

Renovering av 70-talsvilla

– Energi- och fuktanalys



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg och miljöteknik / Byggnadsfysik

Examensarbete:
Sara Mårtensson
Rebecca Wörlén

© Copyright Sara Mårtensson, Rebecca Wörlén

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 2015

Sammanfattning

Detta examensarbete omfattade en energi- och fuktanalys av en befintlig 70-talsvilla. Denna villa ligger belägen i Bjärred, Lomma kommun. Referenshuset är ett enplanshus med grundkonstruktionen platta på mark och är en del av en samfällighetsförening med ett 20-tal typhus.

Examensarbetet innefattade olika typer av analyser och mätningar av villan. En litteraturstudie gjordes för att få en bättre överblick av 70-talsvillornas generella konstruktioner och dess eventuella tillkortakommande. En undersökning bestående av intervjufrågor genomfördes i bostadsområdet. Detta för att ge en inblick i vad övriga boende i området har haft för problem eller erfarenheter med husen. Denna undersökning sammanställdes och analyserades.

Referenshuset hade sedan tidigare haft problem med mögellukt och därför var det viktigt att undersöka detta. Detta gjordes genom en fuktkvotsmätning i konstruktionsdelar med en bedömd högre risk för fuktproblem. Det genomfördes även en täthetsprovning för att bedöma referenshusets luftläckage. Möjligheten till att energibespara för en lägre energikostnad undersöktes genom beräkningar i datorprogrammet VIP-Energy och analyser av de boendes tidigare el- och vattenräkningar. Energi- och fuktanalyserna resulterade sedan i en rad olika lösningsförslag för att energieffektivisera byggnaden och för att förbättra huset ur fuktsynpunkt. Fuktberäkningar gjordes för dels de befintliga konstruktionsdelarna och dels för de nya lösningsförslagen. Detta för att kunna förutse om förändringarna resulterade i ett fuktsäkrare hus.

Fuktkvotsmätningen gav inga utslag på fukt i konstruktionen, dock visade fuktberäkningarna att vissa konstruktioner löpte större risk för fuktproblem.

Lösningsförslagen som plockades fram skulle vara realistiska och tillämpbara för referenshuset. Föreslagen var att kontrollera reglarna i kritisk innervägg som bedömts vara den troligaste källan till mögellukten i huset, kontrollera husets syll, eventuellt dränera, installation av fuktstyrd ventilationsfläkt RF, stenläggning av rabatter på framsidan, tilläggsisolera vägg mot baksidan, tilläggsisolera taket, sätta in en luftvärmepump, sätta in frånluftsvärmepump kopplad till vattenburen golvvärme, solceller och solfångare.

Att tilläggsisolera baksidan eller taket gör konstruktionen säkrare ur fuktsynpunkt, men det sparar inte mycket energi. Installation av en luftvärmepump eller en frånluftsvärmepump hade sparat mycket energi och hade klarat dagens krav på energianvändning från BBR 22. Installation av solceller och solfångare hade också sparat mycket energi och dagens krav hade uppnåtts med denna lösning.

För referenshuset men även generellt för 70-talshus rekommenderades kontroll av syll, installation av luftvärmepump, installation av fuktstyrda fläktar i våutrymme och stenläggning av rabatter intill husväggen. Generellt för 70-talshus rekommenderades även fönsterbyte och åtgärd av fuktproblem om detta misstänks.

Abstract

This thesis included an energy and moisture analysis of an existing 70's villa. This villa is located in Bjärred, Lomma municipality. The Reference house is a single storey with a foundation of concrete slab and is part of a community association of 20 similar villas'.

The work included different types of analyzes and measurements of the villa. A literature study was done to get a better view of the 70's villas' general construction and its possible shortcomings. A survey consisting of interview questions was conducted in the residential area. This is to give an insight into whether the other residents in the area have had problems or experiences of their own houses. This study were summarized and analyzed.

The Reference house previously had problems with mildew smell and it was therefore important to examine this. This was done by measuring moisture content in construction parts with an anticipated higher risk of moisture problems. It also carried out an air leakage test in the reference building. The ability to save energy and get a lower energy cost was investigated by calculations in the computer program VIP-Energy and analyzes of the residents existing electricity and water bills. Energy and moisture analyzes resulted then in a range of proposed solutions to the energy efficiency of the building and to improve the house from moisture standpoint. Moisture calculations were made for both the existing structural parts and also for the new solution proposals. This is to anticipate if the changes resulted in a moisture safer house.

Moisture content measurements gave no ruling on the moisture in the structure, however, moisture calculations estimates that some designs ran a greater risk of moisture problems.

The chosen proposed solutions would be realistic and applicable for the reference house. The solutions was to control the cross bars in the critical inner wall deemed the most likely source of the mildew smell in the house, check the house cross-tie, possibly drain, installation of moisture controlled ventilation fan RH, paving of the flower-bed in front of the house, extra insulation to the wall at the back, extra insulation to the roof, put in a heat pump, insert the exhaust air heat pump connected to underfloor heating, solar cells and solar panels.

Adding extra insulation to the rear or roof make the structure safer from a moisture standpoint, but it does not save much energy. Installation of a heat pump or an exhaust air heat pump saved a lot of energy and would have passed the current requirements for energy from BBR 22. Installation of solar

cells and solar collectors also saved a lot of energy. The demands of today are met with this solution.

The recommended solutions for the reference house but also generally for 70's houses was checking the cross-tie, installation of air source heat pump, installation of moisture controlled fans in the wet areas and paving of the flower-bed in front of the house. Generally recommended for the 70's houses is window replacement and if moisture problems are suspected action must be taken.

Förord

Denna studie är ett examensarbete som omfattar 22,5 hp utförd vid avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med FOJAB arkitekter AB. Arbetet har genomförts mellan januari och juni 2015.

Största delen av arbetet har vi båda gjort tillsammans. För att hinna med alla moment har arbetet fördelas lite men vi har båda fått insikt i vad den andra har gjort. Litteraturstudien och felanalysen av resultaten från HEAT har Sara gjort medan Rebecca gjort fuktberäkningar och den korta ekonomiska analysen.

Vi vill framförallt tacka vår handledare Helena Bülow-Hübe för att du har visat stort engagemang. Du har varit till stor hjälp under denna studie. Vi vill även tacka FOJAB arkitekter i Malmö för att vi fått möjligheten att sitta på kontoret och arbeta där.

Vi vill även tacka Petter Wallentén för god handledning och värdefulla tips under arbetets gång.

Vi vill tacka Lunds Tekniska Högskola för möjligheten att låna en *Blowerdoor* och en fuktkvotsmätare.

Utan er hjälp hade detta arbete inte varit vad det är idag!

Helsingborg, juni 2015

Sara Mårtensson och Rebecca Wörlén



Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 70-Talshus	1
1.2 Fallstudie	3
1.3 Syfte	4
1.4 Mål	4
1.5 Problemformulering	4
1.6 Målgrupp	4
1.7 Avgränsningar	4
1.8 Metodik	5
2 Litteraturstudie	7
3 Teori	19
3.1 Energi	19
3.1.1 Uppvärmning	22
3.1.1.1 Fjärrvärme	23
3.1.1.2 Värmepanna	23
3.1.1.3 Värmepump	23
3.1.1.4 El	24
3.1.1.5 Sol	24
3.1.2 Värmeförluster	25
3.1.2.1 Transmissionsförluster	25
3.1.2.2 Ventilation	27
3.1.2.3 Täthet	32
3.1.3 Energi till hushållsel, varmvatten, fläktar och cirkulationspumpar	33
3.1.4 Energiåtgärder	34
3.1.5 Beräkningsprogram	35
3.2 Fukt	36
3.2.1 Grund	39
3.2.2 Yttervägg	40
3.2.3 Tak	42
3.2.4 Fuktmätningmetoder	43
3.2.5 Fuktåtgärder	44
4 Resultat av inventering	47
4.1 Enplanshus i Löddesnäsområdet	47
4.1.1 Grund	50
4.1.2 Ytterväggar	51
4.1.3 Innerväggar	51
4.1.4 Tak	52
4.1.5 Fönster	53

4.1.6 Dörrar	54
4.1.7 Köldbryggor	55
4.1.8 Elanvändning.....	59
4.1.9 Täthetsprovning.....	62
4.1.10 Fuktmätning.....	65
4.1.11 Fuktberäkning.....	67
4.2 Undersökning av typhus i Löddesnäsområdet	70
5 Förslag på åtgärder	75
6 Analys av åtgärder	83
7 Kort ekonomisk analys	95
8 Felanalys	99
9 Diskussion och slutsats.....	105
9.1 Diskussion	105
9.1 Slutsats	108

Referenser

Bilagor

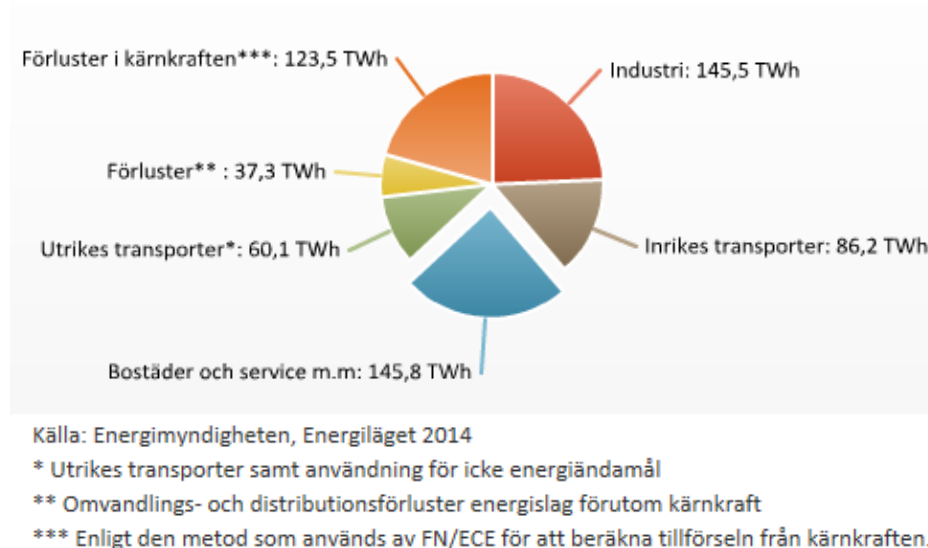
1 Inledning

I detta kapitel kommer en kort bakgrund till vad som har lett till att denna studie presenteras. Utifrån bakgrunden presenteras problemformuleringar. Syftet och målet med projektet kommer också att beskrivas här.

