

Miljöanpassning av befintlig bebyggelse

- En- till tvåfamiljshus byggda 1880-1945



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Arkitektur och byggd miljö / Bebyggelsevård

Examensarbete:
Elisabeth Arvidsson
Karin Farsäter

© Copyright Elisabeth Arvidsson, Karin Farsäter

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

Dagens bostadsbestånd består av flerfamiljshus och drygt två miljoner småhus. Av dessa är 37 % byggda före år 1950, det vill säga 770 000 småhus. Gemensamt för husen byggda mellan åren 1880-1945 är användningen av traditionell byggteknik och materialval vid uppförandet av husen. De utgör ett värde i vårt kulturarv med en social identitet väl förankrad i sin omgivning. Dessa hus är idag i behov av anpassning för att komma närmare de krav som ställs från samhället och de boende. Småhusen behöver energieffektiviseras för fortsatt bruk utan att detta sker på bekostnad av byggnadens karaktär och dess välbefinnande.

Gemensamt för husen är att de har luftgenomsläppliga konstruktioner och dåligt isolerat klimatskal. Materialen i konstruktionerna är av bra kvalité och har lång hållbarhet då dessa är utvalda med omsorg för sitt syfte. Energieffektiviseringsåtgärder som tar hänsyn till dessa förutsättningar och utvärderas utifrån ett hållbarhetsperspektiv bidrar till ett sundare boende.

Syftet med denna rapport är att sammanställa möjliga hållbara energieffektiviseringsåtgärder så att befintlig bebyggelse, småhusen byggda mellan åren 1880-1945, inte ska vara en miljöbov under dess fortsatta livscykel med hänsyn taget till materialval, boendemiljö och renoveringsteknik.

Åtgärderna är sammanställda utifrån områdena byggteknik, ventilation, värmeteknik, materialval och energikällor. Dessa har studerats med utgångspunkt i två typhus, ett stenhus och ett trähus från sekelskiftet 1900-tal, som får representera den avgränsade tidsperioden. Ett exempel på energieffektiviseringsåtgärd är värmeåtervinning ur frånluften i ventilationssystemet där önskvärt är att all ventilationsluft går genom systemet. För att åstadkomma detta behöver klimatskalet lufttätas med material som har god beständighet, fungerar tillsammans med befintlig konstruktion, kan återbrukas och har en liten miljöpåverkan under hela sin livstid.

En annan vanligt förekommande energieffektivitetsåtgärd är tilläggsisolering av klimatskalet. För att bibehålla byggnadens karaktär rekommenderas inte tilläggsisolering av ytterväggar. Ur hållbarhetssynpunkt anses däremot tilläggsisolering av vindsbjälklag fullt genomförbart med material valt ur ekologisk synvinkel, exempelvis cellulosafiber.

Om befintlig bebyggelse energieffektiviseras på ett hållbart sätt kan detta leda till bättre boende miljö i äldre hus, bevarandet av vår befintliga bebyggelse

och en mindre miljöbelastning av byggsektorn. För att detta ska uppfyllas behöver alla husägare, stora som små, ta sitt ansvar för att ta till sig den kunskap som finns och lära sig att använda den på ett hållbart sätt. I slutänden är det upp till husägaren att hållbart bevara våra småhus.

Nyckelord: Energieffektivisering, byggnadsbevarande, materialval, småhus, byggteknik, hållbarhet, boendekvalité, bevarande, miljöhänsyn, bostadsutveckling

Abstract

Today's housing stock consists of multifamily buildings and over two million small houses. Of these, 37% were built before 1950, i.e. 770 000 small houses. A common feature of small houses built between 1880-1945 is the use of traditional building techniques and materials in the construction of these houses. They represent a valuable heritage with a social identity deeply rooted in their surroundings. These houses are currently in need of adjustment to get closer to the demands made by society and the residents. Small houses need to be energy efficient for continued operation without being so at the expense of the buildings character and its welfare.

A common feature of these houses is that they have air-permeable structures and poorly insulated building envelope. The materials used in the buildings are of great quality and durability as they are selected with care for this purpose. Energy efficiency measures that take into account these conditions and are evaluated in terms of sustainability contributes to a healthier living.

The purpose of this report is to summarise possible sustainable energy efficiency measures to existing buildings, small houses built between the years 1880-1945, should they not be an environmental villain in its continued life cycle taking into account materials, housing and environmental restoration technology.

The measures are summarised based on construction, ventilation, heating, choice of materials and energy sources. These areas have been studied in two model houses, a stone house and a wooden house from the beginning of 1900, which may represent the defined time period. An example of energy efficiency measure is heat recovery from exhaust air in the ventilation system where it is desirable that all ventilation air pass through the system. To do this you need the building envelope to be air sealed with material that has good durability, works in conjunction with an existing design, can be reused and have a low environmental impact throughout their life.

Another common energy efficiency measure is additional insulation of the building envelope. In order to maintain the building's character it is not recommended to additionally insulate the external walls. From a sustainability viewpoint insulation of attic floors are perfectly feasible with materials chosen for ecological reasons, such as cellulose fibers.

If existing buildings are made more energy efficient in a sustainable manner this can result in better living environment in older buildings, the preservation of our existing small houses and a smaller environmental impact of the

construction sector. For this to be met all homeowners, large and small, need to take their responsibility to assimilate the knowledge available and learn how to use it in a sustainable manner. Ultimately it is up to the homeowner to sustainably conserve small houses.

Keywords: Energy efficiency, building conservation, materials selection, houses, construction engineering, sustainability, housing quality, conservation, environmental concerns, housing development

Förord

Vårt genuina intresse för äldre småhus och byggteknik i kombination med ett engagemang för energifrågor och miljö resulterade tidigt i ett beslut om det valda ämnesområdet för vårt examensarbete efter utbildningen Byggteknik med inriktning på arkitektur.

Arbetet med denna rapport har framskridit med gemensamma krafter där vi tillsammans har formulerat textinnehållet utifrån gemensamt och individuellt inhämtad information.

Vi vill rikta ett stort tack till Åke Blomsterberg och Kerstin Barup från Lunds Tekniska Högskola för handledning och som har bidragit med intressanta uppslag och värdefulla råd. Vi vill även tacka Ingrid Svetoft som gav oss en knuff i rätt riktning när vi inledningsvis försökte strukturera upp angreppsvinkeln på detta omfattande område. Tor Broström, professor i kulturvård vid Högskolan på Gotland som kom med förslag på källor och Paulien de Bruijn för rådgivning. Vi uppskattar ert intresse för detta arbete.

Under arbetets fortskridande har vi kommit i kontakt med många som i sin yrkesroll eller av intresse engagerar sig i bevarandet av gamla småhus. Ett stort tack till er för alla kloka uppslag och råd vi fått på vägen.

Avslutningsvis vill vi rikta ett varmt tack till våra familjer som tålmodigt stöttat oss under de gångna månaderna. Vi ser nu med förväntan fram emot nya utmaningar som även fortsättningsvis ska utveckla våra kunskaper inom området byggnadsteknik.

Elisabeth Arvidsson och Karin Farsäter
Helsingborg 2011-05-17

Innehållsförteckning

Inledning	1
1 Sunt och hållbart boende genom tiderna	11
1.1 Utvecklingen av god bostad	11
1.2 Människans behov och miljö	14
1.3 Byggteknik	20
1.3.1 Stenhus	20
1.3.2 Trähus	23
1.4 Ventilation och värmeteknik	25
2 Val av typ exempel	26
2.1 Byggteknik analys	26
2.1.1 Stenhus	27
2.1.2 Trähus	27
2.2 Bostadsbeståndsanalys	28
2.3 Motivering till val av typhus	30
3 Beskrivning av typexempel och identifiering av energiläckage	31
3.1 Byggteknik och material i typhusen	32
3.1.1 Gemensamt för stenhus och trähus	32
3.1.2 Stenhus - byggtekniska avvikelser	34
3.1.3 Trähus – byggtekniska avvikelser	37
3.2 Ventilation och värmeteknik med energikällor	39
3.3 Sammanfattning av källor till energiläckage	40
4 Hållbara åtgärder för energieffektivisering för småhus	41
4.1 Byggteknik	43
4.2 Materialval	45
4.3 Ventilation och värmeteknik	49
4.3.1 Ventilation	49
4.3.2 Värmeteknik	53
4.4 Energilösningar	56
4.5 Sammanfattning av hållbara åtgärder	57
5 Resultat	59
5.1 Byggteknik och materialval	59
5.2 Ventilation och värmeteknik	61
5.3 Energival	62
5.4 Åtgärder som inte rekommenderas	62
6 Diskussion	63
Källförteckning	67
Bilaga 1	70
Bilaga 2	75

Inledning

Definitioner

Vanligt förekommande begrepp i detta arbete definieras under nedan angivna rubriker.

Bevarande

Att bevara innebär att bruka, förvalta och anpassa en byggnad till nya behov för att motverka nedbrytande krafter. Ursprungliga kärnvärden i material och kvalité bibehålls så långt som det är möjligt. Byggnaden ska anpassas till dagens krav på bra boende miljö för att inte klassas som ohälsosam och därmed inte nyttjas som permanentbostad och riskera att på sikt rivas.

Boendekvalité

Grad av goda egenskaper på boende som omfattar städbarhet, användbarhet, gott inneklimat, trivsamt och en strävan mot dagens önskemål om underhållsfrihet.

En- till tvåfamiljshus

Begreppet en- till tvåfamiljshus används för att beteckna friliggande permanentboende i en- och tvåbostadshus, kedjehus (sammanlänkade med förråd eller garage), parhus och radhus. Detta begrepp stämmer också överrens med definitionen av småhus.

Gratisvärme

Begreppet gratisvärme är ett samlingsord för den värme som skapas i en byggnad utöver den som produceras av värmesystemet. Värmen kommer från solinstrålning genom fönster, människor som vistas i byggnaden och från elektriska apparater som avger värme vid användning exempelvis spis, tv och tvättmaskin.

Hållbarhet

Med hållbara lösningar menar vi människans behov av en bra boendekvalité och inneklimat, med fokus på energieffektivisering, miljövänliga materialval och för huset sunda lösningar i ett långsiktigt perspektiv. Vi anser också att det innefattar att bevara gamla material, bevara husen och inte riva ut och slänga fungerande komponenter. Ämnet utvecklas vidare under kapitel 4 i denna rapport.

Inneklimat

Ett gott inneklimat definieras vi enligt allmänna råd från BBR och socialstyrelsen. Uttrycket behandlas vidare under kapitel 1.2 i denna rapport.

Inre miljö

Den inre miljön är den bostadsmiljö vi lever i. Den omfattar inomhusluftens kvalitet, innetemperaturen och byggnadens välbefinnande.

Karaktär

En person eller ett föremåls identitet med dess prägel, art och beskaffenhet.

Miljöanpassning

En miljöanpassning innebär att, med hänsyn tagen till dagens samhälles krav på energieffektivitet och boende miljö, anpassa våra byggnader på ett för miljön och människan hållbart sätt.

Sunt boende

Boende som ska främja god hälsa.

Vistelsezon

”Vistelsezonen begränsas av två horisontella plan, ett på 0,1 meter höjd och ett annat på 2,0 meter höjd, samt vertikala plan 0,6 meter från ytterväggar eller andra yttre begränsningar, dock 1,0 meter vid fönster och dörr.” (BFS 2006:12)

Bakgrund

Redan under 60-talet ökades medvetenheten hos allmänheten för miljöproblemen orsakade av samhällets utveckling (Bokalders & Block, Byggekologi - Kundskap för ett hållbart byggande, 2009). Denna utveckling har nu tagit fart i tidigare underutvecklade länder med stora befolkningspopulationer. Sedan 1960-talet har internationella konferenser och samarbete över landsgränser lett till en mer omfattande fokus på internationellt miljöarbete. Brundtlandkommissionen spred 1987 begreppet ”hållbar utveckling” men uttrycket tog ordentlig fart efter FN:s stora miljökonferens i Rio de Janeiro 1992 där ”hållbar utveckling” var ett av de gemensamma miljömålen som antogs (Brandt & Gröndahl, 2002). Betydelsen av ”hållbar utveckling” innebar att man ville ha en helhetssyn på miljöproblemen. Rio konferensen resulterade i Riodeklarationen med det globala handlingsprogrammet för hållbar utveckling, Agenda 21, där bland annat de deltagande länderna beslutade om att jobba med ekologiska visioner som innefattar en fokus på jordens resurser och skydd av atmosfären. 1997 följdes Rio konferensen upp där världens länder åtog sig att senast 2002 förbereda nationella strategier för hållbar utveckling (Regeringskansliet, 2010). Detta genomfördes i Sverige och har uppdaterats 2004 och 2006 (Regeringskansliet, 2006). De fyra strategiska utmaningarna är att bygga samhället hållbart, stimulera en god hälsa på lika villkor, möta den demografiska utmaningen och främja en hållbar tillväxt.

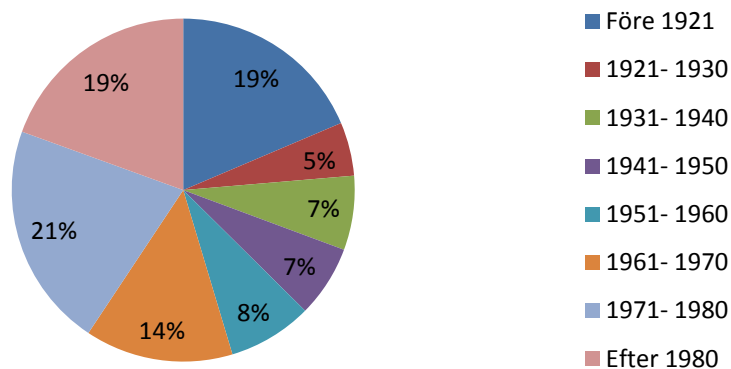
Ytterligare ett resultat av Rio konferensen var att miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 i Sverige. Miljöbalken har utarbetats från 15 av de tidigare gällande miljölagarna i Sverige (Bokalders & Block, 2009). Samma år formulerades 15 nationella miljömål med delmål varav ett av dessa delmål är energianvändningen m.m. i byggnader (Naturvårdsverket, 2011). Av Sveriges totala energianvändning idag går 39 % till bostads- och servicesektorn och nästan 60 % av denna användning går till uppvärmning och varmvatten (Energimyndigheten, 2010). Energimålet är att sänka energianvändning per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler med 20 % till 2020 respektive 50 % 2050 i förhållande till användningen 1995 (Naturvårdsverket, 2011).

EU har utformat ett direktiv (2002/91/EG) om byggnaders energiprestanda. I direktivet behandlades, som en möjlig åtgärd för att sänka energianvändningen i byggsektorn, energieffektivisering av ny och befintlig bebyggelse. Detta direktiv ledde till att Sverige utformade lagen om energideklaration (Lag (2006:985) om energideklaration för byggnader) som trädde i kraft oktober 2006. Från den 1 januari 2009 har privata fastighetsägare till småhus, enligt denna lag, skyldighet att utföra en energideklaration när den egna fastigheten

ska säljas. Vid energideklaration av en byggnad kan man, om man så önskar, erhålla schablonmässiga åtgärdsförslag.

Statistik för det kalkylerade bostadsbeståndet 2009 från Statistiska centralbyråns, SCBs, ”Folk och bostadsräkning 1990” anger att antalet lägenheter i småhus i riket, byggda fram till 1950, är 767 200 stycken. Detta innebär att antalet småhus byggda fram till 1950 utgör cirka 37 % av det totala antalet småhus 2009. SCBs definition av småhus är enbostadshus (friliggande eller sammanbyggda till parhus, radhus eller kedjehus) och friliggande tvåbostadshus. I denna grupp ingår inte fritidshus. Uppdatering, genom inrapportering till SCB, av det kalkylerade bostadsbeståndet sker årligen och avser förändringar främst gällande färdigställda nybyggnader av bostäder och påbörjade rivningar. Begränsningarna i statistiken är de ändringar som inte rapporteras till SCB exempelvis ombyggnad till permanentboende av fritidshus och ändrad användning av permanentbostäder till fritidshus samt rivning av vissa småhus.

Antal lägenheter i småhus baserat på byggår Hela riket



Figur 0.1 Antal lägenheter i småhus baserat på byggår i hela riket indelat i decennium fram till 2009. Källa: (SCB, 2009)

Boverket registrerar samtliga utförda energideklarationer och har ansvar för utvärderingen av dessa (Boverket, 2011). Enligt statistik uttagen ur detta register 2011-03-03 finns det cirka 54 500 utförda energideklarationer på småhus byggda mellan 1880-1950. Detta är mindre än 10 % av totala antalet småhus baserat på statistiken från SCB. Av dessa energideklarationer har cirka 8 600, 16 %, fått åtgärdsförslag i deklarationen. De vanligaste förekommande åtgärdsförslagen i dessa genomförda energideklarationer är:

- Tilläggsisolering av vindsbjälklag
- Byte av värmekälla till värmepump (Bergvärme)
- Byte av värmekälla till Värmepump (Luft/luft)

- Installation av Vattenbesparande produkter
- Sänkning av innertemperaturen med 1 grad.

De åtgärdsförslag som redovisas i energideklarationen har skyldighet att vara kostnadseffektiva. Det betyder att vinsten på energibesparingsåtgärden ska vara större än kostnaden för åtgärden. Åtgärdena delas in i tre huvudkategorier: styr- och reglertekniska, installationstekniska och byggnadstekniska (Boverket, 2009).

Alla energiåtgärder måste tänkas igenom och planeras då genomförandet på felaktigt sätt har visats sig leda till negativa effekter och skador för byggnaden. Ett exempel från 70-talets energikris är tilläggsisolering av vindsbjälklag som vid felaktigt utförande ledde till mögelangrepp på takpanelen (Sandin, 2010).

Vid renovering av en byggnad ska man ta hänsyn till gällande lagar, Plan- och bygglagen (PBL) och Byggnadsverkslagen (BVL), och förordningar, Plan- och byggförordningen (PBF) och Byggnadsverksförordningen (BVF). Det finns inget krav att följa regelsamlingen BBR, som är Boverkets byggregler och syftar till att formulera funktionskrav, vid ändringsarbete. Däremot har de sammanställt en skrift med allmänna råd för ändringsarbeten, BÄR. Syftet med BÄR är att tydliggöra betydelsen av varsamhetskravet, definierad i gamla PBL (1987:10), för att vid ändringsarbete ta hänsyn till byggnadens förutsättning och ändringens omfattning.

Enligt gamla PBL (1987:10) 3 kap. 10 § och nya PBL (2010:900) 8 kap. 14 § ska befintliga byggnader ändras med varsamhet och paragrafen lyder nu:

”Ett byggnadsverk ska hållas i vårdat skick och underhållas så att dess utformning och de tekniska egenskaper som avses i 4 § i huvudsak bevaras. Underhållet ska anpassas till omgivningens karaktär och byggnadsverkets värde från historisk, kulturhistorisk, miljömässig och konstnärlig synpunkt. Om byggnadsverket är särskilt värdefullt från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt, ska det underhållas så att de särskilda värdena bevaras.”

Enligt Boverkets konsekvensutredning i oktober 2010 förelår man att under hösten 2011 ersätta BÄR med förtydligad information i BBR om ändringsarbeten.

BÄR 2:3 sammanfattar några enkla grundregler som gäller vid ändringsarbete:

- *”Låt byggnaden, dess egenskaper och karaktär vara utgångspunkten för åtgärderna.*
- *Rådgör på ett tidigt stadium med brukare, kommun och antikvarisk expertis.*
- *Begränsa ingreppen och bevara och reparera det som fungerar. Sträva efter att tillgodose nya funktionskrav med utnyttjande av byggnadens egna möjligheter.*
- *Sök lösningar som stämmer överens med byggnadens gestaltning och tekniska utförande både i helhet och i detaljer. Rådgör tidigt med teknisk expertis.*
- *Välj lösningar och material som underlättar ett långsiktigt underhåll och som i framtiden medger utbyte eller förnyelse utan stora ingrepp.”*

Tidigare arbeten

Intresset för miljöeffektivisering har varit stort och större vid tillfällen då miljöfrågor varit aktuellt exempelvis oljekrisen 1974. Vid litteratursökning har vi kunnat konstatera att vårt ämnesområde behandlats frekvent ur olika perspektiv och med olika fokus i rapporter och böcker genom åren. Vårt intresse av att förena kunskapen om energi och ekologi ur ett småhusperspektiv är tidigare inte prioriterat. Däremot pågår just nu ett nordiskt forskningsprojekt, MECOREN, till och med 2011 med fokus på just detta. Ett annat forskningsprojekt som behandlar området energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse är Spara och Bevara. Detta projekt drivs av Energimyndigheten och Tor Broström, Professor i kulturvård vid högskolan på Gotland, är projektledare.

En omfattande undersökning med namnet Bebyggelsens energianvändning, teknisk status och innemiljö, BETSI, är utförd av Boverket på uppdrag av regeringen som underlag för utveckling av miljö kvalitetsmålet ”God bebyggd miljö”.

Björk och Reppen har själva och tillsammans med Nordling och Kallstenius skrivit böcker som behandlar hus byggda mellan 1880-2010 och om tiden då dessa blev uppförda. Dessa böcker har varit av stor betydelse för valen och analys av typexempel i denna rapport.

Syfte

Målsättningen med arbetet är att energieffektivisera för att kunna bevara de gamla småhusen och anpassa dem till den moderna människans behov med hänsyn taget till miljön.

Syftet med arbetet är att sammanställa möjliga hållbara energieffektiviseringsåtgärder så att befintlig bebyggelse inte ska vara en miljöbov under dess fortsatta livscykel med hänsyn taget till materialval, boendemiljö och renoveringsteknik.

Går det att hållbart energieffektivisera och bevara en gammal byggnad så att byggnadens livscykel i samklang med boendet ger mindre påverkan på miljön?

Vilka tekniska lösningar ger ett sunt boende i hus byggda 1880-1945 med utgångspunkt i typhus?

Vilka material är hållbart valbara vid energieffektivisering av dessa hus?

Vilken energilösning är den mest hållbara?

