antalet fördelat på tidsperioder vilket redovisas i Figur 18.

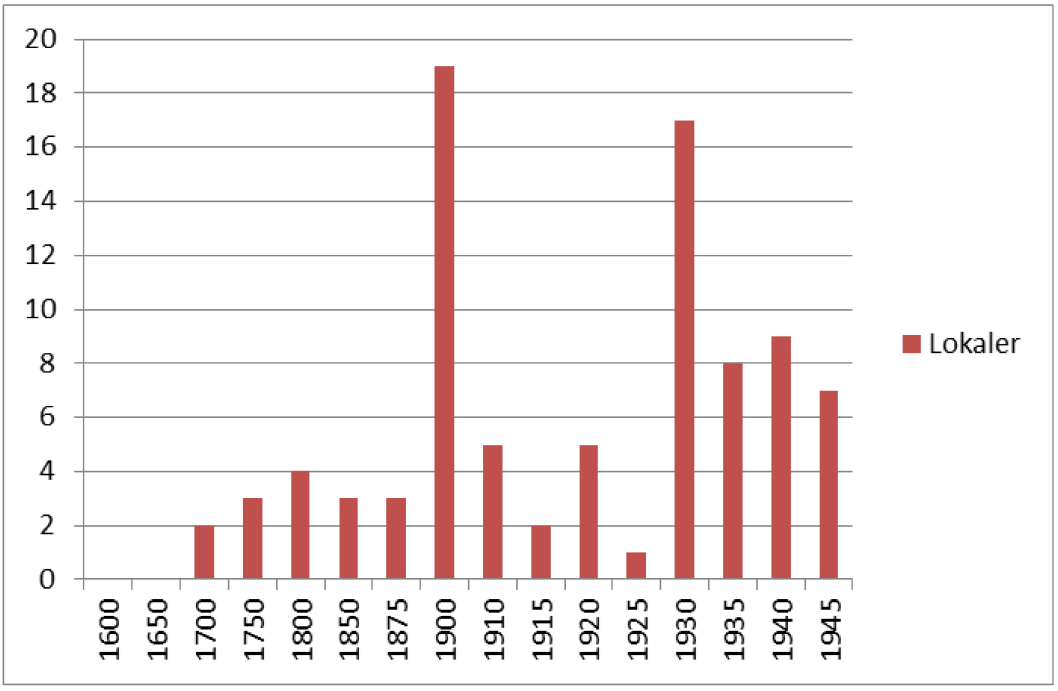


Figur 18. Antalet (y-axeln) flerbostadshus fördelat på undergrupper och byggnadsår (x-axeln).

Utgående från Figur 18 är det svårt att hänföra en viss undergrupp av flerbostadshusen till en viss tidsperiod. Samtliga flerbostadshus är byggda efter 1850. Antal byggnader för respektive undergrupp ordnade efter antal: lamellhus 18, skivhus 14, flerbostadsvillor 12, stenstadshus 7, punkthus 4, landshövdingehus 2, radhus 1.

Lokaler

För lokaler finns det inga undergrupper baserat på byggnadernas (arkitektoniska) utformning utan i Figur 19 redovisas antalet lokaler i BETSI-studien fördelat efter byggnadsår.

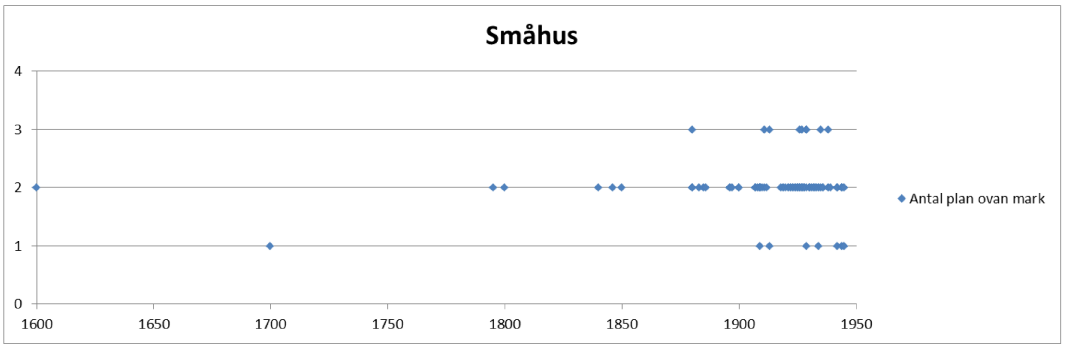


Figur 19. Antalet lokaler fördelat på byggnadsår.

I BETSI anges hur lokalerna används och lokalarea (LOA).

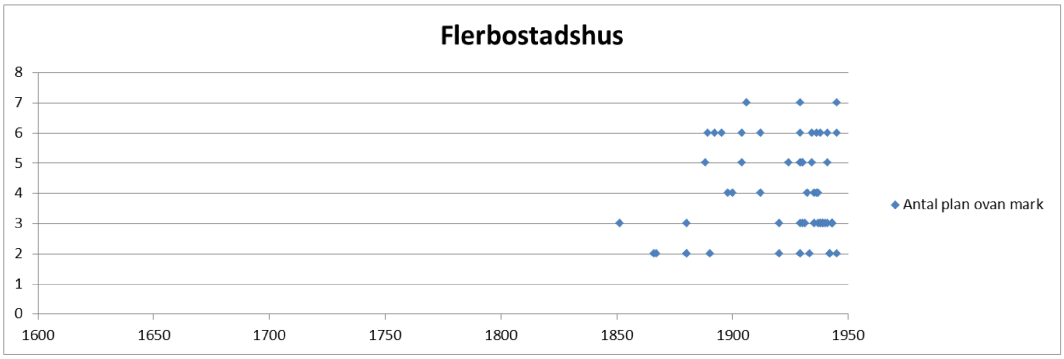
Antal våningar

I Betsi-undersökningen anges antal våningsplan ovan mark för småhus, flerbostadshus och lokaler, se Figur 20–Figur 22.

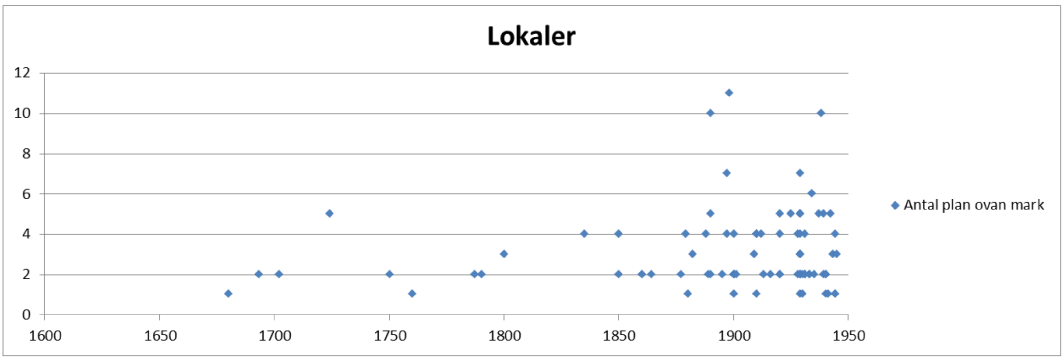


Figur 20. Antal våningar ovan mark i småhus byggda 1945 eller tidigare.

En stor majoritet av småhusen är byggda med två våningar ovan mark. I de flerbostadshus som undersöks är våningsantalet tämligen jämt fördelat mellan 2 till 7 våningar, Figur 21.



Figur 21. Antal våningar ovan mark i flerbostadshus byggda 1945 eller tidigare.



Figur 22. Antal våningar ovan mark i lokaler byggda 1945 eller tidigare.

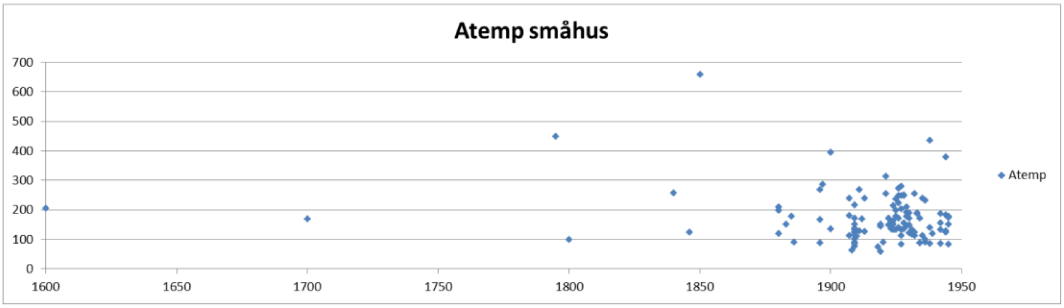
I Tabell 32 finns en sammanställning av antalet våningar hos småhus, flerbostadshus och lokaler.

Tabell 32. Fördelning av antalet våningar i småhus, flerbostadshus och lokaler.

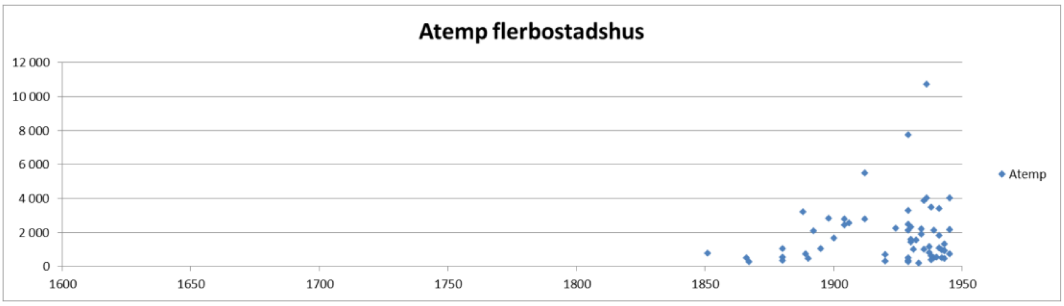
Byggnadstyp	**Antal våningar**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totalt
Småhus	9	97	9									115
Flerbostadshus	0	12	18	7	9	11	3					60
Lokaler	11	40	8	14	9	1	2	0	0	2	1	88

A_{temp}

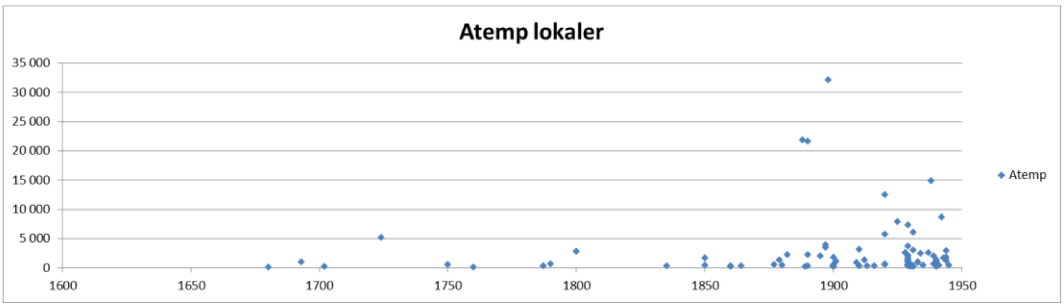
Den totala golvarean i utrymmen som värms till mer än 10°C är uppmätt i BETSI-undersökningen och fördelar sig i småhus, flerbostadshus och lokaler enligt de följande figurerna, se Figur 23-Figur 25.



Figur 23. A_{temp} för småhus byggda 1945 eller tidigare. Medelvärde 174 m².



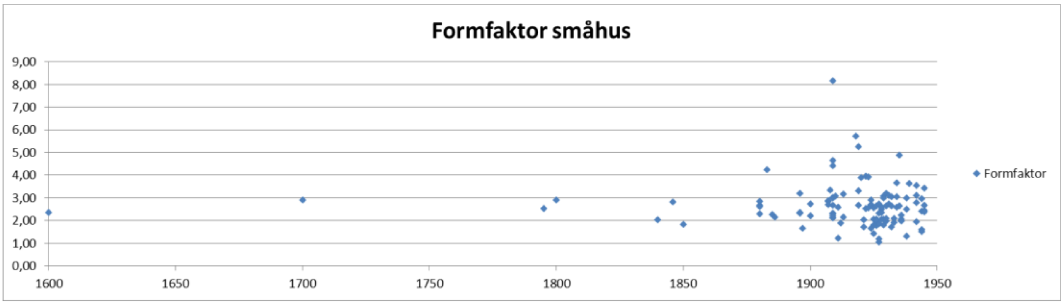
Figur 24. A_{temp} för flerbostadshus byggda före 1945 eller tidigare. Medelvärde 1870 m².



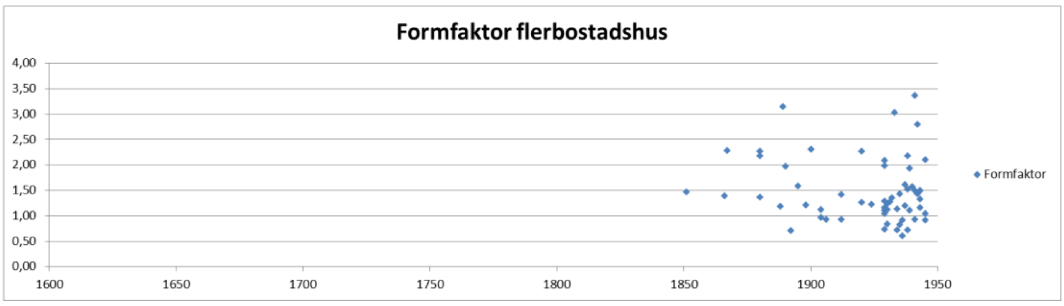
Figur 25. A_{temp} för lokaler byggda före 1945 eller tidigare. Medelvärde 2539 m².

Formfaktor

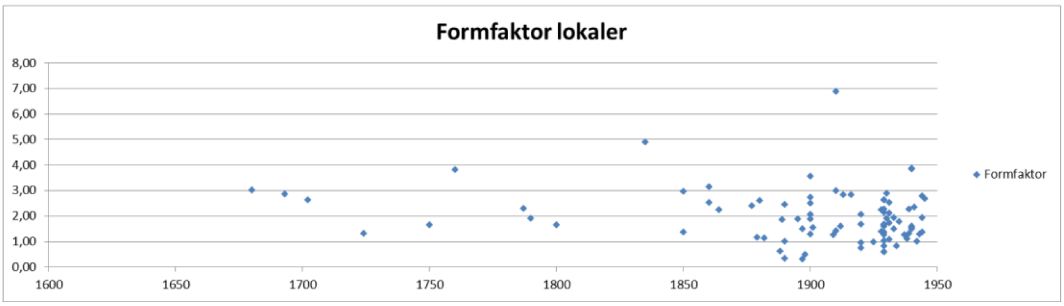
Byggnadens formfaktor fås genom kvoten av omslutningsarean på klimatskalet (A_{om}) genom A_{temp}, se Figur 26-Figur 34.



Figur 26. Formfaktor för småhus byggda 1945 eller tidigare. Medelvärde formfaktor 2,65.



Figur 27. Formfaktor för flerbostadshus byggda 1945 eller tidigare. Medelvärde formfaktor 1,47.

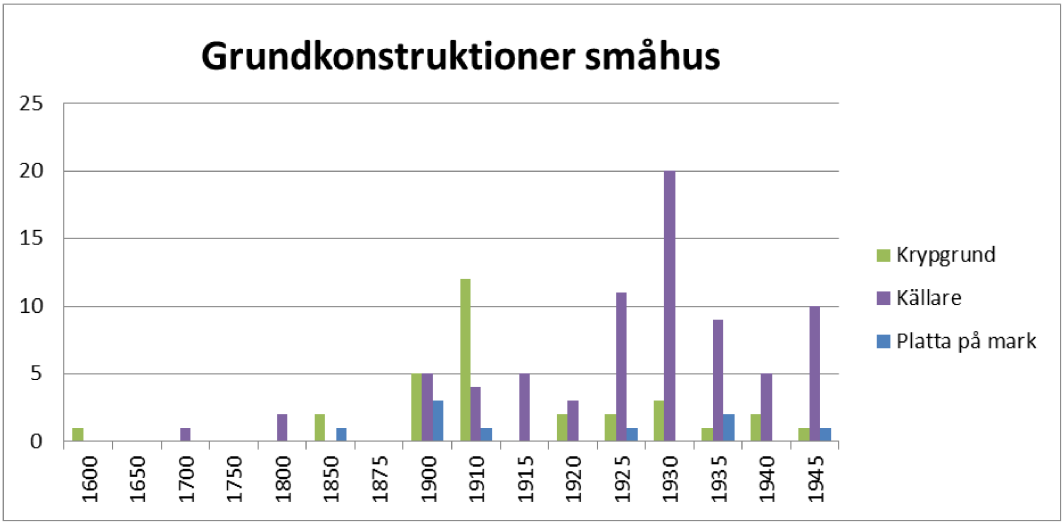


Figur 28. Formfaktor för lokaler byggda 1945 eller tidigare. Medelvärde formfaktor 1,96.

Generellt sett vill man ha en låg formfaktor för att byggnaden skall anses som energieffektiv. Byggnadens omslutande area skall vara liten i förhållande till golvarea vilket är mycket lättare att åstadkomma i ett flerbostadshus med många våningar.

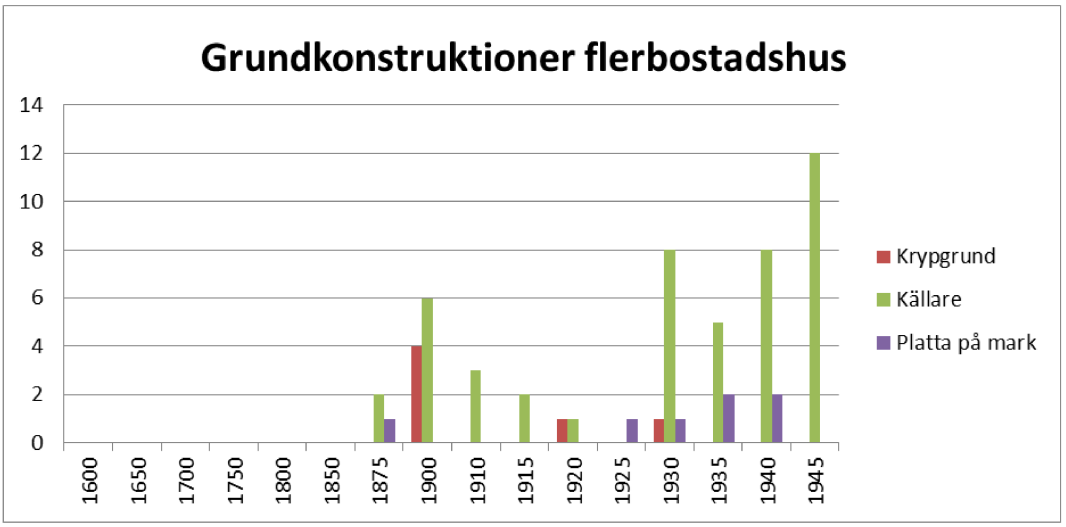
Grundkonstruktion
BETSI delar upp grundkonstruktionen i krypgrund, källare och platta på mark.

Småhus
Den dominerande grundkonstruktionen i småhus är källare, se Figur 29. I de undersökta byggnaderna är krypgrund är lite vanligare runt sekelskiftet.



Figur 29. Typ av grundkonstruktionen i småhus fördelat på tidsperioderna.