1.1 Bakgrund

Dagens levnadssätt gör klimatfrågan mer aktuell. Den ökande energianvändningen innebär att användningen av jordens resurser ökar. Många resurser är inte förnyelsebara och det är därför viktigt att hushålla med dessa genom att ha en låg energianvändning.

Sveriges totala energianvändning 2014 uppgick till 600 TWh. Av dessa 600 TWh står bostäder och servicebyggnader för ca 145,8 TWh, d.v.s. 24 %, se figur 1.1.



Figur 1.1 Energimyndighetens sammanställning av Sveriges totala energianvändning 2014 [1].

Kraven på byggbranschen skärps kontinuerligt för att bidra till en lägre energianvändning [1].

1.1.1 70-Talshus

70-talet präglades av en ekonomisk inflation och ränteavdrag som gav människor möjlighet till statliga lån. Det byggdes många småhus under 70-talet på tidigare åkermark uppköpta av fastighetsbolag. Husen kom med nya så kallade underhållsfria material och nya byggtkniska lösningar. En byggtknisk lösning, för hus med platta på mark istället för källare, som användes frekvent var

att syllen av tryckimpregnerat trä placerades rakt mot betongplattan. Denna lösning har senare konstaterats vara en riskkonstruktion då syllen absorberar fukt från betongen och därefter börjar mögla. Detta är en av orsakerna att 70-talshus ofta förknippas med fuktproblem. Tidstypiska grundkonstruktioner under 70-talet var platta på mark med uppreglat golv och mellanliggande isolering, flytande golv med överliggande isolering och underliggande lättklinker som isolering. Stommen var ofta av träreglar och hade en tegelfasad. [13]

Under 70-talets början drabbades Sverige av en oljekris. Detta gjorde att en utbyggnad av kärnkraften krävdes. Det blev då vanligare att husen värmdes med direktverkande el. För att inte driftkostnaden skulle skjuta i höjden ställdes högre krav, enligt dåvarande standard, på isoleringen. Husen byggdes under denna tid med mindre fönster för att energin inte skulle läcka ut. [2,7]

Eftersom byggtekniken genom åren utvecklas och förbättras resulterar det i att energianvändningen sänks, se diagram 1.1.

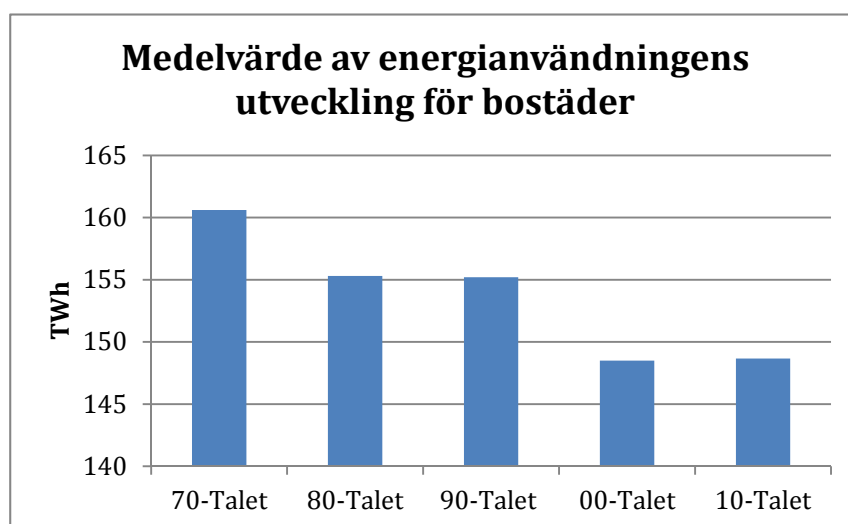


Diagram 1.1 *Energianvändningens utveckling för bostäder. Energianvändningen redovisas per uppförandeår. [1]*

70-talshus byggdes tätare för att spara energi, ventilation i form av otätheter täpptes igen. Detta kunde resultera i att många villor fick dålig inomhusluft. Denna bristande ventilation kunde leda till fuktproblem som i vissa fall bidrog till en ökad risk för mögelproblem. [72]

På grund av den snabba expansionen kopplad till miljonprogrammet fanns krav på snabbt byggande under 70-talet. Det höga tempot gav upphov till slarv och fusk. Detta är en bidragande orsak till att husen fick fuktproblem. [3]

1.2 Fallstudie

I Löddesnäsområdet i Bjärred, finns ett gruppbebyggt område med hus byggda på 70-talet. Löddesnäsområdet är döpt efter Löddesnäsgården som tidigare låg där Löddesnässkolan ligger idag. Gården uppfördes 1870 och var ett storjordbruk. [4]

I figur 1.2 visas en satellitbild över Holländarehusvägen som ligger i Löddesnäsområdet. Det markerade huset är referenshuset för projektet. Det finns 22 hus av samma typ i området.



Figur 1.2 Holländarehusvägen, Bjärred

Detaljplanen från 1973-07-18 visar att en mörgelgrav tidigare fanns i områdets mitt. Särskilda åtgärder behövde vidtas för att schakta ur och återfylla denna. En mörgelgrav uppkommer när mörgel utvinns. Mörgel är en form av kalksten som används till jordförbättringsmedel.

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka, analysera och med hjälp av beräkningar komma fram till en effektiv och rimlig renovering av ett befintligt 70-tals hus. En undersökning av detta hoppas vi kan leda till framtida renoveringar även utanför denna gruppbebyggelse.

1.4 Mål

Vi vill undersöka och ta reda på mer om byggteknik samt skaderisker i hus från 70-talet. Då renoveringar är aktuellt i dessa hus pga. dess ålder, eventuella fuktproblem och för att den äldre byggmetoden inte är energieffektiv med dagens mått mätt. Vi vill komma fram till vilka fel och brister 70-talsvillorna har och hur man effektivt kan åtgärda dem.

Målet med studien är att ta fram förslag på en bättre konstruktion ur energi och fuktsynpunkt för referenshuset och för 70-talshus med liknande problem. Denna konstruktion uppnås genom att ta fram data för ett referenshus som sedan analyseras.

1.5 Problemformulering

- Hur når vi BBR 22-kraven för specifik energianvändning?
- Vad finns det för praktiskt genomförbara åtgärder för en 70-talvilla?
- Vilken eller vilka åtgärder rekommenderas för referenshuset samt för hus av liknande typ från 70-talet?

1.6 Målgrupp

Denna rapport vänder sig främst till personer med kunskap om byggteknik, företag inom branschen men även till boende i 70-talshus.

1.7 Avgränsningar

Detta examensarbete kommer i första hand ta upp problem ur energi- och fuktsynpunkt. Hänsyn tas till komfort och inomhusmiljö. I denna studie kommer fokus ligga på enplansvillor med platta på mark med underliggande isolering av lättklinker från 70-talet. En kort ekonomisk analys kommer utföras, här avgränsas arbetet till endast materialkostnader.

1.8 Metodik

En litteraturstudie genomfördes för att ta reda på mer om de problem som uppkommit med 70-talsvillorna. Detta undersöktes via information från läroböcker, erfarenheter från personer inom branschen men även information på internet.

Hela denna fallstudie utgick efter ett befintligt referenshus. En analys av husets energibehov gjordes. Detta genom en sammanställning av el- och vattenräkningar från ett par år tillbaka.

En täthetsprovning och en mätning av fuktkvot i syllen utfördes för referenshuset. Resultatet från dessa analyserades därefter.

En rad energiberäkningar genomfördes för referenshuset. Detta med hjälp av programmet VIP-Energy. Beräkningar av köldbryggor utfördes med hjälp av programmet HEAT 2. Dessa köldbryggor låg till grund för energiberäkningen. Resultatet av energiberäkningen analyserades och teoretiska förbättringar togs fram. Dessa förbättringar analyserades därefter. Vi jämförde både utgångsläget och lösningsförslagen med kraven som ställs från BBR i dagsläget.

Risken för hög relativ fuktighet i konstruktionen beräknades för hur huset är i dagsläget och hur det hade blivit med våra lösningsförslag.

2 Litteraturstudie

70-talhusen byggdes till stor del under *Miljonprogrammet*. Miljonprogrammet var en benämning på bostads- och bostadbyggnadspolitik mellan åren 1964-1975 [5].

Riksdagen hade beslutat att mellan dessa år skulle det byggas en miljon nya bostäder, därav namnet miljonprogrammet. En annan benämning för husen byggda från 1961-1975 var *Rekordårens hus*. Sammanlagt byggdes ca 1,4 miljoner bostäder mellan åren 1961 och 1975, varav 920 000 flerbostadshus och 476 000 småhus [6]. En tredjedel av de bostäder som byggdes var småhus [6,7].

Av dagens totala bostadsbestånd består 30 % av hus byggda under miljonprogrammet, se diagram 2.1 [6].

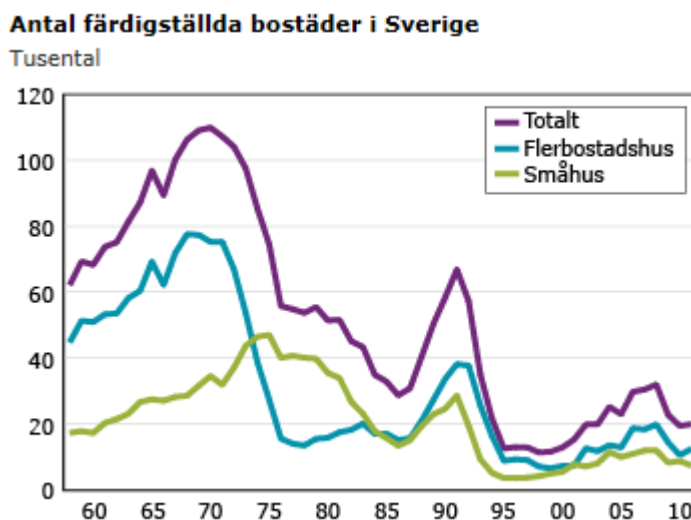


Diagram 2.1 Visar antalet byggda bostäder genom åren [50].