Avgränsningar

Den primära avgränsningen är att vi ska studera de ursprungliga byggnaderna för en- till tvåfamiljshus byggda 1880-1945 som grund för vårt arbete. Vi har för avsikt att välja ut två tidstypiska hus, ett stenhus och ett trähus, som ska representera vår avgränsade tidsperiod. I dessa byggnader kommer vi att titta på den ursprungliga byggnadskonstruktionen och inte ta hänsyn till eventuella renoveringar som gjorts genom åren då det är svårt att generalisera dessa ändringar. Oavsett genomförda renoveringar är det oftast möjligt att återställa byggnaden till dess ursprungliga utförande för att energieffektivisera på ett hållbart sätt, om behov föreligger.

Vi väljer att besvara vår frågeställning med hjälp av de tre parametrarna tekniska lösning (byggteknik, ventilations- och värmeteknik), materialval och energianvändning. Vi väljer att inte ta hänsyn till den ekonomiska aspekten och inte heller göra hållfasthetsberäkningar i detta arbete.

De tre parametrarna, teknisk lösning, materialval och energianvändning, kommer vi att studera ur två perspektiv.

- Baserat på de valda tidstypiska husen.
- Ur ett hållbarhetsperspektiv för både byggnadens och människans behov.

En faktor som inverkar på hushållets totala energianvändning är hushållselen som är brukarrelaterad. Många hushållsapparater har begränsad livslängd och kan därför bytas ut mot energieffektivare alternativ. Hushållselen ingår inte i detta arbete.

Metod

Inför detta examensarbete ska vi göra en omfattande litteratursökning i böcker, tidskrifter, doktorsavhandlingar, tidigare genomförda examensarbeten och andra rapporter utförda hos exempelvis Byggnadsforskningsrådets och Forskningsrådet Formas. Kunskap och informationsinsamling kommer även att ske via personer verksamma i projekt som är aktuella för vårt arbete. Exempel på projekt som är intressanta är ERUF-EKO, Mecoren och forskningsprogrammet Spara och Bevara.

Genom att följa kursen Energihushållning vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg ledd av professor Lars Sentler ämnar vi tillföra kunskap om hur man hanterar energifrågor i byggnader.

Information som är aktuell för vårt arbete finns även tillgänglig hos myndigheter och organisationer som exempelvis Energimyndigheten, Boverket, Helsingborgs stad och Svenska Byggnadsvårdsföreningen. Vi är intresserade av att ta fram statistik som berör småhus byggda 1880-1945. Relevant för vårt arbete är antalet fastigheter men också i vilken utsträckning energideklarationer är utförda på dessa byggnader. Detta är information vi kan erhålla hos SCB, antal fastigheter, och Boverket, antal energideklarationer. Energideklarationerna ska tillhandahålla information om vilka schablonåtgärder som rekommenderas för husen byggda under vår aktuella period.

Litteratur av nyare årgång kommer att prioriteras högre inom området hållbarhet. Miljökraven inom byggbranschen är under ständig utveckling på grund av forskning, resultaten av dessa och nya riktlinjer. För att komma åt aktuell information om hållbara lösningar väljer vi att prioritera nyare litteratur där boken "Byggeologi -Kunskaper för ett hållbart byggande" av Varis Bokalders och Maria Block är aktuell och heltäckande. Denna bok ligger till stor del till grund för kapitel fyra och kompletteras av annan litteratur där så behövs.

Arbetet kommer att utformas som en fallstudie av två typhus med utgångspunkt i böckerna, "Så byggdes husen 1880-2000" och "Så byggdes villan 1890-2010". I boken "Så byggdes husen 1880-2000" studeras flerbostadshus under 120 år. För att förankra att stenhusens konstruktion i flerbostadsutförande och småhus är likvärdiga har vi jämfört tidstypiska

konstruktionerna i ”Så byggdes husen 1880-2000” med motsvarande småhus i Helsingborgs statsarkiv. På motsvarande sätt har vi jämfört trähus konstruktionerna i flerbostadsutförande och småhus i böckerna ”Så byggdes husen 1880-2000” och ”Så byggdes villan 1890-2010”. Vi har kunnat konstatera att konstruktionerna är likvärdiga och därför används dessa båda böcker som källor.

Beräkningar av luftrörelser och värmegenomgångskoefficienter, u-värde, är utförda på typhusens respektive klimatskalkonstruktioner för att fastställa förutsättningar och lättare kunna utvärdera förbättringsmöjligheterna.

Etablerade energieffektiviseringsåtgärder ska väljas ut från tidigare utgivna rapporter från exempelvis Bygghälsorådet. Dessa åtgärder kommer att studeras ur ett hållbarhetsperspektiv och förslag på tillämpningsmetoder för husen byggda inom tidsperioden 1880-1945 ska presenteras.

Arbetsgång

Förberedelse

Vi tydliggjorde syftet för arbetet baserat på inhämtade kunskaper under utbildningen, Byggt teknik med arkitektur. Utifrån utarbetad projektplan ringade vi in områden för informationssökning. De intressanta områdena att studera var historisk husbyggnadsteknik, renoveringsteknik, byggnadsmaterial, miljökunskap, energikunskap, samhällsutveckling, lagar och regler vid renoveringar, människans behov och hållbar utveckling. Litteratursökning genomfördes via databaser, källhänvisningar, samtal med statsantikvarie, forskare och professorer inom området. Information hittades i rapporter, litteratur, stadsarkivet och SCB. Under genomgång av insamlat material utformades strukturen för arbetet genom rubricering. Efter samtal med examinator och handledare omarbetades strukturen till en hanterbar arbetsgång. Ytterligare avgränsningar gjordes i samråd med examinator och handledare.

Genomförande

Med utgångspunkt i insamlat material och utifrån utformad struktur inhämtades kunskap och textproduktion i bakgrund inleddes. Fortsatt arbete omfattade historisk byggnadsutveckling och människans behov och krav på sin boendemiljö. Baserat på inhämtad statistik och byggt teknisk analys valdes två typhus ut för vidare analys där energiläckage identifierades. Utifrån dessa energiläckagekällor valdes de vanligaste förekommande energiåtgärderna ut, identifierade under arbetet fortskridande men även genom den av Boverket nyligen genomförda undersökning BETSI. Dessa energiåtgärder utvärderades ur ett hållbarhetsperspektiv. Slutsatser drogs av vilka åtgärder och i vilken form dessa kan vara hållbara och lämpliga för tidsperiodens småhus.

Förväntat resultat

Vi förväntar oss att inom ramen för detta arbete sammanställa möjliga hållbara energieffektiviseringsåtgärder på hur renovering av befintlig bebyggelse, inom vår avgränsning, ska kunna göras med bra materialval och en hållbar renoveringsteknik.

1 Sunt och hållbart boende genom tiderna

Människans behov i sitt boende har utvecklats från det mest grundläggande, att ha en bostad, till dagens krav på god och sund boendemiljö (Björk & Reppen, 2000). Byggtekniken har utvecklats parallellt med samhällsutvecklingen där de boende har ställt ett allt högre krav på boendemiljön. De tekniska möjligheterna, produktionsutvecklingen, efterfrågan och samhällets krav har löpande under 1900-talet bidragit till en ökad boendestandard.

1.1 Utvecklingen av god bostad

Under andra halvan av 1800-talet tog industrialiseringen fart i Sverige vilket medförde att inflyttningen till städerna ökade (Björk & Reppen, 2000). De etablerade industristädernas tillväxt skapade problem som stadsbränder och koleraepidemier och ett beslut om att städernas utveckling skulle regleras togs. Med stadsbyggnadslagstiftningen 1874 kom byggnadsstadga, brandstadga och hälsovårdsstadga. Lagstiftningen innebar att städerna inrättade byggnadsnämnder med ansvar att upprätta stadsplaner men även ansvara för viss tillsyn och kontroll av byggande (Nordstrand, 1988). Vid den här tiden ansågs en innetemperatur på 17-18 °C som god innetempertur (von Rothstein, 2003). Byggnadsordning utfärdades för att hänsyn skulle tas till estetiska och tekniska krav vid uppförandet av byggnader (Bjerking, 1974). En effekt av brandstadgan blev att man uppförde tegelbyggnader i stadskärnorna under senare delen av 1800-talet fram till 1930-talet i våra svenska städer (Björk & Reppen, 2000). Ett förbud mot trähus fanns lokalt sedan tidigare i exempelvis Norrköpings byggnadsordning från 1836, där även trähus vid renovering skulle tegelbeklädas (Bjerking, 1974). Efterfrågan på tegel och industrialiseringen av tegelbruket innebar att tillgången på tegel ökade under denna period (Björk & Reppen, 2000). Priset på massproducerat tegel sjönk vilket gjorde det blev möjligt att bygga även småhus med tegelstomme (Björk & Reppen, 2000).

Industrialiseringen och handel gav mindre grupper i samhället ökat välstånd och med sina ekonomiska resurser kunde de bygga villor i mer hälsosam miljö utanför stadskärnorna (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). De första villaförorterna som byggdes i Sverige låg i Djursholm och Saltsjöbaden utanför Stockholm. När den tekniska utvecklingen med elektriskt ljus, spårvägar, telefon, vatten- och avloppsnät byggdes ut under slutet av 1800-talet blev det möjligt att bo utanför staden i villasamhällen med dess hälsosamma miljö och närheten till staden. Även för arbetarna påbörjades utbyggnad av små villor för att förbättra levnadsförhållandena. Ett sådant område var Sundbyberg som redan 1878 bebyggdes, också det utanför Stockholm. Samtidigt uppfördes arbetarbostäder i brukssamhällen runt om i

bruksorterna. I dessa bostäder samsades ofta en hel familj med flera barn i ett rum. Idag är dessa arbetarbostäder sammanslagna till enfamiljshus eller parhus. Stilen på byggnaden med symmetrisk uppbyggnad, flera likadana skorstenar och ytterdörrar avslöjar den ursprungliga användningen. Inom lantbruket skedde förändringar då lantarbetare (statare) tog över alltmer av arbetet under början av 1900-talet (Björk & Reppen, 2000). Dessa lantarbetare fick lön i form av fri bostad, naturaförmåner och pengar. För statarna uppfördes bostäder i form av statarlängor runt om i Sverige.

Under början av 1900-talet rådde en stor bostadsbrist i städerna orsakat av lågt bostadsbyggande. Från 1904 tillhandahöll staten förmånliga lån för dem som ville bygga bostäder på landsbygden (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Från 1908 kunde man använda lånen även för villabyggande i storstäderna. Samtidigt hade arbetarna organiserat sig och gick 1909 ut i storstrejk för bättre lön och levnadsförhållanden. Ett annat sätt att lösa bostadsbristen blev att olika organisationer, som HSB och SKB, började bygga bostäder för sina medlemmar. Även kommunala krafter drev på denna utveckling då det blev en kommunal angelägenhet.

Med ett tydligare fokus på de boendes välbefinnande blev villaboendet idealet då de boende i villan fick in dagsljuset från alla håll. Egnahemsrörelsen drev från 1910-talet på utbyggnaden av hela stadsdelar med mindre villor (Björk & Reppen, 2000). Fram till första världskrigets utbrott 1914 uppfördes många bostäder i förstäder som planerats under början av 1900-talet men blivit senarelagt av storstrejken 1909. Statens byggnadsbyrå inrättades 1917 som tillsynsorgan för de statliga subventionerna. Under första världskriget (1914-1918) medförde politiska och ekonomiska kriser att bostadsbyggandet nästan helt upphörde med en efterföljande bostadsbrist. Nödbostadsbyggandet i städerna blev ett sätt att komma till rätta med detta problem. Efterkrigstiden innebar återhämtning och teknisk utveckling för dem som hade råd men detta gick hand i hand med lågkonjunktur och massarbetslöshet. Bostadsbristen var fortsatt stor men genom självbyggeri, eget arbete och generösa statliga lån fick fler möjlighet till bostad i eget småhus. Typritningar till dessa småhus kom bland annat från Statens byggnadsbyrå som utöver sin funktion som tillsynsorgan även utformade dessa. Flera företag satsade under 1920-talet på att tillverka och leverera monteringsfärdiga hus, så kallade kataloghus. Detta ledde till att SIS (idag kallad Swedish Standards Institute), som bildades under början av 1920-talet, utformade standardiseringar av industriproducerade varor bland annat fönster och dörrar (Bjerking, 1974).

Med funktionalismens inträde i svensk arkitektur och samhällsplanering, som fick sitt startskott vid Stockholmsutställningen 1930, ville man ytoptimera, bygga ljust och välplanerat. (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002)

Stadsplanerna skulle enligt funktionalistiskt ideal vara ljus, luftig och med orörd natur i bostadsmiljön. Städernas bostadsområden fick dock begränsat med denna luftighet då majoriteten av bostäderna var små och byggda på små tomter (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Dessutom uppfördes många av småhusområdena under 1930-talet genom självbyggeri (Björk & Reppen, 2000). Ett bidragande skäl till detta var den ekonomiska krisen runt om i världen, orsakad av börskraschen i USA 1929, som även märktes i Sverige. Krisens effekter i Sverige, med bland annat skotten i Ådalen, byggnadsarbetarstrejken samt en allmän kris i befolkningsfrågor, ledde till att man i Sverige beslutade subventionera bostadsbyggandet och införa åtgärder för att stimulera ekonomin (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Under andra världskriget, 1939-1945, var nybyggandet av småhus lågt orsakat av ransonering av byggnadsmaterial (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Byggbranschen tog åter fart efter 1945 bland annat med en ny byggnadsstadga 1946 innehållande bestämmelser i detalj om byggnaders värmeisolering. Sveriges byggnader var intakta medan resten av Europa låg i ruiner och var i behov av att återställas med ursprunglig byggteknik. I Sverige kunde byggtekniken, arkitekturen och installationer (Orestål, 1996) utvecklas med inspiration från bland annat USA som även de var opåverkade av kriget (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Industrialiseringen under 1800-talet innebar att man gick från hantverk till massproducerat byggnadsmaterial. Vid sekelskiftet 1900 uppskattades ”de äkta och traditionella materialens etiska uttryckskraft” (Robertsson, 2002). Däremot ansågs nya material och modern byggteknik vara överlägsen gammal teknik under större delen av 1900-talet och används även idag för byggnadsvård. Under 1970-talet lärde man sig att de skador som uppkommit på kulturhistoriskt värdefulla byggnader kunde bero på 1900-talets nya teknik och material. Detta blev en ögonöppnare och förhållandet mellan traditionell och modern byggteknik djupnade. Idag använder man sig i byggnadsvårdskretsar i första hand av traditionell teknik och traditionella material vid renovering och restaurering av gamla byggnader.

1.2 Människans behov och miljö

”Sunt och miljöanpassat byggande är att uppföra hus som för brukarna fungerar optimalt med hänsyn till kretslopp, hälsa och välbefinnande. Brukaren ska också känslomässigt uppfatta huset som sunt.” (Kellner, 1997)

Människan i Sverige vistas cirka 90 % av sin tid inomhus därför är det viktigt med ett bra och sunt inomhusklimat. Ett ökat antal människor har besvär med allergier och astma och icke allergiframkallande ämnen kan orsaka besvär hos tidigare friska människor (Kellner, 1997). Inomhusmiljön ses som en bidragande orsak till att dessa besvär uppstår.

Utvecklingen av människans krav på sin boende miljö har sedan 1880-talet gått från bland annat utedass, inget rinnande vatten, trångboddhet, drag, låga inomhustemperaturer till dagens högt ställda krav (Björk & Reppen, 2000). Under 1950-talet utvärderades boendet för att uppnå en långvarig god bostadsstandard. Moderniseringen av det äldre bostadsbeståndet genomfördes successivt men ett större fokus på detta kom under 1960-talet.

Idag utformas nybyggnad och tillbyggnad efter de krav och råd som Boverket ger i sin regelsamling, BBR. Det ställs inga krav att man vid ändringsarbete ska följa BBR:s regler men definitionen av de grundläggande kraven man bör ställa på en god inomhusmiljö ges bland annat där. Viktiga faktorer att ta hänsyn till är exempelvis termisk komfort, luftkvalité, materialemissioner, ventilation, fuktsäkerhet, buller, ljus, drift och skötsel (Samuelsson, 1998).

Termisk komfort

”Begreppet termisk komfort definieras som det tillstånd då en person är tillfreds med den termiska omgivningen.” (Warfvinge & Dahlblom, 2010)

Enligt BBR beror termisk komfort på lufttemperatur, omgivande ytors temperatur och luftrörelser. Andra faktorer som inverkar är människors klädsel och aktivitet men även personliga preferenser (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Socialstyrelsen har angivna rekommenderade värden och riktvärden för temperaturer och lufthastighet för att människors hälsa inte ska ta skada.

Tabell 1.1 Allmänna råd från socialstyrelsen om värden för olägenheter för människors hälsa. Källa: (SOSFS, 2005)

	Riktvärden	Rekommenderade värden
Operativ temperatur	Under 18°C eller 20 °C för känsliga grupper	20-23 °C eller 22-24 °C för känsliga grupper
Operativ temperatur, varaktigt	Över 24 °C och högst 26 °C under sommaren	
Operativ temperatur, kortvarigt	Över 26 °C och högst 28 °C under sommaren	
Skillnad i operativ temperatur mätt vertikalt 0,1 och 1,1 m över golv		Ej över 3 °C
Strålningstemperaturskillnad Fönster – motsatt vägg Tak – golv		Ej över 10 °C Ej över 5 °C
Luftens medelhastighet		Ej över 0,15 m/s. Om inomhustemperaturen är över 24 °C kan högre lufthastigheter accepteras
Yttemperatur på golv	Under 16 °C eller 18 °C för känsliga grupper	20-26 °C

”9:52 Styr- och reglersystem

För att byggnaden ska kunna upprätthålla termisk komfort och god energieffektivitet måste installationerna i byggnaden kunna regleras. Se även avsnitt 6:42.

Värme-, kyl- och luftbehandlingsinstallationer ska föras med automatiskt verkande reglerutrustning så att tillförsel av värme och kyla regleras efter effektbehov i förhållande till ute- och inneklimatet samt byggnadens avsedda användning.” (BFS 2006:12)

Luftkvalité

”Luftkvalitén inne bestäms dels av tillförseln av föroreningar (utifrån eller från material, konstruktioner, inredning, utrustning, personer och verksamhet), dels av ventilationens effektivitet.” (Samuelsson, 1998)

Föroreningar som kan tillföras inneluften på något sätt kan exempelvis vara koldioxid, lukt, kvävedioxid, radon, ozon, formaldehyd och partiklar (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Koldioxid är den förorening som är lättast att mäta och eftersom man vet att övriga föroreningar ökar i samma takt som koldioxid väljer man att mäta koldioxidhalten i luften. Vid en halt över 1000 ppm anses luften vara dålig. De krav som BBR ställer på luftkvalitén är att

byggnader och deras installationer ska utformas så att rätt förutsättningar finns för att luften inte ska medföra negativa hälsoeffekter (BFS 2006:12).

Materialemissioner

Emissioner, utsändning av partikel, sker i större eller mindre utsträckning från samtliga material (Samuelsson, 1998). Detta kan orsaka skada på såväl materialet som människor. Mängden emission från ett material klassas i tre nivåer, MEC-A, MEC-B och MEC-C, där MEC-A står för lägst emission (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Ett angivet råd i BBR är att undvika material som avger stora mängder föroreningar och emissioner för att inte öka behovet av luftväxling (BFS 2006:12). För att konkretisera detta finns en rekommendation att kontrollera allergiklassning på de material som ska användas och att välja material anpassat till den miljö det ska användas i (Samuelsson, 1998). Om materialen har en miljömärkning kräver nu BBR att materialet ska uppfylla angivna krav i miljömärkningen. (BBR 17, 1:4⁵).

Ventilation

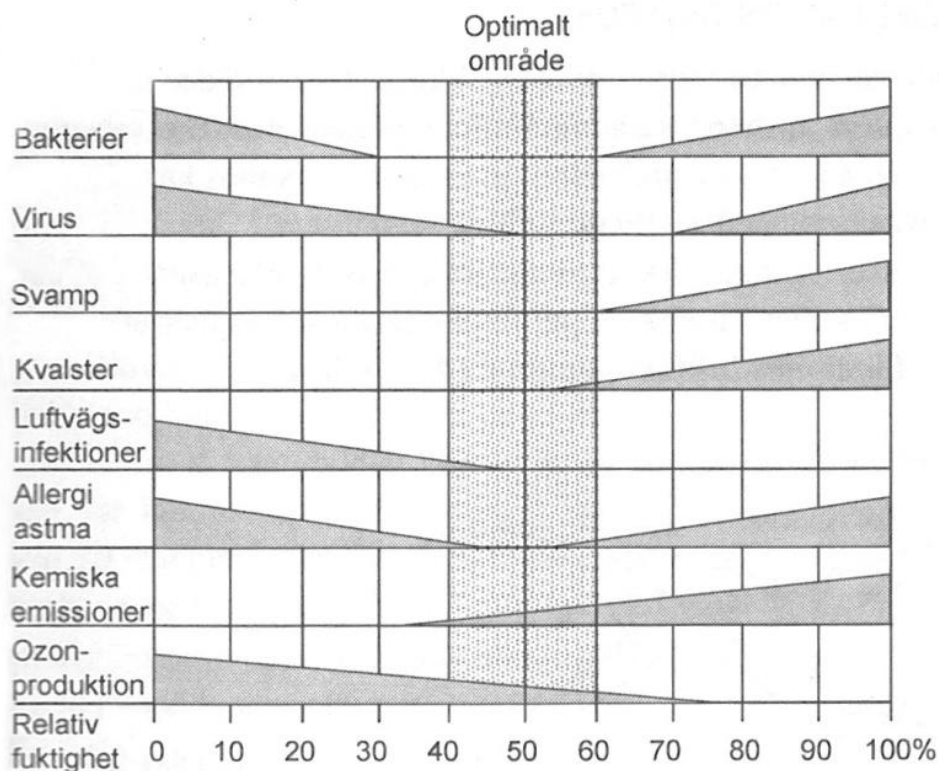
”Ventilationssystemet uppgift är att sörja för god luftkvalitet, genom att utifrån erforderligt luftflöde till- och bortföra luften på lämpligt sätt.”
(Warfvinge & Dahlblom, 2010)

De riktvärden som anges av BBR är bland annat att ventilationens luftflöde inte är lägre än 0,35 l/s, m² golvyta där personer vistas och inte understiger 0,1 l/s, m² golvyta när ingen vistas i bostaden.