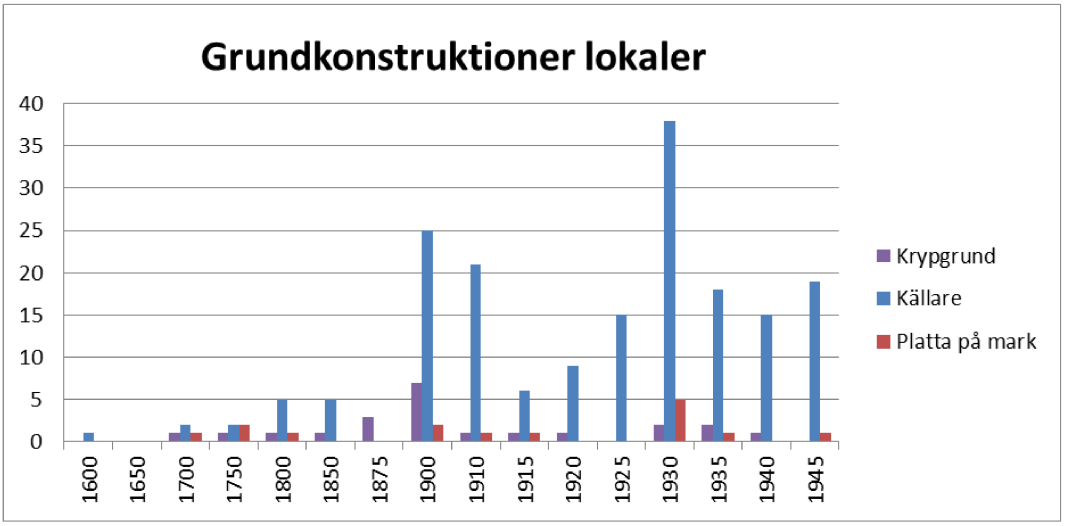
Flerbostadshus
I Figur 30 visas vilken typ av grundkonstruktion som förekommer i flerbostadshus.



Figur 30. Typ av grundkonstruktionen i flerbostadshus fördelat på tidsperioderna.

Även i flerbostadshus dominerar grundläggning med källare.

Lokaler
Figur 31 visar antalet olika grundkonstruktioner i lokaler fördelat efter byggår.

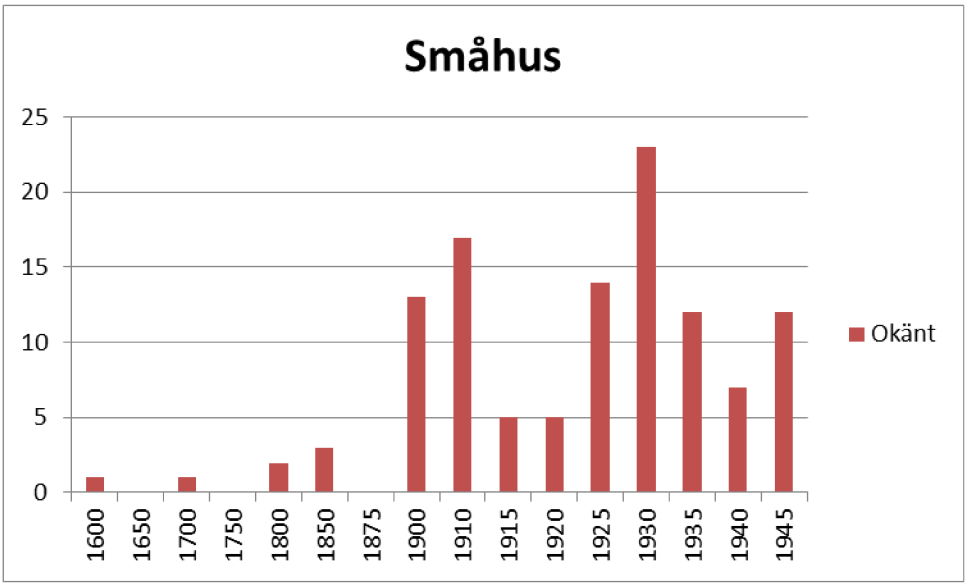


Figur 31. Typ av grundkonstruktionen i lokaler fördelat på tidsperioderna.

Källare är den grundkonstruktion som dominerar både i bostadshus och i lokaler som är byggda fram till och med 1945.

Vertikalt bärverk och ytterväggar

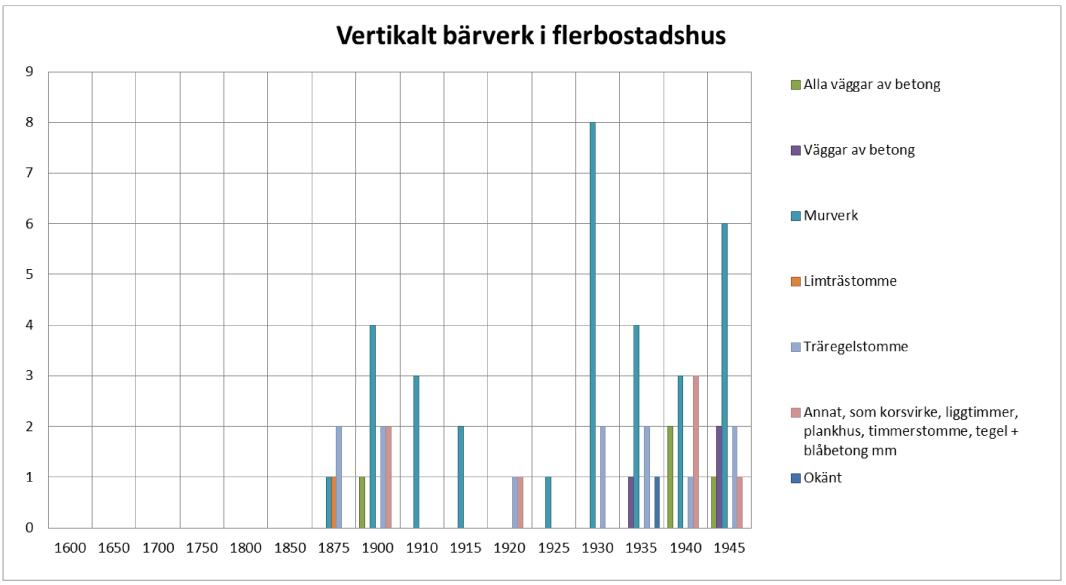
Småhus
Det vertikala bärverket i småhus ingår inte i BETSI-studien, Figur 32. Däremot efterfrågar besiktningsprotokollen ytterväggarnas uppbyggnad i samband med U-värdesberäkningen. Detta kan ligga till grund för en noggrannare bestämning av väggarnas uppbyggnad.



Figur 32. Det vertikala bärverket i samtliga småhus är okänt.

Flerbostadshus

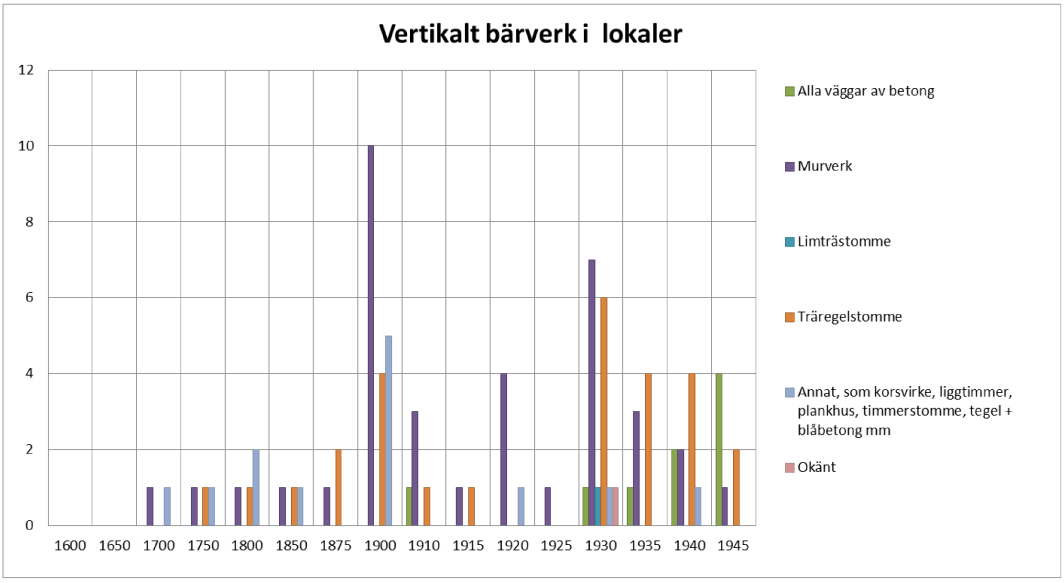
I flerbostadshusen från den här tidsperioden dominerar murverk som väggar, se Figur 33. Därefter följer väggar med någon form av trästomme.



Figur 33. Det vertikala bärverket i flerbostadshus fördelat på byggnadernas byggår.

Lokaler

I lokaler är murverk den vanligaste väggtypen (42%) och följt av träregelstomme (31%), se Figur 34.



Figur 34. Det vertikala bärverket i lokaler fördelat på byggnadernas byggår.

Tak och vind

Takkonstruktionen är normalt i trä och fribärande takstolar följt av tak uppstolpat från bjälklag är klart vanligast i alla byggnader. Den bärande delen av takkonstruktionen i de undersökta husen är uppbyggd enligt Tabell 33.

Tabell 33. Takkonstruktion i småhus, flerbostadshus och lokaler.

Takkonstruktion	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
Fribärande fackverkstakstol i trä	64	23	47
Uppstolpat tak från bjälklag	37	30	25
Fribärande limträkonstruktion	3	1	
Fribärande i betong			3
Annat takbjälklag	8	6	12
Okänt	3		1

Klimatskalets värmeisolering

I BETSI-undersökning har U-värdet för grundkonstruktion, ytterväggar och tak-vindskonstruktionen beräknats för de enskilda byggnaderna. I BETSI-undersökningen har ingen bedömning av köldbryggorna gjorts för de enskilda byggnaderna utan ett generellt påslag på 20% har använts när byggnadernas U-medelvärde redovisas inklusive köldbryggor. I följande avsnitt anges U-värdet innan hänsyn till köldbryggor tagits.

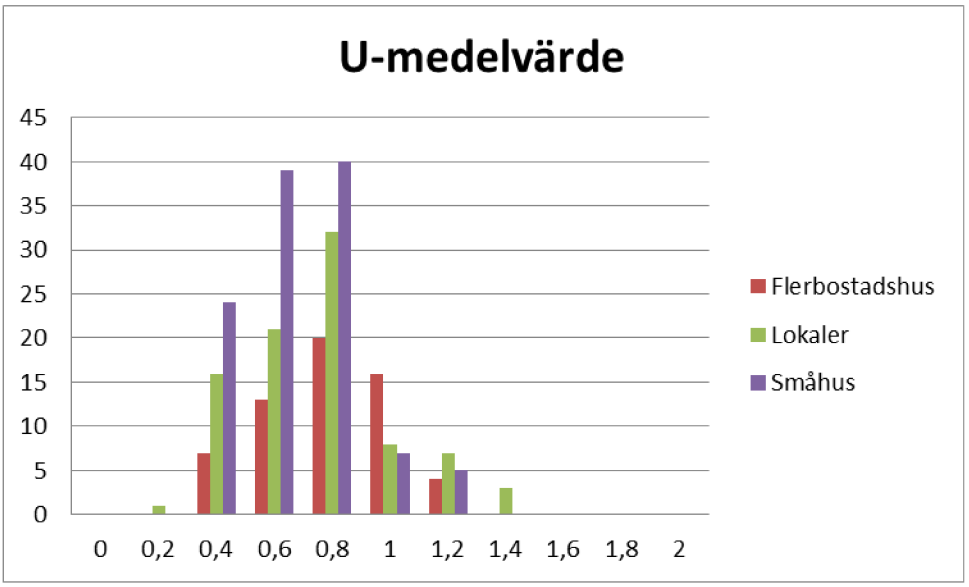
Byggnadernas U-värde

I BETSI-studien har det genomsnittliga U-värdet (U_m) beräknats för byggnaderna och i Tabell 34 visas medelvärdet för det genomsnittliga U-värdet för de tre byggnadstyperna.

Tabell 34. U-medelvärde för respektive byggnadstyp i BETSI-undersökningen som är byggd 1945 eller tidigare.

Byggnadstyp	U_{medel} exklusive köldbryggor (W/m²K)
Småhus	0,584
Flerbostadshus	0,683
Lokaler	0,648

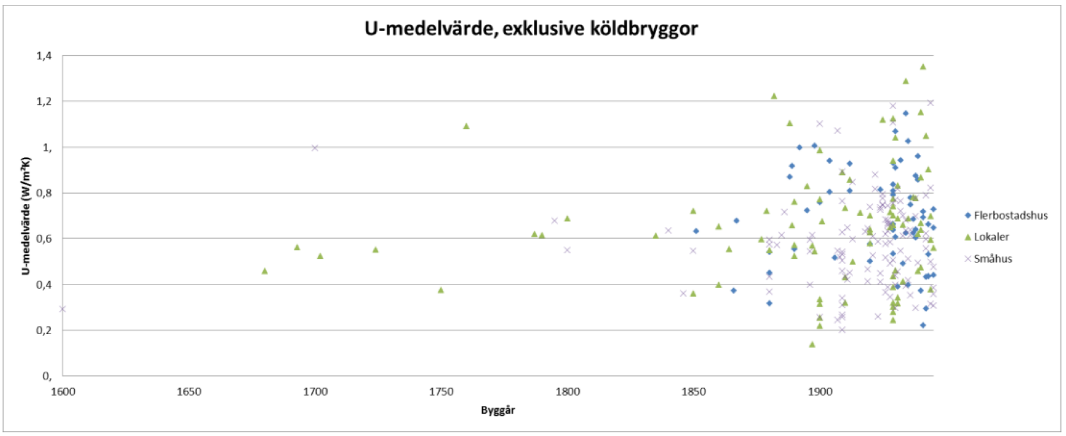
I Figur 35 redovisas antalet småhus, flerbostadshus och lokaler inom vissa intervall för U_{medel} exklusive köldbryggor.



Figur 35. Antalet byggnader per byggnadstyp uppdelat efter U_{medel} utan köldbryggor.

I genomsnitt har småhusen bättre U-värde jämfört med flerbostadshusen. Orsaken till detta har inte utretts men en större andel av flerbostadshusen har tilläggsisolerats (15%) jämfört med småhusen (10%). Att en större andel flerbostadshus har tilläggsisolerats kan kanske bero på att de ofta ägs och förvaltas av professionella fastighetsägare där underhåll och renovering sker fortlöpande och att man troligtvis jobbar aktivt med att minska energianvändningen och därmed driftskostnaden. Att de undersökta småhusen trots detta har ett bättre U-medelvärde kan i sin tur kanske bero på att den ursprungligen använda byggtekniken gav ett lägre U-värde. I flerbostadshus med många våningar är formfaktorn normalt sett bättre och energianvändningen ändå blir lägre räknat på m² boyta.

I Figur 36 visas U-medelvärdet exklusive köldbryggor för de olika byggnadstyperna fördelat på byggnadsår.



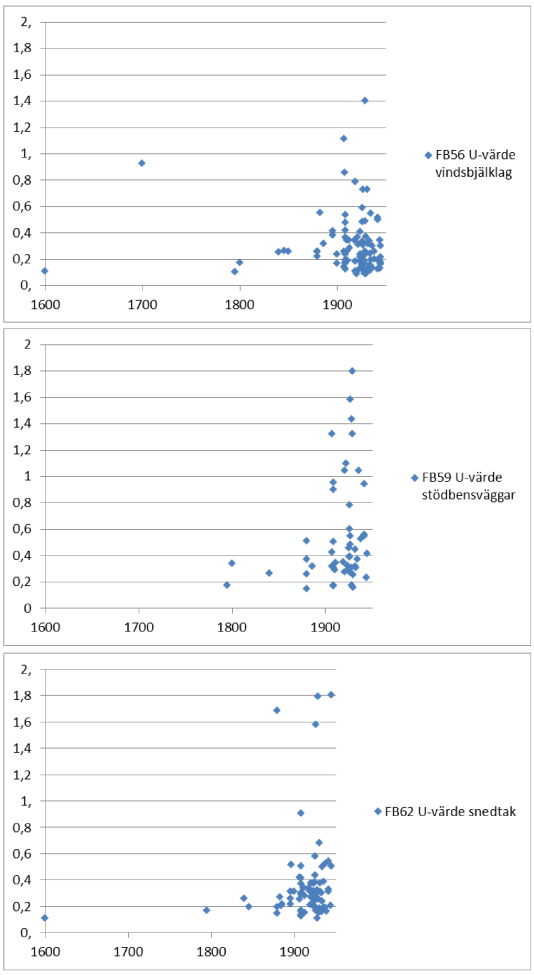
Figur 36. U_{medel} utan köldbryggor för respektive byggnad.

Slutsats/diskussion:
Småhusen har något bättre U-värde jämfört med flerbostadshusen men med tanke på hög formfaktor, med stor omslutande area i förhållande till boytan, i småhusen medför det att värmeförlusterna genom klimatskalet blir högre per bostadsyta. Samtidigt är det många privata ägare till småhusen och det kan vara svårt att motivera energibesparande åtgärder på klimatskalen.

Tak
Nedan redovisas U-värdet för horisontella vindsbjälklag, stödbensväggar och snedtak. Eftersom tak- och vindskonstruktionerna ser olika ut för de olika byggnaderna skall man inte dra för stora slutsatser av isoleringsgraden hos en viss del utav vindsutrymmet. I materialet finns både traditionella kallvindar med horisontellt vindsbjälklag och vindsutrymmen där delar är isolerade.

Småhus

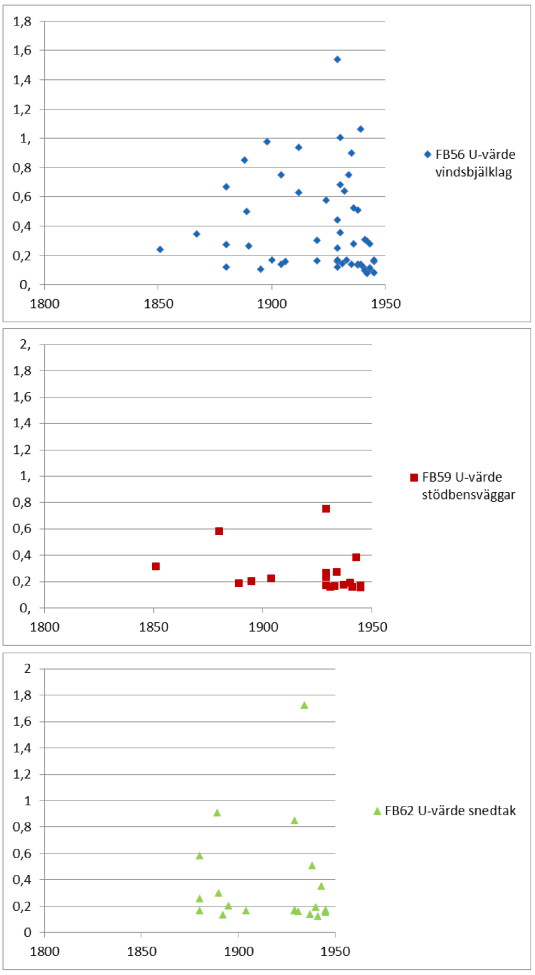
I Figur 37 redovisas U-värdet för vindsbjälklag, stödbensvägg och snedtak i småhus.



Figur 37. U-värde i vindsbjälklag, stödbensvägg respektive snedtak i småhus.