Det byggdes två olika typer av småhus, de var antingen *gruppbyggda* eller *stykkebyggda*. De gruppbyggda småhusen var alla av samma typ och producerades av en enda byggherre. Byggherren hade ofta ett samarbete med både bank och mäklare. De styckebyggda småhusen var villor som producerades av en lokal byggherre och beställdes av privatpersoner. Typiskt för de styckebyggda husen, även kallade kataloghus, var att de uppfördes till stor del av prefabricerade byggnadselement. [7]

En anledning till att småhusbyggandet ökade var den ökade välfärden på grund av inflation, möjligheter till statliga lån och nya avdragsregler för skuld-räntor. Detta gjorde att många fick råd att köpa ett eget hus. En annan anled-

ning var att de nya byggmetoderna gjorde att det nu producerades billigare hus. [7]

Ett nytt sätt att leva marknadsfördes med närhet till naturen och egen trädgård. Husen byggdes en bit från stadskärnan vilket gjorde att användandet av privata bilar ökade. Bilarna utgjorde ett bekvämare sätt att transportera sig till centrum, på grund av bristande kollektiva förbindelser. Detta gällde särskilt för de gruppbyggda husen som till stor del byggdes på tidigare åkermark.

Olyckor i samband med bilismen ökade och ett nytt förslag på separering av olika typer av trafik genomfördes. I dessa nya områden var det vanligt med en gemensam parkeringsplats för de boende. Dessa placerades i infarterna. Antalet hus i de gruppbyggda områdena ökade varje år och tomterna blev samtidigt mindre. I mitten på 70-talet var det vanligt att hälften av grupperna bestod av minst femtio hus. [7]

En dominerande andel, 70 %, av småhusen var enplanshus resterande småhus var av typen suterränghus eller 1,5-plans villor. En ny planlösning och en större boarea var tidstypiskt för 70-talshusen. År 1975 hade majoriteten av alla småhus minst fem rum och kök. För att maximalt lån skulle beviljas skraddarsyddes bostadsytan i förhållande till de gällande statliga lånereglerna. [7]

Arkitektur

Arkitektoniska kännetecken under 70-talet var kombinationer av träpanel och tegel i fasaden, se figur 2.1.



Figur 2.1 Ett typiskt ½-planshus från 70-talet med tegel och träpanel kombinerade i fasaden. Vid gaveln ses en "joddlarbalkong" som var vanligt under denna tidsperiod [51].

Olika taktyper förekom, både låglutande och brantare sadeltak. Det fanns även låglutande pulpettak. Taktäckningsmaterialen varierade för de olika taktyperna. Det fanns tak med tegelpannor och tak med takpapp.

Utseendena på husen varierade beroende på serieproduktion och ekonomi. Brunlaserade fönsterpartier var vanligt, se figur 2.3. Även ”mexitegel” förekom. Detta är ett sorts kalkcementtegel. Invändigt försågs golven i bostaden ofta med plastmattor i alla rum utom vardagsrummet, där det istället var antingen parkett eller heltäckningsmatta. [7]

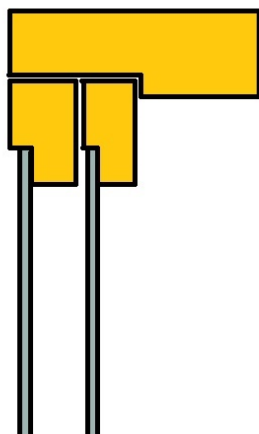
Konstruktion

De gruppbyggda husen hade ofta konstruktionstypen platta på mark eftersom det var ett smidigt och ekonomiskt alternativ. De styckebyggda husen byggdes ofta med källare och plats för gillestuga eller bastu.

Anledningen till att konstruktionstypen platta på mark blev populär var att det gick fort att grundlägga och att det var praktiskt för den typ av mark som det var vanligt att bygga på under detta skede, nämligen åkermark. [10]

Stom- och bjälklagskonstruktionen var en regelstomme i trä med isolering mellan reglarna. Detta isolerade bättre och sparade mer virke än tidigare metod med träspånfillning. Byggelementen var förtillverkade och kom i våningshöga väggelement. Utanpå dessa väggelement murades fasadtegel. Även takstolar förtillverkades. En vanlig fönstertyp under denna tidsperiod var utåtgående kopplade tvåglasfönster, se figur 2.2. [7]

U-värdet på dessa fönster låg på ungefär $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta är ungefär tre gånger högre än för fönster som tillverkas idag. [9]



Figur 2.2 Principen för öppningsbart tvåglasfönster med kopplade bågar.



Figur 2.3 Brunlaserat tvåglasfönster med kopplade bågar från ett hus som byggdes 1973.

Under 70-talet prövades en del nya byggnadsmaterial med olika resultat. Ett av dessa var gipsskivorna vilket ersatte tidigare använda paneler eller träskivor. Asfaltsboarden ersatte impregnerad papp. Dessa visade sig vara enklare

och smidigare att hantera. Ett annat material som provades var plasttaket (inertak av spänd plast). [7]

Under de första åren av miljonprogrammet var energin billig. Husen värmdes med direktverkande el eller automatisk oljepanna. För de gruppbyggda småhusen användes den direktverkande elen och för de styckebyggda husen utfördes oljeledning. [7]

Under produktionen i starten av miljonprogrammet användes endast lite isolering eftersom inga energikrav ställdes på konstruktionen. Kraven var inte höga på installationssystem eller på reduktion av köldbryggor i klimatskalet. Krav fanns på att isoleringen skulle ge bra komfort. Tjocklekarna på isoleringen låg därför mellan 10-15 cm för tak och ytterväggar under denna tidsperiod. [9]

Den vanligaste typen av ventilationssystem före 1961 var självdragssystemet, S-systemet. Efter det användes mekaniskt frånluftssystem, F-system, se diagram 2.2. Att återvinna ventilationsluften var ovanligt. Det fanns inga krav på fläktarnas eleffektivitet och det gick inte att reglera dem efter behov. [9]

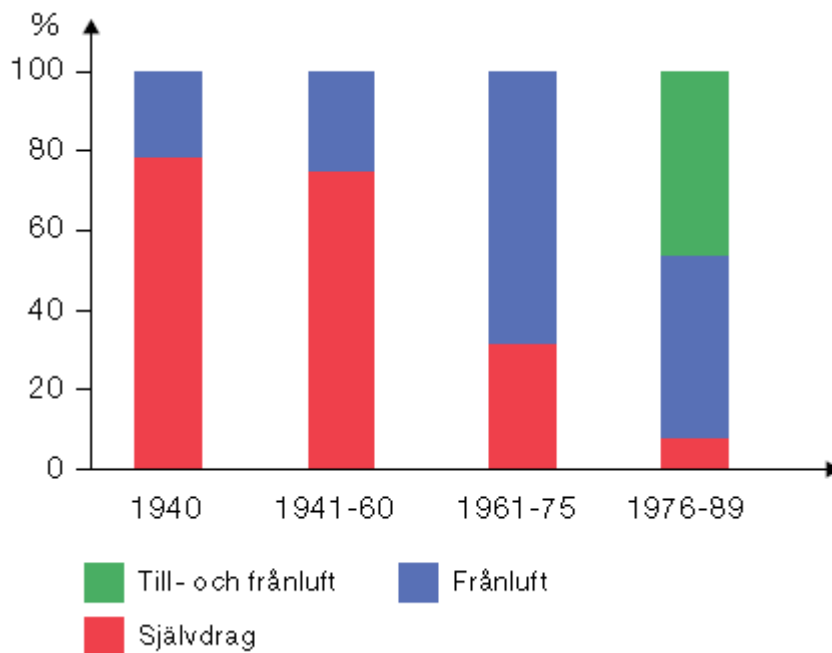


Diagram 2.2 Ventilationssystem i hus byggda under olika tidsperioder. [9]

Energibesparing under 70-talet

1973 kom oljekrisen och befolkningen blev ombedd att försöka spara energi. Till följd av detta byggdes kärnkraften ut och husen började värmas upp med direktverkande el som kompensering av oljebristen. [7]

De första treglasfönstren lanserades för att spara energi. Dessa hade från början tre kopplade bågar [10].

För husen som byggdes i början på 60-talet var det nu svårare att klara värmeekonomin på grund av lite isolering och ett högt oljepris. [7]

För att ytterligare ta vara på energi byggdes husen tätare än förut. För småhusen byggda från 1960 till slutet på 70-talet kunde detta leda till en försämrad inomhusmiljö. Detta på grund av dålig ventilation och låg luftomsättning. Att dålig ventilation kan skapa en ohälsosam inomhusmiljö, verifieras av olika källor. [12,13]

Bristande inomhusklimat under 70-talet

Begreppet ”sjuka hus” användes flitigt under en tid. 70-talshusen är kända för att vara de som förknippas mest med detta begrepp. Sjuka hus sades vara byggnader där inomhusklimatet skapade ohälsosamma symptom för vissa individer. I dagsläget kallas detta OBO, ospecificerad byggnadsrelaterad ohälsa. Symptomen försvinner när individerna lämnar byggnaden. Symptomen sägs bero på olika faktorer. Mögelproblem och dålig ventilation är exempel på dessa. Det är inte alla som drabbas och detta kan inte allergitestas. Lukten i dessa byggnader kan inte alla känna av. Luktsinnecellerna klarar bara av att detektera en specifik ny lukt i 2-15 sekunder, sedan mätts de. Om mögel-skada upptäcks är uttorkning av materialet inte enskilt en lösning på problemet, eftersom det inte hjälper mot en mögel- eller bakterieskada. Därför kan skadorna inte upptäckas enbart genom att göra en fuktmätning. [14]

Hur mögel och dålig lukt påverkar inomhusmiljön och hälsan har diskuterats. I forskningsstudien BETSI, av boverket år 2010, visades att inomhusmiljön klart kan påverkas av olika fuktskador som lett till mögel-, ukna- eller kemiska lukter. Till vilken grad det påverkade individer och deras hälsa är fortfarande inte helt klarlagt. Av de hus och byggnader som ingick i studien gavs resultatet att det var ca 750 000, vilket motsvarade 36 %, bostäder med fukt- och mögelproblem som kan ha haft en dålig inverkan på inomhusmiljön. Det konstaterades också att de flesta fall av fuktskador sker i småhus. En tredjedel av de fuktskador som påträffades medförde en sämre inomhusmiljö. Hur stor påverkan dessa skador hade för inomhusmiljön kunde utredningen dock inte visa. [13]