Fuktsäkerhet

”Fukt förekommer överallt, som vattenånga i luften, som vätska i kök och badrum och bundet i de flesta material. Fukt är i sig inte skadligt, men fukt i för stora mängder eller på ”fel” ställen kan medföra skador och olägenheter.”
(Nevander & Elmarsson, 1994)

I material kan fukt orsaka materialnedbrytning, ökade emissioner och tillväxt av mögel (Samuelsson, 1998). För de flesta organiska ämnen gäller att den relativa fuktigheten i materialet inte får överstiga 80 % inomhus (Nevander & Elmarsson, 1994). Den relativa fuktigheten i inomhusluften bör ligga mellan 40-60 %, se figur 1.1, för att minimera ohälsa.



Figur 1.1 Faktorer som påverkas av relativ fuktighet i luften och som påverkar inneklimatet.
Källa: (Warfvinge & Dahlblom, 2010)

”Fukttillståndet i en byggnadsdel ska alltid vara lägre än det högsta tillåtna fukttillståndet om det inte är orimligt med hänsyn till byggnadsdelens avsedda användning. Fukttillståndet ska beräknas utifrån de mest ogynnsamma förutsättningarna.” (BFS 2006:12).

Buller

”Buller definieras som ”icke önskvärt ljud”. (Warfvinge & Dahlblom, 2010)

Uppkomsten av buller kan orsakas utifrån av trafik, grannar och andra faktorer eller inifrån bostaden av exempelvis installationer och hushållsapparater (Samuelsson, 1998). Regeln enligt BBR är att begränsa uppkomst och spridning av störande ljud (BFS 2006:12) däremot lämnas ett allmänt råd att minst ljudklass C från svensk standard 25267 ska uppnås i bostäder. Ljudklasserna A och B avser en högre ljudkvalité (BFS 2008:6).

Ljus

För att en människa ska må bra krävs god belysning (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Detta handlar om att erhålla rätt ljushet, ljusstyrka, begränsning av störande reflexer och bländning inomhus. BBR ställer kraven att i en bostad ska något rum eller någon avskiljbar del av rum där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus och alla dessa rum ska ha god tillgång till direkt dagsljus om det är rimligt med hänsyn till rummets användning (BFS 2006:12).

”Allmänt råd

Som ett schablonvärde kan gälla att fönsterglasarean bör ge motsvarande ljusinsläpp som uppnås då fönsterglasarean är minst 10 % av golvarean när fönstret har 2 eller 3 klarglas. Glasarean bör ökas om annat glas med lägre ljusgenomsläpplighet används eller om byggnadsdelar eller andra byggnader skärmar av dagsljuset mer än 20°. En förenklad metod för uppskattning av fönsterglasarea finns i SS 91 42 01. I vissa utrymmen kan insyn vara olämplig.” (BFS 2006:12).

Underhåll och skötsel

Ett boende kräver underhåll och skötsel. Förr byggdes bostäder så att underhållet och skötseln av småhusen skulle vara enkel att utföra och inte kostnadskrävande (Robertsson, 2002). Arbetet utfördes kontinuerligt i liten skala. Dagens önskemål om underhållsfrihet har lett till att det kontinuerliga behovet av underhåll har minimerats. Vid behov av underhåll blir däremot kravet på arbetsinsatsen högre, mer omfattande och kostnadskrävande. BBR ställer krav på tillgänglighet för underhåll och skötsel med tydliga instruktioner om hur detta ska utföras (BFS 2008:6).

Mjuka värden

Bevarandet av gamla hus har ett värde för människor som kan kategoriseras i fyra grupper baserat på olika motiv (Herklint, 2000). Dessa motiv kan ha olika perspektiv utifrån individen, samhället eller en kombination av dessa. Ett motiv är det materiella, där exempelvis skönheten i det gamla huset med sina material från olika platser, är en faktor. En annan faktor kan vara viljan att ta ansvar för och organisera samhällets resurser.

Ett annat motiv till bevarandet är det emotionella som kan innebära att man känner samhörighet med huset och upplevelsen av en atmosfär är en faktor som varierar utifrån tolkarens personlighet. Samhörigheten kan tolkas utifrån helheten där verksamheter, människor, hus och natur är sammanlänkade i en

bebyggelsemiljö. Man kan ha en vilja att bevara det som är emotionellt kopplat till huset och platsen.

När människor vill samla på kunskapen som finns nedlagd i det fysiska i huset, materien, är motivet till bevarande kognitivt. Här kan också finnas en utåtriktad vilja att förmedla kunskapen till andra.

Det fjärde motivet till bevarande är det andliga motiv som kan handla om att skapa mening i materien med inspiration, eller att se möjligheten till liv för huset där det centrala är användandet. Eldsjälar är personer som med vilja och kraft drivs till handling med andliga motiv.

Ett annat sätt att uttrycka viljan att bevara gamla hus är att det kan ta trettio år av kontinuerligt bruk innan en byggnad kan räknas som inbodd och uppfattas som en stabil del av den sociala miljön (Linn, 1977). Gamla byggnader är en del av vårt kulturarv och därför fungerar de och dess omgivande miljö som en länk mellan historia och nutid (Unnerbäck, 2002).

Skönheten och upplevelsen av kvalitet i de gamla husen är ofta kopplade till detaljer (Robertsson, 2002). Det kan handla om hantverket i plåtdetaljer eller materialbehandlingar, val av taktegel, dörr och fönster. De gamla materialen har en subtil skönhet i sitt åldrande som är svår att ersätta med nya material.

1.3 Byggteknik

Byggtekniken förr styrdes till stor utsträckning av lokala materialtillgångar och byggmästarna erfarenheter (Engdahl & Isfält, 1983). Detta ledde till att byggmästarna hade mycket goda kunskaper om materialegenskaper och användningsområde. Den traditionella byggnadskonsten var framvuxen under lång tidsperiod med nedärvd kunskap där byggnadstekniska problem hade lösts efter de lokala förutsättningarna (Robertsson, 2002). Det fanns även regler med estetiska och tekniska krav på byggnader i olika omfattning i form av lokala byggnadsordningar i städerna (Bjerking, 1974). Det vanligaste förekommande konstruktionsmaterialet, trä var nog utvalt för sin funktion där exempelvis kärnvirka användes till utsatta konstruktioner (Engdahl & Isfält, 1983). Tillgången på skog och därmed träråvaran är och har historiskt varit rik i Sverige och använts som byggmaterial (Bjerking, 1974).

Då Skåne och Halland var skogsfattigt förekom här korsvirkeshusen i större utsträckning än hus helt i trä (Bjerking, 1974). Historiskt har tegel varit vanligt förekommande i områden med tillgång på lämplig lera som i Skåne och området runt Mälaren. Redan på 1100-talet uppfördes byggnader i tegel. Hus uppförda helt i tegel förekom runt om i Sverige men i större utsträckning i de södra delarna, där teglet tillverkades. Även grundmurarna utfördes i tegel i Skåne.

Grundläggningsmetoden utgår ifrån underlagets sammansättning och egenskaper som varierar geografiskt över landet, från berg till lös jord (Bjerking, 1974). Det ursprungliga grundläggningsmaterialet har varit natursten taget från omgivningen kring byggplatsen fram till cirka 1920 -talet då betongen började ersätta natursten och grundens uppbyggnad mer markant delades upp i grundläggning och grundmur.

1.3.1 Stenhus

Vid sekelskiftet tog det vanligtvis tre år att uppföra ett stenhus i murat tegel då arbetet utfördes enbart under sommarmånaderna (Engdahl & Isfält, 1983). När husen stod klara fanns mycket byggfukt kvar som behövde torkas ut och då tillgång till värmebläktar inte fanns kunde det ta upp till ett år innan huset hade torkat tillräckligt för att ge ett behagligt inneklimat.

Teglets storhetstid började under slutet av 1800-talet och pågick fram till 1930-talet med traditionella byggmetoder som var hantverksmässiga (Björk & Reppen, 2000). Byggnadsordningar reglerade tekniska krav där detaljer som exempelvis väggjockelekar på de olika våningsplanen tydligt angavs (Bjerking, 1974). Från 1930-talet murades stommen allt mer sällan i tegel då nya krav ställdes på dimensionera i den bärande konstruktionen.

1.3.1.1 Typkonstruktioner från angivna årtionden

Nedan redovisas typkonstruktionen av ett stenhus per årtionde för att tydliggöra skillnader och utveckling. Redovisning görs av materialskikt i konstruktionerna tak, yttervägg och grund, och är angivet inifrån och ut. Även bjälklagets infästning i yttervägg redovisas. Samtliga mått är i centimeter om inte annat anges. För mer information om specifika arkitekturtermer rekommenderas exempelvis ”Arkitektur termer” av Jan Torsten Ahlastrand och ”Så byggdes husen” av Björk, Kallstenius och Reppen.

Tabell 1.2 Sammanställning av konstruktionslösningar för stenbyggnader från 1890-1930.
Källa: (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002)

Årtionde	Tak	Vindsbjälklag (från vind och in)	Yttervägg	Bjälklagsinfästning	Grund (nedifrån och upp)
1880 Stockholm	Takstolar i trä upplagd på tegelmur och vindsbjälklag	Brandbotten av stortegel. Golvträ 2”, Golvbjälkar 7”x10”, blindbotten av utskottsvirke med lertätning, tung fyllning av kalkgrus och sand. Spräckpanel 1”, vassmatta, puts.	Puts Stortegel 30x14,5x7,5 med kalkbruk Bv 2-sten och övriga 1 1/2-sten Puts	Träbjälkar 7”x10”, c/c 60 placerad på tegelmur Var 3:e-4:e (kallad ankarbjälke) förankrade i fasaden med ankarslutare	Källarmur: av gråsten underst som kallmur och därefter som bruksmur med kalkbruk Sockel av huggen natursten
1890 Lund	Takstolar i trä 4”x5” upplagd på remstycken på murkrönet och på vindbjälklagets infästning i yttermuren	Brandbotten av stortegel i lerbruk. Golvträ 1 1/2”. Golvbjälkar 6” x 10” upplagda i fasadmuren (25 upplag) Blindbotten av 1” utskottsvirke. tung fyllning av kalkgrus eller sand. Spräckpanel, vassmatta, puts.	Puts Normaltegel 25x12x6,5 Förbländertegel Bv 2-sten och övriga 1 1/2-sten	Träbjälkar 6”x9” Infäst i remstycke 7”x7” placerad i ytterväggen	Sula: kallmur av gråsten i förband Källarmur: 3-sten normaltegel satt i kalkbruk Sockel av huggen natursten

Årtionde	Tak	Vindsbjälklag (från vind och in)	Yttervägg	Bjälklagsinfästning	Grund (nedifrån och upp)
1900 Helsingborg	Takstolar av trä 5"x5" infäst i remstycken på murkrönet och på vindbjälklagets infästning i yttermuren	1 ½" spontade bräder. Träbjälkar 6" x 9", infästa i remstycken upplagd på murkanten. Blindbotten med tung fyllning av kalkgrus. Spräckpanel. Rörning Puts	Puts Normaltegel 25x12x6,5 Puts (kalkbruk) Bv 2-sten och övriga 1 1/2-sten	Träbjälkar 6"x9", c/c 60 placerad på mur	Sula: Kallmur av gråsten i förband Källarmur: 75-80 oarmerad betong med sparsten 3-sten normaltegel Sockel av huggen granit
1910 Stockholm	Takstolar av trä 6"x7", c/c 1,2 m Placerad på remstycken	Övre vindsbjälklag: Golvträ 1 ½" Bjälkar 6" x 8" Blindbotten, tung fyllning Spräckpanel Rörning Puts.	Puts Stortegel 30x14,5x7,5 Bv 2-sten och övriga 1 1/2-sten	Träbjälkar 6"x10" placerad på mur, upplag minst 25, växelvis stålbalkar	Sula: Betong med sparsten på plint Källarmur: Armerad betong Sockel: Huggen granit
1920 Malmö	Takstolar av trä 4"x6", c/c 1,2 m infäst i remstycken på murkrönet och på vindbjälklagets infästning i yttermuren	1 ½" spontade bräder Träbjälkar 5" x 9" C/C 60 Blindbotten, fyllning av kalkgrus. Spräckpanel, Rörning Puts.	Puts Normaltegel 25x12x6,5 Bv 2-sten och övriga 1 1/2-sten	Träbjälkar 6"x9" upplagt på stålbalkar och tegelmurverk	Sula: Armerad betong Källarmur: Gjuten betong med sparsten Sockel: Huggen granit
1930- mitten på 40-talet	Takstolar av trä 4"x6", c/c 1,2 m	Bräder 1" Brandbotten av tegel lagd i bruk. Stålbalkar 22 cm c/c 2,5-4,5 m samt mellan dessa träbjälkar 4" x 9"	Puts Normaltegel 25x12,5x7,5 1-1 ½- sten Puts	Liggande regelverk med stålbalkar och träbalkar 4"x9", c/c 60	Sula: Armerad betong. Källarmur: Gjuten betong 40 tjock

1.3.2 Trähus

Under den aktuella perioden 1880-1945 är småhusen i mellersta och norra Sverige huvudsakligen uppförda i trä (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Inledningsvis är fasaderna av trä men då arkitekturstilen jugend introduceras, under 1800-talets slut, blev puts ett vanligt fasadmateriäl.

1.3.2.1 Typkonstruktioner från angivna årtionden

Nedan redovisas typkonstruktionen av ett trähus per årtionde för att tydliggöra konstruktionernas skillnader och utveckling. Redovisning av materialskikt i konstruktionerna tak, yttervägg och grund, är angivet inifrån och ut. Bjälklagets infästning i yttervägg redovisas. Samtliga mått är i millimeter om inte annat anges. För mer information om specifika arkitekturtermer rekommenderas exempelvis "Arkitektur termer" av Jan Torsten Ahlastrand och "Så byggdes husen" av Björk, Kallstenius och Reppen.

Tabell 1.3 Sammanställning av konstruktionslösningar för träbyggnader från 1890-1930.
Källa: (Björk, Nordling, & Reppen, 2009)

Årtionde	Tak	Vindsbjälklag (från vind och in)	Yttervägg	Bjälklags- infästning	Grund (nerifrån och upp)
1890 Stolpverks- hus	Takstolar i trä 125x125, c/c 1000- 1200 25 mm glespanel Plåt	Golvträ 1 ¼" x 5", träbjälkar 5" x 7" med fyllnad av sågspån, blindbotten av utskottsvirke, 1" panel, pappspänning	Panel Tjärpapp Stolpverk 150x150 med sågspånsfyllnad Tjärpapp Panel	Träbjälkar 100x225, c/c 600 Placerade på syll och ringvarv 150x150	Grundmur: Kallmurad utan fogbruk med huggen natursten Näver som fuktisolering mot syll
1900 Resvirkes- hus	Takstolar i trä 75x150, c/c 1200 Spontade brädor 17 mm Papp Strö- och bärläkt Enkupigt lertegel	Golvtegel 1 ½", träbjälkar 4" x 5", sågspåns- fyllning, träpanel 1 1/2".	Panel 19 mm Luftspalt 25 mm Stående virke 100 mm, varierande bredd Puts	Träbjälkar 75x225, c/c 600 Infästa i ringvarvet	Källarmur: Huggen natursten Asfaltfilt som fuktisolering mot syll

Årtionde	Tak	Vindsbjälklag (från vind och in)	Yttervägg	Bjälklagsinfästning	Grund (nedifrån och upp)
1910 Plankstomme	Takstolar i trä 75x175, c/c 1000 Spontade brädor 25 mm Tjärpapp Strö- och bärläkt Enkupigt lertegel	Träbjälkar 4" x 8", sågspånsfyllning, blindbotten, vassmatta, puts	Spontade brädor 25 mm Asfaltimpregnerad förhydningspapp Plankstomme 75 mm varierande bredd ospontad stående plank Tjärdrev i springor Tjock asfaltspapp Reveteringstegel Puts	Träbjälkar 75x200, c/c 600 Stött och riktad av väggband 75x150	Grundmur: Grovhuggen granit Asfaltspapp som fuktisolering mot syll
1920 Plankstomme	Takstolar i trä 75x150, c/c 1200 Spontad panel 25 mm Tjärpapp Strö- och bärläkt Enkupigt lertegel	Träbjälkar 4" x 8", sågspånsfyllning, blindbotten, vassmatta, puts	Liggande panel 25 mm Luftspalt 25 mm med läkt Förhydningspapp Plankstomme 75 mm varierande bredd Impregnerad tjärpapp Träpanel 25x175 Lockläkt 19x37	Träbjälkar 75x225, c/c 600 Riktad av väggband	Källarmur: Platsgjuten betong med sparsten och enkel armering Slammad Varmasfaltstruken under mark
1930 Dubbel plankstomme	Flacka takstolar i trä 75x175, c/c 1100 med sågspån som isolering på underram Råspont 25 mm Dubbelfalsad kopparplåt	Träbjälkar 3" x 8" c/c 600, fyllnad sågspån med kalkgrus, träpanel	Porös träfiberskiva 12 mm Spontat plank 50 mm Liggande läkt 25x50, luftspalt Förhydningspapp Plankstomme av spontat plank 63 mm Tjärpapp Spräckpanel 25 mm Reveteringsmatta Puts	Träbjälkar 75x225, c/c 600 Riktad av väggband 50x125	Källarmur: Platsgjuten betong med sparsten på sula av armerad betong Slammad Varmasfaltstruken under mark

1.4 Ventilation och värmeteknik

Kanaler för bortledning av förbrukad luft och rökgaser har i alla tider förekommit i bostadshus (Bjerking, 1974). Dessa kanaler var under sent 1800-tal och framåt, till sin storlek och utformning, beroende av tegelformatet i regionen som varierade liksom de lokala bestämmelserna som reglerade systemens utformning.

I byggnader uppförda innan 1920-talet används samma anordning för att fylla både ventilations- och uppvärmningsbehovet, nämligen kakelugnen (Orestål, 1996). Då man förlitade sig på eldning i gjutjärnskaaminer, kakelugnar och vedspis, i köket, var trä och kol två mycket viktiga råvaror (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Kakelugnarnas andra funktion, som ventilation, bygger på naturliga termiska rörelser både när kakelugnen var under bruk för uppvärmning och när kakelugnen inte eldades i (Orestål, 1996). Tilluft kom in via englasfönster och andra otätheter i klimatskalet vid exempelvis golvsöcket. Då bekvämlighetsinrättningar som badrum fanns i byggnaderna var oftast ventilationssystemet kompletterat med en egen murad kanal för självdrag vid dessa.

Små badrum blev under 1920-talet allmänt och kakelugnarna ersattes med vattenburen uppvärmning och radiatorer (Orestål, 1996). Ventilationen var fortsatt baserad på självdragsprincipen men reglerades i större utsträckning, där tilluften kom in via ventiler i skafferiet och reglerbara ventiler under fönster. I dessa självdragssystem var vädring med öppna fönster en del av lufttillförseln och frånluften togs ut genom de rökrör och imkanaler som fanns (Bjerking, 1974).

När centralvärmeinstallation infördes på 1920-talet med vattenburna radiatorsystem medförde detta att ändringar gjordes i befintliga kanalsystem (Bjerking, 1974). Fortsättningsvis var energikällan för dessa nya system ved- och koleldade pannor. Det var först efter 1950 som oljepannorna gjorde sitt inträde.

2 Val av typ exempel

Utgångspunkt för vårt val av typhus, som ska representera den avgränsade tidsperioden, är de hus som idag är vanligast förekommande ur byggtekniks synvinkel. Skillnaderna på husens konstruktion varierar av många anledningar bland annat på grund av geologiska förutsättningar, materialtillgångar, byggtraditioner och ekonomisk utveckling i regionen. Dessa skillnader gör varje hus unikt. Med samtliga skillnader i åtanke vill vi välja typhus som kan representera och leda till lösningar som är anpassningsbara för merparten av tidsperiodens småhusbestånd. Gemensamt för småhusen är att de huvudsakliga byggnadsmaterialen under perioden 1880-1945 utgjordes av tegel, trä, sten och puts.

2.1 Byggt teknik analys

I Skåne och Mälardalsregionen producerades vid sekelskiftet tegel då god tillgång på råvaran lera fanns. I diagrammet nedan kan vi utläsa att antalet småhus från tidsperioden 1880-1921 där tegel producerades och i övriga regioner är storleksmässigt jämförbara. Det är därför relevant att studera såväl småhus byggda av trä och av sten. Under 1920-talets början återupptogs bostadsbyggandet efter världskrigets stillestånd. Materialdimensionerna blev mindre och industriellt producerat byggnadsmaterial blev vanligare. Årtiondet avslutades i en ekonomisk kris och antalet hus byggda under denna period är lägre än de nästkommande årtiondena. En följd av den ekonomiska krisen blev därför att man under 1930-talet ville bygga mindre hus till låg kostnad och ur detta föddes funktionalismen (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002).

Funktionalismen och dess ideal med ytoptimering medförde att byggt tekniken förändrades med mindre dimensioner i den bärande konstruktionen och att isoleringsskikt introducerades i form av oventilerade luftspalter i trähusen som material- och kostnadsbesparande åtgärd. Den traditionella byggt tekniken ersattes successivt under 1930-talet med ny och denna utveckling tog förnyad fart efter andra världskriget.