Flerbostadshus

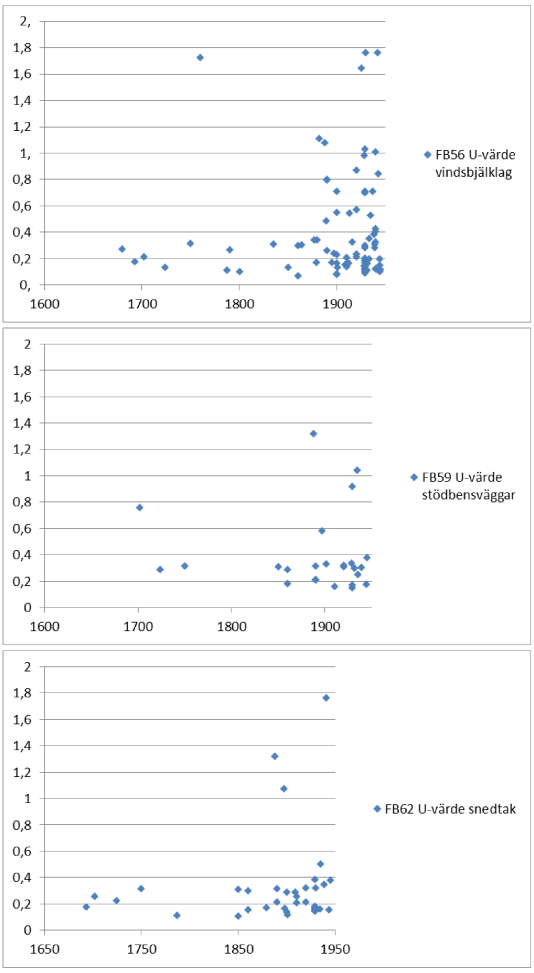
I Figur 38 redovisas U-värdet för vindsbjälklag, stödbensvägg och snedtak i flerbostadshus.



Figur 38. U-värde i vindsbjälklag, stödbensvägg respektive snedtak i flerbostadshus.

Lokaler

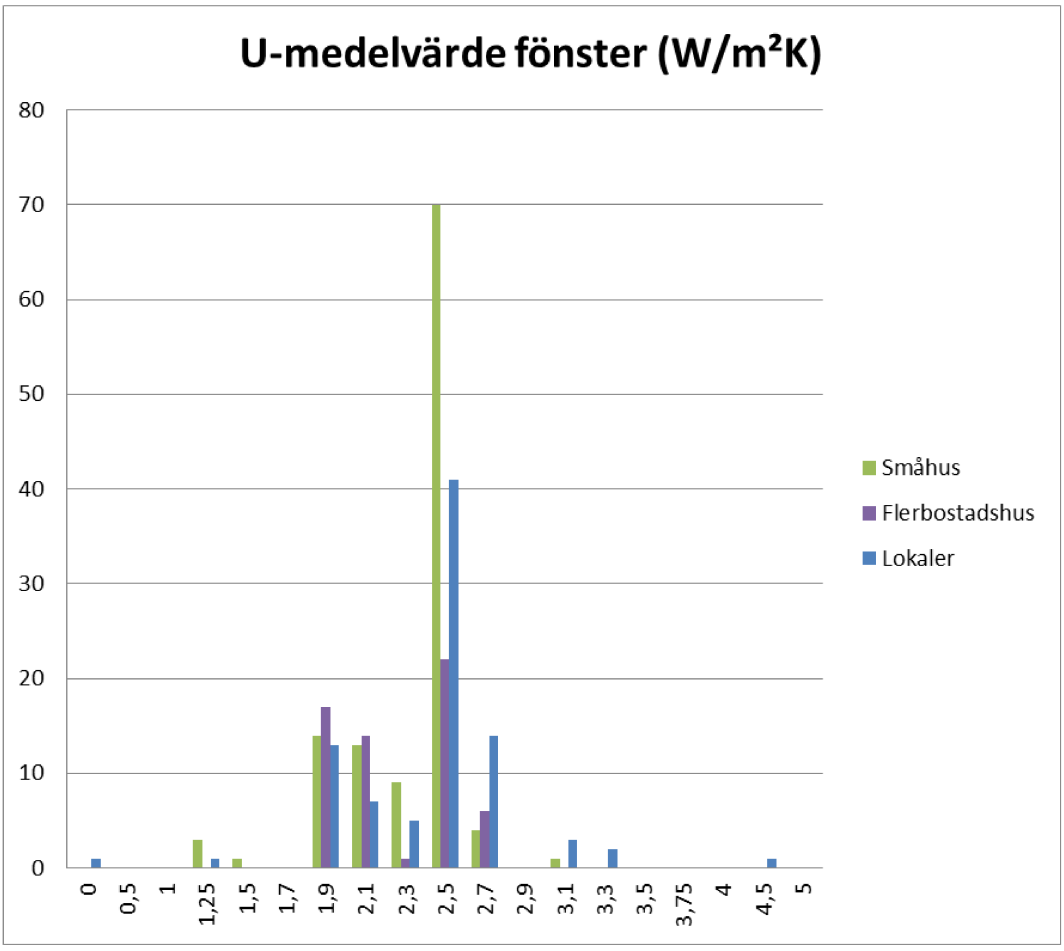
I Figur 39 redovisas U-värdet för vindsbjälklag, stödbensvägg och snedtak i lokaler.



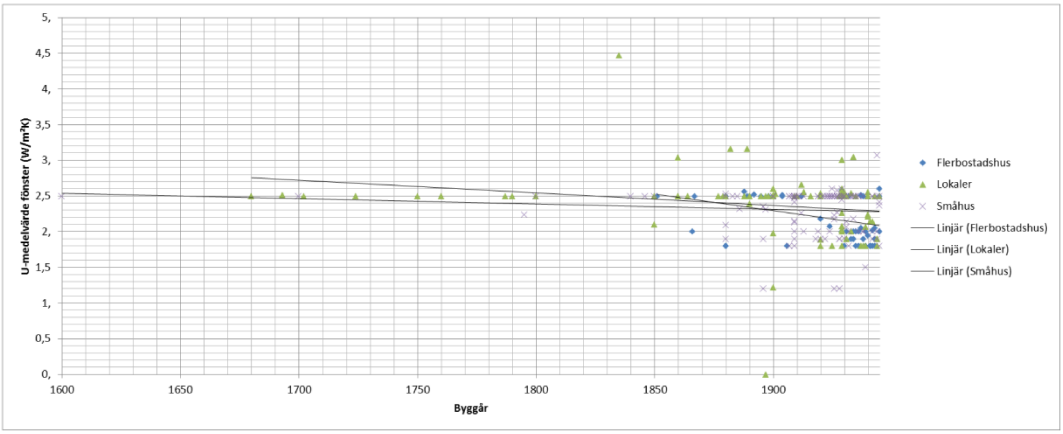
Figur 39. U-värde i vindsbjälklag, stödbensvägg respektive snedtak i lokaler.

Fönster

I Figur 40 anges antalet fönster inom ett visst intervall på U-värdet som bedömts inom BETSI-undersökningen. (Intervallen på U-värdet delas in enligt följande:
0, -0,5, -1, -1,25, -1,5, -1,7, -1,9, 2,1, -2,3, -2,5, -2,7, -2,9, -3,1, -3,3, -3,5, -3,75, -4, -4,5, -5).



Figur 40. Diagrammet anger fördelningen av U-medelvärdet hos fönster som ingår i BETSI-undersökningen och byggdes 1945 eller tidigare.



Figur 41. Medel U-värdet på fönster i småhus, flerbostadshus och lokaler fördelade på byggår. I diagrammet är trendlinjen för U-värdet i respektive byggnadstyp inritat.

Ur Figur 41 kan man utläsa att yngre byggnader har fönster med bättre U-värde. Trenden är tydligast för flerbostadshusen.

Exempel
I Tabell 35 följer ett beräkningsexempel där samtliga fönster med ett U-värde större än 2,3 W/m²K renoveras till eller byts ut mot ett fönster med ett U-värde på 1,5 W/m²K i de småhus och flerbostadshus byggda 1945 eller tidigare som ingår i BETSI-undersökningen.

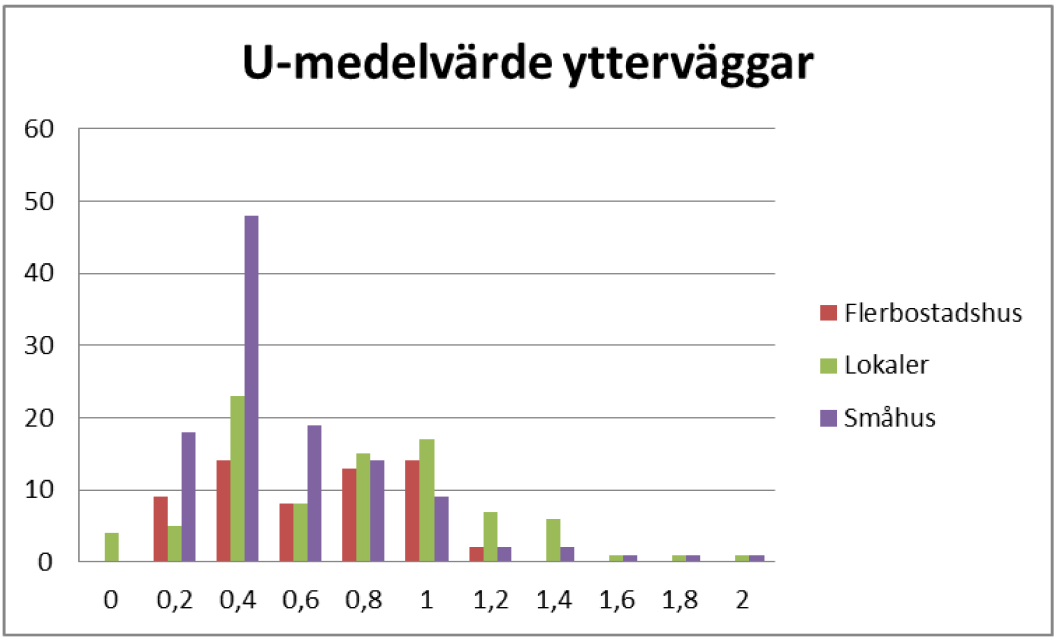
Tabell 35. Beräkning av minskning av transmissionsförluster då samtliga fönster med höga U-värden byts ut eller renoveras till fönster med lägre U-värde.

	Småhus	**Flerbostadshus**
Totalt antal undersökta byggnader	115	60
Antal med U-fönster över 2,3	75	28
Andel byggnader med fönster över U 2,3 (%)	65	47
Totala transmissionsförluster genom fönster (summa UA-fönster) (W/K)	6439	29428
Totala transmissionsförluster genom fönster där U > 2,3 (W/K)	4615	17388
Totala transmissionsförluster genom fönster om alla U-fönster >2,3 sänks till 1,5 (W/K)	4595	22431
Minskning av transmissionsförluster genom fönster (%)	29	24
Byggnadernas totala transmissionsförluster innan fönsterrenovering (W/K)	28648	92812
Transmissionsförlusterna för byggnaderna minskar med (%) efter fönsterrenoveringen	5	6

I de undersökta småhusen och flerbostadshusen står transmissionsförlusterna genom fönstren för 22 respektive 31 % av de totala transmissionsförlusterna. I Tabell 35 anges transmissionsförlusterna som effektbehov i enheten W/K. För att beräkna energiförlusterna (kWh) måste tabellen värden multipliceras med gradtimmar (°Ch) för aktuell ort eller ett genomsnitt för Sverige.

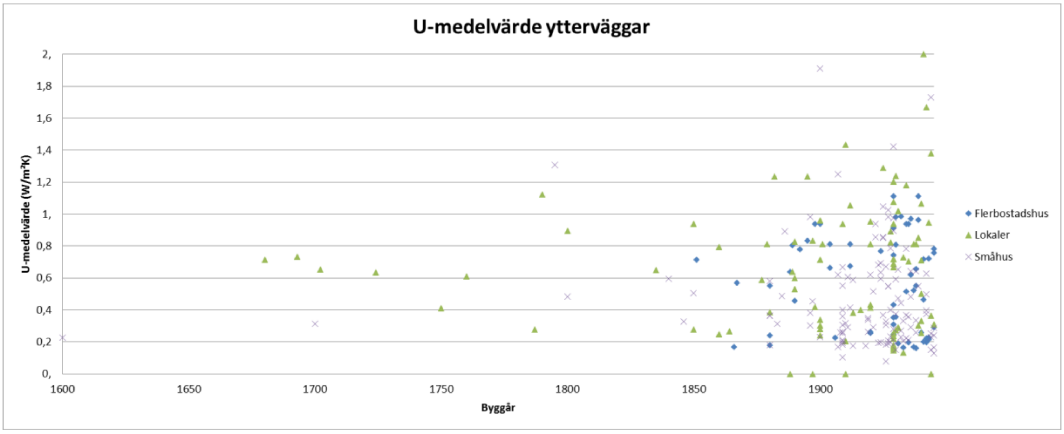
Ett tredje glas med LE-skikt på befintlig båge motsvarar ungefär U=1,3 (Energimyndigheten 2006). Genom att komplettera befintliga 1-glas fönster med en isolerruta (2-glas argonfylld med två LE-skikt) kan ett U-värde på 1 W/m²K för hela fönstret uppnås (SINTEF 2012). Det är knappast realistiskt att nå ner till U=1,0 i samtliga fönster i byggnader byggda före 1945 men ett genomsnitt på 1,5 borde gå att uppnå utan att stora kulturhistoriska värden går förlorade. Detta förutsätter att samtida fönster renoveras och kompletteras snarare än byts ut.

Ytterväggarnas U-värde
I Figur 42 redovisas antalet småhus, flerbostadshus och lokaler med ett genomsnittligt U-värde inom olika intervaller.



Figur 42. Antalet småhus, flerbostadshus och lokaler med ett genomsnittliga U-värde inom olika intervall.

I Figur 43 redovisas det genomsnittliga U-värdet och byggåret för varje enskild byggnad.



Figur 43. Medel U-värde för ytterväggarna i småhus, flerbostadshus och lokaler och deras respektive byggår.

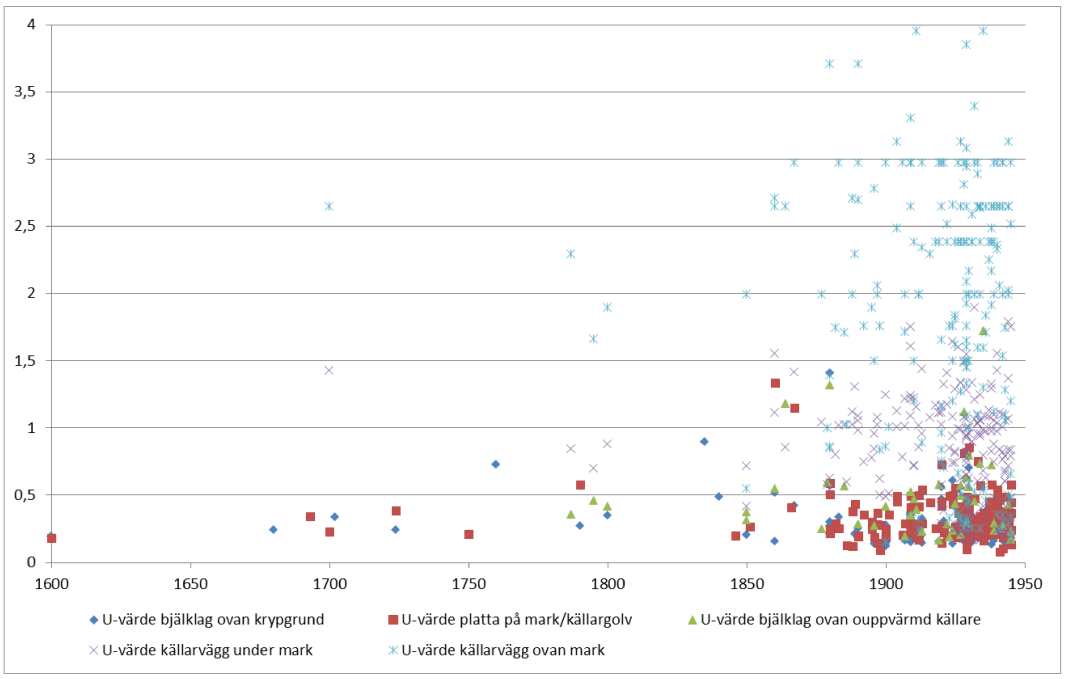
Grundens U-värde
I Tabell 36 anges det medel U-värdet för de olika byggnadsdelarna i grunden uppdelat på byggnadstyp. Grundläggningen varierar i de undersökta byggnaderna och krypgrund och ouppvärmd källare är väldigt ovanligt i de undersökta flerbostadshusen.

Tabell 36. Genomsnittligt U-värde för de olika byggnadsdelarna i grunden.

Byggnadstyp	**Medel U-värde för byggnadsdel** (W/m^{2}K)				
	Bjälklag ovan krypgrund	Platta på mark/källar-golv	Bjälklag ovan oupp-värmd källare	Källarvägg under mark	Källarvägg ovan mark
Småhus	0,284	0,289	0,439	0,917	1,897
Flerbostadshus	0,349	0,389	0,585	0,817	1,780
Lokaler	0,299	0,336	0,505	0,802	1,899

Generellt sett är källarväggarna dåligt isolerade i alla byggnadstyperna. I flerbostadshusen är de flesta källare uppvärmda men i småhus och lokaler fördelningen jämnare mellan uppvärmda och ouppvärmda källare.

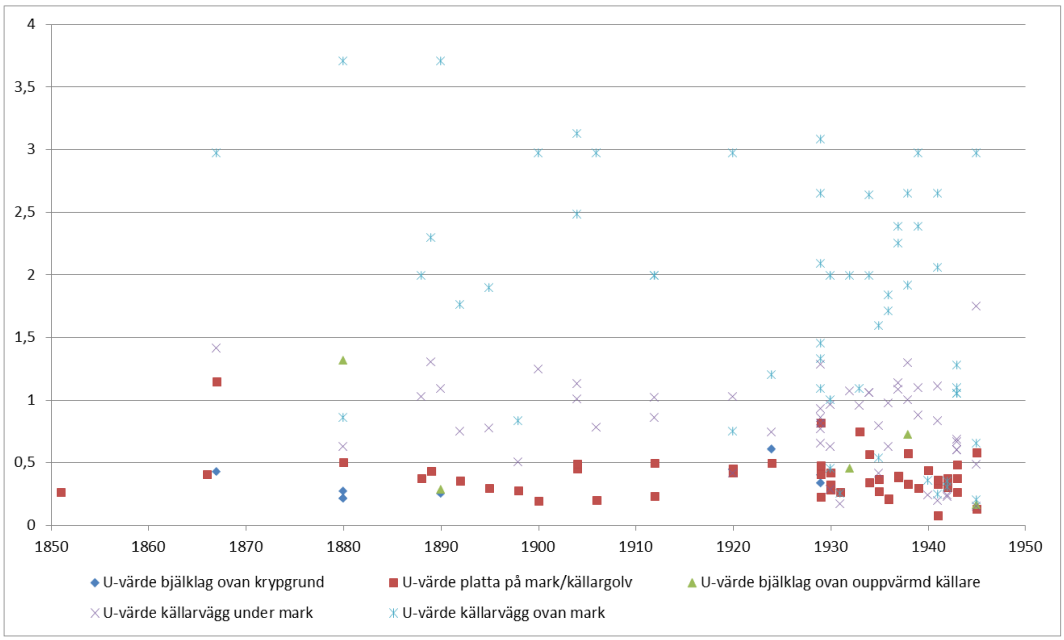
Småhus
I Figur 44 presenteras U-värdet för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund fördelat på byggnadsår.



Figur 44. U-värdet för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund i småhusen i BETSI-undersökningen.