Det här säger Steven Nordin, professor i psykologi, om OBO: ”OBO handlar väldigt mycket om hur brukarna upplever besvären. Att man inte hittar orsakerna är absolut inte samma sak som att symptomen är inbillade. Däremot säger det en hel del intressanta saker om vårt nervsystem. Luktsinnet är primitivt och fungerar som ett varningssystem. En otäck lukt tolkar vi som något farligt, den ökar stressen, det vill säga beredskapen i autonoma nervsystemet, och får oss att vilja fly. Om vi negligerar den instinkten, kan kroppen utveckla fysiska symptom för att verkligen få oss att vilja lämna platsen.” [12]

Symptomen kan vara stressrelaterade och uppkommer när något i miljön aktiverar nervsystemet till att framkalla dem. Det är svårt att veta vad som sätter igång nervsystemet. Om någon är rädd för mögel kan de bli stressade när de känner en mögeldoft. Eftersom det inte finns någon klar forskning eller bevis för att det är just mögelsporerna som framkallar symptomen skulle det kunna vara stress som gör de boende sjuka. Enligt Berndt Stenberg, professor och överläkare vid Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin på Umeå universitet, kan det vara de kemiska processerna i ett material som gör att personer blir sjuka och inte mögelsporerna i sig. [12]

Att göra undersökningar genom att enbart ta luftprover är inte tillräckligt för att kunna ta fram en tillförlitlig diagnos. Det behövs medicinsk expertis för att hitta rätt samband mellan ohälsa och inomhusmiljö. Detta menar en rad forskare som tidskriften Forskning och framsteg talat med. [12]

Berndt Stenberg om allergi och OBO: ”När det handlar om vuxna allergiker vet man att allergibesvären kan försämrans av OBO, men så vitt vi vet utlöser OBO inte allergi hos vuxna.” Forskning visar däremot att barn som i ung ålder vistats i fuktskadade miljöer riskerar att drabbas av astma eller allergi. [12]

På 70-talet gjordes en utredning om elak lukt från fuktskadade grunder. Utredningen visade att tryckimpregnerat trä med koppar-kromarsenik-medel gav ifrån sig dålig lukt om den var fuktig vid inbyggnation. Om träet hade mögel gav det också ifrån sig en dålig lukt. Denna studie representerar 60- och 70-talsbyggen där det användes mycket tryckimpregnerat trä. [13]

Fukt i 70-talshus

Fukt och mögelskador uppstår när organiska material kommer i kontakt med fuktig omgivning och erhåller en kritisk relativ fuktighet. Beroende på fuktbelastningen uppstår skadan olika fort. Det var inte ovanligt att småhus under 70-talet fick problem med fuktskador. Markfukten transporterades genom grundplattan och skadade syllen. Under denna tidsperiod lades tryckimpregnerade syllar på betongen utan syllisolering. Det fanns även metoder då syllarna gjöts in i betongen. Förutom med syllarna gjordes samma sak med väggreglarna. De placerades rakt på betongen utan något övrigt skydd mer än tryckimpregneringen. Tryckimpregneringen gjorde inte materialet riskfritt mot mögel utan endast mot röta. För att avjämna plattan användes ibland sand. Denna sand var inte alltid fri från organiska material, vilket kunde orsaka fuktproblem. [7,10]

På 70-talet var olika typer av platta på mark vanliga. Det fanns uppreglat golv med värmeisolering, flytande golv med överliggande isolering och platta på mark med underliggande isolering i form av lättklinker. Under 60- och 70-

talet var de vanligaste uppreglat golv och därefter det flytande golvet ovanpå plattan, se tabell 2.1.

Tabell 2.1 Olika typer av grundkonstruktionen platta på mark och dess popularitet under olika tidsperioder. [13]

Grunder i	Byggår	Uppreglat golv (%)	Flytande golv (%)	Lättklinker-isolering (%)	Övriga (%)
- småhus	-60	69 ± 26	(1)	(1)	(28)
	61-75	47 ± 22	19 ± 24	29 ± 13	(5)
	76-85	25 ± 16	38 ± 14	22 ± 8	(15)
	86-05	(3)	10 ± 6	4 ± 4	(83)
	totalt	35 ± 12	21 ± 12	18 ± 6	(27)
- flerbostadshus	totalt	11 ± 10	11 ± 7	11 ± 6	(67)
- lokalbyggnader	totalt	19 ± 14	(11)	(14)	(57)
- samtliga byggnader	totalt	32 ± 11	20 ± 11	17 ± 5	(31)

(), ** Statistiskt osäker

Dessa former av grundkonstruktioner visade sig sedan var en risk, se diagram 2.3. Under 80-talet börjades därför underliggande tjockare och kaillärbrytande isolering användas. [13]

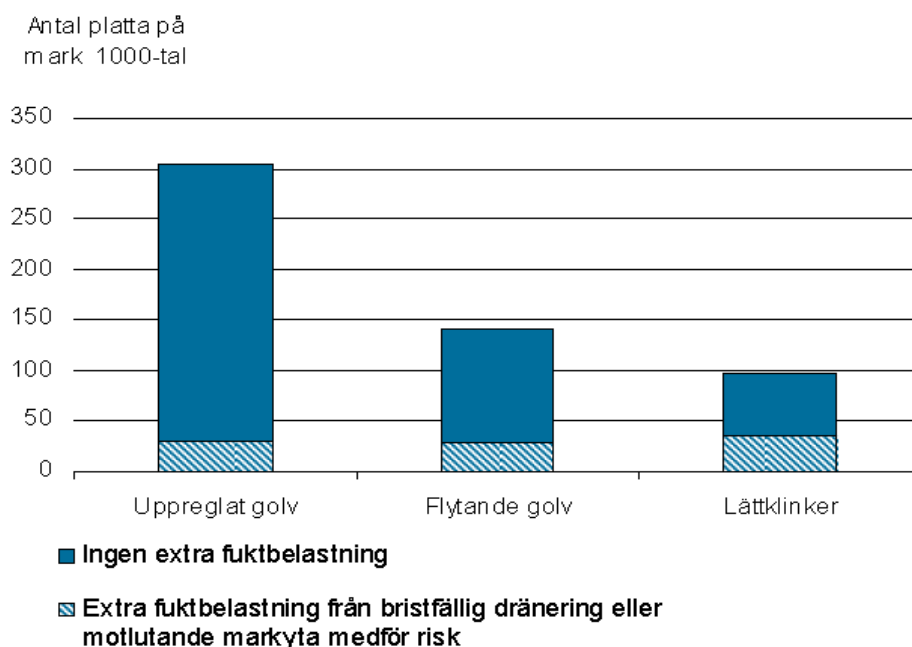


Diagram 2.3 Olika typer av platta på mark konstruktioner och antalet av dem som har risk för fuktskada, med eller utan extra fuktbelastning [13].

På grund av det höga byggtempot under 70-talet var det inte otänkbart att slarv och fusk förkom. På grund av detta kunde konstruktioner få en sämre funktion än vad som egentligen avsågs. Ett exempel på detta är att murbruk täppte igen luftspalten bakom en tegelfasad. Material som normalt sätt fungerade bra så länge de var torra kunde drabbas av fuktproblem på grund av den dåliga ventilationen. Ett exempel på ett sådant material var asfaltsboarden, en asfaltimpregnerad träfiberskiva. [10]

Enligt en undersökning redovisad under projektet BETSI, som genomfördes år 2010 av boverket, visades att konstruktionstypen skalmursvägg med bakomliggande träregelstomme tillsammans med en asfaltsboard som vindskydd bedömdes vara en känslig väggtyp för fukt. Detta gällde särskilt om väggen vetter mot ett område som ofta utsattes för slagregn. [13]

Ett ytterligare problem vilket kan ge upphov till fukt- och vattenskador är att avloppsrör och tätskikten i våtrum passerar sin livslängd och springer läck. För hus byggda på 70-talet finns risk för rostskador på spillvattenrör och risk för sprickor i plaströr som gör att det kan börja läcka. För tappvattenrören är skarvarna en kritisk punkt. Skarvarna placerades, till skillnad från idag, ofta i schakt eller inuti regelväggar. Detta kan få allvarliga konsekvenser vid en läcka. Under denna tidsperiod var inte rörisoleringen något som prioriterades. Detta kunde leda till ofrivillig värmning och kylning eller ännu allvarligare konsekvenser som ökad risk för spridning av legionellabakterier. Det var inte ovanligt med cirkulationsledningar för att minska väntetiden på varmvatten. I dessa cirkulationsledningar kunde handdukstorkar anslutas. Detta accepteras inte idag eftersom det ger en ökad risk för legionellabakterier. [9] I cirkulationsledningar ska temperaturen ligga på minst 50°C för att risken för legionellabakterier inte ska finnas. Handdukstorkar kopplade till cirkulationssystemet är inte dimensionerade för att hålla temperaturen uppe. När handdukstorken stängs av blir vatten stillastående och risk för legionellabakterier ökar. Legionellabakterierna trivs vid 40°C och stillastående vatten. [59,60] För att handdukstorken ska installeras på ett korrekt sätt ska den anslutas på proppade ledningar. Dessa är inte direkt anslutna till tappvarmvatten. [60]

En anledning till att det idag finns större risk för att dessa hus drabbas av fuktproblem är att fuktproduktionen inomhus, från dusch och tvätt, är betydligt större än när husen byggdes. Tätskikten är inte anpassade till denna ökning i fuktproduktion. Röta och mögel kan uppkomma i t.ex. vägg om fukt tränger förbi plasten och sedan inte kan diffundera ut igen. Kondens på insidan av fönster på grund av fuktig inomhusluft kan vara ett resultat av dålig ventilation. [7,13]

Renovering av 70-talshusen

Den genomsnittliga energianvändningen för flerbostadshus byggda under rekordåren är 220 kWh/m². För enskilda villor eller hus ligger användningen också runt denna siffra. Detta beroende på de boendes brukarvanor, husets skick, geografiska läge och områdets boendetäthet. Här finns mycket energi att spara. [9]

Åsikterna är skilda om utseendet på rekordårens hus. Det finns de som tycker att rekordårens hus är en del av kulturminnesarvet och därmed ska bevaras i största möjliga grad. Andra menar att de inte är av ett större värde än hus byggda under andra tidsperioder och att de därmed ska rivas. Denna debatt har lett till att en del av dessa hus blivit kulturmärkta, denna andel är dock inte stor. De kulturmärkta husen från denna tidsperiod måste underhållas och energieffektiviseras inifrån. [8]

Generellt sätt är inte rekordårens hus lagskyddade enligt kulturminneslagen. Beroende på byggnadens mål och med tanke på att varje hus har olika förutsättningar måste ställning tas till om det ska bevaras, uppdateras eller uppgraderas vid upprustning eller renovering. Renoveringsåtgärden måste vägas mot förändringen i arkitektur. [6]

De åtgärder som visat sig vara mest lönsamma för 70-talsvillorna har varit byte av fönster och installation av någon form av utrustning för att kunna återvinna värme ur ventilationsluften. 30 kWh/m² kunde sparas för var och en av dessa åtgärder. Ytterligare förslag på åtgärder som kan leda till en energisänkning visas i diagram 2.4. Mätningar av hushållsel kan minska energiförbrukning genom den motiverar ett ändrat levnadssätt.