Bostadsbestånd fördelat på län och årtionde fram till 1950

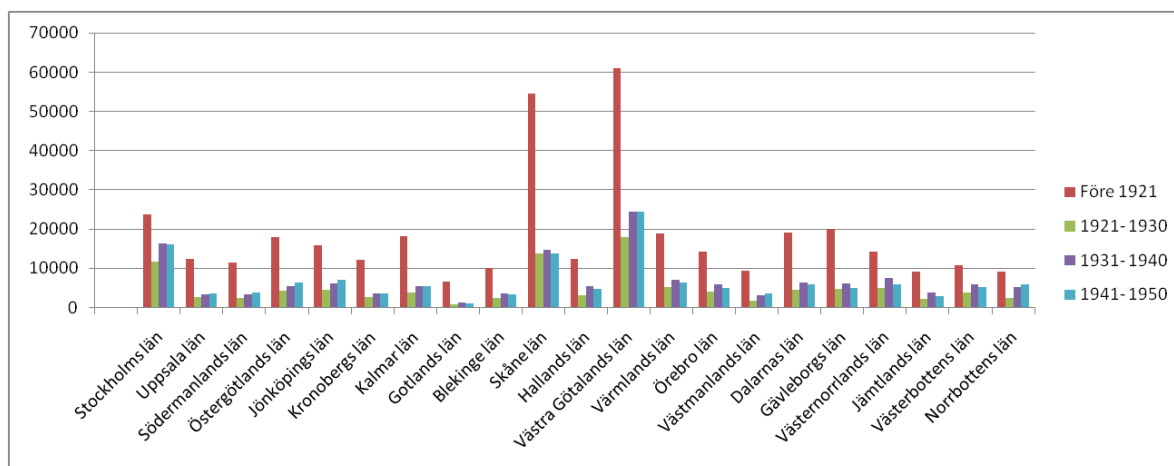


Diagram 2.1 Antal lägenheter i småhus fördelade på period och län baserat på byggår och bebodda 2009. Källa: (SCB, 2009)

2.1.1 Stenhus

Stenhus byggda under den aktuella perioden 1880-1945 har, som redovisas i tabell 1.2, mycket gemensamt bland annat med tanke på materialval där ytterväggarna av exempelvis tegel fungerar som bärande stomme. I tabellen 1.2 kan man utläsa att husen byggda under 1880-1930 är uppbyggda i bottenvåning med 2-sten tegel och ovanför detta 1 ½-stens tegelkonstruktion, takstolar är av trä upplagda direkt eller indirekt på tegelmur och vindsbjälklag. Bjälklagen består av trä placerade på ytterväggens mur. Under 1930-talet får väggen en tunnare konstruktion av 1- 1 ½ stens tegel när funktionalismens byggprogram introduceras (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002).

2.1.2 Trähus

Husen med trästomme har varit uppbyggda på lite olika sätt baserat på regionala skillnader i husbyggnadsteknik (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Ur tabell 1.3 kan man utläsa att ytterväggarna består av genomgående trämaterial i konstruktionen och att timmerdimensionen avtar fram till 1930-talet.

Under 1930-talet började man tänka på isolering av klimatskalet genom att bygga två plankväggar med oventilerad luftspalt som isolerande skikt emellan (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Byggtekniken var i stora drag oförändrad fram till krigsslutet 1945. Eftersom de gamla trähusen krävde stora mängder trämaterial drevs utvecklingen mot att utforma hus med regelstomme med mindre dimensioner som krävde mindre råvara och med isolerande fyllning som fick genomslag på 1950-talet.

2.2 Bostadsbeståndsanalys

Vid en analys av bostadsbeståndet utifrån tabell 2.1 kan man utläsa att det finns regionala skillnader på antalet bebodda äldre hus. Ett tydligt sådant exempel är Gotlands län där 53 % av småhusen är byggda före 1950. Även Värmland, Gävleborg och Jämtlands län har stor andel äldre bebyggelse.

Tabell 2.1. Andel i län är baserad på totalt antal lägenheter i småhus före 1950 i förhållandet till totalt antal lägenheter i småhus före 2009 i länet. Den redovisade andelen av hela riket utgör en total länsvis för aktuell period i förhållande till totala antalet lägenheter i småhus före 1950.
Källa: (SCB, 2009)

Bostadsbestånd 2009 – fördelat på län jämfört med byggnadsår före 1950

Län	Byggnadsperiod		Andel i län(*)	Andel av hela riket(**) före 1950
	Totalt* Före 2009	Totalt Före 1950		
Stockholms län	250 449	67 695	27%	9%
Uppsala län	66 731	21 908	33%	3%
Södermanlands län	57 505	20 954	36%	3%
Östergötlands län	89 686	33 917	38%	4%
Jönköpings län	88 390	33 679	38%	4%
Kronobergs län	54 946	22 037	40%	3%
Kalmar län	71 590	32 586	46%	4%
Gotlands län	18 164	9 539	53%	1%
Blekinge län	44 454	19 476	44%	3%
Skåne län	270 725	96 800	36%	13%
Hallands län	82 150	25 732	31%	3%
Västra Götalands län	348 059	127 697	37%	17%
Värmlands län	80 009	37 373	47%	5%
Örebro län	67 180	29 244	44%	4%
Västmanlands län	54 116	17 601	33%	2%
Dalarnas län	83 484	35 850	43%	5%
Gävleborgs län	75 488	35 995	48%	5%
Västernorrlands län	70 180	32 625	46%	4%
Jämtlands län	38 464	17 929	47%	2%
Västerbottens län	68 739	25 756	37%	3%
Norrbottnens län	69 947	22 786	33%	3%
Hela riket	2 050 456	767 179 **	37%	

I tabell 2.1 kan man tydligt se att Västra Götalands län och Skåne län utmärker sig med flest antal lägenheter i småhus fram till 1950.

Tabell 2.2. Antalet småhus byggda före 1921 som andel av totalt antal lägenheter i småhus byggda före 1950. Källa: (SCB, 2009)

Bostadsbestånd fördelat på årtionde och län fram till 1950

Län	Byggnadsperiod					Före 1921
	Totalt					andel av
	Före 1950	Före 1921	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	Före 1950
Stockholms län	67 695	23 641	11 656	16 349	16 049	35%
Uppsala län	21 908	12 438	2 624	3 298	3 548	57%
Södermanlands län	20 954	11 547	2 413	3 288	3 706	55%
Östergötlands län	33 917	17 960	4 150	5 347	6 460	53%
Jönköpings län	33 679	15 874	4 566	6 230	7 009	47%
Kronobergs län	22 037	12 232	2 745	3 481	3 579	56%
Kalmar län	32 586	18 074	3 700	5 477	5 335	55%
Gotlands län	9 539	6 509	765	1 238	1 027	68%
Blekinge län	19 476	10 059	2 503	3 671	3 243	52%
Skåne län	96 800	54 507	13 812	14 610	13 871	56%
Hallands län	25 732	12 304	3 179	5 414	4 835	48%
Västra Götalands län	127 697	61 030	17 946	24 324	24 397	48%
Värmlands län	37 373	18 946	5 134	6 941	6 352	51%
Örebro län	29 244	14 328	4 096	5 775	5 045	49%
Västmanlands län	17 601	9 378	1 614	3 119	3 490	53%
Dalarnas län	35 850	19 172	4 545	6 351	5 782	53%
Gävleborgs län	35 995	20 104	4 828	6 031	5 032	56%
Västernorrlands län	32 625	14 318	4 858	7 490	5 959	44%
Jämtlands län	17 929	9 153	2 158	3 839	2 779	51%
Västerbottens län	25 756	10 743	3 801	5 996	5 216	42%
Norrbottnens län	22 786	9 203	2 404	5 278	5 901	40%
Hela riket	767 179	381 520	103 497	143 547	138 615	

Husen byggda före 1921 är de vanligaste förekommande i samtliga län. I denna grupp ingår även hus som inte är aktuella för angiven tidsperiod. Dessa byggnader är till antalet mindre då bostadsbyggandet och framförallt småhusutbyggnaden tar sin början vid industrialiseringen i brukssamhällen och städer under 1880-talet. Bostadsbyggandet har genom tiderna ökat med avvikelser för världskrigen.

2.3 Motivering till val av typhus

Antalet hus byggda fram till 1950 är 767 200 enligt tabell 2.2. Av dessa utgör husen byggda före 1921 cirka 50 %. Byggtekniken för stenhusen varierade inte i någon större utsträckning under denna period. Det som varierar i huskonstruktionerna är grundläggningsmetoderna och detta gäller även trähusen (Bjerking, 1974). Då grundläggningen varierar geografiskt baserat på de geologiska förutsättningarna utgör inte detta någon faktor för valet av typhus.

Egnahemsrörelsen som uppstod med statens förmånliga bostadslån i början av 1900-talet ledde till ökat småhusbyggande. Baserat på detta och att byggandet temporärt minskade under första världskriget väljer vi att titta på typhus producerade under 1900-talets början.

3 Beskrivning av typexempel och identifiering av energiläckage

Med Stockholmsutställningen 1897 introducerades byggnadsstilen jugend i Sverige som blandades med allmogetraditionerna och tillsammans ledde till en enklare svensk jugendstil (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). I städerna var stilen mer renodlad och tydligare men villabyggandet hade mer drag åt nationalromantiken med allmogekulturella inslag under 1900-talets första decennium. För husen innebar det att taket var brant lutande av typen sadeltak eller mansardtak med eller utan halvvalm. Den vanligaste förekommande taktäckningen var rött lertegel och falsad slätplåt, framför allt i norra Sverige. Ett tidstypiskt hus var i ett och ett halvt plan. Fasaden var symmetrisk utformad med veranda, entré under frontespis och snickeridetaljer. Putsade fasader förekom för att framhäva jugendstilens mjuka former. Fönsterval och placering var en viktig arkitektonisk detalj och asymmetrisk fönstersättning med många olika fönstertyper eftersträvades. Fönstren hade varierat antal fönsterbågar i bredd, de undre bågar var ospröjsade och de övre småspröjsade. Genom fönstrens placering kunde man också styra solljusinsläpp. Rummen med stora fönster mot söder fick också ett mindre uppvärmningsbehov än de rum som var vända mot norr.

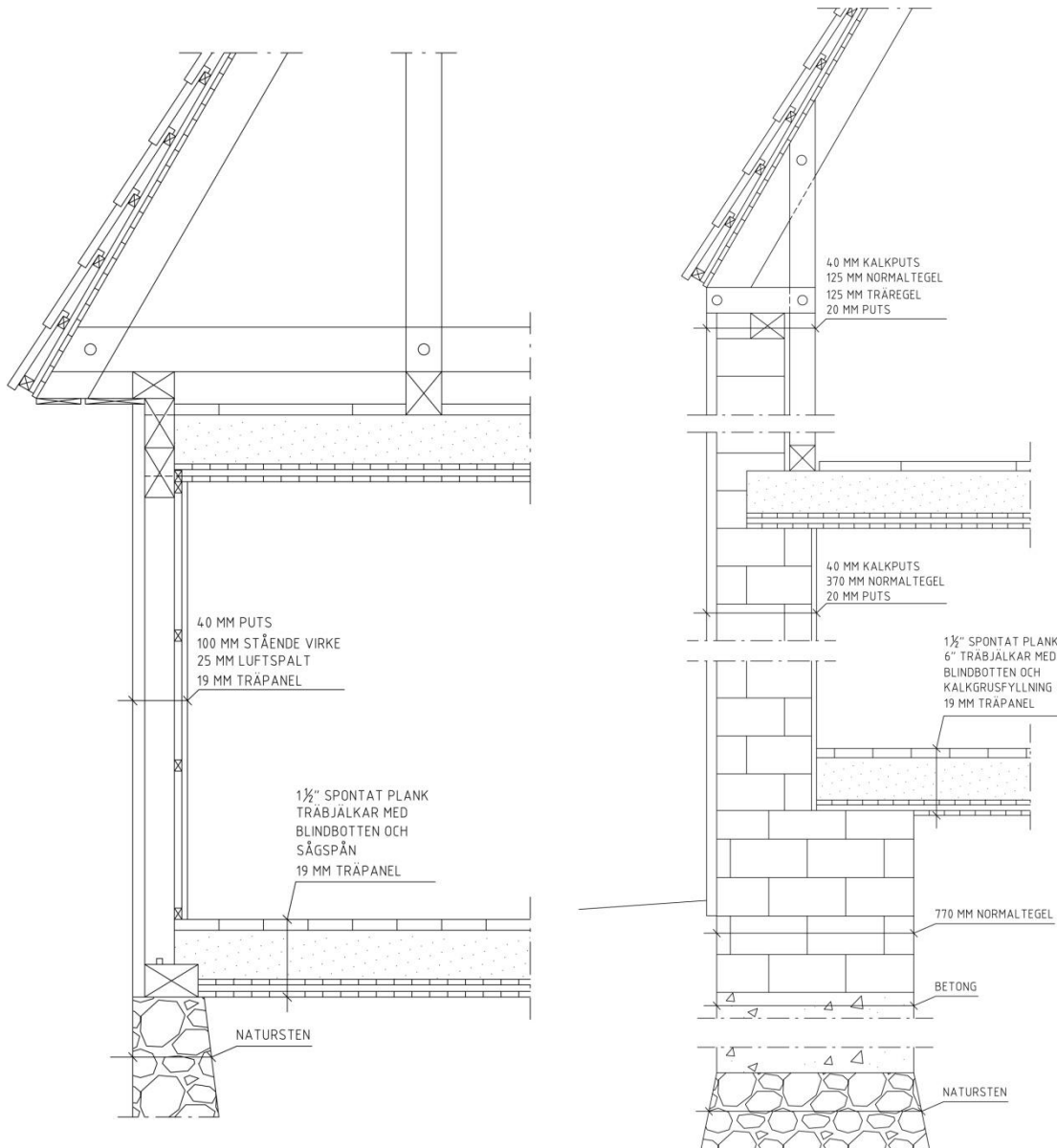


Figur 3.1 Illustration av jugendhuset med herrgården som förebild.

Med dagens krav på energieffektivitet och miljömedvetenhet kan man i de, i detta kapitel, beskrivna typexemplen identifiera energiläckor som är möjliga att åtgärda.

3.1 Byggteknik och material i typhusen

Runt sekelskiftet var byggtekniken lokalt förankrad. Brukandet av och kraven på småhusen är idag annorlunda och vilket kräver anpassning av klimatskal till ändrade omständigheter.



Figur 3.2 Illustration av konstruktionen i de två typhusen. Till vänster trähuset och tegelhuset till höger.

3.1.1 Gemensamt för stenus och trähus

Konstruktionen för stenus respektive trähus byggda vid sekelskiftet 1900-tal har många likheter exempelvis grundläggning och takkonstruktion (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Gemensamt för småhusen av sten och trä är att de är uppbyggda med bärande ytterväggar. Klimatskalet är varken luft eller fukt-tätt utan både luft och fukt tillåts vandra i materialen (Burström, 2007).

De gamla trähusen, uppförda med resvirkesstomme, har i sin konstruktion dålig isoleringsförmåga och krävde mycket material (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Stenhusens uppbyggnad är mer självklar och skiljer sig inte nämnbart mellan enfamiljshus och flerfamiljshus förutom dimensioner som följer den aktuella byggnadsordningen, i detta fall Byggnadsordningen 1890.

Trähusen med resvirkesstomme och stenhusen är av typen tung konstruktion som har god värmekapacitet och är beständiga (Sandin, 2010). Det innebär att konstruktionerna kan lagra värmeenergi och på så sätt jämna ut dygnsvariationen i innetemperaturen. De kan även lagra fukt och jämnar ut luftfuktigheten inomhus. Lermaterial lämpar sig bäst till detta.

Grund

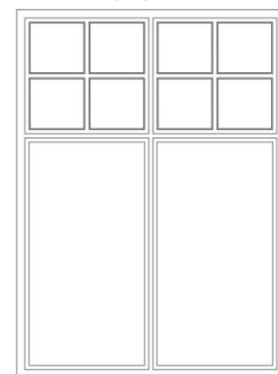
Den huvudsakliga grundläggningen av småhus är utformad med grundmurar i form av kallmur fram till 1920-talet (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Kallmuren är uppbyggd med huggen natursten utan fogbruk vilket ger naturlig ventilation i grunden. Användningen av natursten medför att man lyfter upp huset från den fuktiga marken och stenen fungerar också som ett kapillärbrytande skikt. Tekniken med att bygga en grundmur och sockel ger husen dess tidstypiska utseende med en tydlig sockel.

Bjälklag

Bjälklagen är upplagda på de bärande ytterväggarna och vid upplagen är dimensionerna på ytterväggen mindre och utgör därför en förändring i klimatskalet. Detta kan medföra lokalt ökade värmeförluster i denna punkt (Sandin, 2010). Hjärtväggar förekommer för att få ner dimensionerna på bjälklagen när så behövs (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002).

Fönster

Fönster tillverkades under början av 1900-talet i snickeriverkstäder med ökande antal maskiner till hjälp och var en viktig arkitektonisk detalj vid utformning av småhusen (Bjerking, 1974). Ett tidstypiskt fönster med två glas har ett U-värde på $2,5 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ och fönsterbågens utformning gör att den kan bära ett glas med största tjockleken 3 mm (Fredlund, 1999). Fönstermaterialet är kådrikt kärnvirke av furu med bra beständighet men kontinuerligt underhåll är en förutsättning för lång livslängd (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Den aktuella fönstermodellen för sekelskifteshusen är fyrluftsfönster med korsspröjsade lufter över tvärposten (Bjerking, 1974). Fönsterbågarna är enkla och utåtgående och kompletteras med lösa



Figur 3.3 Illustration av tidstypiskt fönster.

innerbågar som öppnas inåt och vanligtvis avlägsnades under sommarmånaderna. Mellan bågar placerades fuktupptagande vadd och mellan båge och karm fästes klisterremсор som tätning. Dessa behöver underhållas för att inte förlora sin funktion. Under vintertid fanns vanligtvis endast ett öppningsbart innerfönster per rum.

Tak och vindsbjälklag

De branta taken är uppbyggda med takstolar som är placerade på ett hammarband, längsgående balk placerad på vägg, som fördelade lasten över väggstommen (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Vindsutrymmet är ventilerat vid takfoten. Utrymmet är isolerat från bostadsutrymmet genom vindsbjälklaget. Detta bjälklag består av träbjälkar som är 6" x 9" med c/c 600 mm och en blindbotten med tung fyllning av kalkgrus. I trähusen förekommer även fyllning av sågspån. Denna uppbyggnad med sågspån ger ett U-värde på cirka 0,39 W/m² K (egen handberäkning, se bilaga 1). Fyllnadsmaterialet sjunker med åren ihop och en luftficka bildas som tillåter luftrörelser vid golvet som kan bidra till upplevelsen av drag på golvet (Gudmundsson, 2010).

Bjälkarna i takstolarna är infästa i ett remstycke med dimensionen 4" x 4", en längsgående balk på vindsbjälklaget, och är upplagda på murkanten. Golvtäckningen på vinden består av 1 ½" spontade bräder utan brandbotten. Innertaket under vindsbjälklaget är av spräckpanel, gles brädpanel, med puts på vassmattor, även kallad rörning.

3.1.2 Stenhus - byggtekniska avvikelser

Sekelskifteshuset i sten är uppfört i bärande hårdbränt tegel. Här redovisas, för stenhuset, byggtekniska avvikelser i källare, bottenbjälklag, vägg, mellanbjälklagets anslutning, fönsteranslutning och tak.

Källare

Källargolvet är gjuten direkt på en bädd av grus och betongplattan är oarmerad. Denna utformning innebär att plattan kommer att ha en relativ fuktighet på 100 % då kapillärbrytande skikt saknas (Nevander & Elmarsson, 1994). På kallmuren, beskriven i kapitel 3.1.1, är en 75-80 cm oarmerad källarmur med en blandning av sparsten gjuten (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Betongen är inte vattentät vilket medför att kapillärsugning och ångtransport sker och insidan av väggen kan inte förväntas vara torr (Burström, 2007). Övre delen av källarmuren är murad med 3-stens normaltegel vilket ger en tjocklek på 77 cm med ett U-värde på 0,69 W/m² K (egen handberäkning, se bilaga 1). Egenskaperna på tegel och betongen medför att den relativa fuktigheten i muren under mark kommer att variera beroende av markens relativa fuktighet (Nevander & Elmarsson, 1994).

Bottenbjälklag

Bottenbjälklaget i småhusen består av träbjälkar 6” x 9” upplagda i muren och på järnvägsräls som avlastar fönstervalven (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Konstruktionen får ett U-värde på cirka $1,27 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (egen handberäkning, se bilaga 1). Tegel som är kraftigt kapillärsugande och tar därför upp vatten vid kontakt med detta som exempelvis vid slagregn (Burström, 2007). Då fasaden är putsad begränsas kapillärsugningen men järnvägsbalken som är placerad på det fuktiga teglet utsätts för en risk för korrosion. Teglet, som är luftgenomsläppligt, tillåter dock uttorkning vilket medför att konstruktionen inte är utsatt för ständig fukt. Bjälklaget som består av trä utsätts även det för fuktvariation. Trä är ett mycket finporöst material och tar lätt åt sig vatten från de flesta materials porsystem (Burström, 2007). Vid anslutning mellan grovporöst tegel och finporöst trä är det därför av största vikt att uttorkning tillåts för att rötskador inte ska uppstå och påverka bjälklagets hållfasthet. Vidare är det viktigt att ta hänsyn till materialets krympning och svällning som varierar på grund av fuktkvotsändring.

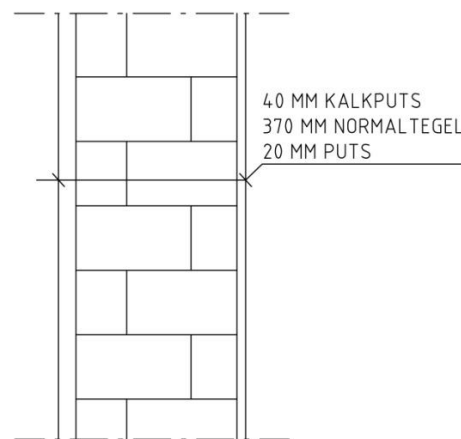
Golvet på bottenbjälklaget är av spontat plank 1 ½” och blindbotten är utskottsvirke med lerfyllning på papp (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Fyllnadsmaterialen var vid denna tid baserade på tillgång vid byggarbetsplatsen. Kalk blandades vanligen ner i fyllningen för att eliminera skadedjursförekomst. På denna blindbotten är spräckpanel, gles träpanel, uppsatt som underlag för putsen på innertaket i källarplan.