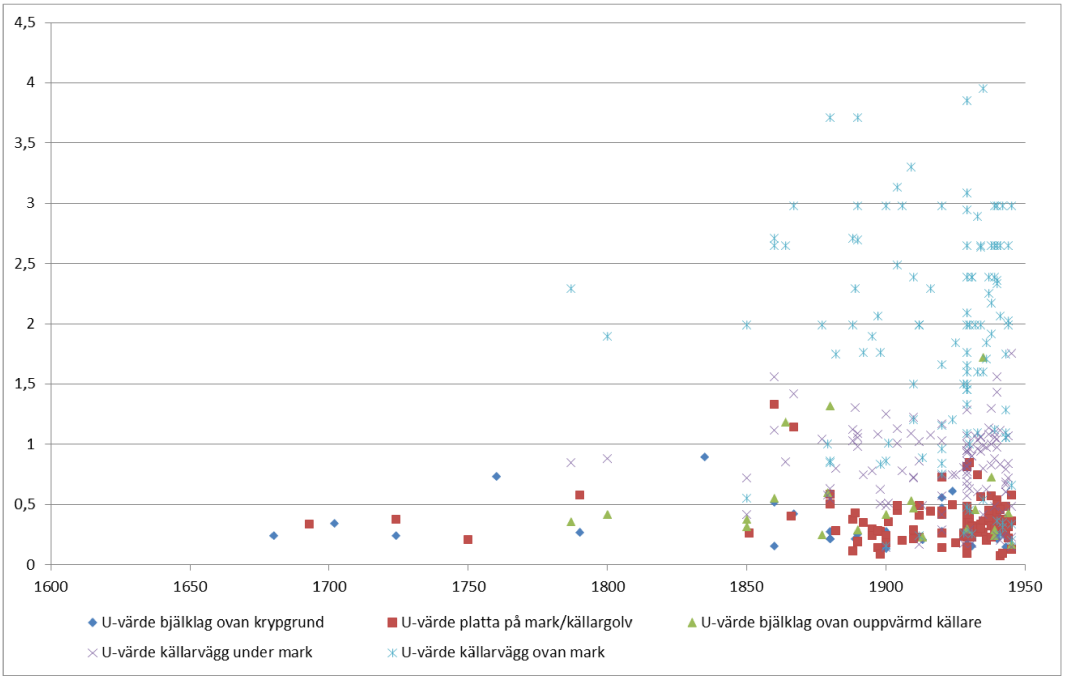
Många källarytterväggar har höga U-värden, främst ovan mark. Dock finns det flera källarväggar med lägre U-värde (runt 0,5 W/m²K enligt besiktningsprotokollen).

Flerbostadshus
I Figur 45 anges U-värdet för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund i flerbostadshus fördelat på byggnadsår.



Figur 45. U-värdet för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund i flerbostadshusen i BETSI-undersökningen.

Lokaler
I Figur 46 anges U-värdet (enligt besiktningsprotokollet) för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund i lokaler.



Figur 46. U-värdet för olika byggnadsdelar i källare eller krypgrund i lokaler i BETSI-undersökningen.

Även i lokaler och flerbostadshus är U-värdet på källarväggarna höga. I ett fåtal fall används utvändig isolering på källaryttervägggarna där cellplast är vanligast men

mineralull förekommer också. Detta gäller för samtliga byggnadstyper (småhus, flerbostadshus och lokaler). En luftspaltbildande skiva är vanligare än isolering.

Tilläggsisolering
I BETSI-undersökningen efterfrågas om det finns förutsättningar för utvändig tilläggsisolering av fasad respektive vindskonstruktion. I Tabell 37 anges om det finns hinder för tilläggisolering av de två byggnadsdelarna.

Tabell 37. Sammanställning av möjligheten att tilläggsisolera av fasad och vind.

	Utvändig tilläggsisolering av fasad			**Utvändig tilläggsisolering av vindskonstruktion**		
	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
Inte möjligt att tilläggsisolera	30	24	43	28	16	25
Möjlig att tilläggsisolera	71	19	30	70	27	47
Tveksamt	14	17	12 (3)*	15 (2)*	16 (1)*	10 (6)*

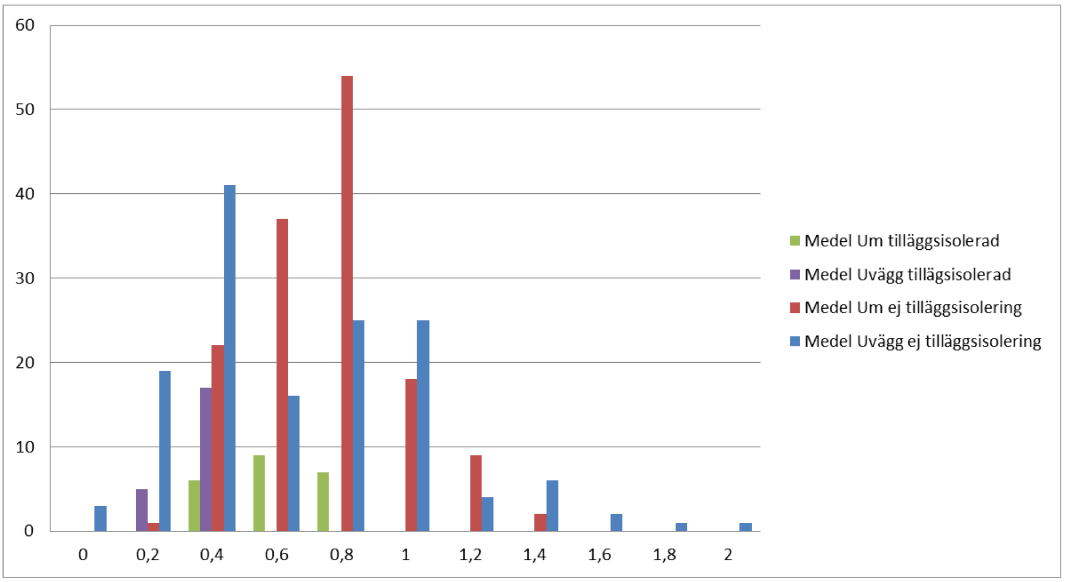
* Siffra inom parantes anger antal där svara saknas.

De hinder besiktningsmännen angett för tilläggsisolering av fasad finns sammanställt i Tabell 38.

Tabell 38. Orsaker till varför fasader har bedömts som tveksamma att tilläggsisolera utvändigt.

Hinder för tilläggsisolering av fasad	**Småhus**	**Flerbostadshus**	**Lokaler**	**Totalt**
Redan utförd	10	9	3	22
Skyddad (Kulturmärkt/blåmärkt/byggnads-minnesmärkt\bevarandeplan)	9	9	29	47
Estetiska skäl	5	3	4	12
Tegelfasad	2	5	5	12
Putsad fasad	0	1	2	3
Takutsprång saknas eller är för litet, ingen takfot	5	4	4	13
Övriga konstruktionsmässiga skäl	5	1	3	9

I Figur 47 anges U-värdet för de fasader som tilläggsisolerats och som bedömts inte möjliga att tilläggsisoleras (småhus, flerbostadshus och lokaler) samt medel U-värdet för byggnadernas klimatskal (U_m).



Figur 47. Medel U-värde för fasader som är tilläggsisolerade samt fasader som inte går att tilläggsisolera. Byggnadernas medel U-värde (U_m) anges också.

I BETSI-undersökningen har man också angett om det finns hinder för att tilläggsisolera vindarna och i Tabell 39 finns en sammanställning av dessa hinder.

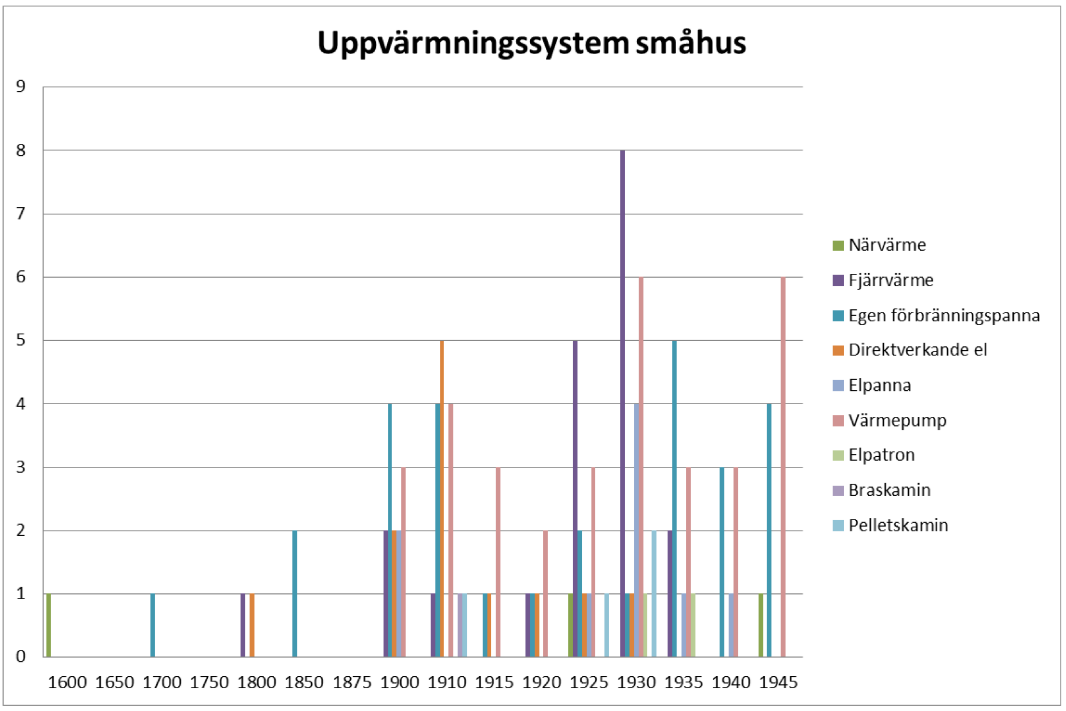
Tabell 39. Orsaker till varför vindar har bedömts som tveksamma att tilläggsisolera utvändigt.

Hinder för tilläggsisolering av vind	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler	Totalt
Redan utförd	6	5	5	16
Inredd vind	3	4	1	8
Vindsförråd + installationsutrymmen	0	6	2	8
Skyddad (Kulturmärkt/blåmärkt/byggnads-minnesmärkt\bevarandeplan)	4	3	9	16
Estetiska skäl	3	1	1	5
Trångt, svåråtkomligt, små ytor	8	0	2	10
Skadad, fuktproblem	2	1	0	3
Övriga konstruktionsmässiga skäl	9	0	4	13

Uppvärmningssystem

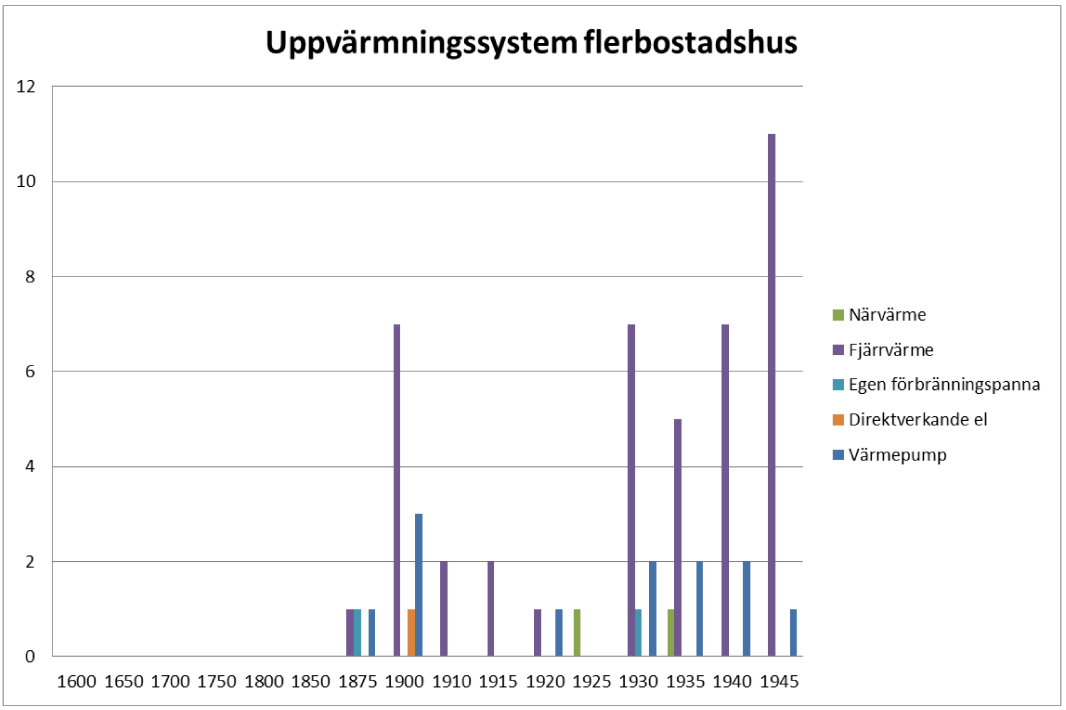
Småhus

I Figur 48 visas det huvudsakliga uppvärmningssystemet för småhusen i BETSI-undersökningen som är byggda 1945 eller tidigare. Många byggnader har kombinationer av uppvärmningssystem och om två system står för lika stor andel (50/50%) är dessa byggnader inte medräknade.



Figur 48. Uppvärmningssystem för småhus fördelat på olika tidsperioder.

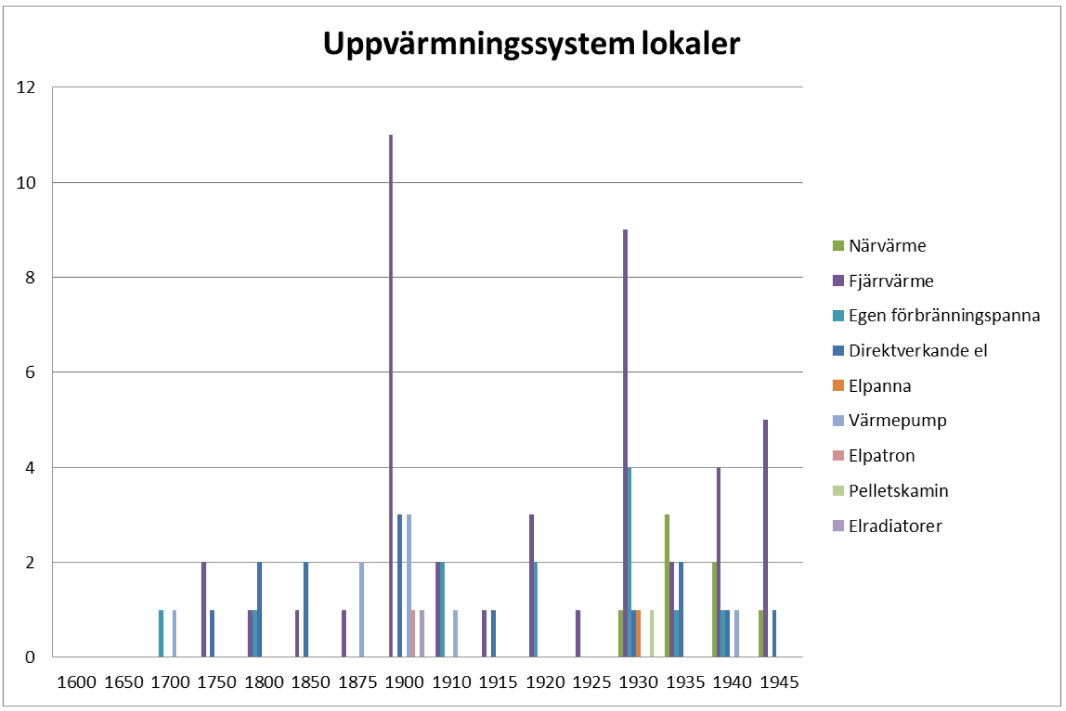
Flerbostadshus
I Figur 49 redovisas uppvärmningssystemen för flerbostadshusen.



Figur 49. Uppvärmningssystem för flerbostadshus fördelat på olika tidsperioder.

Fjärrvärmen är helt dominerande som uppvärmningssystem för flerbostadshusen i undersökningen.

Lokaler
De uppvärmningssystem som används i lokaler redovisas i Figur 50.



Figur 50. Uppvärmningssystem för lokaler fördelat på olika tidsperioder.

Även för lokaler dominerar fjärrvärme som uppvärmningssystem.

I Tabell 40 återfinns en sammanställning av uppvärmningssystemen för småhus, flerbostadshus och lokaler.

Tabell 40. Sammanställning av olika uppvärmningssystem i småhus, flerbostadshus och lokaler.

Uppvärmningssystem	**Småhus**	**Flerbostadshus**	**Lokaler**
Närvärme	3	2	7
Fjärrvärme	20	43	43
Egen förbränningspanna	28 [1]	2	12
Direktverkande el	12	1	14
Elpanna	9		1
Värmepump	33	12	8
Elpatron	2		1
Braskamin	1		
Pelletskamin	4		1
Elradiatorer			1

[1] I småhus med egen förbränningspanna eldar 21 med ved, flis eller spån och 7 med olja.

Bilaga 9: Förenklad Åtgärd-konsekvensmatris

Nedan följer en generell tvärvetenskaplig bedömning av ett urval av energibesparande åtgärder. Vid bedömningen har man utgått från att åtgärderna skall användas i ett fiktivt enfamiljhus i trä byggt på 1920-talet.

Grund

Byggnadsdel	Åtgärd	Konsekvens								
Grund		Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Källare	Generellt om utvändig tilläggsisolering av källare	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Byggnadens exteriöra karaktär går lätt förlorad även vid ändringar	Ingen interiör påverkan	Kan vara svårt att återställa till ursprungligt skick efter åtgärden	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Befintlig konstruktion blir varmare och torrare
Källare	Generellt om invändig tilläggsisolering av källare	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Eventuell invändiga bevarandevärden påverkas	Eventuell invändiga bevarandevärden påverkas	Risk för fukt-relaterade skador som kan påverka innemiljön negativt	Risk för fuktrelaterade skador
Krypgrund	Generellt om tilläggsisolering av krypgrund	Minskar transmissions-förlusterna		Kryprummet blir kallare och fuktkänsligare under delar av året	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Ingen interiör påverkan	Ingrepp vid åtgärden kan vara oåterkalleliga	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Kan ge upphov till fuktrelaterade problem
Platta på mark	Generellt om tilläggsisolering av platta på mark	Minskar transmissions-förlusterna		Vid invändig tilläggsisolering blir bottenplattan kallare	Konstruktionen bör kunna bära åtgärden	Ingen exteriör påverkan	Ingen interiör påverkan	Ingrepp vid åtgärden kan vara oåterkalleliga	Förbättrar den termiska komforten inomhus	Kan ge upphov till fuktrelaterade problem
Källare	Tilläggsisolera bjälklag ovanför källare underifrån									
Källare	Byta ut befintlig isolering i bjälklag ovan källare									
Källare	Utvändig isolering av källarvägg under mark									
Källare	Utvändig isolering av källarvägg ovan mark									
Källare	Invändig isolering av källarvägg									
Källare	Isolering av bottenplatta i källare ovanifrån									
Källare	Borttagning av befintligt källargolv, markisolering och nytt golv									
Krypgrund	Tilläggsisolera bjälklag ovanför krypgrund underifrån									
Krypgrund	Byta ut befintlig isolering i bjälklag ovan krypgrund									
Krypgrund	Utvändig isolering av krypgrundsvägg									
Krypgrund	Invändig isolering av yttervägg och mark i krypgrund									

I excel-filen finns ytterligare kommentarer under varje ruta (RenoveraK.se)

Yttervägg

Åtgärd	Konsekvens								
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Utvändig tilläggsisolering - generellt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare		Stor påverkan på byggnadens karaktär		Svårt att återställa till ursprungligt skick	Förbättrad termisk komfort	
Invändig tilläggsisolering - generellt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare			Invändiga bevarandevärden påverkas	Svårt att återställa till ursprungligt skick	Varmare innerytor men ökad risk för köldbryggor och sämre luftkvalité	
Utvändig tilläggsisolering - mineralull	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare		Stor påverkan på byggnadens karaktär		Svårt att återställa till ursprungligt skick	Förbättrad termisk komfort	
Invändig tilläggsisolering - mineralull	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare			Invändiga bevarandevärden påverkas	Svårt att återställa till ursprungligt skick	Varmare innerytor men ökad risk för köldbryggor och sämre luftkvalité	
Vacuumpaneler, utvändigt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir varmare och torrare		Stor påverkan på byggnadens karaktär		Svårt att återställa till ursprungligt skick	Förbättrad termisk komfort	
Vacuumpaneler, invändigt	Minskar transmissions-förlusterna		Befintlig konstruktion blir kallare och fuktkänsligare			Invändiga bevarandevärden påverkas	Svårt att återställa till ursprungligt skick	Varmare innerytor men ökad risk för köldbryggor och sämre luftkvalité	

Tak

Åtgärd	Konsekvens								
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Tilläggsisolering av vindsbjälklag - generellt	Minskar transmissions-förlusterna		Kan göra vindsutrymmet fuktkänsligare		Normal ingen påverkan	Ingen påverkan		Förbättrad termisk komfort inomhus	Kan göra vindsutrymmet fuktkänsligare
Tilläggsisolering av yttertak - generellt	Beror på om vinddsutrymmet är inrett eller ej		Beror av konstruktionens funktion		Kan påverka byggnadens karaktär	Ingen påverkan	Inte säkert det går att återställa i ursprungligt skick	Beror på om vinddsutrymmet är inrett eller ej	
Tilläggsisolering - kattvindar, stödbensväggar, yttertak och kallvind									
Ersätt befintligt isolermaterial med ny isolering									
Komfortisolering på insidan av yttertakets sneda del									
Tilläggsisolering av bjälklag mot kallvind									
Utvändig tilläggsisolering av yttertak									

Fönster

Åtgärd	Konsekvens								
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Förbättring av fönster energiprestanda - generellt									
Lufttätning av fönster och dörrar - generellt									
Befintliga fönster renoveras - innerglas med LE-skikt									
Fönsterbyte									
Innerglas ersätts med isolerruta									
Komplettering med innerbåge									

Lufttäthet

Åtgärd	Konsekvens							
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)
Generell förbättring av lufttäthet i klimatskärm								

Installationsteknik

Andra åtgärder

Åtgärd	Konsekvens								
	Energianvändning	Ekonomi, LCC	Fukt, beständighet	Hållfasthet, beständighet	Bevarandevärden exteriört	Bevarandevärden interiört	Reversibilitet	Innemiljö (termisk komfort, luftkvalité, luftrörelse, ...)	Robusthet, underhållsbehov
Temperatur-sänkning - generellt									
Temperatur-sänkning periodvis / behovsstyrning - generellt									

Bilaga 10: Fuktgranskning med ByggaF

I bilaga presenteras en granskning av fuktsäkerheten då ett antal energibesparingsåtgärder genomförs i ett enfamiljshus i trä från 1920-talet.