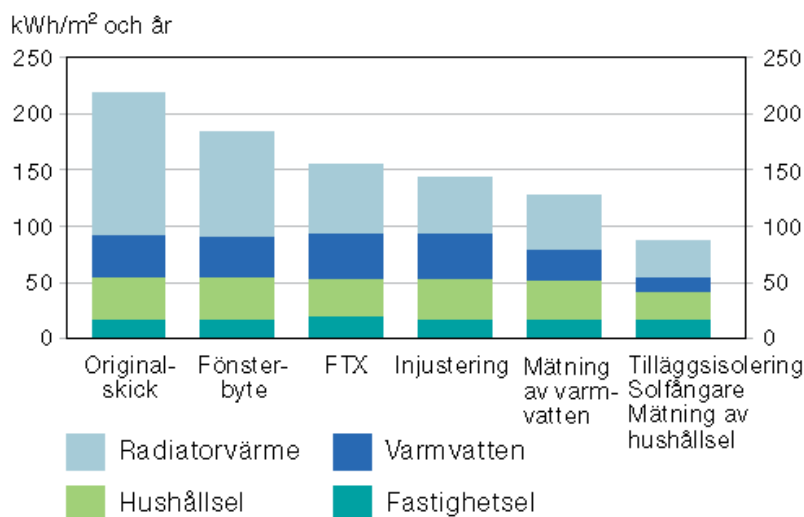


Diagram 2.4 Fem steg för minskad energianvändning [9].

En totalrenovering av rekordårens hus är ofta inte aktuellt, men om detta sker kan energianvändningen minska med mer än hälften. Planering av vilka åtgär-

der som ska genomföras blir istället viktigt. Omfattning och bidragsmöjligheter spelar in för åtgärdens lönsamhet. [9]

Innan renovering påbörjas bör en inventering göras. Då kontrolleras bl.a. tekniska lösningar, fuktskador, innemiljö, energistatus, kulturskydd och farliga ämnen. Asbest är ett farligt ämne som användes i stor utsträckning fram till år 1976. PCB är ett annat farligt ämne. Det är viktigt att dessa behandlas rätt vid sanering och deponering. Det är också viktigt att kontrollera radonhalten innan en renovering påbörjas. [9] Det tryckimpregnerade träet behandlas med farliga ämnen och är skadliga för människans hälsa och miljön. [61]

Renoveringsåtgärder kan se lite olika ut beroende på om byggnaden är ett flerbostadshus eller ett enskilt hushåll, både för energianvändningens skull och ekonomiskt.

Renoveringsexempel av flerbostadshus från 70-talet

Detta avsnitt tar upp exempel på renoveringar av flerbostadshus. Renoveringar av villor har gjorts, data för detta har dock inte hittats för denna studie. För att ge en bild av hur renoveringarna förbättrade de verkliga objekten presenteras därför följande flerbostadshus.

Ett referensobjekt för renovering av ett 70-talshus är ett punkthus i Backa Röd. Det ligger utanför Göteborg på Katjas gata och byggdes år 1971. Detta hus renoverades av Bostads AB Poseidon år 2009. Punkthuset var i stort behov av underhåll, se figur 2.4.



Figur 2.4 Punkthuset på Katjas gata innan renovering [15].

I detta projekt låg fokus först och främst på att åtgärda den bristande standarden snarare än på en effektivisering av energianvändningen. Ur energisynpunkt kunde detta projekt ses som ett pilotprojekt. För att energieffektivisera

byggnaden genomfördes ett byte från FT-system till FTX-system, tilläggsisolering och individuell mätning och debitering av varmvatten och fastighetsel.

Om målet är att uppnå ett lågt värmebehov bör kanske fokus snarare ligga på att förbättra energiprestandan, genom exempelvis tilläggsisolering eller ny form av ventilation, än på att göra individuella mätningar, menar Maria Wall, universitetslektor på Lunds Tekniska Högskola.

Före påbörjan av renoveringen uppgick den totala energianvändningen till 178 kWh/m². Denna siffra inkluderade uppvärmning, varmvatten och fastighetsel. Efter renoveringen, se figur 2.5, hade energianvändningen sjunkit till 52 kWh/m².



Figur 2.5 Punkthuset på Katjas gata efter renovering [15].

För att finansiera detta projekt har pengar reserverats för underhållsåtgärder. Denna renovering utfördes med platsbyggda lösningar. [8]

Vid en renovering i Nederländerna genomfördes projektet med prefabricerade byggelement. Det gjorde det lätt att integrera solfångare och solceller på taket redan under produktionen. Det fanns också projekt där ventilationskanaler installerades direkt i väggen. Detta gjordes för att undvika onödiga håltagningar inne i huset när ventilationssystemet installeras. Prefabriceringen skulle kunna vara ett produktionseffektivt alternativ för att rusta upp de svenska rekordårens hus. På figur 2.6, 2.7 och 2.8, kan vi se bostadshuset i Nederländerna som upprustas med prefabricerade byggelement. [8]



Figur 2.6 Bostadshuset i Roosendaal i Nederländerna innan renovering [8].



Figur 2.7 Montering av de prefabricerade byggelementen [8].



Figur 2.8 Bostadshuset efter renoveringen år 2011 [8].

Det är skillnad på hur energianvändningen i Sverige och övriga Europa betraktas, om jämförelse från samma tidsperiod görs. En hög energianvändning i Sverige tycks vara normal i andra länder. Efter renoveringar av hus blir dock resultaten likartade för båda fall. [8]

Ett annat renoveringsprojekt som gjorts i Sverige är Brogården i Alingsås. Där fanns 16 huskroppar som skulle renoveras. Byggnaderna uppfördes 1973. Målet för detta projekt var att det skulle uppnå passivhusstandard för uppvärmning. För att uppnå detta sattes nya fönster in. Vinden, fasaden och grunden tilläggsisolerades. Vissa köldbryggor åtgärdades genom att indragna balkonger gjordes om till uppvärmd yta och nya balkonger monterades utanför på fristående stomme, helt utan köldbryggor. Det gamla frånluftssystemet byttes ut mot ett centralt ventilationssystem med 85 % värmeåtervinning. Energianvändningen för den första huskroppen sjönk från 216 kWh/m² till 92 kWh/m². [15] Renoveringarna på Brogården fortsatte med förbättrade lösningar och tillslut nåddes passivhusstandard. Husen kom tillslut ner på en energianvändning på 42 kWh/m². Passivhusstandard ligger på 50 kWh/m² för hus uppvärmda med fjärrvärme och ungefär hälften för elvärmda hus. [62,63]

3 Teori

I detta kapitel kommer teorin bakom en energi- och fuktanalys att förklaras. Det kommer även beskrivas vilka program som kommer användas för detta arbete.

3.1 Energi

Ett av de viktigare syftena för ett hus är att skydda de boende mot kyla och nederbörd. För att detta ska fungera krävs att husets klimatskal, d.v.s. omslutande ytor är av rätt material.

När ett hus byggs i Sverige finns lagar, regler och riktlinjer för hur byggandet ska ske. Boverkets Byggregler, BBR, är en författning som innehåller föreskrifter och allmänna råd till Plan-och bygglagen, PBL, och Plan-och byggförordningen, PBF, enligt BBR 2011:6 kapitel 1:1.

Ett nybyggt eller renoverat hus får inte köpa mer än en viss mängd energi. Det är BBR som bestämmer dessa mängder.

I BBR har Sverige delats in i fyra klimatzoner där Skåne län tillhör klimatzon fyra. För klimatzon IV gäller tabell 3.1 för småhus med annat uppvärmnings-sätt än elvärme och 3.2 för elvärmda småhus.

Tabell 3.1 Byggnader med annat uppvärmningssätt än elvärme, Zon IV (BBR 22) [16]

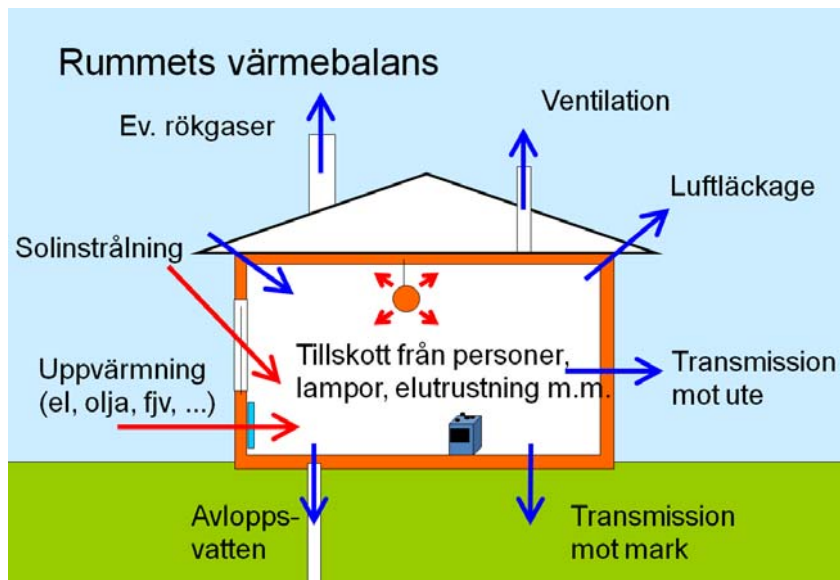
	Byggnadens specifika energianvändning [kWh/m ² A _{temp} och år]	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U _m) [W/m ² K]	Klimatskärmens genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad [l/s m ²]
Bostäder			
Småhus	80	0,40	Enligt avsnitt 9:25
Småhus där A _{temp} är mindre än 50 m ²	Inget krav	0,33	0,6

Tabell 3.2 Byggnader med elvärme, Zon IV (BBR 22) [16]