Vägg

Stenhusets yttervägg är murad direkt på grundmuren och denna yttermur är uppbyggd av normaltegel 25 x 12 x 6,5 cm som är putsad med kalkputs utvändigt (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Detta ger väggen ett högt U-värde på ca $1,24 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (egen handberäkning, se bilaga 1) i förhållande till en modern vägg som har U-medelvärdet $0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (Boverket, 2009). Yttermuren är uppbyggd enligt gällande Byggnadsordning från 1899 där ett hus med två våningar har 1 ½ stens mur

(Bjerking, 1974). Vindsvåningen är murad i 1-stens normaltegel.

Dimensionerna på ytterväggarna i stenhusen är avtagande och baserad på den vertikala lasten.



Figur 3.4 Illustration av tegelväggs konstruktion.

Tegel, som används i fasaden, tillhör de material som har högst kapillärsugande förmåga och har även en hög ångpermeabilitet, även kallat

ånggenomsläpplighet (Nevander & Elmarsson, 1994). Den kapillärsugande förmågan medför att tegel tar upp vatten från regn och vid annan kontakt med vatten (Burström, 2007). Hårdbränt tegel, som är vanligt i hus vid denna tid, absorberar mindre vatten men en vattenfilm på ytan bildas snabbare vid slagregn (Nevander & Elmarsson, 1994). Denna vattenfilm medför att vatten kan transporteras till sprickor och håligheter i muren. Den höga ångpermeabiliteten innebär dock att även uttorkningen sker snabbt. Vidare kan en murad tegelvägg inte förväntas vara lufttät. Tegel har även hög värmekapacitet och kan lagra värmen som produceras vilket kan jämna ut innetemperaturvariationer under dygnet och minska energiförbrukningen.

Puts, kalkputs vid sekelskiftet, har en skyddande funktion på en murad vägg och fungerar som offerskikt (Burström, 2007). Orsaken till detta är att fukt gärna vandrar från områden med lågt porvattenundertryck till områden eller material med högt porvattenundertryck (Nevander & Elmarsson, 1994). Då putsen är ett finporöst material finns en förmåga till ett högt porvattenundertryck och motsatsen gäller för ett grovporöst material som exempelvis tegel. Teglet kommer därför i mycket liten omfattning ta upp fukt från ett regnfuktigt putsskikt vilket medför att teglet får bättre beständighet och risken för exempelvis frostsprängning blir mindre. Däremot kommer putsen att vara utsatt för väder och vind med risken för dess konsekvenser som exempelvis frostsprängning.

Vi har genomfört en handberäkning, se bilaga 2, av luftrörelse i vägg utifrån och in baserad på den högsta månadsmedeltemperaturen i Sverige ute, som är i Malmö. Medeltemperaturen 17,2 °C för juli månad och en innetemperatur på 20 °C medför att yttemperaturen på insida vägg är 19,5 °C. Den relativa luftfuktigheten ute sommartid är 60-80% och i beräkningen har 80 % använts. Detta medför att maximal relativ fuktighet (RF) på insida vägg är 70 %. Det är viktigt att ta hänsyn till denna relativa fuktighet vid eventuella invändiga materialkompletteringar då organiskt material långsiktigt kan bli fuktskadad vid direktkontakt med ytterväggens insida.

Våningsbjälklags anslutning

Våningsbjälklagen består av träbjälkar med dimensionerna 6" x 9" av skrätt virke, tillverkat med yxa eller sågad av hel stam, på centrumavstånd 600 mm, upplagda i brandmurarna och på tvärgående mellanväggar. Blindbotten är av utskottsvirke, rester från tillsågning av hel stam, med tung fyllning av kalkgrus, som motverkar skadedjursförekomst. Golvet är av spontade, hyvlade bräder 1 ½". Innertaket består av spräckpanel, gles träpanel, med puts på vassmatta, så kallad rörning.

Vi har genomfört en fuktberäkning (handberäkning, bilaga 2) av luftrörelse i vägg vid bjälklagsupplag utifrån och in baserad på den högsta månadsmedeltemperaturen i Sverige ute, i Malmö. Medeltemperaturen 17,2 °C för juli månad och en innetemperatur på 20 °C medför att ytemperaturen vid bjälklagsupplaget är 19,02 °C. I beräkningen används det högsta värdet, 80 %, för den relativa luftfuktigheten, RF, ute sommartid. Detta medför att den maximala relativa fuktigheten vid bjälklaget blir 72 % och överstiger då gränsen då mögel och röta riskerar uppstå på trä, som är 60 %. Förutsättningarna för röta och mögel på organiskt material är att en hög temperatur och hög relativ fuktighet på över 60 % förekommer under längre tid (Nevander & Elmarsson, 1994). Då konstruktionen är inte är lufttät tillåts bjälklaget att torka ut och risken för röta och mögel minskar därmed.

Fönster

Isoleringsmaterialet mellan murad vägg och fönsterkarm kan exempelvis vara lindrev som lufttätning (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). De murade valven över fönstren är 1 ½-stens raka valv med dragankarjärn inmurade i valven (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Fönsterkarmen utsätts för vattentryck från fukt i tegelmuren men valet av trämaterial till karmen är noggrant gjord och det trä som används är tätvuxet och noggrant torkat (Bokalders & Block, 2009).

Tak

Takkonstruktion är utformad med en Svensk takstol med hanbjälke och stödben bestående av skrätt virke 5” x 5” som är hugget halvt i halvt (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2002). Takstolarna är infästa i längsgående remstycken med dimensionerna 5” x 5” varav ett remstycke är infällt och fäst i murkrönet. Det andra ligger på vindsbjälklaget vid yttermuren. Taket är täckt med spontat virke 1 ¼”, papptäckning, läkt och enkupigt tegel. Vindsutrymmet under tak är ventilerat och värms av murstocken som passerar.

3.1.3 Trähus – byggtekniska avvikelser

Typhuset i trä är utformat på en resvirkesstomme. Detta är en massiv trävägg som består av stående våningshögt virke (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Här redovisas, för trähuset, byggtekniska avvikelser i bjälklag, vägg, fönsteranslutningar och tak.

Bjälklag (avser botten-, mellan- och vindsbjälklag)

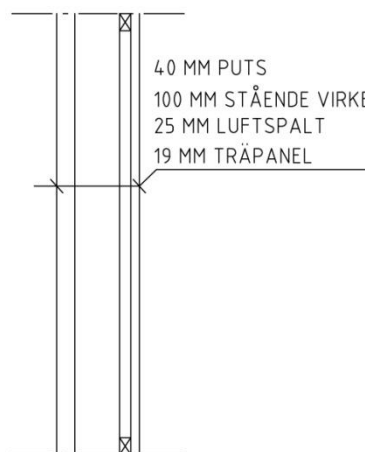
Bjälklaget i trähuset består av träbjälkar 75 x 225 mm med c/c-avståndet 600 mm som är fästa i ringvarvet med laxstjärt, en för tiden vanlig anslutningsutförning (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Bjälklagsfyllningen består av kalkblandat torvströ, där kalket fyller funktionen

att eliminera skadedjursförekomst, på impregnerat pappunderlag på blindbotten. Denna konstruktion får ett U-värde på cirka $0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (egen handberäkning, se bilaga 1). På bjälkarna ligger ett spontat brädgolv och undertaket på undersidan av bjälklaget består av 19 mm spontad panel.

Vägg

Den bärande ytterväggen är placerade på en syll på grundmuren och fuktisolerad med exempelvis näver eller asfaltfilt (Bjerking, 1974). Den är utformad som en resvirkesstomme och är en massiv trävägg (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). Konstruktionen består av stående våningshögt virke om 100 mm med varierande bredd som är noggrant sammandrevat och i sidled sammanfogat med dymlingar, små runda trästavar, och drevat med lin i springorna. Den saknar dränerande luftspalt och därför tillåts fukt att vandra längre in i konstruktionen men som tung konstruktion har den en förmåga att hålla en större mängd fukt. Denna fukt tillåts i konstruktionen torka ut både inåt och utåt då fuktspärr saknas. U-värdet för väggen är $1,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (egen handberäkning, se bilaga 1).



Figur 3.5 Illustration av träväggens konstruktion.

Infästningen av resvirket skedde mellan styrfjädrarna i syllen och ringvarvet i bjälklagshöjd som består av två liggande ringvarv $100 \times 100 \text{ mm}$ där bjälkarna är inlaxade. På utsidan av stommen finns träpliggar som bär den 45 mm tjocka putsen. På insidan av väggen finns en utsalad luftspalt om 25 mm samt panel 19 mm, som pappspänns och tapetseras. Över fönstren finns en liggande bräda med snett avskurna ändar som avvaxling.

Vi har genomfört en handberäkning, se bilaga 2, av luftrörelse i vägg utifrån och in baserad på den högsta månadsmedeltemperaturen i Sverige ute som är i Malmö. Medeltemperaturen $17,2 \text{ }^\circ\text{C}$ för juli månad och en innetemperatur på $20 \text{ }^\circ\text{C}$ medför att yttemperaturen på insida vägg är $19,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Den relativa luftfuktigheten ute sommartid är 60-80% och i beräkningen har 80 % använts. Detta medför att maximal relativ fuktighet (RF) på insida vägg är 69 %.

Fönster

Fönster är av målad tätvuxenfuru som är fastmonterad i fasadlivet och runt karmarna drevat med lin som lufttätning (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Tak

Takstolarna, som utgör takkonstruktionen, har dimensionerna 75 x 150 mm och är placerade med c/c avståndet 1200 mm (Björk, Nordling, & Reppen, 2009). På takstolarna ligger spontade bräder med dimensionen 17 mm, papp, strö och bärläkt samt enkupigt lertegel. En fotränna av plåt avslutar taket. Utrymmet under tak är ventilerat och värms av murstocken som passerar vindsutrymmet.

3.2 Ventilation och värmeteknik med energikällor

Vid sekelskiftet uppvärmdes småhusen primärt via lokaluppvärmning med eldstäder eller kakelugnar. Det fanns också centraluppvärmning som kunde ske genom uppvärmning med varm luft, vatten eller ånga (von Rothstein, 2003). Utformningen av centralvärme med luft skedde genom överföring av värme i eldstadens rökkanal till järnrör som fick frisk tilluft via centralt placerade ventiler i huset i närheten av den aktuella eldstaden. Den uppvärmda luften spreds i huset i murade kanaler eller lerrör med termisk kraft. Centraluppvärmning med vattenburna system var fortfarande på utvecklingsstadiet och blev vanligt först från 1920-talet (Orestål, 1996).

Lokaluppvärmning med kakelugnen fyllde behovet av både ventilation och uppvärmning vid sekelskiftet och dess storlek är anpassat till rummets storlek och antalet fönster (Orestål, 1996) (von Rothstein, 2003). Kakelugnens princip, med att röken tillåts röra sig i vertikala kanaler som värmer och magasinerar värmen i kakelugnen, föddes på 1700-talet (Gudmundsson, 2010). Kakelugnarna är kopplade till murstockar som även innehåller de frånluftskanaler som finns i huset (Bjerking, 1974). Den termiska kraften driver den varma luften upp som skapar ett undertryck i frånluftssystemet och därmed suger ut den gamla luften ur huset. De äldre konstruktionerna förlitar sig på att den varma murstocken sprider sin värme till de andra uppvärmda delarna av huset exempelvis vindsutrymmet och krypgrund/källare (Björk, Nordling, & Reppen, 2009).

Ventilationen i småhusen var vid sekelskiftet utformade som självdragssystem. Tilluften tillgodosågs genom otätheter i klimatskalet och genom vädring med öppna fönster (Orestål, 1996). Frånluften, med den förbrukade luften, drogs, med hjälp av termiska krafter, ut genom ventilationskanaler placerade i skorstensstockar i trähus och i stenhus, inbyggda i byggnadsstommen. Brukandet av och kraven på småhusen är idag annorlunda och vilket kräver anpassning av ventilations- och värmesystem till ändrade omständigheter.

Boende i äldre hus kan idag uppleva golven som kalla (Blomsterberg & Carlsson, 1995). Denna upplevelse av kalla golv kan även kopplas till den luftrörelse som tillåts uppstår när fyllnadsmaterialet i bjälklaget med tiden packats (Gudmundsson, 2010). Denna upplevelse är subjektiv och individuell men en rekommendation idag är att skillnaden mellan golv och tak inte ska överstiga 3 °C är satt av Socialstyrelsen (Warfvinge & Dahlblom, 2010) (SOSFS, 2005).

3.3 Sammanfattning av källor till energiläckage

I detta kapitel har källor till energiläckage i typhusen identifierats. Dessa är:

1. Fönster med högt U-värde 2,6 W/m², °C.
2. Klimatskalet är inte luft- eller fukttät.
3. Klimatskalet saknar isolering i väggar
4. Tillräcklig isolering saknas i vindsbjälklag och grundkonstruktioner
5. Energiläckage vid bjälklagsanslutningar.
6. Kallvind
7. Kallgrund
8. Kapillärbrytande skikt saknas i betongbottenplatta i källaren
9. Värmeförlust genom ventilation
10. Ojämn värmefördelning

4 Hållbara åtgärder för energieffektivisering för småhus

Hållbart byggande tar hänsyn till bevarandet av gamla hus, människans behov, miljövänliga material, långtidsperspektivet och strävar efter energieffektivisering.

Med hållbart byggande omfattas inte enbart energihushållningen utan även en helhetssyn på miljö och med ekologi som utgångspunkt (Bokalders & Block, 2009). Vid hållbart byggande behöver man ta hänsyn till både den inre och yttre miljön. Den inre miljön styrs av människans behov på sitt boende som redovisats under kapitel 1.2. Den yttre miljön påverkas av de val man gör av material, energianvändning, energikälla och den byggteknik som används. Vid hållbart byggande bör man även ta hänsyn till ekologins grundregler som lyder (Commoner, 1972):

1. Allting hänger ihop med allt annat.
2. Allting måste ta vägen någonstans.
3. Naturen vet bäst.
4. Det finns inga gratisluncher.

Naturen skapar ingenting som inte passar in i dessa regler alltså kan allt som kommer från naturen brytas ner och återgå till det naturliga kretsloppet (Bokalders & Block, 2009). Detta medför ingen belastning på miljön utan finner sin väg genom kretsloppen. Genom en anpassning av samhällsstrukturen efter det naturliga kretsloppet med dess fyra delar: producenter, konsumenter, nedbrytare och förråd av växtnäringsämnen och andra enkla substanser, hade miljöförstöring och onödiga energi- och råvaruanvändning kunnat minskas (Bokalders & Block, 2009). Ett ekologiskt byggande omfattar att hänsyn tas till om material i byggnader efter uttjänad tid kan återföras till kretsloppet utan att skada naturen (Kellner, 1997).

Jordens naturresurser ingår alla i det naturliga kretsloppet och kan delas in i lager-, fond- och flödesresurser (Bokalders & Block, 2009). Olja och metaller är exempel på lagerresurser, som finns i en bestämd mängd, och där fortsatt användningen av dessa resurser kan leda till att dessa naturresurser tar slut. Lagerresurserna är med andra ord en del av naturens bestånd vilket också fondresurserna utgör. Ett exempel på en fondresurs är trä som precis som en lagerresurs finns i en viss mängd men som kan produceras återigen. Om skövlingen av en fondresurs inte överstiger tillväxten, kan den utnyttjas i många generationer. Flödesresurser är de resurser som det finns oändligt av inom överskådlig framtid exempelvis vatten och solenergi. För att få en hållbar utveckling behöver vi hitta alternativ till de lagerresurser som används idag och istället använda flödesresurserna och fondresursernas tillväxt.

Med en strävan mot ett kretsloppssamhälle ska en analys av nödvändiga åtgärder göras med ett långtidsperspektiv (Bokalders & Block, 2009). En livscykelanalys kan ge information om produkters inverkan på miljön under hela dess livslängd. Vid val av energieffektiviseringsåtgärd bör därför hänsyn också tas till åtgärdens livslängd för att utvärdera dess hållbarhet. Tillverkningsprocesser som oftast ger något större inverkan på miljön kan vara hållbara trots detta då brukartiden är lång.

En tredjedel av energiförlusterna i ett äldre småhus uppskattas gå ut genom ventilationen (Bokalders & Block, 2009). Detta resulterar i mer än dubbelt så mycket energiläckage som i moderna hus. Även förlusterna genom transmission har i moderna byggnader nästan halverats jämfört med äldre småhus detta trots att förlusterna faktiskt har ökat genom tak. Förbättring av transmissionsförlusterna har framför allt skett i väggkonstruktioner och dörrar.

Vid en åtgärd av ventilationssystemet, genom installation av ett från- och tilluftssystem med värmeväxling, FTX-system, beräknas åtgärden ha en livslängd på 20 år (Boverket, 2009). Att tilläggsisolera väggar, grund och tak beräknas ha 40 års livslängd och detta gäller även för olika åtgärder på fönster.

Med utgångspunkt i typhusens energiläckage har en genomgång gjorts av möjliga energieffektiviseringsåtgärder. Baserat på BETSI och Byggforskningsrådets rapport Energisparteknik i befintlig bebyggelse har följande åtgärder valts:

Byggteknik

Lufttätning insida fasad

Renovering av fönster

Isolering av vindsbjälklag

Isolering av yttervägg

Material

Fönsterbyte

Glasbyte

Val av tätningslister

Val av isoleringsmaterial

Ventilation

Installation av ventilationssystem

Värmeåtervinning ur ventilationsluft

Underhåll av befintliga ventilationskanaler

Värmeteknik

Installation av centralvärme

Termostater på radiatorer

Energikälla

Välja den energikälla som ger minst påverkan på inre och yttre miljö.

4.1 Byggteknik

Att blanda ny och gammal teknik bör göras med stor försiktighet då många av förutsättningarna för att ny teknik ska fungera inte finns i gamla byggnader (Robertsson, 2002). Ett exempel är att kalkfärg inte sitter särskilt länge på en betongvägg och plastfärger kan orsaka stor skada på fönster- och fasadträ. Förr hanterade man fukten i byggnader genom att använda material som bättre tålde fukt och kunde torka och återfuktas utan att det uppstått problem. Dagens hus utformas med ”regnock” för att inte utsätta material för fukt.

Tilläggsisolering

Gamla hus saknar många gånger ett väl fungerande isoleringsskikt i grund, väggar och tak och en översyn och åtgärd av dessa kan leda till en energieffektivisering (Bokalders & Block, 2009). En tilläggsisolering av befintlig byggnad beräknas ha en livslängd på cirka 40 år och är en hållbar åtgärd under rätt förutsättningar (Boverket, 2009).

Den enklaste och billigaste är tilläggsisoleringen av vindsbjälklaget, som oftast är lättillgängligt. Det är viktigt att tänka på att inte isolera bort ventilationen längst med takfoten då detta kan orsaka bland annat fuktproblem. Tilläggsisolering i sig kan också orsaka fuktproblem om man inte ser till att få ett väl fungerande fuktskydd under isoleringsskiktet för att hindra fukt från den varma inneluften att kondensera och skada organiskt material i vindsutrymmet. I de flesta byggnader finns inte möjligheten att tilläggsisolera grunden då detta bör göras under konstruktionen. Dock kan man i byggnader med källare isolera källarytterväggarna utifrån. Isolering av källarväggens utsida är ett stort ingrepp och lönar sig enbart om andra åtgärder samtidigt behövs utföras som exempelvis fuktskyddsförstärkning.

Då hållbar renovering även innebär att hänsyn tas till en gammal byggnads bevarandevärde för sin omgivning, är inte tilläggsisolering av ytterväggar från utsidan ett valbart alternativ. Möjlighet finns att utvändigt tilläggsisolera fasaden och återskapa den ursprungliga exteriören men ingreppet innebär omfattande arbete där fönster och dörrar exempelvis hamnar indragna i fasaden. Även tilläggsisolering av väggar från insidan innebär kompromisser för byggnadens karaktär. Åtgärden är också tvivelaktig då eventuella

köldbryggor i exempelvis bjälklagsanslutningar inte blir åtgärdade vid detta tillvägagångssätt. Vid en eventuell tilläggsisolering av ytterväggar måste risken för fuktproblem uppmärksammas.

Befintligt fyllnadsmaterial i bjälklag exempelvis kalkgrus, sågspån eller sand sjunker med åren ihop och bildar en luftficka under golvet (Gudmundsson, 2010). Denna luftficka tillåter luftrörelse i golvet och därmed uppstår drag i golvnivå. För att åtgärda detta bör man fylla på med mer av befintligt isoleringsmaterial, i första hand vid bjälklagsanslutningen vid vägg och 1 meter in på golvet.

Tätning av väggar

Vid en eventuell installering av värmeåtervinning av frånluften i ventilationssystemet behöver klimatskalet vara lufttät. Då verkningsgraden för värmeväxlaren anger hur stor andel av värmen från frånluften som kan återvinnas, så avser detta den frånluft som går igenom värmeväxlaren. Vid stora luftläckage i klimatskalet blir systemverkningsgraden i värmeåtervinningen sämre då det är svårt att styra all frånluften genom värmeväxlaren. Att begränsa luftläckage genom att lufttäta en gammal byggnad kan skapa problem med fukt som då hindras från att torka ut. Vid eventuell lufttätning är viktigt att tänka på att inte täppa till ventilationskanaler, luftningskanaler bakom ytterpanel, öppningar i grundmuren och fasadmurens underkant. För att tillåta väggarna att torka ut bör inga diffusionstäta material användas vid lufttätning utan exempelvis papp, utan bitumen och aluminium, eller hård träfiberskiva.

Fönsterbyte

Fönsterbyte kan ge en stor energibesparing då dagens fönster är betydligt bättre i sin tekniska utformning ur energisynpunkt än för bara några år sedan (Bokalders & Block, 2009). Denna åtgärd för däremot med sig att byggnaden förlorar en del av sin karaktär. Produktionen av ett nytt fönster är energikrävande samtidigt som fungerande material bland annat går till en energikrävande återbruksprocess. Fönsterbyte har en livslängd på cirka 40 år vilket med långtidsperspektiv sätts i förhållande till den energikrävande tillverkningsprocessen som utgör en liten del av fönstrens totala livslängds energisparande (Boverket, 2009). Ur hållbarhetsperspektiv bör möjligheten för alternativa åtgärder utvärderas innan byte av fönster genomförs. Alternativa åtgärder behandlas närmare under kapitel 4.2 i denna rapport.