Åtgärdspaket 1

Tak och vind

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETi6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Tak och vind

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns i nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Riskvärde**	**Risksänkande åtgärder** Aktivteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt riskvärde**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
Sadeltak, 45° Sektion A1	Snö och is, smältvatten, yrsnö	• Avvattning varmt tak, kallt tak. • Frysrisk i stup- och hängrännor • Yrsnö i ventilerade konstruktioner • Finns snöfickor på taket? • Risk för återfrysning	Tilläggsisolering 600 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför kallare yttertak vilket minskar sannolikheten för snösmältning och isbildning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka temperaturen på vinden.	+	Kallt tak, liten risk för isbildning.	1	2	2		0	0	0			
	Stående vatten	• Taklutning, takform • Välj takmaterial som rek. för vald taklutning och underlag • Tätskikt • Utförande av genomföringar, anslutningar, infästningar, skarvar, överlapp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Rinnande, drivande vatten, slagregn	• Utforma taket så att vattnet kan rinna av och inte in i anslutningar, skarvar, spalter, fogar • Ventilerade spalter • Rörelser vid temperaturändring • Vattenavledande bleck, plåtar • Rätt antal brunnar • Finns genomföringar i anslutning till brunnar? • Placering av brunnar i lågpunkter • Tillgänglighet för rensning av brunnar, hängrännor och stuprännor • Breddavlopp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion till följd av ånghaltsskillnader	• Placering av ångspärr • Kontrollera fukttillstånd vid vinterfall, sommarfall • Håltagning i ångspärr vid genomföringar, infästningar (speciellt viktigt då ånghaltsskillnaden är stor) måste tätas • Ventilera bort kondenserat vatten • Fuktbuffring i takmaterialen • Kritisk fuktnivå för ingående material • Köldbryggor • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor	Vindsbjälklaget har en ångöppen takpapp (Z=20 000 s/m, uppskattat). Fuktdiffusion från bostad till vind kommer att ske. Fukttillskottet inomhus bedöms kunna variera ganska mycket beroende på antal personer och boendevanor (jämför pensionärspar med barnfamilj). Tilläggsisolering av vindsbjälklag/stödbensvägg (600 mm) medför kallare vindsutrymme vilket innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga på vinden under uppvärmningssässongen. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka temperaturen på vinden. Ej heller luftomsättningen inomhus. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt.	-	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	4	2	8	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i vindsbjälklaget inkl. stödbensväggar (insidan). De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Fuktkonvektion till följd av tryckskillnader och luftläckage	• Undertryck inne • Fukttillskott • Lufttäthet för att hindra konvektion. Klämda skarvar, tejpade skarvar, tätning runt genomföringar, luckor • Lufttäthet vid anslutningar, genomförningar • Temporärt invändigt övertryck	Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt, sågspånsisolering och spontat brädgolv bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i vindsbjälklaget (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten högst väsentligt. Självdragssystem i kombination med elvärme (luftvärmepump) och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus gentemot vind. Fukttillskottet inomhus bedöms kunna variera ganska mycket beroende på antal personer och boendevanor (jämför pensionärspar med barnfamilj). Summa sumarium bedöms risken för fuktkonvektion från bostad till vind finnas i ursprungligt utförande men alltså minska om lufttätande åtgärder vidtas. Tilläggsisolering av vindsbjälklag/stödbensvägg (600 mm) medför kallare vindsutrymme vilket innebär ökad relativ fuktighet på vinden under uppvärmningssässongen (dvs en försämring) men mot bakgrund till att fuktbelastningen antas minska (pga minskad fuktkonvektion) så är den samlade bedömningen att energieffektiviseringsåtgärderna kommer att förbättra fuktförhållandena på vinden. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka temp. på vinden. Ej heller tryckbilden över klimatskärmen eller luftomsättningen inomhus.	+	Konsekvensvärde 3 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 4.	2	3	6	Genom att innstallera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas. De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	2	2	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetsäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Fukt från uteluften	• Ventilerade tak • Temperatursänkning pga nattutstrålning	Tilläggsisolering av vindsbjälklag/stödbensvägg (600 mm) medför kallare vindsutrymme vilket innebär ökad relativ fuktighet på vinden under uppvärmningssässongen. Vindsutrymmet antas vara uteluftsventilerat men med begränsad ventilation, dvs det finns inga konstruktiva ventilationslösningar (så som tex. öppen takfot, öppen nock eller gavelventiler) utan ventilering sker enbart genom luftotätheter. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka temperaturen på vinden.	-		3	2	6		0	0	0	Vinden bör inspekteras påföljande vintrar efter tilläggsisolering med avsende på förändringar/fuktskador. Vid misstänkta försämringar kontaktas fuktkonsult.		
	Fukttillskott från installationer	• Ventilations- eller avluftningskanaler får inte ha utlopp på vinden Roterande värmeväxlare med fuktåtervinning får inte leda till problem	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Nederbörd under byggtiden	• Möjlighet att bygga provisoriskt tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Uttorkning av byggfukt från betong och lättbetong	• Uttorkningstider för betong • Ångspärr på vindsbjälklaget? • Rengöring av betongytor innan ångspärr eller fuktspärr läggs på. • Tillförd fukt under byggtiden	Åtgärderna påverkar ej risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä	• Fuktigt material som byggs in. • Tillförd fukt under byggtiden • Specificera högsta tillåtna FK för trä innan inbyggnad	Förutsättningarna för att hantera byggfukt är goda då arbetet sker väderskyddat (under befintligt yttertak). Om fuktinnehåll beaktas vid beställning av byggmaterial och materialet hanteras och förvaras väl så är byggfukt inte några problem.	0		2	2	4	Beställ "torrt" byggmaterial. Utför mottagningskontroll. Förvara byggmaterial inomhus.	1	2	2	Fuktkrav på levererat material, mottagningskontroll och plan för hantering av byggmaterial på		
	Läckage från installationer på tak	• Placering av vattenrör så att läckage kan upptäckas snabbt och så att skadorna minimeras.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Tilläggsisolering av vindsbjälklag/stödbensvägg (600 mm) medför kallare vindsutrymme vilket innebär ökad relativ fuktighet på vinden under uppvärmningssässongen. Det innebär att det blir svårare att torka ut fukt under uppvärmningssäsongen men konsekensensen av ett läckage är vanligtvis så omfattande att åtgärden sannolikt inte påverkar konsekvensen av ett läckage.	0		0	0	0		0	0	0			
	Kondens från kalla installationer	• Tillräckligt tjock kondensisolering för att undvika kondens på kalla rör.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Ytterväggar och fasad

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETI6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Ytterväggar och fasader

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risknivå	**Risksänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Nytt risknivåvärde	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
Yttervägg, plankvägg med träpanel. Sektion A1	Slagregn	• Uttorkning av regn som absorberats av fasadmaterial Frostbeständigt material i skalmur, fasad • Luftspalt, dränering, luftning • Inget fogbruk i luftspalt • Avvattning från fasad • Lutning på vattenavledande plåtar • Takutsprång för att minska belastning av slagregn • Flerstegstätning i fogar i fasader och fönster • Sommarkondens till följd av slagregn • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Energieffektiviseringen omfattar inga utvändiga åtgärder. Däremot ingår åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet vilket i alla fall rent teoretiskt skulle kunna påverka drivkraften för vatten att läcka in i konstruktionen vid slagregn. För att vatten skall pressas in genom en otätthet i fasaden krävs dels en otäthet, dels en tryckskillnad. Lufttätande åtgärder kommer inte påverka tryckskillnaden över ytterväggen men däremot arean på otäthetema vilket rent teoretiskt skulle kunna påverka flödet. Vår bedömning är dock att denna effekt är mycket liten men om den har någon praktisk betydelse så verkar den i rätt riktning, dvs risksänkande.	0		0	0			0	0	0			
	Vattenfilm, rinnande vatten	• Fogar • Anslutningar, genomföringar, skarvar, fogar • Droppbleck, vattenavledande plåtar • Lämpligt färgsystem	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Energieffektiviseringen omfattar inga utvändiga åtgärder. Däremot ingår åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet vilket i alla fall rent teoretiskt skulle kunna påverka drivkraften för vatten att läcka in i konstruktionen vid slagregn. För att vatten skall pressas in genom en otätthet i fasaden krävs dels en otäthet, dels en tryckskillnad. Lufttätande åtgärder kommer inte påverka tryckskillnaden över ytterväggen men däremot arean på otäthetema vilket rent teoretiskt skulle kunna påverka flödet. Vår bedömning är dock att denna effekt är mycket liten men om den har någon praktisk betydelse så verkar den i rätt riktning, dvs risksänkande.	0		0	0			0	0	0			
	Vatten stänk från mark	• Sockelhöjd • Anslutning sockel-fasad • Inga rabatter i direkt anslutning till byggnaden	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Konstruktionen har vattbräda och hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktkonvektion	• Säkerställ undertryck inne • Förutsätt temporärt övertryck inne • Lufttäthet för att hindra konvektion. • Beständig täthet vid genomföringar, skarvar och anslutningar	Åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet genomförs vilket kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt och spontad plankstomme bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten väsentligt. Självdragssystem i kombination med förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för (tillfälliga) övertryck inomhus på framförallt andra våning. Fukttillskottet inomhus bedöms vara förhållandevis lågt. Summa sumarium bedöms det finnas en risk för fuktkonvektion i ursprungligt utförande, framförallt på andra våning, vilken bedöms minska om lufttätande åtgärder vidtas. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka tryckbilden över klimatskärmen eller luftomsättningen inomhus.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 4.	2	2	4	Genom att installera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	1	1	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Fuktdiffusion	• Ångspärr rätt placerad • Täthet vid genomföringar, skarvar, anslutningar • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor mm • Undvik köldbryggor • Speciella rum med hög luftfuktighet som våtrum, tvätt, befuktade rum	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka luftomsättningen inomhus. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt. **För den översta delen av ytterväggen (vid taktvinden) innebär tilläggsisoleringen av vinden (stödbensväggen och mellanbjälklaget) att denna begränsade del av ytterväggen kommer att hamna kallare (under uppvärmningssässongen) och därmed fuktigare (högre RF). Jämför med invändig tilläggsisolering av yttervägg.**	0	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i ytterväggen (insidan).	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Byggfukt i betong och lättbetong	• Uttorkning av byggfukt i betong innan tätskikt appliceras • Fuktisolering under syllar som monteras på betongbjälklag • Gipsskivor skall inte monteras direkt mot betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä	• FK vid inbyggnad av trärengelvägg • Omfattning fuktmätning	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Läckage från installationer på eller i vägg och fasad	• Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Dolda installationer i fasad • Läckande stuprör och hängrännor skall inte skada vägg eller fasad	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Grund och källare

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Grund och källare

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Risk/Konsekvens**	**Nytt fukttillstånd**	**Riskskänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt risktillstånd**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
Krypgrundsbjälklag, fyllning av sågspån och kallgrus, blindbotten av bräder. Sektion A1	Slagregn, vattenfilm, drivande vatten	• Avledning av vatten från fasad • Tätning runt ventiler • Tätning av springor, spalter • Vattenuppsugning i tegel, puts, betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har vattbräda och hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattenstänk från mark	• Sockelhöjd tillräcklig för att hindra vattenstänk från marken	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har vattbräda och hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vatten på mark	• Avledning av regnvatten från byggnaden • Lutning från byggnaden • Markens beskaffenhet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion pga ånghaltsskillnad	• Hög ånghalt i våtrum • Ytskikt på insida källarvägg eller motfyllid vägg	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka luftomsättningen inomhus. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fukttillskott i ventilerade konstruktioner	• Fukttillståndet i uteluftsventilerade konstruktioner (kryprum) årsvariationer • Ventilationsöppningar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Rinnande vatten i eller på marken	• Dräneringsledningens kapacitet och placering • Dränerande material • Rensmöjlighet i brunnar och dräneringsledning • Schaktbotten • Kapillärbrytande skikt	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattentryck	• Stående vatten mot källarvägg och grund • Skvallerfunktion om det börjar läcka	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Ånghalt i mark under platta, bjälklag, i krypgrund	• Markens RF=100 % • Ångspärr • Värmeisolering under grundkonstruktionen • Värmeisolering på utsidan, kallaste sidan • Kontrollera temperaturgradienten över platta på mark (obs speciellt för stora byggnader) • Tag hänsyn till värmekällor i marken, i grunden eller i plattan. Gör beräkning. • Undvik köldbryggor • Luftät konstruktion för att undvika golvdrag, dålig lukt och ev. radon • Undertryck i grunden • Hindra avdunstning av markfukt • Ventilation • Inget organiskt material i krypgrunder eller i kontakt med betongplatta på mark	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i betong	• Uttorkning av byggfukt i betong • Behov av fuktmätningar • Ensidig uttorkning • Kritisk fuktnivå för fuktkänsliga ytskikt och intilliggande material • Tätskikt på insidan i våtrum som förhindrar uttorkning • Rengöring av betongplatta innan fuktspärr appliceras	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid ett läckage • Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Lutning mot golvbrunnar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Övrigt, innemiljö		Förbättring av luftätheten i krypgrundsbjälklaget kommer att minska risken för att dålig lukt och föroreningar från tex fuktskador i grunden att nå innemiljön genom luftläckor.	+		0	0	0		0	0	0			

Mellanbjälklag

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Innerväggar

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Balkonger och terrasser

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Balkonger och terrasser

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Risk/Konsekvens**	**Nytt fukttillstånd**	**Riskskänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt risktillstånd**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
	Stående vatten	• Lutning utåt • Tätskikt • Avvattning	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Drivande vatten	• Anslutningar, fogar, skarvar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Konvektion		Åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet genomförs vilket kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (vid bursprå, balkonger och terasser mm som ansluter till ytterväggen). Självdragssystem i kombination med förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för (tillfälliga) övertryck inomhus på framförallt andra våning. Fukttillskottet inomhus bedöms vara förhållandevis lågt. Summa sumarium bedöms det finnas en risk för fuktkonvektion i ursprungligt utförande, framförallt på andra våning, vilken bedöms minska om lufttätande åtgärder vidtas. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka tryckbilden över klimatskärmen eller luftomsättningen inomhus.	+		0	0	0		0	0	0			

Våtrum

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Våtrum

FUKTSÄKERT ByggaF

Konstruktion Beskrivning och placering	Fuktbelastning Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	Att beakta	Effekten av fuktbelastningen Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten Ange trendriktning (+,-,0)	Uppskattning av fukttillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risk-klass	Riskskänkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Ny risk-klass	Uppföljning i senare skede Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
	Fukttillskott från dusch, bad, tvätt, bastu	• Ångspärr i vägg • Tätskikt på vägg • Vad händer med fukt som kommer in bakom tätskiktet • Placering och montage av brunn • Anslutning till brunn • Skarvar på tätskikt • Rörelser i underliggande material • Genomföringar ledningar, skruvar • Minimerat antal håltagningar	Med tanke på det högre fukttillskottet som normalt sett finns i våtrum är risken för fuktkonvektionsskador extra stor när våtrum finns på översta våning. I ursprunglig konstruktion är vår bedömning att det finns risk för fuktkonvektionsskador på vinden, speciellt om det finns ett bad-/duschrum på andra våning som används på ett för nuliden vanligt sätt, dvs mer frekvent än när huset byggdes. Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Förbättring av klimatskärmen luftätthet kommer att minska risken för fuktkonvektion. Det är svårt att bedömma luftätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt, sågspånsisolering och spontat brädgolv bör kunna vara ganska luftätt. Däremot finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i vindsbjälklaget (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar luftätheten högst väsentligt. Självdragssystem i kombination med förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för (tillfälliga) övertryck inomhus gentemot ute/vind. Fukttillskottet inomhus kan förväntas periodvis vara högt i våtrummet, speciellt om självdragssystemet inte kompletterats med från/luftfilakt i badrummet. Tilläggsisolering av vindsbjälklaget/vistbdensväggen (600 mm) medför kallare vindsutrymme vilket innebär ökad relativ fuktighet på vinden/kattvinden under uppvärmningssäsongen (dvs en försämring) men mot bakgrund till att fuktbelastningen antas minska (pga minskad fuktkonvektion) så är den samlade bedömningen att energieffektiviseringsåtgärderna kommer att förbättra fuktförhållandena på vinden. Byte av värmekälla från fjärrvärme till värmepump bedöms ej påverka temperaturen på vinden. Ej heller tryckbilden över klimatskärmen eller luftomsättningen inomhus.	+	Konsekvensvärde 3 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 4.	2	3	6	Genom att innstallera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	2	2	Projektering av luftät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Luftätthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid läckage • Skvallerfunktion • Fuktkänsliga material • Synliga rör och skarvar så att läckage snabbt kan upptäckas • Ledningar för tappvatten med kortare livslängd än byggnadens avsedda brukstid bör vara lätt åtkomliga och lätt att byta ut • Skvallerfunktion - Rörledningar ska förläggas så att eventuellt utläckande vatten snabbt upptäcks • Dolt placerade installationer ska utföras utan fogar • Fogar på tappvattenledningar ska placeras i rum med vattentätt golv eller i särskilda inbyggnader eller i kopplingsskåp • Utrymmen för fogar i inbyggnader, installationsschakt eller kopplingsskåp ska ha vattentät botten och vara försedd med indikering för läckage med tillräcklig kapacitet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Bristande ytskikt och tätskikt i våtrum	• I inbyggnader och installationsschakt ska väggarna vara vattentäta 50 mm över schaktbotten och tätt anslutna till denna	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
WC-stol med inbyggd cistern och inbyggd armatur	Läckage från insatllationer	• WC-stol med inbyggd cistern ska ha spolcistern placerad i ett vattentätt och ventilerat utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv. I WC-rum förses utrymmet där cisternen placeras med tätskikt på golv samt på vägg bakom och på sidor om cistern. 2) Armatur, t.ex. duschblandare ska placeras i ett vattentätt utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Rörgenomföring i golv och vägg med tätskikt	Läckage i tätskikt	• Hål för rörgenomföring i golv- eller väggskiva eller motsvarande ska vara utfört med högst 2 mm mellanrum mellan skiva och rör. 2) Tappvatten-, värme- eller spillvattenrör genom vägg med tätskikt ska vara monterade och fixerade innan tätskiktet monteras sa att rörelse inte kan uppstå mellan rör och vägg med tätskikt. 3) Rörgenomföring med tappvatten- eller värmerör ska inte förekomma i golv med tätskikt. Vid avsättningar för tex WC-stol, hvätställ eller andra avloppsenheter får mått mellan spillvattenrör och väggens tätskikt inte understiga 60 mm. Genomföring av servisledning för tappvatten till småhus ska inte placeras i bad- eller duschrum. Servisledningen förläggas i skyddsrör, mått mellan skyddsrör och väggen får inte understiga 60 mm.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Skruvinfästningar och tätningar i golv eller väggar med tätskikt.	Läckage i infästning	• Skruvinfästningar i våtzon 1 ska göras i massiv konstruktion, i betong reglar eller enligt Våtrumsvägg 2012. 2) Tätning av skruvinfästningar gäller i våtzon 1 och våtzon 2. 3) Tätningsmassan ska fästa mot underlaget vara vattenbeständigt, mögelresistent och åldersbeständigt.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Golvbrunnar	Läckage vid golvbrunn	• Golvbrunnar tillverkade före 1991 eller inte uppfyller kraven enligt standarden SS-EN 1253 ska bytas ut vid renovering gäller även golvbrunnar som inte är monterade och fixerade i bjälklaget enligt nu gällande monteringsanvisningar. 2) Golvbrunn ska vara monterad med ett minsta avstånd av 200 mm mellan väggens tätskikt och yttre fläns. 3) Golvbrunn ska vara monterad och fixerad i bjälklag med de fastsättningshjälpmedel som finns t.ex. monteringsplatta eller fixtur. 4) Golvbrunn ska vara monterad i våg i höjd med anslutande tätskikt och en vågrätt tolerans ±+/- 2 mm. 5) Väggnära golvbrunn som monteras närmare vägg än 200 mm ska golvbrunn och tätskikt vara provade och godkända tillsammans.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Installationer

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Åtgärdspaket 2

Avser åtgärdspaket med utvändig tilläggsisolering av yttervägg.