	Byggnadens specifika energianvändning [kWh/m ² A _{temp} och år]	Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U _m) [W/m ² K]	Klimatskärmens genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad [l/s m ²]
Bostäder				
Småhus	50	4,5 ¹⁾	0,40	Enligt avsnitt 9:25
Småhus där A _{temp} är mindre än 50 m ²	Inget krav	Inget krav	0,33	0,6

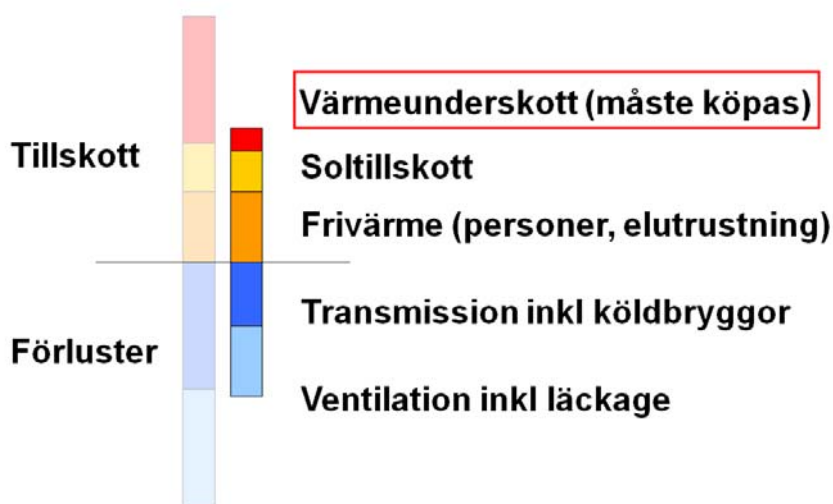
För att huset ska uppfylla de krav på komfort vi har måste det värmas upp. Detta kräver energi. Hur energin tillförs till byggnaden kan variera beroende på behov och energisystem.

Ett hus har en rad energitillskott och energiförluster som påverkar energianvändningen. En sammanställning av dessa kan vi se på figur 3.1, där tillskotten är de röda pilarna och förlusterna de blå.



Figur 3.1 Rummets värmebalans [52]

Värmeunderskottet som bildas på grund av att förlusterna är större än tillskotten bildar den energi som måste tillföras till byggnaden, se figur 3.2.



Figur 3.2 Husets värmebalans [52]

En energianalys utförs för att kontrollera att byggnaden ligger under BBR-kravet. Detta genom att beräkna hur mycket energi som används i en byggnad. I denna beräkning beaktas transmissionsförluster, köldbryggor, luftläckage och ventilationsförluster. Även behov av energi för att tillverka varmvatten och el för att driva fläktar och pumpar räknas med. Se ekvation 1. [18]

$$E_{total} = \frac{E_{uppv}}{1000} + 365 \cdot (E_{el} + E_{vv}) + E_{vvs} \quad (\text{kWh/år}) \quad (1)$$

E_{total} = Husets totala behov av energi (kWh/år)

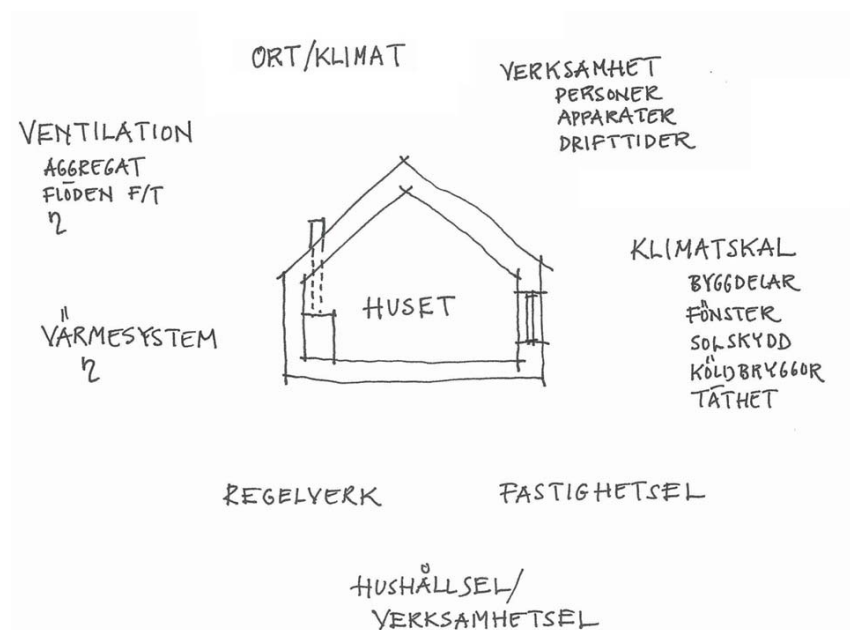
E_{uppv} = Energibehovet för uppvärmning under ett år (Wh/år)

E_{el} = Hushållets elanvändning (kWh/dygn)

E_{vv} = Energibehovet för att värma varmvatten (kWh/dygn)

E_{vvs} = Energibehovet för fläktar och cirkulationspumpar (kWh/år)

Det finns en rad faktorer som spelar in på en byggnads energibehov, se figur 3.3.



Figur 3.3 Faktorer som påverkar behovet av köpt energi [52]

Ort/klimat

Beroende på var byggnaden befinner sig ställs olika krav på klimatskalet. Om huset befinner sig på varmare breddgrader och det är kylsystem i huset är det viktigt att skydda från solen och hettan. Isoleringen fungerar som ett värmemotstånd mot utsidans varma klimat. Här i norr är årsmedeltemperaturen lägre och här skyddar isoleringen mot kylan genom att även här fungera som ett värmemotstånd mot det varma klimatet på insidan. I norr är det färre soltimmar vilket leder till ett kallare klimat.

Sverige är ett avlångt land som medför att vi har olika klimat i olika delar av landet. I Kiruna ligger årsmedeltemperaturen på $-1,2^{\circ}\text{C}$ medan det i Malmö ligger på 8°C . [17]

Det ställs därför olika energikrav i olika delar av landet. För beräkning och klassning av hushållets energibehov delas Sverige in i fyra olika klimatzoner, enligt svensk standard och BBR.

3.1.1 Uppvärmning

För att en byggnad ska bli behaglig att bo i krävs det oftast ett värmetillskott. Husets energibehov för uppvärmning beräknas med ekvation 2.

$$E_{uppv} = Q_{tot} \cdot G_t \quad (\text{Wh/år}) \quad (2)$$

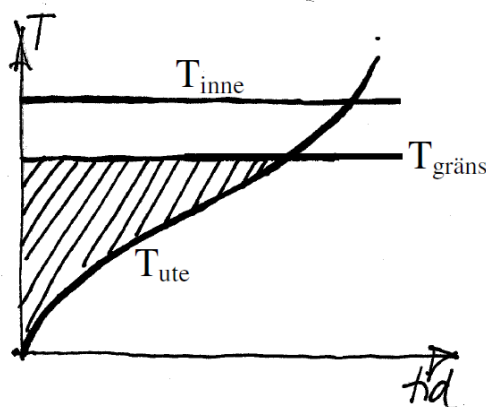
Q_{tot} = Totala specifika värmeförlusten för en byggnad (W/K)

G_t = Gradtimmarna ($^{\circ}\text{Ch/år}$)

Gradtimmarna beskriver temperaturskillnaden för en viss balanstemperatur, $T_{gräns}$ och utetemperatur på orten för varje timme under hela året, se figur 3.4. Detta beräknas enligt ekvation 3.

$$G_t = \sum_{i=1}^{8760} (T_{gräns} - T_{ute}) \cdot \Delta t \quad (^{\circ}\text{Ch/år}) \quad (3)$$

$\Delta t = 1 \text{ timme (h)}$



Figur 3.4 Det randiga området visar gradtimmarna för uppvärmning [18].

Resultatet från en beräkning av gradtimmarna beskriver temperaturskillnaden för en viss timme på året. Gratisvärme inomhus bidrar och det behöver därför inte tillföras lika mycket värme. Under $T_{gräns}$ måste ett hus värmas upp.

Uppvärmning kan ske på många olika sätt. Vissa mer energieffektiva än andra. De vanligaste metoderna för uppvärmning av en villa kommer nu att presenteras.

3.1.1.1 Fjärrvärme

Att värma huset med fjärrvärme innebär att huset får sin värme levererad från ett gemensamt värmeverk. Vattnet från värmeverket är mellan 70-120°C. För att vattnet inte ska koka i ledningarna distribueras det under högt tryck. Väl framme vid byggnaden överförs värmen till en värmeväxlare. En värmeväxlares uppgift i korta drag är att utvinna värmen från primärvattnet från värmeverket. Den skickar därefter tillbaka så kallt vatten som möjligt till värmeverket. Värmen som utvinns värmer sedan upp sekundärvattnet som går till radiatorerna och därmed huset. [18]

3.1.1.2 Värmepanna

En värmepanna kan värma huset på en rad olika sätt. Den kan eldas med olja, biobränsle, kol, koks, naturgas eller anslutas till el. I pannan kommer kallt vatten in och värms sedan upp med eldning. Det är viktigt att vattnet cirkulerar i pannan för att det inte ska börja koka. Det varma vattnet skickas sedan ut till husets radiatorer. Vid olja- eller naturgaspannor arbetar brännaren när det behövs. Brännaren sätter igång när returvattnet har för låg temperatur. Vid fasta bränslen behövs en ackumulator tank, denna förvarar varmt vatten. Detta medför att eldning kan ske när tid finns och när elen är dyr. Temperaturen blir ofta mer konstant. [18]

3.1.1.3 Värmepump

En värmepump kräver mindre energi än vattenburen elvärme. Den blir därför mer och mer populär som uppvärmningssystem i villor. En värmepump har ett köldmedium som cirkulerar i den. Köldmediet värms upp med uteluft, frånluft, mark, sjövattnet etc. i förångaren. Mediet förångas vid lågt tryck och låg temperatur till en kall ånga som sedan går förbi en kompressor där ångan blir varm. Mediet fortsätter sedan till en kondensator som kondenserar ångan till vätska. Den utvinnet då värme från det flytande mediet till värmesystemet. Det finns olika typer av värmepumpar, utelufts-, yttjordsvärme-, sjövärme-, grundvatten-, bergvärme- och frånluftsvärmepump.