4.2 Materialval

Viktigt att tänka på vid val av hållbara material är att undvika material som innehåller farliga kemikalier, är allergiframkallande, avger emissioner, som är av lagerresurser eller en del av fondresursernas bestånd (Bokalders & Block, 2009). Själva materialets beständighet och livslängd påverkar också valet då längre livslängd ger materialet mindre miljöpåverkan genom minskad avfallshantering (Burström, 2007). En annan punkt att ta hänsyn till är hur ett material behöver underhållas (Bokalders & Block, 2009). Ett material som vid tillverkning och transport har en liten miljöpåverkan kan under sin livslängd ha en större påverkan på miljön på grund av underhåll. Exempelvis kan ett golvs rengöringsmetod ge större miljöpåverkan än golvet tillverkning. Att välja det mest hållbara materialet, som ger minst avtryck på oss och vår miljö, är en svår bedömningsfråga och kräver kunskap inom många områden. En förenklad sammanställning på olika materials miljöpåverkan finns i boken Byggekologi – Kunskaper för hållbart byggande av Varis Bokalders och Maria Block.

Det finns flera metoder för att mäta materials miljöpåverkan (Bokalders & Block, 2009). Bland annat kan det göras genom livscykelanalys, LCA, som tar hänsyn till materialet från vaggan till graven. En LCA är inte bara specifik för just det materialet som den görs på utan för just den tillverkningen av det specifika materialet då exempelvis även hänsyn tas till transporter av råvaror för materialet. LCA ger en väldigt detaljerad analys av materialets miljöpåverkan men detta innebär också att göra en LCA är svårt och komplicerat att genomföra för producenten.

Byggbranschen har tillsammans med kretsloppsdelegationen kommit överens om att ett produktinformationsblad, miljövarudeklaration, ska finnas för alla byggmaterial (Bokalders & Block, 2009). Detta är ett pågående arbete så informationsbladen kan vara svåra att hitta och är inte alltid kompletta. Kretsloppsdelegationen har också tagit fram en rekommendation på en byggvarudeklaration innehållande 9 punkter som omfattar ingående material, produktion, distribution, byggskedet, bruksskedet, rivning, restprodukter, avfallsprodukter och inre miljö.

Miljövarudeklaration är en typ III miljömärkning (Brandt & Gröndahl, 2002). Det finns ett antal olika miljömärkningar i Sverige idag som man kan anpassa på byggmaterial (Bokalders & Block, 2009). Miljömärkning kan användas för att göra vissa bedömningar av material. Exempelvis är ett material som klarar miljömärkningens krav en mindre miljöbelastning än ett material som inte klarar kraven. En begränsning med miljömärkning är att vissa märkningar inte kräver en tredje parts granskning och tillverkaren tillåts själv kontrollera att miljömärkningskraven uppfylls (Brandt & Gröndahl, 2002). Att miljömärka

ett material kostar pengar för tillverkaren och därför finns det material på marknaden utan märkning men som har lika eller mindre miljöpåverkan än de märkt materialen. Detta medför en skev bild av vilka material som är bättre ur miljösynpunkt.

För att förenkla och göra det mer tillgängligt att jobba med material som är mer hållbara har flera produkt databaser skapats i Sverige (Bokalders & Block, 2009). Databaserna riktar in sig på olika hållbara kriterier för material. Detta är framför allt vanligt hos de stora byggföretagen som utformar egna materialdatabaser. BASTA som är IVL Svenska miljöinstitutet och Sveriges Byggindustriers databas är syftet att fasa ut farliga ämnen från byggprodukter. Databasen finns att tillgå elektroniskt och innehåller de material där tillverkaren garanterar att kraven för BASTA uppfylls (BASTA, 2009). Kraven grundar sig på Europeiska kemikalielagstiftningen, REACH, som ställer krav på registrering, utvärdering och tillstånd av användning av kemikalier (Bokalders & Block, 2009). En nationell databas för byggmaterial med tillhörande miljödeklaration håller på att arbetas fram av AB Svensk Byggtjänst.

Riksantikvarieämbetet jobbar mycket med renovering och restaurering av befintlig bebyggelse och rekommenderar att man vid sådana ingrepp i så lång utsträckning som möjligt behåller de gamla materialen (Robertsson, 2002). Husen byggdes förr med andra förutsättningar än de vi har idag och därför är det att föredra att behålla gamla material då dessa är valda efter de förutsättningar som rådde vid byggtillfället. Att använda sig av ursprungliga material vid reparation och restaurering innebär att byggnadens autenticitet bibehålls. Många gånger går det bra att ersätta den del av byggnadsdelen som blivit skadad istället för att byta ut hela. Exempelvis går det att byta ut ett karmbottenstycke som fått rötskada istället för att byta ut hela fönstret.

Dagens byggmaterial är starka och styva bland annat för att klara av stora belastningar och få bättre beständighet (Robertsson, 2002). För att dessa material ska klara av att hantera krypning, temperatur- och fuktrörelser utformas en rörelsefog. Tidigare kombinerades teknik och material för att hantera dessa rörelser. Exempelvis tog fogbruket som satt löst mot tegelstenarna i en tegelvägg upp dessa som då resulterade i finmaskiga sprickor i kalkputs.

Isoleringsmaterial

Idag finns det många olika isoleringsmaterial med olika bra isolerande egenskaper och med olika stor påverkan på miljön (Bokalders & Block, 2009). De material som med ekologisk synvinkel bör undvikas är framför allt cellplast ($\lambda=0,036-0,040$ W/mK), mineralull ($\lambda=0,033-0,045$ W/mK) och

polyuretan ($\lambda=0,020-0,026$ W/mK (Polyterm AB)). Dessa materials belastning på miljö och hälsa anses så stora att materialanvändningen bör minskas trots materialens goda egenskaper. Tillverkningsprocessen av cellplast är energikrävande och miljöfarlig då ämnet bensol, som ingår i processen, är cancerogent. Med hänsyn taget till åtgärdens livscykel i kombination med den energibesparing åtgärden ger, kan valet ändå visa sig hållbar. Lämpliga användningsområden är tilläggsisolering av grund och grundplatta. UV-strålning bryter ner cellplast och därför bör den skyddas vid utvändigt tilläggsisolering ovan mark.

Mineralull i form av glasull och stenull är uppbyggt av fibrer som vid inandning kan skada lungorna. När materialen utsätts för fukt försämras inte bara dess isolerande förmåga utan den avger även emissioner innehållande formaldehyd. Förbättring av tillverkningsprocessen sker genom användning av mer returglas i glasullen och mindre lungskadliga fibrer, då mineralull är ett isoleringsmaterial som har bra värmeisoleringsförmåga.

Polyuretan är en härdplast vilket innebär att den inte kan återvinnas utan får brännas vid deponering. Vid förbränning bildas isocyanater som är allergi- och astmaframkallande.

Cellulosa- och hampafiber rekommenderas som ett bättre miljöval av isoleringsmaterial (Bokalders & Block, 2009). Cellulosafiber är ett vanligt isoleringsmaterial i ekologiska byggnader och består av återvunna tidningar och nyproducerad cellulosa. Materialet finns i form av lösull, skivor och drevremсор. Dess värmeledning- och ljudisoleringsegenskaper är goda däremot krävs det tillsatser för att skydda materialet från svamp, insekter och brand. Cellulosafibrer med tillsättning av borsyra och borax bör undvikas då dessa ämnen är hormonstörande. Tillsatser att föredra är vattenglas eller ammoniumpolyfosfat. Hampafiber har lika god värmeledningsförmåga och ljudisolering som cellulosafibrerna, däremot behöver den inte skyddas mot svamp och bakterier då den naturligt stöter bort dessa. För att skydda materialet från brand tillsätts soda. Vid odling av hampa klarar sig växten utan både gödning och besprutning.

Ett materials isoleringsförmåga beror på materialets porositet där hög porositet innebär att materialet har mycket porer där luft kan samlas (Burström, 2007). Stillastående luft har väldigt bra isolerande egenskaper. Ur detta har vakuumisolering vuxit fram och i denna produkt stängs kiseldioxid och kiselkarbid inne i ett aluminiumhölje. Kiseldioxid är ett oorganiskt pulver som är hälsovådligt (Sweco Viak, 2008). Om aluminiumet är återvunnet eller taget från jordens lagerresurser bör kontrolleras hos vald tillverkare av materialet. Materialet uppges ha en livslängd på 30 år (Bokalders, 2011).

Fönster

Glas tillverkas av naturmaterialen, kvartssand, soda eller pottaska och kalksten, dock krävs det mycket höga temperaturer vid tillverkning och det är en energikrävande process (Bokalders & Block, 2009). Det finns inget alternativ för glas i ett fönster. Fönster tillför mycket till byggnaden som exempelvis insläpp av solljus, viktigt både för människans trivsel och välbefinnande och begränsar behoven av artificiellt ljus. För att få en bättre energieffektivitet av ett fönster är det inte nödvändigt att fönstret byts ut mot ett med lägre U-värde. Det finns lösningar där man kompletterar eller byter enskilda glasrutor mot energiglas. Energiglas har en lågmissionsbeläggning av tennoxid eller silver som släpper in solens strålning samtidigt som skiktet hindrar värmen inifrån att ta sig ut. Solens strålning är kortvågig och värmen inifrån är långvågig och på grund av detta behandlas stålningen på olika sätt av lågmissionsskikt.

En studie visar att det är möjligt att minska värmeförlusterna genom installation av energiglas, 3 mm tjockt, i en lös innerbåge. Detta minskar värmeförlusterna med 23 % utan att påverka den ursprungliga arkitekturen negativt (Fredlund, 1999). Ett tvåglasfönsters U-värde kan sänkas från 2,5 W/m²K till 1,9 W/m²K genom denna åtgärd. Andra alternativ av åtgärder är att byta ut det inre glaset till två energiglas med argon mellan, dock kräver detta att bågen klarar båda glasens tyngd och att glasens tjocklek passar (Bokalders & Block, 2009). Denna åtgärd kan sänka U-värdet på samma tvåglasfönster som ovan till 1,3 W/m²K dock under förutsättningarna att även båge och karm åtgärdas som nämns här nedan.

Fönstrets värmeläckage kan begränsas med hjälp av olika typer av persienner, jalusier, fönsterluckor och gardiner vissa lättare att genomföra än andra och med en liten påverkan för byggnaden och dess betydelse för de boende.

Material för tätning

För både dörrar och fönster är det viktigt med väl fungerande tätning mellan karm och fönsterbåge/dörrblad (Bokalders & Block, 2009). Med god tätning, justering mellan båge och karm och omkittning kan U-värdet på ett tvåglasfönster sänkas från 2,5 W/m²K till 2,1 W/m²K (Fredlund, 1999). Om dessutom energiglas ersätter den inre glasrutan blir U-värdet 1,6 W/m²K.

Listen behöver vara mjuk, för att kunna följa dörren respektive fönstrets rörelse, och det bäst lämpade materialet är EPDM-gummi. Med dess goda värme- och kemikaliebeständighet passar den bra att använda utomhus. EPDM-gummi är också ozonbeständigt vilket medför längre livslängd. Ett vanligt förekommande misstag är att måla fönstret och därmed också listen. Detta leder till att listen blir styvare och dess goda egenskaper försämras.

Ett äldre alternativ till tätningslister av EPDM-gummi är tätningslister av ylle (Gudmundsson, 2010). Ylle är flexibelt, vattenavstötande och håller stadsdamm ute. Dess livslängd är en mansålder och den är återanvändbar.

I gamla fönster kan tätheten mellan fönsterglas och bågen behöva förbättras vilket kan göras genom att kitta om fönstret.

Det är viktigt att vid tätning av fönster ta hänsyn till vilken form av ventilation som förekommer i huset. Vid självdrag finns ett behov av lufttillförsel vid fönster och en yllelist är mer lämplig än en EPDM-gummlist.

4.3 Ventilation och värmeteknik

Installationer är ett område som har utvecklats mycket sedan sekelskiftet 1900 (Robertsson, 2002). Värmesystem var det som först utvecklades strax följt av energisystem. Störst utvecklat har ventilationssystemen haft som har tagit en allt större roll i husbyggandet sedan 1970-talet och framåt. Klimatkomforten som förväntas i en byggnad har förändrats sedan sekelskiftet och husen byggda då är inte anpassade för dessa krav.

Vid utvärdering av förbättring av ventilations- och värmesystem i ett äldre hus bör man utforma dessa reversibelt, det vill säga återställningsbara. Den ursprungliga huskroppen bör påverkas så lite som möjligt med en utformning som tar hänsyn till byggnadens förutsättningar. För att göra denna typ av ingrepp krävs goda kunskaper för att inte påverka byggnadens fuktbalans och på så sätt orsaka skador och problem. Exempelvis uppstod det problem med nedsotning av murverk i gamla kyrkor efter att reparationer genomförts.

4.3.1 Ventilation

En uppdatering av ventilationssystemet innebär ofta stora ingrepp med bland annat kanaldragningar för till- och frånluft (Robertsson, 2002).

För att ventilationen ska vara hållbar för människa och miljö behöver det vara enkelt att reglera och underhålla för användaren (Bokalders & Block, 2009). Det ska vara utformat utifrån husets förutsättningar, inte orsaka drag och det ska ha låg energiförbrukning. Syftet med ett ventilationssystem är att åstadkomma en god innekvalitet, skapa ett undertryck inomhus och i viss mån värma eller kyla (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Ett undertryck inomhus är önskvärt eftersom det medför att fuktig innekvalitet inte pressas ut genom otätheter i husets klimatskal där det kan orsaka fuktproblem. För att få ett väl fungerande ventilationssystem bör man placera till- och frånluftsentil så att luften i bygganden går från rum med renare luft till rum med mindre ren luft

och sedan ventileras bort från huset. Detta kan man skapa genom att placera tilluftsventil i vardagsrum och sovrum och frånluftsventil i badrum, kök, tvättstuga och klädkammare.

De ventilationssystem som idag används i bostadshus är självdragssystem, frånluftssystem och FTX-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010). De olika systemen har alla för och nackdelar ur både brukar- och miljösynpunkt. Det finns även möjlighet att komplettera systemen med värmepump där denna kan placeras i en frånluftskanal så att värmen i frånluften tas tillvara i ett så kallat FVP-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Självdragssystem, S

Ett självdragssystem drivs av termiska krafter, där tryck- och temperaturskillnaden driver luften uppåt, och vindkraft, som skapar under- och övertryck över husets klimatskal och även suger med sig luft genom skorstensmyningarna (Bokalders & Block, 2009). Temperaturskillnaden i luften får varm luft att stiga på grund av att kall luft har en högre densitet och sjunker och pressar då den varma luften uppåt (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Detta medför att kanalerna vertikalt utformade ger bättre ventilation. Självdragssystem varierar många gånger i kvalitet då det finns många komponenter att ta hänsyn till och vid rätt balans och förutsättningar kan ett självdragssystem uppfylla de krav som idag ställs på inomhusklimatet (Bokalders & Block, 2009).

Den största problematiken med ett självdragssystem är att ventilationen blir ojämn inom byggnaden och vid olika årstider (Warfvinge & Dahlblom, 2010). På grund av att den termiska drivkraftens storlek beror på tryckskillnaden som i sin tur beror på en höjdskillnad blir ventilationen större längst ner i byggnaden och avtar desto högre upp man kommer. Även temperaturskillnad mellan inne- och utomhustemperatur skapar ojämnheter i ventilationen. Vintertid är temperaturskillnaden mellan inne och ute större och då finns det risk för överventilering och sommartid blir effekten underventilering då temperaturskillnaden kan vara obefintlig. Då systemet är svårt att reglera och tilluften inte är styrd begränsas möjligheterna för värmeväxling. Det förekommer vissa utformningar på system där värmeväxling vid självdrag kan erhållas men det kräver stor förståelse om luftens rörelse och andra fysikaliska lagar (Bokalders & Block, 2009). Systemet är svårt att anpassa på en befintlig byggnad då det bland annat bygger på hög takhöjd vilket inte alltid är fallet i en befintlig byggnad.

Ett självdragssystem har ett litet underhållsbehov då eftersom det inte finns några mekaniska komponenter i systemet och få installationskanaler (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Det underhållsbehov som finns avser kontroll

av självdragskanalerna så att de inte är igensatta eller blivit otäta. Eftersom systemet inte har någon fläkt förekommer inget störande ljud från ventilationen som kan orsaka olägenhet för de boende och systemet drar ingen elektricitet. Systemet förbrukar energi genom att tilluften behöver värmas upp och frånluftens värme inte utnyttjas.

Självdragssystem uppfyller en del av de krav som ställs idag då det är ett enkelt system för brukaren att sköta och inte har någon driftskostnad eftersom en eldriven fläkt saknas. Däremot uppfyller det inte kravet om reglerbarhet och viss anpassning i brukarbeteende krävs för att sommartid få tillräcklig ventilering, eftersom ventilering genom fönster och dörrar då krävs.

En lösning som ibland används för att reglera ventilationen och få den jämnare mellan sommar och vinter är att förstärka systemet med en fläkt monterad i frånluftskanalerna som ökar ventilationen vintertid (Bokalders & Block, 2009). Detta tillägg medför att ett undertryck skapas kontinuerligt i byggnaden. Även spjäll för tilluftsventilerna eller termostatstyrd tilluftsventiler kan användas för att reglera ventilationen. En nackdel är dock att en del av självdragssystemets fördelar försvinner genom denna lösning då fläkten kräver större underhåll, kan orsaka oljud och även drar elektricitet. Tillägg till självdragssystemet innebär dock att man bättre uppfyller kraven om reglerbarhet och erhåller då en jämnare ventilation.

Frånluftssystem, F

Under 60- och 70-talet blev det vanligare att ha ett frånluftssystem i byggnaderna då detta system garanterade att där alltid var ventilering i byggnaden (Bokalders & Block, 2009). Systemet utformades med tilluftsdon genom ytterväggen i närhet av fönster och frånluftsdon med ihop kopplade frånluftskanaler som leder till ett gemensamt fläktrum (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Med fläkten kan ventilationen regleras och skapa ett undertryck i byggnaden så att luft sugas in i tilluftsdonen. Fläkten kan även tryckreglera så att luftväxlingen hålls konstant så att överventilering under vintertid minimeras.

Systemet kan kompletteras med en frånluftsvärmepump och på så sätt få möjlighet att återvinna värmen i frånluften.

Frånluftssystemet kräver mer utrymme än ett självdragssystem då fläkten behöver utrymme och frånluftskanaler dras i stora delar av byggnaden. Självdragskanalerna är i sin dimension större än frånluftssystemets och kan till antalet vara lika många eller fler.

Frånluftssystemet uppfyller kravet på reglerbarhet av ventilationen och jämn ventilation genom årstiderna då undertryck kan skapas även under sommaren. Däremot kräver det något mer underhåll då fläkten behöver hållas ren och ses över så dess prestanda inte minskar. Fläkten drar elektricitet och kan orsaka störande ljud.

Till- och frånluftssystem med värmeåtervinning, FTX

System med till- och frånluftskanaler med värmeåtervinning introducerades under 70- och 80-talet men var då dyra, komplicerade och problemfyllda (Bokalders & Block, 2009). Problem kunde vara; bullriga fläktar, smutsiga tilluftskanaler, luftläckage, kondens och påfrysning i värmeväxlaren. Alla dessa problem påverkade systemets prestanda. Systemet är uppbyggt med frånluftsdon som leder frånluften, genom kanaler, in i en värmeväxlare där den avger värme till tilluften innan den släpps ut från byggnaden (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Tilluften förs in i byggnaden via kanaler från värmeväxlaren ut till vardagsrum och sovrum.

Ett FTX-system krävs om huset ska vara ett energisnålt hus (Bokalders & Block, 2009). För att ge den önskade effekten av värmeväxling måste klimatskalet vara lufttät eftersom bäst effekt av värmeväxlingen ges då all luft ger genom systemet. Ventilation i ett sådant system är känsligt för vind och inte bygger på en tryckskillnad mellan ute och inne (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Systemet kräver större underhåll i form av rengöring och kontroll av fläktar, filterbyte och rengöring i värmeväxlaren och rengöring av tilluftskanaler (Bokalders & Block, 2009). Då systemet har två fläktar och luften behöver ha tillräckligt stor tryckhöjning för att komma igenom aggregatdelar förbrukar det mer än dubbelt så mycket elektricitet som ett F-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Utvecklingen av fläktar är högst aktuellt att följa då dessa blir mer effektiva, energisnåla och tystgående.

Verkningsgraden på värmeväxlaren bestämmer hur stor energibesparing ett FTX-system kan ge, vilket ligger runt cirka 80 % (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Värmeväxlaren måste skötas för att verkningsgraden inte ska försämrans. Om exempelvis damm förekommer i värmeväxlaren sjunker verkningsgraden och elbehovet för fläktarna ökar om de inte hålls rena.

Ett FTX-system uppfyller kraven om att kunna reglera ventilationen och det skapar också stora möjligheter att tillföra luft utan att skapa drag i byggnaden (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Genom att kontrollera var luften går in och låta den gå igenom ett aggregat finns möjlighet att filtrera luften för en bättre luftkvalité.

Systemet är det som kräver mest elektricitet och underhåll. Här är även störst risk för oljud från fläktarna som i detta system är två stycken. FTX-systemet kräver också mer plats för både vid aggregatet med bland annat värmeväxlaren och för kanaler då det dras både till- och frånluftskanaler. För att systemet ska vara effektivt behöver byggnaden vara lufttät för att förhindra luft att ta sig in på andra ställen än genom aggregatet. Dock är det de system som ger bäst möjlighet att påverka inomhusluftens kvalitet genom filtrering och minimera drag och energin som sparas genom värmeväxling av frånluften är svåråtkomlig i andra alternativa lösningar. Detta gör systemet hållbart med hänsyn på människans behov av boendemiljön.

4.3.2 Värmeteknik

Att värma upp en byggnad kan i princip göras på tre olika sätt, genom vattenburen värme, luftburen värme och strålningsvärme (Bokalders & Block, 2009).