Tak och vind

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETi6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Tak och vind

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns i nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Riskvärde**	**Risksänkande åtgärder** Aktivteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt riskvärde**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
Sadeltak, 45° Sektion A1	Snö och is, smältvatten, yrsnö	• Avvattning varmt tak, kallt tak. • Frysrisk i stup- och hängrännor • Yrsnö i ventilerade konstruktioner • Finns snöfickor på taket? • Risk för återfrysning	Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder inte kommer att påverka risken för snösmältning och isbildning i någon större utsträckning. Om risken påverkas är det inte självklart om den ökar eller minskar. Detta grundar vi på följande resonemang. Tilläggsisolering 160 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma varma murstocken. Sammanfattnigsvis bedöms respektive åtgärds temperaturförändring ta ut varandra. Detta är en ganska grov uppskattning och det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning och luftväxlingen på vinden. Tilläggas kan att risken för snösmältning lokalt närmast murstocken sannolikt ökar pga den varma murstocken.	0		0	0	0		0	0	0			
	Stående vatten	• Taklutning, takform • Välj takmaterial som rek. för vald taklutning och underlag • Tätskikt • Utförande av genomföringar, anslutningar, infästningar, skarvar, överlapp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Rinnande, drivande vatten, slagregn	• Utforma taket så att vattnet kan rinna av och inte in i anslutningar, skarvar, spalter, fogar • Ventilerade spalter • Rörelser vid temperaturändring • Vattenavledande bleck, plåtar • Rätt antal brunnar • Finns genomföringar i anslutning till brunnar? • Placering av brunnar i lågpunkter • Tillgänglighet för rensning av brunnar, hängrännor och stuprännor • Breddavlopp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion till följd av ånghaltsskillnader	• Placering av ångspärr • Kontrollera fukttillstånd vid vinterfall, sommarfall • Håltagning i ångspärr vid genomföringar, infästningar (speciellt viktigt då ånghaltsskillnaden är stor) måste tätas • Ventilera bort kondenserat vatten • Fuktbuffring i takmaterialen • Kritisk fuktnivå för ingående material • Köldbryggor • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor	Vindsbjälklaget har en ångöppen takpapp (Z=20 000 s/m, uppskattat). Fuktdiffusion från bostad till vind kommer att ske. Fukttillskottet inomhus bedöms kunna variera ganska mycket beroende på antal personer och boendevanor (jämför pensionärspar med barnfamilj). Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus och därmed minskad risk för fuktdiffusion (minskad ånghaltskillnad mellan inne och vind). Tilläggsisolering 160 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden/kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma varma murstocken (kattvinden?). Sammanfattnigsvis bedöms respektive åtgärds temperaturförändring ta ut varandra. Detta är en ganska grov uppskattning och det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga på vinden under uppvärmningssässongen. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt. Det är svårt att bedömma åtgärdernas samlade påverkan på fukttillståndet då det är flera faktorer som påverkar. Vår bedömning är dock att det mesta talar för en mindre förbättring.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	4	2	8	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i vindsbjälklaget inkl. stödbensväggar (insidan). De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Fuktkonvektion till följd av tryckskillnader och luftläckage	• Undertryck inne • Fukttillskott • Lufttäthet för att hindra konvektion. Klämda skarvar, tejpade skarvar, tätning runt genomföringar, luckor • Lufttäthet vid anslutningar, genomförningar • Temporärt invändigt övertryck	Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt, sågspånsisolering och spontat brädgolv bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i vindsbjälklaget (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten högst väsentligt. Är bjälklaget fyllt med kutterspån istället för sågspån så försämrar det lufttätheten. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus gentemot vind. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion från bostad till vind. Tilläggsisolering 160 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden/kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma varma murstocken (kattvinden?). Sammanfattnigsvis bedöms respektive åtgärds temperaturförändring ta ut varandra. Detta är en ganska grov uppskattning och det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga på vinden under uppvärmningssässongen. Mot bakgrund till att fuktbelastningen antas minska (pga minskad fuktkonvektion) så är den samlade bedömningen att energieffektiviseringsåtgärderna kommer att förbättra fuktförhållandena på vinden.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid dålig funktion hos självdragssystemet samt vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Genom att innstallera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas. De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	1	1	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetsäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Fukt från uteluften	• Ventilerade tak • Temperatursänkning pga nattutstrålning	Tilläggsisolering 160 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden/kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma varma murstocken (kattvinden?). Sammanfattnigsvis bedöms respektive åtgärds temperaturförändring ta ut varandra. Detta är en ganska grov uppskattning och det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga (effekten av att ventilera). Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga på vinden under uppvärmningssässongen. Vindsutrymmet antas vara uteluftsventilerat men med begränsad ventilation, dvs det finns inga konstruktiva ventilationslösningar (så som tex. öppen takfot, öppen nock eller gavelventiler) utan ventilering sker enbart genom luftotätheter.	0		2	2	4		0	0	0	Vinden bör inspekteras påföljande vintrar efter tilläggsisolering med avsende på förändringar/fuktskador. Vid misstänkta försämringar kontaktas fuktkonsult.		
	Fukttillskott från installationer	• Ventilations- eller avluftningskanaler får inte ha utlopp på vinden Roterande värmeväxlare med fuktåtervinning får inte leda till problem	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Nederbörd under byggtiden	• Möjlighet att bygga provisoriskt tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Uttorkning av byggfukt från betong och lättbetong	• Uttorkningstider för betong • Ångspärr på vindsbjälklaget? • Rengöring av betongytor innan ångspärr eller fuktspärr läggs på. • Tillförd fukt under byggtiden	Åtgärderna påverkar ej risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä	• Fuktigt material som byggs in. • Tillförd fukt under byggtiden • Specificera högsta tillåtna FK för trä innan inbyggnad	Förutsättningarna för att hantera byggfukt är goda då arbetet sker väderskyddat (under befintligt yttertak). Om fuktinnehåll beaktas vid beställning av byggmaterial och materialet hanteras och förvaras väl så är byggfukt inte några problem.	0		2	2	4	Beställ "torrt" byggmaterial. Utför mottagningskontroll. Förvara byggmaterial inomhus.	1	2	2	Fuktkrav på levererat material, mottagningskontroll och plan för hantering av byggmaterial på byggplatsen.		
	Läckage från installationer på tak	• Placering av vattenrör så att läckage kan upptäckas snabbt och så att skadorna minimeras.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Enligt tidigare resonemang så bedöms åtgärderna inte påverka temperaturen på vinden i någon större utsträckning. Även om åtgärderna skulle resultera i ett kallare vindsutrymme och därmed försämra uttorkningsförmågan så är konsekensensen av ett läckage vanligtvis så omfattande att åtgärden sannolikt inte påverkar konsekvensen av ett läckage.	0		0	0	0		0	0	0			
	Kondens från kalla installationer	• Tillräckligt tjock kondensisolering för att undvika kondens på kalla rör.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Ytterväggar och fasad

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETI6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Ytterväggar och fasader

Konstruktion Beskrivning och placering	Fuktbelastning Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	Att beakta	Effekten av fuktbelastningen Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten Ange trendriktning (+,-,0)	Uppskattning av fukttillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risknivå	Risksänkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Nytt risknivå	Uppföljning i senare skede Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
Yttervägg, plankvägg med träpanel. Sektion A1	Slagregn	• Uttorkning av regn som absorberats av fasadmaterial Frostbeständigt material i skalmur, fasad • Luftspalt, dränering, luftning • Inget fogbruk i luftspalt • Avvattning från fasad • Lutning på vattenavledande plåtar • Takutsprång för att minska belastning av slagregn • Flerstegstätning i fogar i fasader och fönster • Sommarkondens till följd av slagregn • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt	Utvändig tilläggsisolering (60 mm) innebär ny fasad. Med en traditionellt tvåstegstätad konstruktion (fasad med tryckutjämnande och dränerande luftspalt) bedöms risken för slagregnsinträngning minska.	+		2	2	4		0	0	0			
	Vattenfilm, rinnande vatten	• Fogar • Anslutningar, genomföringar, skarvar, fogar • Droppbleck, vattenavledande plåtar • Lämpligt färgsystem	Utvändig tilläggsisolering (60 mm) innebär ny fasad. Med en traditionellt tvåstegstätad konstruktion (fasad med tryckutjämnande och dränerande luftspalt) bedöms risken för slagregnsinträngning minska.	+		2	2	4		0	0	0			
	Vatten stänk från mark	• Sockelhöjd • Anslutning sockel-fasad • Inga rabatter i direkt anslutning till byggnaden	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktkonvektion	• Säkerställ undertryck inne • Förutsätt temporärt övertryck inne • Lufttäthet för att hindra konvektion. • Beständig täthet vid genomföringar, skarvar och anslutningar	Åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet genomförs vilket kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt och spontad plankstomme bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt lufttotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten väsentligt. Lufttätande åtgärder kommer minska risken för fuktkonvektion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus på framförallt andra våning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Genom att installera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	1	1	Projektering av luftät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Fuktdiffusion	• Ångspärr rätt placerad • Täthet vid genomföringar, skarvar, anslutningar • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor mm • Undvik köldbryggor • Speciella rum med hög luftfuktighet som våtrum, tvätt, befuktade rum	Åtgärderna bedöms minska risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Genom att plankstommen tilläggsisoleras 60 mm utvändigt så kommer träkonstruktionen att hamna varmare (under uppvärmningssäsongen) och därmed torrare (lägre RF). Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus och därmed minskad risk för fuktdiffusion (minskad ånghaltskillnad mellan inne och ute). I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt. **För den översta delen av ytterväggen (vid kattvinden) innebär tilläggsisoleringen av vinden (stödbensväggen och mellanbjälklaget) att denna begränsade del av ytterväggen kommer att hamna kallare (under uppvärmningssäsongen) och därmed fuktigare (högre RF). Jämför med invändig tilläggsisolering av yttervägg.**	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i ytterväggen (insidan).	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Byggfukt i betong och lättbetong	• Uttorkning av byggfukt i betong innan tätskikt appliceras • Fuktisolering under syllar som monteras på betongbjälklag • Gipsskivor skall inte monteras direkt mot betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä och nederbörd under byggtiden	• FK vid inbyggnad av trägelvägg • Omfattning fuktmätning • Möjlighet att bygga provisoriskt tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Åtgärderna bedöms medföra risker för skador mht aktuella fuktbelastningar. Åtgärder krävs för att hantera dessa risker. Utvändig tilläggsisolering innebär att befintlig fasadbeklädnad rivs/demonteras, konstruktionen tilläggsisoleras och återställs med ny fasad. Under dessa moment är ytterväggen känslig för nederbörd vilket kräver någon form av åtgärd för att minska risken för uppfuktning. Exempel på sådan åtgärd är väderskydd. Fuktinnehåll ska beaktas vid beställning av byggmaterial och material ska hanteras skyddat från fukt på byggplatsen.	-		3	3	9	Väderskydd, fuktmätningar mm.	2	2	4			
	Läckage från installationer på eller i vägg och fasad	• Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Dolda installationer i fasad • Läckande stuprör och hängrännor skall inte skada vägg eller fasad	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Köldbryggor	• Kondens • Termisk komfort • Energiförluster • Försmutsning	Utvändig tilläggsisolering innebär att köldbryggor byggs bort/minskas (tex. mellanbjälklagets upplag).	+		0	0	0		0	0	0			

Grund och källare

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Grund och källare

Konstruktion Beskrivning och placering	Fuktbelastning Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	Att beakta	Effekten av fuktbelastningen Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten Ange trendriktning (+, -, 0)	Uppskattning av fukttillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risknivå	Riskskärnkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Ny risknivå	Uppföljning i senare skede Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
Krypgrundsbjälklag, fyllning av sågspån och kallgrus, blindbotten av bräder. Sektion A1	Slagregn, vattenfilm, drivande vatten	• Avledning av vatten från fasad • Tätning runt ventiler • Tätning av springor, spalter • Vattenuppsugning i tegel, puts, betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattenstänk från mark	• Sockelhöjd tillräcklig för att hindra vattenstänk från marken	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vatten på mark	• Avledning av regnvatten från byggnaden • Lutning från byggnaden • Markens beskaffenhet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion pga ånghaltsskillnad	• Hög ånghalt i våtrum • Ytskikt på insida källarvägg eller motfyllid vägg	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fukttillskott i ventilerade konstruktioner källare/krypgrund	• Fukttillståndet i uteluftsventilerade konstruktioner (kryprum) årsvariationer • Ventilationsöppningar	Åtgärderna bedöms minska risken något för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) samt värma källare/krypgrund (murstock/pannrum).	+		0	0	0		0	0	0			
	Rinnande vatten i eller på marken	• Dräneringsledningens kapacitet och placering • Dränerande material • Renssnöjlighet i brunnar och dräneringsledning • Schaktbotten • Kapillärbrytande skikt	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattentryck	• Stående vatten mot källarvägg och grund • Skvallerfunktion om det börjar läcka	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Ånghalt i mark under platta, bjälklag, i krypgrund	• Markens RF=100 % • Ångspärr • Värmeisolering under grundkonstruktionen • Värmeisolering på utsidan, kallaste sidan • Kontrollera temperaturgradienten över platta på mark (obs speciellt för stora byggnader) • Tag hänsyn till värmekällor i marken, i grunden eller i plattan. Gör beräkning. • Undvik köldbryggor • Luftät konstruktion för att undvika golvdrag, dålig lukt och ev. radon • Undertryck i grunden • Hindra avdunstning av markfukt • Ventilation • Inget organiskt material i krypgrunder eller i kontakt med betongplatta på mark	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i betong	• Uttorkning av byggfukt i betong • Behov av fuktmätningar • Ensidig uttorkning • Kritisk fuktnivå för fuktkänsliga ytskikt och intilliggande material • Tätskikt på insidan i våtrum som förhindrar uttorkning • Rengöring av betongplatta innan fuktspärr appliceras	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid ett läckage • Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Lutning mot golvbrunnar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Övrigt, innemiljö		Förbättring av lufttätheten i krypgrundsbjälklaget kommer att minska risken för att dålig lukt och föroreningar från tex fuktskador i grunden att nå innemiljön genom luftrörelser.	+		0	0	0		0	0	0			

Mellanbjälklag

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Innerväggar

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Balkonger och terrasser

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Balkonger och terrasser

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fukttäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Risk**	**Riskskänkande åtgärder** Aktivteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt risknivå**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
	Stående vatten	• Lutning utåt • Tätskikt • Avvattning	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Drivande vatten	• Anslutningar, fogar, skarvar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Konvektion		Byte av värmekälla samt förbättring av klimatskärmens lufttäthet kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (vid bursprå, balkonger och terasser mm som ansluter till ytterväggen) i ursprunflig konstruktion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (15 plan) innebär risk för övertryck inomhus på framförallt andra våning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan).	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4		0	0	0			