Det finns två olika typer av uteluftsvärmepumpar. Den ena typen används vid direktverkande el, luft-luft, och den andra vid ett vattenburet uppvärmningssystem, luft-vatten. Fördelen med uteluftsvärmepumpar är att det finns gott om luft. En nackdel är att när systemet behövs som mest är det också som kallast ute. Desto kallare luften är desto mindre värme finns att hämta i den. [18]

3.1.1.4 El

Ett hus kan värmas med direktel. Värmen levereras då direkt i ledningar till husets radiatorer.

3.1.1.5 Sol

Det blir numera vanligare att värma husen med solenergi. Detta är ett mycket miljövänligt alternativ. Det kan dock behöva kompletteras under de mörka månaderna med en annan lösning. Solfångare och solceller monteras ofta på tak i söderläge. Detta eftersom det är den optimala platsen för solinstrålning. [18]

Solfångaren består av vattenledningar i slingor, se figur 3.5. En solfångare kompletterar en byggnads varmvattenbehov. Det finns två typer av solfångare, plana och vakuumrör. Ur 5 m² plana solfångare kan 2000 kWh per år utvinnas. För att energin ska utvinnas på ett optimalt sätt samlas den i ackumulatortankar. [18]

Det finns två olika sätt att överföra solvärmen till ackumulatortanken, solslinga i huvudtanken eller en plattvärmeväxlare. [69]



Figur 3.5 Solfångare TZ47/1500-20U [19]

När solen lyser på en solcell, eller solpanel, producerar den ström. För att få mer ström kan flera paneler sammankopplas, se figur 3.6. Solcellerna kopplas till elnätet och kompletterar elen som köps till bostaden. [20]

Ur 20 m² solceller kan ca 2850 kWh per år utvinnas. [21]



Figur 3.6: Solceller. [22]

Från den 1 januari 2015 kan stöd för solceller sökas. För privatpersoner ligger stödnivån på högst 20 procent av installationskostnaden. För överskottselen som matas in på elnätet kan skattereduktion erhållas. [23]

3.1.2 Värmeförluster

Den totala specifika värmeförlusten, Q_{tot} , tar hänsyn till hur mycket en byggnad förlorar genom transmissionsförluster, ventilationsförluster och luftläckage. Detta beräknas enligt ekvation 4. [18]

$$Q_{tot} = Q_t + Q_v \cdot (1 - \eta) + Q_{ov} \quad (\text{W/K}) \quad (4)$$

$Q_t = \text{Transmissionsförluster (W/K)}$

$Q_v = \text{Ventilationsförluster (W/K)}$

$\eta = \text{Systemverkningsgrad vid DVUT på värmeåtervinning (-)}$

$Q_{ov} = \text{Luftläckage (W/K)}$

3.1.2.1 Transmissionsförluster

Ett klimatskal består av en rad byggdelar som bildar en byggnad. Dessa byggdelar är ytterväggar, fönster, dörrar, grund och tak. Värme som läcker ut genom en yta i klimatskalet är en transmissionsförlust. I beräkningen för transmissionsförlusterna tas även hänsyn till köldbryggor. Se ekvation 5. [18]

$$Q_t = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m \psi_k \cdot l_k + \sum_{j=1}^p \chi_j \quad (\text{W/K}) \quad (5)$$

$U_i = \text{Genomgångstal för en byggnads del (W/m}^2\text{K)}$

$A_i = \text{Area för den invändiga byggnadsdelen (m}^2\text{)}$

$\psi_k = \text{värmegenomgångskoeff. för linjära köldbryggor (W/mK)}$

$l_k = \text{Linjära köldbryggans längd (m)}$

$\chi_j = \text{värmegenomgångskoeff.}$

$\text{för punktformiga köldbryggor (W/K)}$

Alla byggnadsdelar i ett hus har ett visst värmemotstånd, R , inversen av dessa motstånd tillsammans bildar byggnadsdelens genomgångstal, U . Denna beräknas enligt ekvation 6. [17]

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_{se}} \quad (\text{W/m}^2\text{,K}) \quad (6)$$

$R_{si} = \text{värmeövergångsmotstånd på insidan (m}^2\text{K/W)}$

$R_1 \dots R_N = \text{värmemotstånd för väggskikten (m}^2\text{K/W)}$

$R_{se} = \text{värmeövergångsmotstånd på utsidan (m}^2\text{K/W)}$

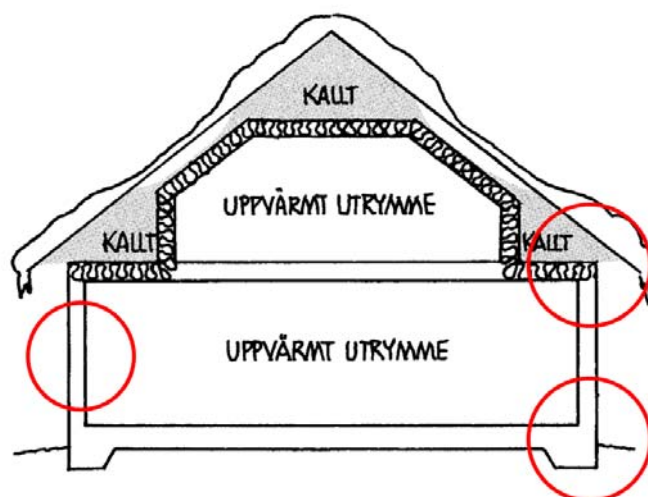
Köldbryggor

En köldbrygga är en konstruktionsdetalj där ett dåligt isolerat material bryter igenom ett material med bättre värmeisolering. Det är värmen som transporteras ut mot den kalla sidan av konstruktionsdelen och inte kylan som transporteras inåt, trots vad namnet antyder. Denna process medför att där köldbryggan befinner sig blir ytemperaturen lägre än resterande invändiga delar.

Begreppet köldbrygga syftar därför egentligen inte på en köldbrygga som leder kyla utan hur mycket värme som leds ut ur konstruktionen. Därför är det viktigt att hitta material som hindrar värmen från att ta sig ut. Detta gäller i alla fall när vi talar om våra nordiska breddgrader då det är viktigt att hålla värmen kvar i byggnaden och skydda mot det kalla uteklimatet. Dessa material har speciella egenskaper som gör att de får en låg värmekonduktivitet, värmeledningsförmåga, även kallat λ -värde med enheten W/mK. Isolering är ett material med en låg värmeledningsförmåga och metaller är ett material med hög.

Värmegenomgångskoefficienten för en linjär köldbrygga beskrivs med symbolen Ψ och har enheten W/mK. Detta värde beaktar det extra värmeflöde som sker vid en konstruktionsdetalj pga. köldbryggan. Denna värmegenomgångskoefficient multipliceras sedan med längden av konstruktionsdelen vars köldbrygga ska beräknas.

Köldbryggorna är i allmänhet störst där olika konstruktionsdelar möts, till exempel där grunden möter ytterväggen, vid ett mellanbjälklag, vid ett tak, vid en balkong, fönstersmygar eller vid utåtgående hörn, se figur 3.7. [17]



Figur 3.7 Köldbryggorna är störst där konstruktionsdelar möts [52]

Fönster och solskydd

Utvecklingen av fönster går fort fram. Det finns idag fönster med väldigt liten energipåverkan. Dessa fönster är uppbyggda av 3 glas och argongasskikt.

Många hus byggs mycket fönster och det blir därför viktigt att byggnaden skyddas från för mycket solinstrålning för att det inte ska bli för varmt.

Fönster och dörrar står idag för 35 % av ett hus energiförluster. Detta är den största posten förluster på hela huset. Det är därför viktigt att minimera denna genom att bygga med rätt teknik och effektiva material, se figur 3.8. [24]



Figur 3.8 Energiförluster från ett hus [24].

3.1.2.2 Ventilation

Syftet med ventilation är att ge bra luftkvalitet. Detta genom att luft tillförs till de rum där människorna befinner sig i mest, sovrum och vardagsrum. Luften kommer sedan att transporteras vidare till de mest förorenade rummen, badrum, kök och tvättstuga. [18]

Ventilationsförlusterna är de värmeförluster som försvinner genom ventilationen och husets otätheter. Se ekvation 7. [18]

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot q_v \quad (\text{W/K}) \quad (7)$$

ρ = Luftens densitet (kg/m^3)

c_p = Luftens specifika värmekapacitet (J/kgK)

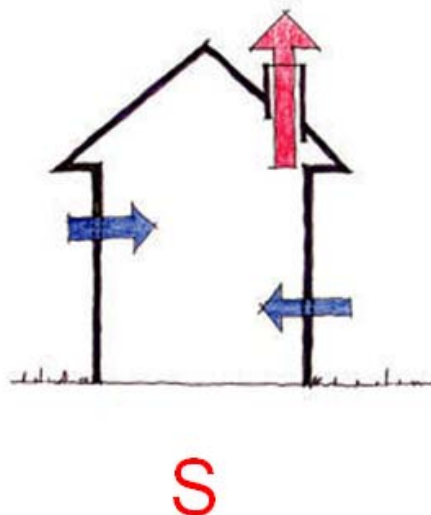
q_v = Styrt ventilationsflöde (m^3/s)

Vid en energianalys är det viktigt att ta hänsyn till hur byggnaden kommer att användas. Det ska uppskattas hur många människor som vistas i byggnaden och vilken närvaro dessa har. Detta för att kunna styra ventilationen. I bostäder är en vanlig närvaro på 14h per dygn då resterande timmar spenderas på arbetet/skolan på vardagarna, enligt SVEBY brukarindata för bostäder. [43] På

helgerna är denna närvaro högre. Beroende på vilken typ av verksamhet som bedrivs i en byggnad kan olika typer av ventilation installeras.

Självdrag, S

Ventilationssystemet styrs med termiska krafter, det finns alltså inte någon aktiv fläkt som drar runt luften i huset, se figur 3.9. Varm luft stiger i byggnaden och sugas ut genom frånluftskanalerna pga. densitetsskillnaden mellan ute- och inneluft. Dessa densitetsskillnader bidrar till ett undertryck i byggnaden. Ny luft kommer in i huset genom uteluftsventiler och otätheter.



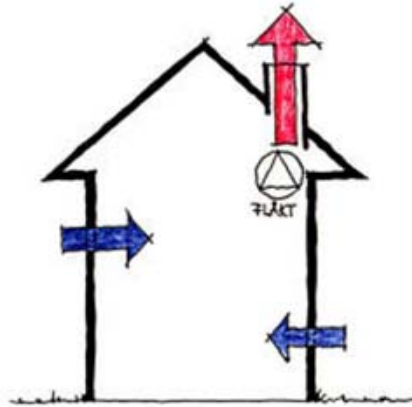
Figur 3.9 Principskiss av ett självdragssystem [25].