Vattenburen värme kan fördelas ut i byggnaden genom radiatorer, konvektorer, kamflänsrör, golvvärme och takvärme (Warfvinge & Dahlblom, 2010) där det vanligaste är via radiatorer. Systemet ger flexibilitet med centralreglering och möjlighet för kompletterande värmekällor som exempelvis solvärme och värmepumpar. Det vattenburna systemet uppfyller även energieffektiviserings lösningar som att kunna slå av radiatorn vid vädring, reglering efter gratisvärme med viss tröghet och möjlighet för intrimning av systemet (Bokalders & Block, 2009). För dessa möjligheter krävs dock att radiatorerna har termostater som reglerar radiatorns flöde efter en angiven rumstemperatur (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Luftburen värme kan distribueras ut i byggnaden bland annat genom fasadapparater (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Systemet har någon form av värmeåtervinning och den något förvärmade tilluften blandas upp med cirkulationsluft ifrån ett neutralt rum, exempelvis hall, som sedan distribueras ut i huset via tilluftssystem (Blomsterberg & Carlsson, 1995).

Värmeåtervinning av frånluften i en värmeväxlare eller värmepump kan också betraktas som en typ av luftburen uppvärmning (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

Strålningsvärmén kommer bland annat från system som bygger på direktverkande el som elradiatorer/konvektorer, golvvärme och takvärme. Elradiatorer hade en låg installationskostnad och var det vanligaste systemet i 1970-talets småhus (Warfvinge & Dahlblom, 2010). För att idag få bättre flexibilitet i systemet, som exempelvis centralreglering, krävs antingen vatten- eller luftburen värme installerat. Direktverkande el som uppvärmningssystem

är inte en del av ett hållbart samhälle (Bokalders & Block, 2009). Eftersom elproduktionen idag förlitar sig på energikällor som kärnkraft och kolkraft där kolkraften förbrukar jordens lagerresurser av kol och kärnkraft lämnar restprodukter som det inte finns någon säker hantering av behöver användningen av elektricitet begränsas till där det inte finns något annat alternativ av bränsle. Hur elektriciteten produceras har en stor betydelse på hur hållbart denna energikälla är, detta behandlas vidare under kapitel 4.3.

Andra lokalvärmare som kakelugnar, öppna spisar, braskaminer och pelletskaminer är av typen strålningsvärmare (Warfvinge & Dahlblom, 2010) (Bokalders & Block, 2009). För människans välbefinnande är strålningsvärme det mest behagliga sätt att bli uppvärmd på, men då ska värmen helst stråla från en stor yta med låg temperatur.

Radiatorer

Det vanligaste uppvärmningssystemet i småhus är radiatorer (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Radiatorer är även ett av de system som ger en bättre fördelning av värmen i rummen än exempelvis takvärme där det ofta blir för varmt i övre delen av rummet (Bokalders & Block, 2009). Radiatorer ger goda förutsättningar till reglering både centralt och rumsvis. Systemet klarar också av att ta tillvara på gratisvärmen genom temperaturgivaren på var radiator som reglerar vattenflödet i radiatoren efter önskad rumstemperatur.

Väggvärme

Behagligast värmefördelning ger väggvärme som är ovanligt i Sverige men populärt hos tyska ekobyggare (Bokalders & Block, 2009). Väggvärme anses ge utmärkt inomhusklimat med rätt värmefördelning, cirka 20°C över större delen av rumshöjden med något lägre temperatur vid taket och högre temperatur vid golvet. Systemet består av rör dragna på insidan av väggens isoleringsskikt vilket begränsar energiförlusten genom väggen och koncentrerar värmen till att gå in i byggnaden. Mest effektivt blir systemet i lätta väggkonstruktioner då värmen där kan regleras lättare. Däremot upplevs värmen behagligare i en tung konstruktion som kan ge värmen en bredare spridning. Nackdelarna med väggvärme är dels risken för läckage om något rör skulle gå sönder och dels att de väggar som systemet är installerat på inte lämpar sig för möbler, skåp eller tavlor.

Golvvärme

Golvvärme är ett rörsystem, numera av plast men tidigare järn- och kopparrör, dragna under golvytan (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Varje rörsystem går till ett rum så att det går att reglera och stänga av systemet rumsvis. Systemet ger en bra värmefördelning inom rummens vistelsezoner med en något högre temperatur vid golvet. Även detta system kan liksom takvärme ge något för

hög temperatur vid taknivå. Golvvärmen läggs antingen i betongplattan och gjuts in i konstruktionen eller vid träbjälklag läggs rören på plåtar för att sprida värmen och fördela den över golvytan. Vid tung konstruktion kan detta medföra stora ingrepp vid en eventuell läcka det innebär även att uppvärmningssystemet blir tungt att reglera och det blir svårare att ta vara på gratisvärmen som produceras i byggnaden av brukarna. Vid en lättare konstruktion av trä kan läckage leda till allvarliga skador på delar av huset stomme. Det reagerar snabbare vid reglering dock behöver rören ligga tätare eller ha en högre värme för att ge samma resultat som vid en tung konstruktion som bättre delar ut värmen och håller den längre.

Avloppsvärmeväxling

Att återanvända värmen i spillvattnet som går från huset kan göras genom att förvärma tappvattnet med denna värme genom en avloppsvärmeväxlare (Bokalders & Block, 2009). Avloppsvärmeväxlare kan vara utformat på olika sätt men principen är att låta spillvattnet gå i ett rör och tappvattnet i ett annat. Exempelvis kan ett inre rör med tappvattnet gå i ett yttre rör för spillvattnet och där låta värmen från spillvattnet förvärma tappvattnet innan det går in i huset. Avloppsvärmeväxlare är ännu inte i någon större utsträckning aktuellt i småhus däremot kan en större anläggning återvinna cirka 50 % av värmen i spillvattnet. Exempelvis kan dessa användas i badhus där varmvattenbehovet är stort. Bäst resultat får man om allt vatten går in i värmeväxlaren dock behöver växlaren vara lätt åtkomlig för att kunna rengöras vid eventuella stopp på grund av att spillvattnet har en hög halt smutspartiklar. Risk för förorening av tappvatten är liten då tappvattensystemet är under tryck och spillvattensystemet drivs av tyngdlagen går vattnet från tappvattensystemet till spillvattensystemet och inte tvärtom.

Värmepump

Värmepumpar kan användas som uppvärmning vid S-, F- och FT-ventilationssystem genom att kopplas till den utgående luften (Bokalders & Block, 2009). På så sätt kan man ta tillvara på frånluftens värme och använda det för att värma tilluften alternativt använda värmen till uppvärmning av varmvatten eller hus med vattenburen värme, genom ett FVP-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010). FVP-system står för frånluftventilation med värmepump.

Genom att installera värmepump kan uppvärmningsmetoderna bergvärme och jordvärme utnyttjas i byggnaden (Bokalders & Block, 2009). Anslutning av värmepump till husets uppvärmningssystem är dock begränsat och går inte att ansluta vid direktverkande elsystem. Utvecklingen av värmepumpar har gått från ursprunget där pumparna innehöll freoner som köldmedel till att innehålla mer miljökonsamma ämnen vilket tyvärr lede till mer problem och mindre

pålitliga pumpar. Kvaliteten på värmepumpar har varierat med olika stort behov av underhåll och problem med buller. Pumparna är under ständig utveckling där samhällets påtryckningar för utvecklingen mot en miljövänligare enhet och konsumentens behov uppfylls genom en praktisk och användarvänlig produkt.

4.4 Energilösningar

De energikällor som enligt statistik från SCB användes av hushåll i Sverige 2008 är diesel, eldningsolja, träbränsle (biobränsle), fjärrvärme och el-energi (kärnkraft, vindkraft, vattenkraft, importerad kolkraft). Bortsett från el-energi, som även omfattar hushållsel, är fjärrvärme det vanligast förekommande bränslet bland de hushållen använde 2008.

Fjärrvärme används inom tätbebyggt område och är oftast spillvärme från lokala industrier kompletterade med biobränsleledning (Bokalders & Block, 2009). Vid installation av fjärrvärme i en byggnad där tidigare uppvärmning hållit murstocken varm måste hänsyn tas till denna omställning. Fuktproblem kan uppstå i kryppgrund och i vindsutrymmet, som är ouppvärmda, om ingen förhindrande åtgärd utförs (Sandin, 2010). Förslagsvis kan luftavfuktare installeras alternativt ventileras utrymmena med uteluft.

Vedeldning räknas idag som biobränsle och har haft en uppåtgående trend i användning de senaste åren (SCB, 2008). Motsatsen gäller för eldning med kol som helt har upphört som eldningsmaterial i hushåll. Biobränsle är utöver träprodukter även eldning av halmbränsle och energigrödor (Bokalders & Block, 2009). Att dessa räknas som biobränsle är på grund av att de binder koldioxid under tillväxt i samma utsträckning som de avger under förbränning. Tillverkning av biobränsle sker i Sverige så energikällan innebär att transporter av råvaror och färdig produkt hålls nere.

Energitrío är benämning för en kombination av solenergi, eldning av biobränsle och en kompletterande elpatron i pannan (Bokalders & Block, 2009). Detta förekommer i enskilda hus och fungerar bra i det svenska klimatet då solfångare, under sommarhalvåret, klarar av att ge tillräckligt mycket energi för att värma upp varmvatten. Under uppvärmningssäsongen kompletteras detta med biobränslet som är en förnybar energikälla.

Elenergi produceras på flera olika sätt i Sverige, det vanligaste 2007 var vattenkraft som utgör cirka 45 % av hela Sveriges elproduktion tätt följt av kärnkraft på cirka 44 % (Bokalders & Block, 2009). Vattenkraft är en förnyelsebar energikälla som troligtvis inte orsakar några utsläpp (Brandt, Gröndahl 2002). Den påverkar vår miljö i den bemärkelsen att levnadsmiljön i de utbyggda älvarna förändras och hindrar en del av det tidigare fisklivet från att överleva under de nya förutsättningarna (Kellner, 1997). I de mindre

kraftverken har det varit möjligt att införa fisktrappor som en fungerar lösning. Här skapas också rätt förutsättningar för annat fiskliv att etablera sig (Brandt & Gröndahl, 2002).

Användning av kol, olja, naturgas och uran som energisystem är inte anpassat till en långsiktig hållbar samhällsutveckling (Kellner 1997). De fossila bränslen som kol och olja påverkar vår yttre miljö bland annat genom surt regn. Användningen av uran i kärnkraftverk ger restprodukter som det inte finns någon långsiktig hantering för.

4.5 Sammanfattning av hållbara åtgärder

Tabell 4.1 Lista på lösningar med motivering

Lösning	Motivering
Lufttätning vid anslutningar i väggen	Påfyllning av fyllnadsmaterial i bjälklag, primärt vid anslutningar mellan bjälklag och vägg, för att förhindra luftrörelser under golvet.
Fönster	Den hållbara lösning som finns för fönster är att byta ut det inre glaset mot ett emissionsglas, detta är genomförbart för huset och är en rimlig balans mellan energibesparing och miljöpåverkan.
Isolering av vindsbjälklag	En enkel och billig energieffektiviseringsåtgärd och utförd med cellulosa- eller hampafiber blir det en hållbar åtgärd. Hänsyn och eftertanke på huset fuktvandring i vindsbjälklaget måste tas.
Isolering av yttervägg	Att isolera ytterväggen utvändigt är för byggnadens karaktär inte en hållbar lösning. Även invändigt inkräktar åtgärden på karaktären och utgör en risk för fuktproblem i konstruktionen. För byggnaden är detta inte en hållbar åtgärd.
Isolering av grund	Ej genomförbart
Isolering av källare	Källarytterväggen kan isoleras om tillfälle ges. Isolering bör utföras med cellplast under mark för dess goda egenskaper och långa livslängd. Cellplast ovan mark ska skyddas från UV-stålning.

Lösning	Motivering
Ventilationssystem	Att komplettera ett befintligt självdragssystem med en frånluftsfläkt ger minst påverkan för huset. Systemet kräver inte skötsel i någon större utsträckning och ger ett bättre boendeklimat. Möjligheten att installera värmepump (FVP-system) för energiåtervinning ur frånluften finns. Om åtgärder görs på husets lufttäthet i klimatskalet kan även FTX-system vara ett hållbart alternativ.
Underhåll av ventilationssystem	Justera systemet för att rätt luftflöde ska uppnås. Oavsett ventilationssystem bör systemet kollas över och rengöras för att få ut bäst prestanda. Ju större system desto mer underhåll krävs. Exempelvis behöver FTX-systemet inte bara rengöras utan även exempelvis byte av filter krävs.
Värmeåtervinning i ventilationen	Värmeåtervinning av frånluften rekommenderas då den värmeenergi som återvinns kan ge behagligare inneklimat och minskar husets värmebehov från uppvärmningssystemet
Värmesystem	Vattenburet uppvärmningssystem ger störst flexibilitet vid val av energikälla.
Termostater	Med hjälp av termostater går det att lokaltemperera rum utifrån behovet för att förhindra överuppvärmning vid exempelvis solinstrålning.
Energikälla	I byggnader med krypgrund rekommenderas att eldning i panna fortsätts om inte andra åtgärder för fukthantering i grund- och vindsutrymme utförs. Eldning med biobränsle är den hållbara lösningen för detta. Om fukthanteringen åtgärdas är hållbara energikällor desto flera exempelvis solenergi, vindkraft, energitrio och fjärrvärme.

5 Resultat

Utifrån typhusen och deras egenskaper och förutsättningar har vi tagit fram hållbara lösningar som ska energieffektivisera byggnaden vilket är denna rapportens syfte. Målsättningen att välja hållbara energieffektiviseringsåtgärder, och att på så sätt bevara en gammal byggnad, utgår ifrån byggnadens ursprungliga förutsättningar/ kvalitéer och en hållbar helhetssyn.

De valda typhusen, stenhuset och trähuset från sekelskiftet 1900-tal, ska i denna rapport representera småhusen byggda inom tidsperioden 1880-1945. Den gemensamma utgångspunkten för husen i tidsperioden är traditionell byggteknik, ventilationssystem, värmeteknik och material. Åtgärderna är genomförbara med anpassning till varje individuellt fall av hus byggda under hela den angivna tidsperioden. Varje hus är unikt därför är det viktigt att göra en förundersökning för att se vilka förutsättningar som är aktuella. Även det geografiska läget inverkar och kräver anpassning av åtgärderna.

Detta kapitel ska sammanfattningsvis besvara vårt syfte och frågeställningarna:

Går det att hållbart energieffektivisera och bevara en gammal byggnad så att byggnadens livscykel i samklang med boendet ger mindre påverkan på miljön?

Vilka tekniska lösningar ger ett sunt boende i hus byggda 1880-1945 med utgångspunkt i valda typhus?

Vilka material är hållbart valbara vid energieffektivisering av dessa hus?

Vilken energilösning är den mest hållbara?

5.1 Byggteknik och materialval

Här redovisas vilka hållbara byggtekniska lösningar och materialval som passar till de valda typexempelhusen utifrån redovisat energiläckage i kapitel 3. Med en medvetenhet vid val av material, där ständig utveckling och forskning leder till nya produkter och valmöjligheter, kan man bidra till en mer hållbar energieffektivisering.

Tabell 5.1 Sammanfattning av hållbara byggtekniska lösningar och materialval.

Åtgärder	Förutsättningar	Hållbara lösningar
Tätning av väggar	Den gamla konstruktionen tillåter fuktupptagning och uttorkning.	Stenhus och trähus: Tätning på insidan av fasaden med exempelvis papp (ej diffusionstät) eller hård träfiberskiva.

Åtgärder	Förutsättningar	Hållbara lösningar
Renovering av fönster	Otåta tidstypiska fönster.	Justering av passning mellan båge och karm. Kontroll av fönsterdelarnas skick och eventuellt byte. Kitta om fönsterglasen.
Glasbyte	För att bevara det tidstypiska fönstret.	Ett energiglas med lågemissionsskikt kan ersätta fönstrens inre glasruta för att göra fönstret mer energieffektivt.
Tätninglister	Fönster och dörrar är otåta mellan karm och båge/dörrblad.	Tätninglist av ylle, silikongummi och EPDM-gummi.
Tilläggsisolering av vindsbjälklag	Oisolerad vind och vindsbjälklag.	Tilläggsisolering på ovansida av vindsbjälklag med fukttätt skikt under isoleringsskiktet.
Tilläggsisolering av grundmur	Oisolerad grundmur.	En utvändig tilläggsisolering rekommenderas om annan åtgärd planeras samtidigt för grundmur.
Isoleringsmaterial	Tilläggsisolering av vinds- och bottenbjälklaget.	Cellulosa och hampafiber är exempel på hållbara isoleringsmaterial.
	Tilläggsisolering av grundmur.	Cellplasts goda egenskaper kan ej ersättas av annat material för utvändigt bruk.

5.2 Ventilation och värmeteknik

Förutsättningarna för de äldre husen i tidsperioden 1880-1945 är att de saknar sammankopplat ventilationssystem respektive värmesystem. Då enbart lokaluppvärmning i form av kakelugnar var installerade i dessa byggnader.

Ventilation

Tabell 5.2 Sammanfattning av hållbara ventilationslösningar.

Åtgärder	Förutsättningar	Hållbara lösningar
Installera ventilationssystem	Otillräcklig självdragsventilation genom otätheter i klimatskalet och frånluft genom murstockar.	Självdragsventilation förstärkt med frånluftsfläkt. Alternativt från- och tilluftssystem.
Värmeåtervinning ur ventilationsluften	Värmen i byggnaden tillåts idag att läcka ut med sin energi.	Värmeåtervinning med värmepump, utan freoner i frånluftskanal. Alternativt värmeväxling i från- och tilluftssystem.
Underhåll av ventilationssystemet	Damm och smuts kan orsaka försämring av systemet.	Rengöring eller byte av eventuella filter och injustering av ventilationen. Rensning av ventilationskanaler.

Värmeteknik

Tabell 5.3 Sammanfattning av hållbara värmetekniska lösningar.

Åtgärder	Förutsättningar	Hållbara lösningar
Installera centralvärme	Uppvärmning sker via kakelugnar eller installerat vattenburet värmesystem.	Centralreglering kan ske vid vattenburet värmesystem med centraltplacerad panna med ute- och innetemperaturgivare.
Termostater på radiatorer	Uppvärmningsbehovet varierar beroende på radiatorns placering i huset.	Installation av moderna termostater och innetemperaturmätare.

5.3 Energival

En miljövänligare energianvändning kan erhållas genom val av hållbara energikällor. Detta påverkar i första hand den yttre miljön. Dessa hållbara energikällor är solenergi, biobränsle, vindkraft, vattenkraft, jordvärme, bergvärme och spillvärme från befintlig industriverksamhet. En energikälla kopplad till ett vattenburet uppvärmningssystem ger den mest hållbara lösningen för inre och yttre miljö.

5.4 Åtgärder som inte rekommenderas

Tabell 5.4 Sammanfattning av åtgärder som inte rekommenderas.

Åtgärder	Förutsättningar	Hållbara lösningar
Fönsterbyte	Otåta tidstypiska fönster.	Rekommenderas inte då de gamla fönstren är en del av byggnadens karaktär som går förlorad. Andra valbara åtgärder är att föredra.
Glasbyte	För att bevara det tidstypiska fönstret.	Ersätta det inre glaset med två energiglas är inte rekommenderat då bågen inte klarar denna tyngd eller tjocklek.
Tilläggsisolering av ytterväggar	Dåligt isolerade ytterväggar	Ytterväggar kan tilläggsisoleras utvändigt eller invändigt. Inget av detta rekommenderas då utvändig isolering påverkar husets karaktär. Invändig isolering skapar fuktproblem vid annars hållbara lösningar.

6 Diskussion

Resultatet i denna rapport visar att det går att hållbart energieffektivisera och bevara en gammal byggnad så att byggnadens livscykel i samklang med boendet ger mindre påverkan på miljön. Det finns tekniska lösningar och hållbara material till energieffektiviseringsbehovet som ger ett mer sunt boende, än tidigare, i småhus byggda 1880-1945. Genom att även välja förnyelsebar energi som solenergi, vindkraft, bergvärme med flera bidrar man till ett hållbart samhälle.

Genom att ställa kravet på att energieffektiviseringsåtgärderna ska vara hållbara har vi utvärderat om de vanligaste förekommande åtgärderna är hållbara. Därmed har vi ställt ett högt krav på att den gamla byggnaden med dess funktionsdugliga material ska bevaras. I de fall materialen inte är funktionsdugliga krävs att de ersättande materialen är hållbara. Med rätt tekniskt utförande ges en förutsättning för långsiktigt sunda lösningar.

Byggbranschen är idag mer införstådd med behovet av miljömedvetenhet. Konsultföretagen inom området bygg har idag inte bara en utan ofta flera miljökonsulter, ibland avdelningar.

Bevara

Gemensamt för husen mellan 1880-1945 är traditionell byggteknik och materialval. För att tydliggöra husens energiläckage har vi valt att titta på typhus. Dessa typhus representerar hela perioden då fuktrörelser, luftrörelser och påverkan på materialen är gemensam. U-värdet på konstruktionsdelarna kan skilja sig mellan ett en-stenshus och ett två-stenshus liksom för ett stolpverkshus och en 30-tals träkonstruktion men gemensamt är materialen och deras egenskaper.

Bevarandet av den ursprungliga karaktären i huset innebär mindre negativ inverkan på miljön samtidigt som man uppfyller en del av människans behov.

Våra gamla byggnader fyller en funktion i samhället för både de boende, genom en upplevelse och för området, där det bidrar till helhetsintrycket. De fyller också en funktion som länk till vår historia och kultur med sina karaktäristiska material, hantverk och den teknik som användes. Med samhällets förändring ställs nya krav på byggnaderna men anpassningen bör göras i samklang mellan byggnadens och människans behov.

Kompromissbehov finns där ingrepp måste göras för att anpassningen ska ske och de bör göras med varsamhet för att bevara den ursprungliga karaktären.