Våtrum

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Våtrum

Konstruktion Beskrivning och placering	Fuktbelastning Exempel att beakta finns nästa kolumn (C)	Att beakta	Effekten av fuktbelastningen Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten Ange trendriktning (+,-,0)	Uppskattning av fuktillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risk-Ange	Risksänkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Sannolikhet Ny	Konsekvens Ny	Risk-Ange Ny	Uppföljning i senare skede Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
	Fukttillskott från dusch, bad, tvätt, bastu	• Ångspärr i vägg • Tätskikt på vägg • Vad händer med fukt som kommer in bakom tätskiktet • Placering och montage av brunn • Anslutning till brunn • Skarvar på tätskikt • Rörelser i underliggande material • Genomföringar ledningar, skruvar • Minimerat antal håltagningar	Med tanke på det högre fukttillskottet som normalt sett finns i våtrum är risken för fuktkonvektionsskador extra stor när våtrum finns på översta våning. I ursprunglig konstruktion är vår bedömning att det finns risk för fuktkonvektionsskador på vinden, speciellt om det finns ett bad-/dusch rum på andra våning som används på ett för nutiden vanligt sätt, dvs mer frekvent än när huset byggdes. Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Förbättring av klimatskärmes lufttäthet kommer att minska risken för fuktkonvektion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus gentemot vind. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftvälningen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och lyre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion från bostad till vind. Fukttillskottet inomhus kan dock periodvis förväntas vara högt i våtrummet, speciellt om självdragssystemet inte kompleterats med frånluftsfläkt i badrummet. Tilläggsisolering 160 mm av vindsbjälklaget/stödbensväggen medför mindre värmeläckage till vinden/kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma murstocken (dock troligtvis inte på kattvinden?). Sammanfattningsvis bedöms respektive åtgärds temperaturförändring ta ut varandra. Detta är en grov uppskattning och det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftvälningen på vinden. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga på vinden under uppvärmningssäsongen.	+	Konsekvensvärde 3 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar relativt bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 4.	2	3	6	Genom att installera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	2	2	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid läckage • Skvallerfunktion • Fuktkänsliga material • Synliga rör och skarvar så att läckage snabbt kan upptäckas • Ledningar för tappvatten med kortare livslängd än byggnadens avsedda brukstid bör vara lätt åtkomliga och lätt att byta ut • Skvallerfunktion - Röfredningar ska förläggas så att eventuellt utläckande vatten snabbt upptäcks • Dolt placerade installationer ska utföras utan fogar • Fogar på tappvattenledningar ska placeras i rum med vattentätt golv eller i särskilda inbyggnader eller i kopplingsskåp • Utrymmen för fogar i inbyggnader, installationsschakt eller kopplingsskåp ska ha vattentät botten och vara försedd med indikering för läckage med tillräcklig kapacitet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Bristande ytskikt och tätskikt i våtrum	• I inbyggnader och installationsschakt ska väggarna vara vattentäta 50 mm över schaktbotten och tätt anslutna till denna	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
WC-stol med inbyggd cistern och inbyggd armatur	Läckage från installationer	• WC-stol med inbyggd cistern ska ha spolcistern placerad i ett vattentätt och ventilerat utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv. I WC-rum förses utrymmet där cisternen placeras med tätskikt på golv samt på vägg bakom och på sidor om cistern. 2) Armatur, t.ex. duschblandare ska placeras i ett vattentätt utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Rörgenomföring i golv och vägg med tätskikt	Läckage i tätskikt	• Hål för rörgenomföring i golv- eller väggskiva eller motsvarande ska vara utfört med högst 2 mm mellanrum mellan skiva och rör. 2) Tappvatten-, värme- eller spillvattenrör genom vägg med tätskikt ska vara monterade och fixerade innan tätskiktet monteras sa att rörelse inte kan uppstå mellan rör och vägg med tätskikt. 3) Rörgenomföring med tappvatten- eller värmerör ska inte förekomma i golv med tätskikt. Vid avsättningar för tex WC-stol, tvättställ eller andra avloppsenheter får mått mellan spillvattenrör och väggens tätskikt inte understiga 60 mm. Genomföring av servisledning för tappvatten till småhus ska inte placeras i bad- eller duschrum. Servisledningen förläggas i skyddsrör, mått mellan skyddsrör och väggen får inte understiga 60 mm.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Skruvinfästningar och tätningar i golv eller väggar med tätskikt.	Läckage i infästning	• Skruvinfästningar i våtzon 1 ska göras i massiv konstruktion, i betong reglar eller enligt Våtrumsvägg 2012. 2) Tätning av skruvinfästningar gäller i våtzon 1 och våtzon 2. 3) Tätningsmassan ska fästa mot underlaget vara vattenbeständigt, mögelresistent och åldersbeständigt.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Golvbrunnar	Läckage vid golvbrunn	• Golvbrunnar tillverkade före 1991 eller inte uppfyller kraven enligt standarden SS-EN 1253 ska bytas ut vid renovering gäller även golvbrunnar som inte är monterade och fixerade i bjälklaget enligt nu gällande monteringsanvisningar. 2) Golvbrunn ska vara monterad med ett minsta avstånd av 200 mm mellan väggens tätskikt och yttre fläns. 3) Golvbrunn ska vara monterad och fixerad i bjälklag med de fastsättningshjälpmedel som finns t.ex. monteringsplatta eller fixtur. 4) Golvbrunn ska vara monterad i våg i höjd med anslutande tätskikt och en vågrätt tolerans pn/- 2 mm. 5) Väggnära golvbrunn som monteras närmare vägg än 200 mm ska golvbrunn och tätskikt vara provade och godkända tillsammans.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Installationer

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Åtgärdspaket 2

Avser åtgärdspaket med invändig tilläggsisolering av yttervägg. Här förändras enbart bedömningen av ytterväggen och övriga byggnadsdelar värderas på samma sätt som Åtgärdspaket 2 med utvändig isolering på ytterväggen.

Ytterväggar och fasad

Projektnamn/nummer: ETI6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Infoga egen logotyp

Ytterväggar och fasader

Konstruktion Beskrivning och placering	Fukttillstånd Exempel: att beakta finns nästa kolumn (C)	Att beakta	Effekten av fukttillstånden Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fukttillstånden	Åtgärdens påverkan på fukttillstånden Ange trend (+,-,0)	Uppskattning av fukttillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt de metoder som använts	Konsekvens	Sannolikhet	Risk	Risklinkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny konsekvens	Ny sannolikhet	Ny risk	Uppföljning Insatser enligt Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fukthanteri	Ansvarig	Klart
Yttervägg, plankvägg med träpanel. Sektion A2	Slagregn	• Uttorkning av vägg som absorberas av fasadmaterial Fromtbeständigt material skal mur, fasad • Luftspalt, dränering, luftning • Ingen fogbruk i luftspalt • Avvattning från fasad • Luftning på bakmarkavik det de plåtar • Takutsprång för att minska belastning av slagregn • Fler ventilationskrifogar i fasader och fönster • Sommarkonde nstill fäljd av slagregn • Fukthållfiga material som trä skall vara skyddat mot fukt	Ingående bedöms Ska risken för skador mht aktuell fukttbelastning. Ingående bedöms Inte påverka sannolikhete n för att vatten skall ledas in i vägg n. Därem ot bedö ms konse kvensen av att fri läckage påverkas negativt genom att konstruktion en utomrin ingofö mråga förändras. Den mi nskade utto rkn ingofö mågan beror på det min skade värme ledaget som tillägg sole ringen resulterar i.	-		2	2	4			0	0	0			
	Vattenfilm, rinnande vatten	• Fogar • Anslutningar, genomföringar, skarvar, fogar • Droppbleck, vatten avledande plåtar • Lämpligt färgsystem	Ingående bedöms Ska risken för skador mht aktuell fukttbelastning. Ingående bedöms Inte påverka sannolikhete n för att vatten skall ledas in i vägg n. Därem ot bedö ms konse kvensen av att fri läckage påverkas negativt genom att konstruktion en utomrin ingofö mråga förändras. Den mi nskade utto rkn ingofö mågan beror på det min skade värme ledaget som tillägg sole ringen resulterar i.	-		2	2	4			0	0	0			
	Vattenansamlingar från mark	• Sockelhöjd • Anslutning social-fasad • Ingen sadelmark direkt anslutning till byggnaden	Ingående bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fukttbelastning	0		0	0	0			0	0	0			
	Fuktkonvektion	• Säkerställ undertryck inne • Förutsättningar för slitsmycket inne • Luftsluser för att hindra konvektion • Sektionsgränsmet vid genomföringar, skarvar och anslutningar	Ingående er för att förbättra klimatskärmens luftmotstånd ge nomförs vilket kommer min ska risken för skador till if fä j d av fuktinnehållet. Detta grun dar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedöma luftmätningen i ursprungligt utförande. Typiskt med hänsyn till ålder, passpikt och storlek på en lägenhet bör kunna vara ganska luftmätt. Därem ot finns sannolikhet i luftläckage vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket förbättrar luftmätningen vägen ytterligt. Luftmätningen är ytterligare förbättrad om man minskar risken för fukthållningen. Frånluftsdragsystem i kombination med fjärrvärme och fönstermätningar ger 1% läckage i innebär risk för övertryck i lägenheten på framtida sätt att dra vänning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till frånluftsdragsanläggning kommer att förbättra luftmätningen (minskar fukttillskottet) och så undertryck i lägenheten (varm murstock och eventuellt frånluftsvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fukthållningen.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att frånluftsdragsventilationen fungerar bra under uppdämningsdiagrammen och att fukthållningen inte minskas vilket, dvs att fukttillskott. Vid högre fukttillskott om lägenheten skar konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Senare mat installera ett mekaniskt ventilationssystem som bla ska minska fukttillskott underhyck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	1	1	Projektering av luftätt utformning. Kvalite tssäkrat montage. Luftätt stopprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. nyjustering av balanser över klimatskärmen.		
	Fukthållfastheten	• Ångspärr rätt placerad • Tätheter vid genomföringar, skarvar, anslutningar • Fukthållfiga material som trä skall vara skyddat mot fukt • Speciella förhållanden i kök och tvättrum, badhus, lättvikt och stommarkuger mm • Undvik kalldroppar • Speciella rum med hög luftfuktighet som vårdrum, tvätt, befuktade rum	Ingående bedöms Ska risken för skador mht aktuell fukttbelastning. Genom att plankstommen till läggsisoleras (50 mm) invändigt kommer mätkonstruktionen att hamna kallare (under uppdämningsdiagrammen) och därmed fuktigare (högre RF). Byte av värmekälla från fjärrvärme till frånluftsdrivna kommer troligen att förbättra luftmätningen (no mhus) min ska fukttillskottet) och därmed minska fukthållfastheten men sammantaget bedöms läckaget ha det i en förbättring. I den na bedömning har vi utgått ifrån att de luftmätande åtgärdsenna inte kommer att påverka konstruktionens åtgärdsnämnsvärn. För den ö versta delen av ytterväggen (vid taktvin den) innebär tillägg sole ringen av vinden (stöden av läggen och mellanrå) tillägget att denna begränsade del av ytterväggen kommer att hamna ännu kallare (under uppdämningsdiagrammen) och därmed fuktigare (högre RF). Jämför med invändig tilläggsisolering av yttervägg.	-		3	3	9	Undvika diffusionsspärr (plastfolie) i (mellanrå)	1	3	3	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Byggfuktighet betong och lättbetong	• Uttorkning av byggfukt i betong innan tätskikt appliceras • Fukttäckning under dylikt som monteras på betongskikt/skikt • Gipsskivor skall inte monteras direkt mot betong	Ingående bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fukttbelastning	0		0	0	0			0	0	0			
	Byggfuktighet och nedbrott under byggtiden	• RK vid inbyggnad av trärengelskägg • Omfattningfuktmätning • Möjligheten att bygga provisorisk tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Fukthinnehållet ska beakta vid beställning av byggmaterial och material ska hanteras skyddat från fukt på byggplatsen. Förutsätt ningarna för att hantera byggfuktighet och så arbetet som väderskyddat i Inomhus). Om fukthinnehållet ska tas vid beställning av byggmaterial och material ska hanteras och förvaras så är byggfukt inte högre problem.	0		3	2	6	Sedan "torr" byggmaterial. Utför mottagningskontroll. Förvara byggmaterial i Inomhus.	1	2	2	Fukthållen på levererat material, mottagningskontroll och plan för hantering av byggmaterial på byggplatsen.		
	Läckage från installationer på eller i vägg och fasad	• Fukthållfiga material • Skvallerfunktion • Dolda installationer i fasad • Läckande stuprör och hängrännor skall inte skada vägg eller fasad	Ingående bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fukttbelastning	0		0	0	0			0	0	0			
	Kalldroppar	• Kondens • Termisk komfort • Energiförluster • Rörmutsning	Invändig tilläggsisolering innebär att kalldroppar (tex. mellanrå) skjuts ut pga förändrade. Detta kan tex orsaka läckage.	-		0	0	0			0	0	0			

Åtgärdspaket 3

Tak och vind

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETi6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Tak och vind

FUKTSÄKERT ByggaF

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns i nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Riskvärde**	**Risksänkande åtgärder** Aktivteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt riskvärde**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
Sadeltak, 45° Sektion A1	Snö och is, smältvatten, yrsnö	• Avvattning varmt tak, kallt tak. • Frysrisk i stup- och hängrännor • Yrsnö i ventilerade konstruktioner • Finns snöfickor på taket? • Risk för återfrysning	Vi har svårt att bedömma hur vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att påverka risken för snösmältning och isbildning. Detta grundar vi på följande resonemang. Tilläggsisolering 360 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma varma murstocken. Vad summan av dessa temperaturförändringar blir är svår att uppskatta. Det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Desto varmare på vinden, desto större risk för snösmältning och isbildning. Tilläggas kan att risken för snösmältning lokalt närmast murstocken sannolikt ökar pga den varma murstocken.			0	0	0		0	0	0			
	Stående vatten	• Taklutning, takform • Välj takmaterial som rek. för vald taklutning och underlag • Tätskikt • Utförande av genomföringar, anslutningar, infästningar, skarvar, överlapp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Rinnande, drivande vatten, slagregn	• Utforma taket så att vattnet kan rinna av och inte in i anslutningar, skarvar, spalter, fogar • Ventilerade spalter • Rörelser vid temperaturändring • Vattenavledande bleck, plåtar • Rätt antal brunnar • Finns genomföringar i anslutning till brunnar? • Placering av brunnar i lågpunkter • Tillgänglighet för rensning av brunnar, hängrännor och stuprännor • Breddavlopp	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Sadeltak med god taklutning.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion till följd av ånghaltsskillnader	• Placering av ångspärr • Kontrollera fukttillstånd vid vinterfall, sommarfall • Håltagning i ångspärr vid genomföringar, infästningar (speciellt viktigt då ånghaltsskillnaden är stor) måste tätas • Ventilera bort kondenserat vatten • Fuktbuffring i takmaterialen • Kritisk fuktnivå för ingående material • Köldbryggor • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor	Vindsbjälklaget har en ångöppen takpapp (Z=20 000 s/m, uppskattat). Fuktdiffusion från bostad till vind kommer att ske. Fukttillskottet inomhus bedöms kunna variera ganska mycket beroende på antal personer och boendevanor (jämför pensionärspar med barnfamilj). Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus och därmed minskad risk för fuktdiffusion (minskad ånghaltskillnad mellan inne och vind). Tilläggsisolering 360 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden och kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma murstocken (kattvinden?). Vad summan av dessa temperaturförändringar blir är svår att uppskatta. Det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Om vi ändå skall försöka oss på en bedömning så är den att det kommer att bli något kallare på vinden under uppvärmningssäsongen efter genomförda åtgärder. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga (uppvärmningssäsongen) vilket innebär att vindsutrymmet blir känsligare för tillförd fukt. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt. Det är svårt att bedömma åtgärdernas samlade påverkan på fukttillståndet då det är flera faktorer som påverkar och som varierar från fall till fall. Vår bedömning är dock att fuktdiffusionen kommer att minska men att vindsutrummet kan bli något kallare och därmed känsligare för tillförd fukt. Vår samlade bedömning blir därför att åtgärdernas påverkan på fuktsäkerheten är begränsad och väljer alltså trendriktning 0 (gul).	**0**	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3 eller 4.	4	2	8	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i vindsbjälklaget inkl. stödbensväggar (insidan). De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Fuktkonvektion till följd av tryckskillnader och luftläckage	• Undertryck inne • Fukttillskott • Lufttäthet för att hindra konvektion. Klämda skarvar, tejpade skarvar, tätning runt genomföringar, luckor • Lufttäthet vid anslutningar, genomförningar • Temporärt invändigt övertryck	Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektiviseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt, sågspånsisolering och spontat brädgolv bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i vindsbjälklaget (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten högst väsentligt. Är bjälklaget fyllt med kutterspån istället för sågspån så försämrar det lufttätheten. Lufttätande åtgärder kommer minska risken för fuktkonvektion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus gentemot vind. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion från bostad till vind. Tilläggsisolering 360 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden och kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma murstocken (kattvinden?). Vad summan av dessa temperaturförändringar blir är svår att uppskatta. Det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Om vi ändå skall försöka oss på en bedömning så är den att det kommer att bli något kallare på vinden under uppvärmningssäsongen efter genomförda åtgärder. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga (uppvärmningssäsongen) vilket innebär att vindsutrymmet blir känsligare för tillförd fukt. Mot bakgrund till att fuktbelastningen antas minska (pga minskad fuktkonvektion) så är den samlade bedömningen att energieffektiviseringsåtgärderna kommer att förbättra fuktförhållandena på vinden något.	**+**	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid dålig funktion hos självdragssystemet samt vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Genom att innstallera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas. De första vintrarna efter genomförda åtgärder är det extra viktigt att inspektera vinden m.a.p fuktskador. Leta efter missfärgningar, förändringar och mät fuktkvot i trä.	1	1	1	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetsäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Fukt från uteluften	• Ventilerade tak • Temperatursänkning pga nattutstrålning	Tilläggsisolering 360 mm av vindsbjälklag/stödbensvägg medför mindre värmeläckage till vinden och kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma murstocken (kattvinden?). Vad summan av dessa temperaturförändringar blir är svår att uppskatta. Det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftväxlingen på vinden. Om vi ändå skall försöka oss på en bedömning så är den att det kommer att bli något kallare på vinden under uppvärmningssäsongen efter genomförda åtgärder. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och uttorkningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad relativ fuktighet och sämre uttorkningsförmåga (uppvärmningssäsongen) vilket innebär att vindsutrymmet blir känsligare för tillförd fukt. Vindsutrymmet antas vara uteluftsventilerat men med begränsad ventilation, dvs det finns inga konstruktiva ventilationslösningar (så som tex. öppen takfot, öppen nock eller gavelventiler) utan ventilering sker enbart genom luftotätheter.	**-**		2	2	4		0	0	0	Vinden bör inspekteras påföljande vintrar efter tilläggsisolering med avsende på förändringar/fuktskador. Vid misstänkta försämringar kontaktas fuktkonsult.		
	Fukttillskott från installationer	• Ventilations- eller avluftningskanaler får inte ha utlopp på vinden Roterande värmeväxlare med fuktåtervinning får inte leda till problem	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Nederbörd under byggtiden	• Möjlighet att bygga provisoriskt tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Uttorkning av byggfukt från betong och lättbetong	• Uttorkningstider för betong • Ångspärr på vindsbjälklaget? • Rengöring av betongytor innan ångspärr eller fuktspärr läggs på. • Tillförd fukt under byggtiden	Åtgärderna påverkar ej risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä	• Fuktigt material som byggs in. • Tillförd fukt under byggtiden • Specificera högsta tillåtna FK för trä innan inbyggnad	Förutsättningarna för att hantera byggfukt är goda då arbetet sker väderskyddat (under befintligt yttertak). Om fuktinnehåll beaktas vid beställning av byggmaterial och materialet hanteras och förvaras väl så är byggfukt inte några problem.	**0**		2	2	4	Beställ "torrt" byggmaterial. Utför mottagningskontroll. Förvara byggmaterial inomhus.	1	2	2	Fuktkrav på levererat material, mottagningskontroll och plan för hantering av byggmaterial på byggplatsen.		
	Läckage från installationer på tak	• Placering av vattenrör så att läckage kan upptäckas snabbt och så att skadorna minimeras.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Även om åtgärderna resulterar i ett kallare vindsutrymme och därmed försämrad uttorkningsförmåga så är konsekensensen av ett läckage vanligtvis så omfattande att åtgärden sannolikt inte påverkar konsekvensen av ett läckage.	**0**		0	0	0		0	0	0			
	Kondens från kalla installationer	• Tillräckligt tjock kondensisolering för att undvika kondens på kalla rör.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	**0**		0	0	0		0	0	0			

Ytterväggar och fasad

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer: ETI6108-04
Upprättat av: TG
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Ytterväggar och fasader