Huset utgör en del av ett socialt sammanhang och att ett yttre ingrepp kan medföra en störning i detta sammanhang som både kan ha positiva och negativa betydelser/inverkan. Att tilläggsisolera väggarna från utsidan eller att byta fönster är två åtgärder som båda är bra ur energisynpunkt däremot påverkar de byggnadens karaktär negativt och är därför inte en hållbar energieffektiviseringsåtgärd.

Bra boendekvalité och inneklimat

Den moderna människans behov ska av termisk komfort och underhållsfrihet jämkas med bevarandet av byggnaden genom val av hållbara lösningar och material. Att energieffektivisera en gammal byggnad ställer andra krav på lösningarna än nyare hus. Exempelvis är det i gamla hus stor temperaturskillnad i rummen mellan golv och tak. Golven upplevs ofta som kalla och ibland även dragiga. Den värmefördelning som upplevs som bäst i rummet är när det är svalast i takhöjd och något varmare i golvnivå jämfört med rummets medeltemperatur. Vi anser att en temperaturutjämning i rum bör eftersträvas för att den termiska komforten ska nås. Detta sker lämpligen med vattenburna radiatorer.

Om vi jämför förutsättningarna i gamla hus med en vanlig schablonåtgärd efter en energideklaration, sänkning av innetemperaturen med 1 grad, skulle detta medföra att rummet upplevs som mycket kallare då golvtemperaturen ytterligare sjunker. Dessutom har kraven på inneklimatet ökat jämfört med när dessa hus byggdes. En temperatursänkning är lämplig och möjlig framförallt när klimatskärmen förbättrats genom tilläggsisolering och tätning. Man får därför hitta andra vägar till energieffektivisering exempelvis värmeåtervinning på ventilationen som å andra sidan innebär att brukaren får acceptera ett visst mån av underhåll. Båda innebär en jämkning.

Om underhållsfrihet prioriteras är självdragssystem ett hållbart alternativ, då det inte kräver underhåll i samma utsträckning som andra alternativ. Om kvalitén på inneluften och energieffektivitet prioriteras är ett FTX eller FTV system ett bättre alternativ ur hållbarhets perspektiv.

Hållbara material

Det perfekta materialet som uppfyller alla krav, inom ramen för detta arbete, finns inte, däremot finns det möjlighet att göra ett aktivt val mot material som ger en mindre negativ inverkan på miljön än andra. Genom att även visa intresse och efterfråga miljöaspekten i materialval kan man som konsument driva utvecklingen framåt.

På grund av en negativ miljöpåverkan är cellplast och glasull mindre hållbara val av isoleringsmaterial men är också några av de material som har bäst

egenskaper och bäst förutsättningar för att skapa ett bra boende klimat under byggnadens brukarperiod. Materialen har också en lång och bra beständighet vilket i sig är en hållbar egenskap. Eftersom kraven på hållbarhet ökar drivs även utvecklingen av dessa material framåt mot mer hållbara produkter.

Ett annat isoleringsmaterial är cellulosafiber som är ett mycket bra material ur hållbarhetsperspektiv. Däremot krävs behandling av detta material för att det ska uppfylla fastställda krav, exempelvis brandskydd, som medför att materialet blir mindre bra ur hållbarhetsperspektiv.

Det är en viktig del av hållbarhet att vid renovering av gamla hus vara observant på material som kan kategoriseras som farligt avfall och hantera dem rätt. Detta gäller såväl nyare material som ursprungsmaterialen. Äldre byggnaders material och konstruktioner i kombination med moderna material måste utvärderas ordentligt innan det används. Även material som utges vara likvärdig med traditionella material bör kontrolleras då deras egenskaper kan vara olika de gamla.

Med ett hållbart perspektiv är det viktigt att följa framstegen i diskussionerna då tidigare material, kategoriserade som ”miljöbovar”, kan ha omvärderats. Exempel på detta är betong. Undersökningar har visat att betong under sin brukartid även binder koldioxid som avgivits vid tillverkningsprocessen. Samtidigt behåller betong sina positiva egenskaper under sin långa livslängd vilket även detta är en hållbar egenskap.

Långsiktigt sunda lösningar

Material och andra energieffektiviseringslösningar utvecklas och en lösning som idag innebär, ur en aspekt, negativ inverkan på miljön kan utvecklas till att bli bättre. Det är viktigt att vid energieffektivisering inte låsa sig vid att en lösning är negativ utan att ge det en chans till förbättring. Värdera om lösningens negativa effekt vägs upp med dess positiva energieffekt.

Kravet på energieffektivisering om det är ekonomiskt hållbart innebär också att många hus exkluderas i en energieffektiviseringsprocess. Detta är positivt på kort sikt för bevarandet av husen men behoven kvarstår att husen behöver anpassas för att de nationella energimålen ska nås. Dessa byggnader lämnas åt deras brukare att ta ansvaret för val och genomförande av bevarande med samtidig energieffektivisering. Brukarens intresse och engagemang styr dessa val till mer eller mindre hållbara lösningar. Detta är en brist i denna rapport då just brukarens inställning inte har undersökts.

Det som är hållbart idag är kanske inte hållbart imorgon precis som det som var hållbart igår inte alltid är hållbart idag. Olika infallsvinklar på samma hållbarhetsproblem ger olika lösningar. Tack vare en efterfrågan och en ökad medvetenhet sker framsteg ur ett hållbarhetsperspektiv i byggbranschen. För att välja den mest hållbara lösningen ställs stora krav på att följa med i vad som händer i samhället och utveckling. Vi anser att alla husägare, stora som små, behöver ta sitt ansvar för att ta till sig den kunskap som finns och lära sig att använda den på ett hållbart sätt. I slutänden är det upp till husägaren.

Metod

Resultatet i denna rapport är direkt styrt av vald metod. Vi har studerat utgiven litteratur på flera områden varav vissa styrs av ständig forskning och utveckling. Andra, som kunskapen om gamla hus, deras material och tekniskt genomförande, är väl etablerade. Det innebär att resultatet är en sammankoppling av känd kunskap inom olika områden. Vi har avgränsat genom att utgå från två typhus som har fått representera hela tidsperioden. Det har varit ett sätt att tydliggöra förutsättningar för val av vidare energieffektiviseringsåtgärder. Vårt val av metod har givit det resultat vi eftersträvat. Vi sökte ett helhetsperspektiv på problematiken vid energieffektivisering av äldre småhus med ett hållbart resonemang. Nu finns möjlighet till djupare studier och utveckling av delar i denna rapport. Genom val av annan metod kan resultatet bli annorlunda. Förslag på annat tillvägagångssätt ges nedan.

Förslag på fortsatt arbete inom området.

Det finns idag knapphändigt med information om materialegenskaper ur ett livcykelperspektiv och en fördjupning inom något område som är kopplat till energieffektivisering av gamla småhus hade varit konsumentupplysande. Ett annat område som vi gärna hade studerat vidare är en undersökning av schablonåtgärderna, som rekommenderas på energideklarationen, om de används och utförs på gamla hus och hur detta görs. Är det kunniga brukare av husen som utför åtgärderna eller tar man hjälp av kunniga yrkespersoner när åtgärderna genomförs?

Källförteckning

- BASTA. (2009). *BASTA-systemet*. Hämtat från BASTA: www.bastaonline.se den 25 04 2011
- BFS 2006:12. (den 21 juni 2006). *Boverket*. Hämtat från Boverkets författningssamling: www.boverket.se mars 2011
- BFS 2008:6. (den 26 maj 2008). *Boverket*. Hämtat från Boverkets författningssamling: www.boverket.se mars 2011
- Bjerking, S.-E. (1974). *Ombyggnad, Hur bostadshusen byggdes 1880-1940*. Stockholm: Byggnadsforskningsrådet.
- Björk, C., & Reppen, L. (2000). *Så byggdes staden*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Björk, C., Kallstenius, P., & Reppen, L. (2002). *Så byggdes husen*. Stockholm: Formas.
- Björk, C., Nordling, L., & Reppen, L. (2009). *Så byggdes villan*. Stockholm: Forskningsförlaget Formas.
- Blomsterberg, Å., & Carlsson, T. (1995). *Luft- eller radiatorvärme? Enkät- och mätundersökning av inneklimat och ventilation i moderna småhus*. Borås: Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- Bokalders, V. (03 2011). Isoleringsmaterial från A till W. *Byggnadskultur 1.11*, ss. 42-46.
- Bokalders, V., & Block, M. (2009). *Byggekologi - Kundskap för ett hållbart byggande*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Boverket. (2009). *Boverket*. Hämtat från Utvärdering av systemet med energideklarationer. Uppdrag nr. 12 M2008/4791/A: <http://www.boverket.se> Mars 2011
- Boverket. (2009). *Så mår våra hus*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (den 3 Mars 2011). Statistikuttag ur databas. *Energideklarationstatistik*. Karlskrona.
- Brandt, N., & Gröndahl, F. (2002). *Som man sår ... miljökunskap*. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.
- Burström, P. G. (2007). *Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: studentlitteratur.
- Commoner, B. (1972). *Cirkeln sluter sig*. Stockholm: Aldus/Bonnier.
- Enerigmyndigheten. (den 26 10 2010). *Bostäder och service*. Hämtat från Enerigmyndigheten: www.enegikunskap.se den 10 04 2011
- Engdahl, C., & Isfält, L. D. (1983). *Stenhusen 1880-1920 varsam ombyggnad*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- Fredlund, B. (1999). *Lågemissionsglas och renovering förbättrar äldre fönsters värmeisolering*. Lund: Institutionen för byggnadskonstruktionslära.

- Gudmundsson, G. (2010). *Stora boken om byggnadsvård*. Stockholm: Bonnier Fakta.
- Hansson, T., Nilson, A., & Stadler, C.-G. (1984). *Energisparteknik i befintlig bebyggelse*. Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Herklint, E. (2000). *Bevarandets etiska funktioner*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Hervall, A. (1997). Egenskapsredovisning. i A. Cajdert, A. Eriksson, A. Hervall, O. Sjöstrand, & S. Sahlin, *Konstruktionshandbok, Bärande tegelmurverk* (ss. 15-23). Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Kellner, J. (1997). *Bygg sunt och miljöanpassat!* Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Linn, B. (1977). *Husen vi äger*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och LiberFörlag .
- Naturvårdsverket. (den 01 04 2011). *Energianvändning m.m. i byggnader*. Hämtat från Miljömål: www.miljomal.nu den 10 04 2011
- Nevander, L. E., & Elmarsson, B. (1994). *Fukthandbok praktik och teori*. Stockholm: AB Svensk byggtjänst.
- Nordstrand, U. (1988). *Byggprocessen*. Stockholm: Liber AB.
- Orestål, U. (1996). *Ventilation förr och nu*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Polyterm AB. (u.d.). *Varför polyuretanskum?* Hämtat från www.polyterm.se: <http://www.polyterm.se/fabrik.html> den 07 06 2011
- Regeringskansliet. (den 20 10 2006). *Svensk strategiför hållbar utveckling*. Hämtat från Regeringskansliet: www.regeringskansliet.se den 10 04 2011
- Regeringskansliet. (den 08 04 2010). *Agenda 21 och Riokonferensen*. Hämtat från Regeringskansliet: www.regering.se den 10 04 2011
- Robertsson, S. (2002). *Fem pelare*. Stockholm: Riksantikvarieämbetets förlag.
- Samuelsson, I. (1998). *Kriterier för sunda byggnader och material*. Karlskrona: Boverket.
- Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.
- SCB. (2008). *Energidata efter region, kategori, tid och energibärare*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.
- SCB. (2009). *Folk och bostadsräkningen 90. Antal lägenheter i småhus fördelat efter byggnadsperiod och län*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.
- SOSFS. (den 21 06 2005). *Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inomhus*. Hämtat från Socialstyrelsen: www.socialstyrelsen.se den 10 04 2011
- Sweco Viak. (2008). *Kombinationseffekter av föroreningar*. Naturvårdsverket.
- Svensson, C. (den 16 juni 2009). *Kompendium i Teknisk geologi AK*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Unnerbäck, A. (2002). *Kulturhistorisk värdering av bebyggelse*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av installationer i byggnader*. Lund: Studentlitteratur.

von Rothstein, E. E. (2003). *Handledning i allmänna byggnadsläran*. Kristianstad: Accent Förlag.

Bilaga 1

U-värdes beräkningar av typhus

Tillvägagångssätt med formler, värden och materialkonstanter är hämtade från ”Värme och fukt” av Kenneth Sandin om inget annat anges.

Formler:

$$U - \text{värde} = \frac{1}{R_{tot}}, \quad W/m^2 \cdot K$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad \text{m}^2 \cdot K/W$$

$$\lambda_{res} = \alpha \cdot \lambda_{\alpha} + \beta \cdot \lambda_{\beta}$$

Yttervägg i stenhus

Uppbyggd som en massiv stenvägg med en tjocklek på 380 mm och puts på insidan med en tjocklek på cirka 4 mm.

Materialdata:

$$\lambda_{tegel} = 0,6 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{tegel} = 0,38 \text{ m}$$

$$\lambda_{puts} = 1,0 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{puts} = 0,004 \text{ m}$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{tegel} = \frac{0,38}{0,6} = 0,633 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{puts} = \frac{0,004}{1,0} = 0,004 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 0,633 + 0,004 = 0,807 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U = \frac{1}{0,807} = 1,24 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Källarvägg i stenhus

Uppbyggd av normaltegel med en tjocklek på 770 mm.

Materialdata:

$$\lambda_{tegel} = 0,6 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$d_{tegel} = 0,77 \text{ m}$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{tegel} = \frac{0,77}{0,6} = 1,28 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 1,28 = 1,45 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{1,45} = 0,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Yttervägg i trähus

Uppbyggd som en massiv trävägg med en tjocklek på 100 mm och puts på insidan med en tjocklek på cirka 4 mm.

Materialdata:

$$\lambda_{trä} = 0,14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$d_{trä} = 0,1 \text{ m}$$

$$\lambda_{puts} = 1,0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$d_{puts} = 0,004 \text{ m}$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{trä} = \frac{0,1}{0,14} = 0,714 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{puts} = \frac{0,004}{1,0} = 0,004 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 0,714 + 0,004 = 0,888 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,888} = 1,126 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Bottenbjälklag i stenhus

Uppbyggd med träbjälklag med tjockleken 9" och lerfyllning. C/C-avstånd var mellan 0,6-0,8 m därför används 0,8 m i beräkningarna. Puts på undertaket antas ha en tjocklek på cirka 4 mm.

Materialdata:

$$\lambda_{puts} = 1,0 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{puts} = 0,004 \text{ m}$$

$$1" \approx 25,4 \text{ mm}$$

$$d_{trä} = 9" \approx 0,228 \text{ m}$$

$$b_{trä} = 6" \approx 0,152 \text{ m}$$

$$d_{golv} = 1 \frac{1}{2}" = 38,1 \text{ mm}$$

$$d_{innertak} = 20 \text{ mm}$$

$$d_{trä} = 0,228 \text{ m}$$

$$\lambda_{trä} = 0,14 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{lera} = 0,228 \text{ m}$$

$$\lambda_{lera} = 1,4 \text{ W/m} \cdot K$$

$$\text{Andel trä i bjälklaget, } \alpha = \frac{0,152}{0,8} = 0,19$$

$$\text{Andel lera i bjälklaget, } \beta = 1,0 - 0,19 = 0,81$$

$$\lambda_{trä,lera} = 0,19 \cdot 0,14 + 0,81 \cdot 1,4 = 1,161$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{puts} = \frac{0,004}{1,0} = 0,004 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{golv/innertak} = \frac{0,0581}{0,14} = 0,415 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{trä,lera} = \frac{0,228}{1,161} = 0,196 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 0,196 + 0,415 + 0,004 = 0,785 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U = \frac{1}{0,785} = 1,274 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Vinds- och bottenbjälklag med kalkblandat torvströ

Uppbyggd av träbalkar med en tjocklek på 9" och bredd på 6" med fyllning av kalkblandat torvströ. C/C-avståndet är 0,6 m.

Materialdata:

$$1" \approx 25,4 \text{ mm}$$

$$d_{trä} = 9" \approx 0,228 \text{ m}$$

$$b_{trä} = 6" \approx 0,152 \text{ m}$$

$$\text{Andel trä i bjälklaget, } \alpha = \frac{0,152}{0,6} = 0,25$$

$$\lambda_{trä} = 0,14 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{trä} = 0,228 \text{ m}$$

$$\text{Andel kalk/torv i bjälklaget, } \beta = 1,0 - 0,25 = 0,75$$

$$\lambda_{kalk} = 1,0 \text{ W/m} \cdot K$$

$$\lambda_{torv} = 0,08 \text{ W/m} \cdot K, \text{ (Bokalders \& Block, 2009)}$$

Vi räknar med att kalken utgör cirka 5 % av fyllnadsmaterialet.

$$\lambda_{kalk/torv} = 0,05 \cdot 1 + 0,95 \cdot 0,08 = 0,126 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{kalk/torv} = 0,228 \text{ m}$$

$$\lambda_{trä,kalk/torv} = 0,25 \cdot 0,14 + 0,75 \cdot 0,126 = 0,1295$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{trä,kalk/torv} = \frac{0,228}{0,1287} = 1,76 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 1,76 = 1,93 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U = \frac{1}{1,93} = 0,518 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Vindsbjälklag i trähus med sågspån

Uppbyggd av träbalkar med en tjocklek på 9" med fyllning av sågspån.
C/C-avstånd är 0,6 m.

Materialdata:

$$1" \approx 25,4 \text{ mm}$$

$$d_{trä} = 9" \approx 0,228 \text{ m}$$

$$b_{trä} = 6" \approx 0,152 \text{ m}$$

$$\text{Andel trä i bjälklaget, } \alpha = \frac{0,152}{0,6} = 0,25$$

$$\lambda_{trä} = 0,14 \text{ W/m} \cdot K$$

$$d_{trä} = 0,228 \text{ m}$$

$$\text{Andel lera i bjälklaget, } \beta = 1,0 - 0,25 = 0,75$$

$$\lambda_{spån} = 0,08 \text{ W/m} \cdot K, \text{ (Bokalders \& Block, 2009)}$$

$$d_{spån} = 0,228 \text{ m}$$

$$\lambda_{trä,spån} = 0,25 \cdot 0,14 + 0,75 \cdot 0,08 = 0,095$$

Beräkning av U-värde:

$$R_{trä,spån} = \frac{0,228}{0,095} = 2,4 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{totalt} = 0,13 + 0,04 + 2,4 = 2,57 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U = \frac{1}{2,57} = 0,389 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Bilaga 2

Yttertemperaturberäkning i Malmö sommar

Tillvägagångssätt med formler, värden och materialkonstanter hämtade från "Värme och fukt" av Kenneth Sandin om inget annat anges.

Formler:

$$T(x) = T_1 - \frac{R(x)}{\sum R} (T_1 - T_2)$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$RF = \frac{v}{v_s}$$

Luftrörelse inåt i tegelvägg

Beräkningsvärden:

$$T_1 = 20 \text{ °C}$$

$$\lambda_{\text{tegel}} = 0,6$$

$$d_{\text{tegel}} = 0,25 + 0,12 = 0,37$$

$$R_{\text{tegel}} = \frac{0,37}{0,6} = 0,617 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$T_2 = 17,2$ (medeltemperatur i Malmö i juli, den högsta i Malmö under året)

Beräkning av yttertemperatur och relativ fuktighet:

$$T(x) = 20 - \frac{0,13}{0,13 + 0,617 + 0,04} (20 - (17,2)) \approx 19,5 \text{ °C}$$

Kondens vid 19,5 grader sker vid $v = 16,68 \text{ g/m}^3$ vatten per luft

$v_s(17,2) = 14,64 \text{ g/m}^3$ vatten per luft alltså innehåller luft med temperaturen 17,2 grader aldrig så mycket som $14,64 \text{ g/m}^3$ vatten per luft. Under sommaren ligger RF ute på cirka 60 – 80 %.

$$RF_{\text{max}} = \frac{14,64 \cdot 0,8}{16,68} = 0,878 \cdot 0,8 = 0,702$$

Luftrörelse inåt i tegelvägg vid bjälklag

Beräkningsvärden:

$$T_1 = 20 \text{ °C}$$

$$\lambda_{\text{tegel}} = 0,6$$

$$d_{\text{tegel}} = 0,12$$

$$R_{\text{tegel}} = \frac{0,12}{0,6} = 0,2 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$T_2 = 17,2$ (medeltemperatur i Malmö i juli, den högsta i Malmö under året)

Beräkning av ytemperatur och relativ fuktighet:

$$T(x) = 20 - \frac{0,13}{0,13 + 0,2 + 0,04} (20 - (17,2)) \approx 19,02 \text{ °C}$$

Kondens vid 19,0 grader sker vid $v = 16,30 \text{ g/m}^3$ vatten per luft

$v_s(17,2) = 14,64 \text{ g/m}^3$ vatten per luft alltså innehåller luft med temperaturen 17,2 grader aldrig så mycket som $14,64 \text{ g/m}^3$ vatten per luft. Under sommaren ligger RF ute på cirka 60 – 80 %.

$$RF_{\text{max}} = \frac{14,64 \cdot 0,8}{16,30} = 0,8981595 \cdot 0,8 = 0,7185$$

Luftrörelse inåt i trävägg

Beräkningsvärden:

$$T_1 = 20 \text{ °C}$$

$$\lambda_{\text{tegel}} = 0,14$$

$$d_{\text{trä}} = 0,1$$

$$R_{\text{trä}} = \frac{0,1}{0,14} = 0,714 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$T_2 = 17,2$ (medeltemperatur i Malmö i juli, den högsta i Malmö under året)

Beräkning av ytemperatur och relativ fuktighet:

$$T(x) = 20 - \frac{0,13}{0,13 + 0,714 + 0,04} (20 - (17,2)) \approx 19,588 \text{ °C}$$

Kondens vid 19,6 grader sker vid $v = 16,88 \text{ g/m}^3$ vatten per luft

$v_s(17,2) = 14,64 \text{ g/m}^3$ vatten per luft. Under sommaren ligger RF ute på cirka 60 – 80 %.

$$RF_{\text{max}} = \frac{14,64 \cdot 0,8}{16,88} = 0,694$$