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risknivå	**Riskskänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Nytt risknivåvärde	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
Yttervägg, plankvägg med träpanel. Sektion A1	Slagregn	• Uttorkning av regn som absorberats av fasadmaterial Frostbeständigt material i skalmur, fasad • Luftspalt, dränering, luftning • Inget fogbruk i luftspalt • Avvattning från fasad • Lutning på vattenavledande plåtar • Takutsprång för att minska belastning av slagregn • Flerstegstätning i fogar i fasader och fönster • Sommarkondens till följd av slagregn • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt	Utvändig tilläggsisolering (160 mm) innebär ny fasad. Dessutom byts fönstren. Med en traditionellt tvåstegstätad konstruktion (fasad med tryckutjämnande och dränerande luftspalt) bedöms risken för slagregnsinträngning minska.	+		2	2	4		0	0	0			
	Vattenfilm, rinnande vatten	• Fogar • Anslutningar, genomföringar, skarvar, fogar • Droppbleck, vattenavledande plåtar • Lämpligt färgsystem	Utvändig tilläggsisolering (160 mm) innebär ny fasad. Dessutom byts fönstren. Med en traditionellt tvåstegstätad konstruktion (fasad med tryckutjämnande och dränerande luftspalt) bedöms risken för slagregnsinträngning minska.	+		2	2	4		0	0	0			
	Vatten stänk från mark	• Sockelhöjd • Anslutning sockel-fasad • Inga rabatter i direkt anslutning till byggnaden	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktkonvektion	• Säkerställ undertryck inne • Förutsätt temporärt övertryck inne • Lufttäthet för att hindra konvektion. • Beständig täthet vid genomföringar, skarvar och anslutningar	Åtgärder för att förbättra klimatskärmens lufttäthet genomförs vilket kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det är svårt att bedömma lufttätheten i ursprungligt utförande. Typsnittet med två olika pappskikt och spontad plankstomme bör kunna vara ganska lufttätt. Däremot finns sannolikt lufttotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (här är arbetsutförandet helt avgörande) vilket försämrar lufttätheten väsentligt. Lufttätande åtgärder kommer minska risken för fuktkonvektion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus på framförallt andra våning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion.	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Genom att innstallera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sanolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	1	1	Projektering av luftät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. rökförhållanden över klimatskärmen.		
	Fuktdiffusion	• Ångspärr rätt placerad • Täthet vid genomföringar, skarvar, anslutningar • Fuktkänsliga material som trä skall vara skyddat mot fukt • Speciella förhållanden i kyl och frysrum, badhus, ishall och sommarstugor mm • Undvik kölldbryggor • Speciella rum med hög luftfuktighet som våtrum, tvätt, befuktade rum	Åtgärderna bedöms minska risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus och därmed minskad risk för fuktdiffusion (minskad ånghaltskillnad mellan inne och ute). Genom att plankstommen tilläggsisoleras 160 mm utvändigt så kommer träkonstruktionen att hamna varmare (under uppvärmningssässongen) och därmed torrare (lägre RF). I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt. **För den översta delen av yttervägen (vid kattvinden) innebär tilläggsisoleringen av vinden (stödbensväggen och mellanbjälklaget) att denna begränsade del av ytterväggen kommer att hamna kallare (under uppvärmningssässongen) och därmed fuktigare (högre RF). Jämför med invändig tilläggsisolering av yttervägg.**	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4	Montera diffusionsspärr (plastfolie) i ytterväggen (insidan).	1	2	2	Projektering av placering och utformning av diffusionstätt skikt. Kontroll av utförande under produktion.		
	Byggfukt i betong och lättbetong	• Uttorkning av byggfukt i betong innan tätskikt appliceras • Fuktisolering under syllar som monteras på betongbjälklag • Gipsskivor skall inte monteras direkt mot betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i trä och nederbörd under byggtiden	• FK vid inbyggnad av trägelvägg • Omfattning fuktmätning • Möjlighet att bygga provisoriskt tak eller väderskydd • Förvaring av material under regnskydd	Åtgärderna bedöms medföra risk för skador mht aktuella fuktbelastningar. Åtgärder krävs för att hantera dessa risker. Utvändig tilläggsisolering innebär att befintlig fasadbeklädnad rivs/demonteras, konstruktionen tilläggsisoleras och återställs med ny fasad. Under dessa moment är ytterväggen känslig för nederbörd vilket kräver någon form av åtgärd för att minska risken för uppfuktning. Exempel på sådan åtgärd är väderskydd. Fuktinnehåll ska beaktas vid beställning av byggmaterial och material ska hanteras skyddat från fukt på byggplatsen.	-		3	3	9	Väderskydd, fuktmätningar mm.	2	2	4			
	Läckage från installationer på eller i vägg och fasad	• Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Dolda installationer i fasad • Läckande stuprör och hängrännor skall inte skada vägg eller fasad	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Grund och källare

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Grund och källare

ByggaF

Konstruktion Beskrivning och placering	Fuktbelastning Exempel att beakta finns nästa kolumn [C]	Att beakta	Effekten av fuktbelastningen Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten Ange trendriktning (+, -, 0)	Uppskattning av fukttillstånd Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	Sannolikhet	Konsekvens	Risknivå	Riskskärkande åtgärder Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	Ny sannolikhet	Ny konsekvens	Ny risknivå	Uppföljning i senare skede Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	Ansvarig	Klart
Källar-/ Krypgrundsbjälklag, fyllning av sågspån och kallgrus, blindbotten av brädet. Sektion A1	Slagregn, vattenfilm, drivande vatten	• Avledning av vatten från fasad • Tätning runt ventiler • Tätning av springor, spalter • Vattenuppsugning i tegel, puts, betong	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattenstänk från mark	• Sockelhöjd tillräcklig för att hindra vattenstänk från marken	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Ytterväggen har hög sockel.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vatten på mark	• Avledning av regnvatten från byggnaden • Lutning från byggnaden • Markens beskaffenhet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Fuktdiffusion pga ånghaltsskillnad	• Hög ånghalt i vårtrum • Ytskikt på insida källarvägg eller mottfylld vägg	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan). Ökad luftväxling innebär minskat fukttillskott inomhus. I denna bedömning har vi utgått ifrån att de lufttätande åtgärderna inte kommer att påverka konstruktionens ångtäthet nämnvärt.	0		0	0	0		0	0	0			
	Klimat i källare/krypgrund	• Fukttillståndet i ventilerade konstruktioner (kryprum) årsvariationer • Ventilationsöppningar • Fukttillskott	Källare: Åtgärderna bedöms förbättre klimatet i källaren. Detta grunder vi på följande: Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) samt värma källare (murstock/pannrum). Tilläggsisolering av källarbjälklaget kommer höja temperaturen på träkonstruktionen som därmed hamnar torrare (lägre RF). Notera att effekten av denna tilläggsisolering är direkt kopplad till vilken temperatur som källaren värms till. Krypgrund: Åtgärderna bedöms förbättra klimatet för bjälklaget. Hur klimatet i krypgrunden kommer att påverkas är svårt att förutse. Detta grundar vi på följande: Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kan bidra till att värma krypgrunden om murstocken har ett fundament i krypgrunden som blir varmt. Tilläggsisolering av källarbjälklaget kommer höja temperaturen på träkonstruktionen som därmed hamnar torrare (lägre RF). Å ändra sidan minskar värmeläckaget till krypgrunden. Sammanfattningsvis är det svårt att förutsäga hur klimatet i krypgrunden kommer att påverkas. Dock bör bjälklaget hamna varmare och torrare pga tilläggsisoleringen och denna konstruktionsdel bör vara den mest fuktkänsligaste i krypgrunden.			0	0	0		0	0	0			
	Rinnande vatten i eller på marken	• Dräneringsledningens kapacitet och placering • Dränerande material • Renspningsbrunnar och dräneringsledning • Schaktbotten • Kapillärbrytande skikt	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Vattentryck	• Stående vatten mot källarvägg och grund • Skvallerfunktion om det börjar läcka	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Ånghalt i mark under platta, bjälklag, i krypgrund	• Markens RF=100 % • Ångspärr • Värmeisolering under grundkonstruktionen • Värmeisolering på utsidan, kalfaste sidan • Kontrollera temperaturgradienten över platta på mark (obs speciellt för stora byggnader) • Tag hänsyn till värmekällor i marken, i grunden eller i plattan. Gör beräkning. • Undvik köldbryggor • Luftät konstruktion för att undvika golvdrag, dålig lukt och ev. radon • Undertryck i grunden • Hindra avdunstning av markfukt • Ventilation • Inget organiskt material i krypgrunder eller i kontakt med betongplatta på mark	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning. Se kommentarer under "Fukttillskott i ventilerade konstruktioner källare/krypgrund"	0		0	0	0		0	0	0			
	Byggfukt i betong	• Uttorkning av byggfukt i betong • Behov av fuktmätningar • Ensidig uttorkning • Kritisk fuktnivå för fuktkänsliga ytskikt och intilliggande material • Tätskikt på insidan i vårtrum som förhindrar uttorkning • Rengöring av betongplatta innan fuktspärr appliceras	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid ett läckage • Fuktkänsliga material • Skvallerfunktion • Lutning mot golvbrunnar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Övrigt, innemiljö		Förbättring av lufttätheten i källar-/ krypgrundsbjälklag kommer att minska risken för spridning av dålig lukt och föroreningar från tex fuktskador i grunden till innemiljön genom luftrörelser.	+		0	0	0		0	0	0			

Mellanbjälklag

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Innerväggar

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

Balkonger och terrasser

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Balkonger och terrasser

Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn (C)	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fukttillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Risknivå**	**Risksänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Ny sannolikhet**	**Ny konsekvens**	**Nytt risknivå**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
	Stående vatten	• Lutning utåt • Tätskikt • Avvattning	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Drivande vatten	• Anslutningar, fogar, skarvar	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Konvektion		Byte av värmekälla samt förbättring av klimatskärmens lufttäthet kommer minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Det finns sannolikt luftotätheter vid anslutningar och genomföringar i ytterväggen (vid bursprång, balkonger och terasser mm som ansluter till ytterväggen) i ursprunflig konstruktion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1% plan) innebär risk för övertryck inomhus på framförallt andra våning. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftväxlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och syre till flisvärmepannan).	+	Konsekvensvärde 2 gäller under förutsättning att självdraguventilationen fungerar bra under uppvärmningssässongen och att fuktproduktionen inomhus är låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 3.	2	2	4		0	0	0			

Våtrum

Infoga egen logotyp

Projektnamn/nummer:
Upprättat av:
Godkänt av:
Senast uppdaterat:
Dokumentstatus:

Våtrum

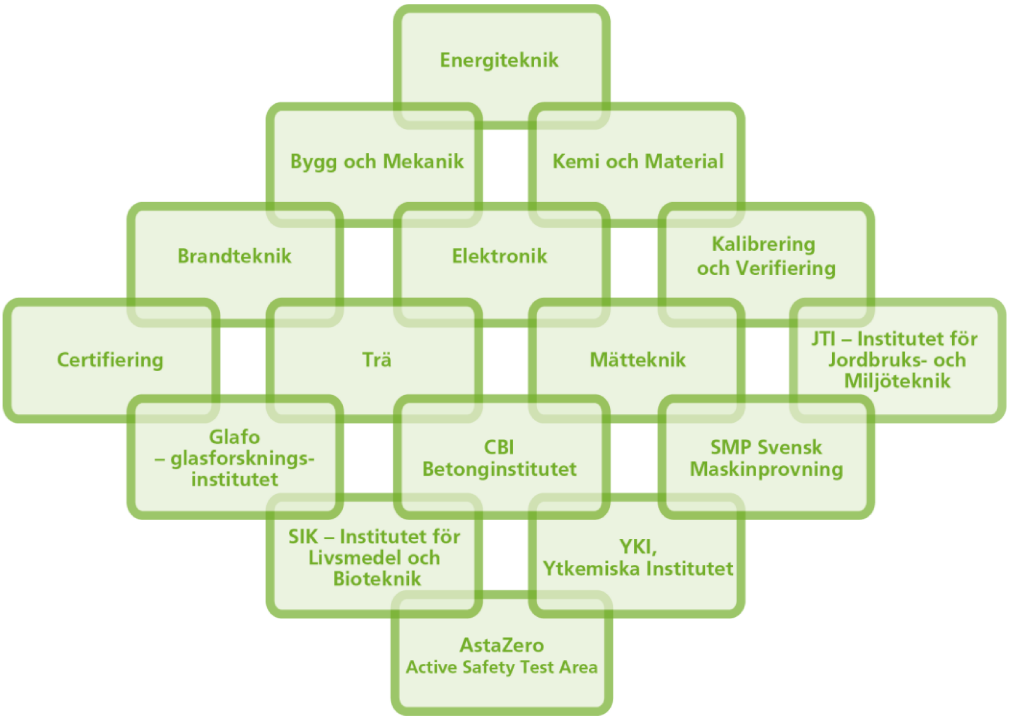
Konstruktion Beskrivning och placering	**Fuktbelastning** Exempel att beakta finns nästa kolumn (C)	**Att beakta**	**Effekten av fuktbelastningen** Beskrivning av skada eller förändring som kan orsakas av fuktbelastningen	**Åtgärdens påverkan på fuktsäkerheten** Ange trendriktning (+,-,0)	**Uppskattning av fuktillstånd** Resultatet av beräkningen eller uppskattningen samt den metod som använts	**Sannolikhet**	**Konsekvens**	**Risk-Age**	**Risksänkande åtgärder** Aktiviteter, kontroller eller förändring av konstruktion för att minska risken	**Sannolikhet Ny**	**Konsekvens Ny**	**Risk-Age Ny**	**Uppföljning i senare skede** Aktiviteter och kontroller som ska ingå i fuktplan	**Ansvarig**	**Klart**
	Fukttillskott från dusch, bad, tvätt, bastu	• Ångspärr i vägg • Tätskikt på vägg • Vad händer med fukt som kommer in bakom tätskiktet • Placering och montage av brunn • Anslutning till brunn • Skarvar på tätskikt • Rörelser i underliggande material • Genomföringar ledningar, skruvar • Minimerat antal håltagningar	Med tanke på det högre fukttillskottet som normalt sett finns i våtrum är risken för fuktkonvektionsskador extra stor när våtrum finns på översta våning. I ursprunglig konstruktion är vår bedömning att det finns risk för fuktkonvektionsskador på vinden, speciellt om det finns ett bad-/dusch rum på andra våning som används på ett för nutiden vanligt sätt, dvs mer frekvent än när huset byggdes. Vår samlade bedömning är att vidtagna energieffektivseringsåtgärder kommer att minska risken för skador till följd av fuktkonvektion. Detta grundar vi på följande resonemang. Förbättring av klimatskärmen lufttäthet kommer att minska risken för fuktkonvektion. Självdragssystem i kombination med fjärrvärme och förhållandevis högt hus (1½ plan) innebär risk för övertryck inomhus genterad vind. Byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer att förbättra luftvädlingen (minska fukttillskottet) och öka undertrycket inomhus (varm murstock och lyre till flisvärmepannan). Sammantaget minskar detta risken för fuktkonvektion från bostad till vind. Fukttillskottet inomhus kan dock periodvis förväntas vara högt i våtrummet, speciellt om självdragssystemet inte kompleterats med frånluftsfläkt i badrummet. Tilläggsisolering 360 mm av vindsbjälklaget/stödbensväggen medför mindre värmeläckage till vinden/kattvinden men byte av värmekälla från fjärrvärme till flisvärmepanna kommer å andra sidan att höja temperaturen på vinden genom den varma murstocken (dock troligtvis inte på kattvinden?). Vad summan av dessa temperaturförändringar blir är svår att uppskatta. Det finns flera faktorer som påverkar så som tex. hur mycket man eldar, murstockens utformning, vindens storlek och luftvädlingen på vinden. Om vi ändå skall försöka oss på en bedömning så är den att det kommer att bli något kallare på vinden under uppvärmningssäsongen efter genomförda åtgärder. Temperaturen på vinden är intressant då den påverkar luftens relativa fuktighet och utbytningsförmåga. Kallare vindsutrymme innebär ökad rf och sämre utbytningsförmåga (uppvärmningssäsongen) vilket innebär att vindsutrymmet blir känsligare för tillförd fukt. Mot bakgrund till att fuktbelastningen antas minska (pga minskad fuktkonvektion) så är den samlade bedömningen att energieffektivseringsåtgärderna kommer att förbättra fuktförhållandena på vinden något.	+	Konsekvensvärde 3 gäller under förutsättning att självdragsventilationen fungerar bra under uppvärmningssäsongen och att fuktproduktionen inomhus är förhållandevis låg, dvs lågt fukttillskott. Vid högre fukttillskott inomhus ökas konsekvensvärdet till 4.	2	3	6	Genom att installera ett mekaniskt ventilationssystem kan både sannolikhet (säkerställ undertryck) och konsekvens (minska fukttillskottet) sänkas.	1	2	2	Projektering av lufttät utformning. Kvalitetssäkrat montage. Lufttäthetsprovning inkl. luftläckagesökning. Ventilationssystem - Kontroll av funktion inkl. tryckförhållanden över klimatskärmen.		
	Läckage från installationer	• Vattnets väg vid läckage • Skvallerfunktion • Fuktkänsliga material • Synliga rör och skarvar så att läckage snabbt kan upptäckas • Ledningar för tappvatten med kortare livslängd än byggnadens avsedda brukstid bör vara lätt åtkomliga och lätt att byta ut • Skvallerfunktion - Rörledningar ska förläggas så att eventuellt utläckande vatten snabbt upptäcks • Dolt placerade installationer ska utföras utan fogar • Fogar på tappvattenledningar ska placeras i rum med vattentätt golv eller i särskilda inbyggnader eller i kopplingsskåp • Utrymmen för fogar i inbyggnader, installationsschakt eller kopplingsskåp ska ha vattentät botten och vara försedd med indikering för läckage med tillräcklig kapacitet	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
	Bristande ytskikt och tätskikt i våtrum	• I inbyggnader och installationsschakt ska väggarna vara vattentäta 50 mm över schaktbotten och tätt anslutna till denna	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
WC-stol med inbyggd cistern och inbyggd armatur	Läckage från installationer	• WC-stol med inbyggd cistern ska ha spolcistern placerad i ett vattentätt och ventilerat utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv. I WC-rum förses utrymmet där cisternen placeras med tätskikt på golv samt på vägg bakom och på sidor om cistern. 2) Armatur, t.ex. duschblandare ska placeras i ett vattentätt utrymme med läckageindikering. Läckage ska mynna till rum med golvavlopp eller vattentätt golv.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Rörgenomföring i golv och vägg med tätskikt	Läckage i tätskikt	• Hål för rörgenomföring i golv- eller väggskiva eller motsvarande ska vara utfört med högst 2 mm mellanrum mellan skiva och rör. 2) Tappvatten-, värme- eller spillvattenrör genom vägg med tätskikt ska vara monterade och fixerade innan tätskiktet monteras sa att rörelse inte kan uppstå mellan rör och vägg med tätskikt. 3) Rörgenomföring med tappvatten- eller värmerör ska inte förekomma i golv med tätskikt. Vid avsättningar för tex WC-stol, tvättställ eller andra avloppsenheter får mått mellan spillvattenrör och väggens tätskikt inte understiga 60 mm. Genomföring av servisledning för tappvatten till småhus ska inte placeras i bad- eller duschrum. Servisledningen förläggas i skyddsrör, mått mellan skyddsrör och väggen får inte understiga 60 mm.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Skruvinfästningar och tätningar i golv eller vägg med tätskikt.	Läckage i infästning	• Skruvinfästningar i våtzon 1 ska göras i massiv konstruktion, i betong reglar eller enligt Våtrumsvägg 2012. 2) Tätning av skruvinfästningar gäller i våtzon 1 och våtzon 2. 3) Tätningsmassan ska fästa mot underlaget vara vattenbeständigt, mögelresistent och åldersbeständigt.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			
Golvbrunnar	Läckage vid golvbrunn	• Golvbrunnar tillverkade före 1991 eller inte uppfyller kraven enligt standarden SS-EN 1253 ska bytas ut vid renovering gäller även golvbrunnar som inte är monterade och fixerade i bjälklaget enligt nu gällande monteringsanvisningar. 2) Golvbrunn ska vara monterad med ett minsta avstånd av 200 mm mellan väggens tätskikt och yttre fläns. 3) Golvbrunn ska vara monterad och fixerad i bjälklag med de fastsättningshjälpmedel som finns t.ex. monteringsplatta eller fixtur. 4) Golvbrunn ska vara monterad i våg i höjd med anslutande tätskikt och en vågrätt tolerans pn/- 2 mm. 5) Väggnära golvbrunn som monteras närmare vägg än 200 mm ska golvbrunn och tätskikt vara provade och godkända tillsammans.	Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador mht aktuell fuktbelastning.	0		0	0	0		0	0	0			

Installationer

Åtgärderna bedöms ej påverka risken för skador med hänsyn till aktuell fuktbelastning.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02
E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se
www.sp.se
Mer information om SP:s publikationer: **www.sp.se/publ**

Energiteknik
SP Rapport 2014:56
ISBN 978-91-87461-99-6
ISSN 0284-5172