En av fördelarna med ett självdragssystem är att det inte behövs någon el för att driva en fläkt och därmed behövs inget fläktrum. Det är dock svårt att kontrollera luftfördelningen vilket är en nackdel med systemet. Det är inte möjligt att återvinna någon värme från detta system. [18]

Flödet i ett självdragssystem varierar med årstiden eftersom flödet beror på temperaturskillnader. Det blir därför ett större flöde på vintern än på sommaren eftersom skillnaden är större. [64]

Frånluft, F

Frånluftsventilation skapas genom att undertrycket bildas mha en frånluftsfläkt, se figur 3.10. Ny luft tillförs genom uteluftsventiler i de rum människor vistas mest. I villor brukar köksfläkten ha en separat frånluftskanal, även kallad imkanal. Det är viktigt att alla frånluftsdon injusteras för att utflödet ska bli korrekt.



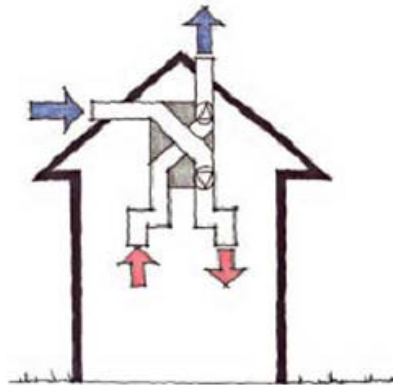
F

Figur 3.10 Principskiss av ett frånluftssystem [25].

Till skillnad från självdragssystemet kan ventilationsflödet i detta system styras vilket är en fördel. Detta system låter det lite från fläkten och den drar el vilket kan vara nackdelar med detta system. [18]

Från och tilluft med värmeåtervinning, FTX

Ett från och tilluftssystem med återvinning har aktiva fläktar som både drar in och ut luft ur byggnaden, se figur 3.11. Luften ska helst dras in så högt upp på byggnaden som möjligt eftersom den är minst förorenad där. Det behövs alltså två kanalsystem för detta alternativ. Värmen från frånluften återvinns och tillförs tilluften. Det är vanligast att detta system används i större hus eller hus med höga krav på energiåtervinning.



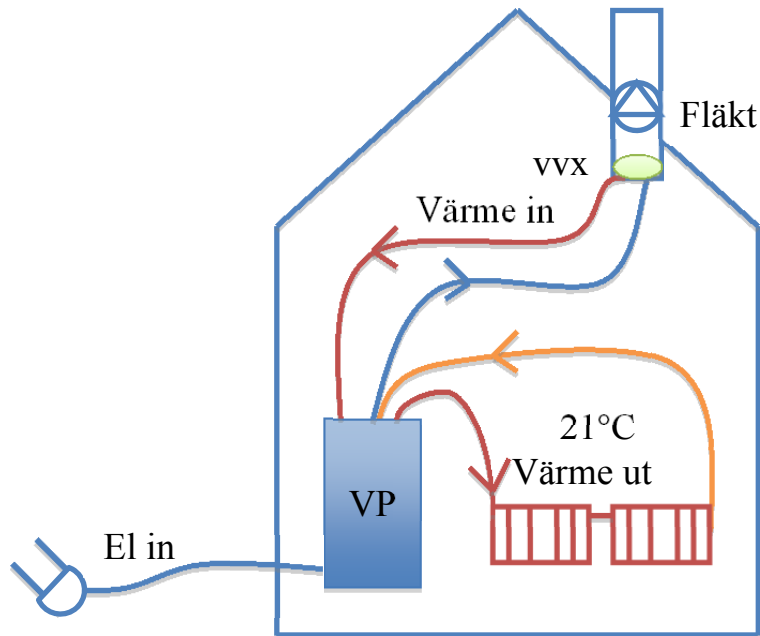
FTX

Figur 3.11 Principskiss av ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning [25].

Den största fördelen med detta system är att värme kan återvinnas från frånluften. För detta system krävs mycket kanaler och ett fläktrum vilket kräver mycket plats, det kan därför vara svårt att installera vid en renovering. Systemet kräver tillförsel av el. [18]

Frånluftsvärmepump, FVP

Ett system med frånluftsvärmepump är uppbyggt i stort sätt som ett frånluftssystem. Skillnaden är att avluftskanalen går via förångaren i en värmepump, se figur 3.12. Där återvinns värme som används för uppvärmning i huset. [18]



Figur 3.12 Principskiss av ett frånluftssystem med värmeåtervinning [65]

Energi tillförs till en värmepump för att värma kall luft. Hur effektiv en värmepump är beskrivs med COP-värdet, se ekvation 8.

$$COP = \frac{\text{Utvunnen värmeenergi}}{\text{Tillförd drivenergi}} \quad (-) \quad (8)$$

Desto högre värde en värmepump har i COP desto effektivare är den. Om en värmepump har ett COP-värde på 4 innebär det att för varje kW genererar pumpen 4 kW, se figur 3.13. [26]

Innebörden av COP



Figur 3.13 Innebörden av COP [26].

3.1.2.3 Täthet

Det byggs alltmer täta hus pga. de ökade energikraven. Luftläckagen i en byggnad bidrar till en högre energianvändning då varm luft läcker ut. Otätheter i klimatskalet beräknas enligt ekvation 9.

$$Q_{ov} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ov} \quad (\text{W/K}) \quad (9)$$

ρ = Luftens densitet (kg/m³)

c_p = Luftens specifika värmekapacitet (J/kgK)

q_{ov} = Oavsiktligt ventilationsflöde (m³/s)

Det är viktigt att kontrollera tätheten på en byggnad. En *Blowerdoor* kan kontrollera tätheten i ett hus. Denna har en fläkt som skapar ett över- eller undertryck i byggnaden. En *Blowerdoor* monteras i en dörröppning, enligt figur 3.14.



Figur 3.14 En *Blowerdoor* vid täthetsprovningen på Holländarehusvägen 5, Bjärred.

Första steget är att täta *Blowerdooren* mot dörrkarmen. Innan en provning av husets täthet ska alla till- och frånluftsdon, fläktar, golvbrunnar och vaskar tätas. Detta för att inte ge felaktiga resultat då detta inte är ofrivilliga läckage. Under provningen sätts olika avgränsningsringar fast på fläkten för att mätningen ska kunna utföras på lägre tryck och få en bättre noggrannhet. Flödet från fläkten blir större då öppningen blir mindre. Resultatet från en täthetsprovning redovisas i en graf över hur läckaget (m³/h) förändras under olika tryckskillnader (Pa). För att få en så bra noggrannhet som möjligt används minsta tryck 50Pa enligt Europeisk Standard EN 13829:2 000. Detta värde är vanligast eftersom denna tryckskillnad är tillräckligt hög för att kunna eliminera felaktigheter som kan finnas vid en vindhastighet som är lägre än 6 m/s. Om vindhastigheten är högre än 6 m/s kan inte nolltryckstestet utföras. Detta innebär att mätningen inte kan utföras.

3.1.3 Energi till hushållsel, varmvatten, fläktar och cirkulationspumpar
Följande del och ekvationer är hämtade från *Projektering av VVS-installationer* av Mats Dahlblom och Catharina Warfvinge. [18]

Till alla apparater och belysning i ett hem krävs elektricitet. Denna elektricitet kallas för hushållsel. Vid en energianalys är det viktigt att veta hur mycket hushållsel som används.

I flerbostadshus finns utrymmen som alla tar del av, t ex trapphus. Dessa kräver också elektricitet för till exempel belysning. Denna gemensamma elektricitet kallas för fastighetssel. Även el till fläktar och drift räknas till fastighetsselen. Vid en energianalys för ett flerbostadshus måste även dessa tas med i beräkningen.

Det finns schablonmässiga metoder för att beräkna hushållsel. Den schablonmässiga ekvationen visas i ekvation 10.

$$E_{el} = 4,5 \cdot \text{antal lägenheter} + 0,045 \cdot A_{temp} \quad (\text{kWh/dygn}) \quad (10)$$

En mer korrekt metod är att ta den verkliga förbrukningen genom avläsningar från el- och kallvattenräkningar. För att schablonmässigt beräkna hur mycket energi som går till varmvattnet används ekvation 11.

$$E_{vv} = 5,0 \cdot \text{antal lägenheter} + 0,015 \cdot A_{temp} \quad (\text{kWh/dygn}) \quad (11)$$

Tappvarmvattnet kan få sin energi från olika värmekällor precis som uppvärmningsenergin för huset.

Husets energianvändning för fläktar och cirkulationspumpar beräknas med ekvation 12.

$$E_{vvs} = P_{fläkt+pump} \cdot t_{drift} \quad (\text{kWh/år}) \quad (12)$$

$P_{fläkt+pump}$ = Effekt för fläktar och pumpar

t_{drift} = Antal drifttimmar per år

När byggnadens totala energibehov beräknats jämförs det med de krav som ställs från BBR.

3.1.4 Energiåtgärder

Innan en åtgärd för ett hus genomförs behöver inventering av bostaden göras, beroende på åtgärd. Eftersom varje hus har olika förutsättningar måste husets tekniska lösningar kontrolleras med avseende på eventuella fuktskador, nuvarande inomhusmiljön, energistatus, eventuella farliga ämnen och eventuellt kulturskydd. Vid en inventering tas ritningar, dokument, energistatistik och tekniska beskrivningar fram. Detta kan även kompletteras med olika mätningar och besiktningar. För att undvika fel och skador vid renoveringar är det viktigt att tänka på eventuella sidoeffekter [9]

Den vanligaste åtgärden för ett hus som behöver förbättra sin energiprestanda är att byta till fönster och dörrar med bättre U-värde. De vanliga 2-glasfönstren med kopplade bågar har ett U-värde på $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ medan ett nytt modernt 3-glasfönster med klass A har ett U-värde på $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. [29]

Att tilläggsisolera väggar och tak är också en vanlig åtgärd. Denna kan göra en väldigt stor skillnad eftersom de berör väldigt stor yta. Tilläggsisolering av taket går oftast att räkna hem eftersom en ökning av 25 cm isolering på vindsbjälklaget hade generellt sätt minskat energianvändningen med ca 3 kWh/m^2 , A_{temp} . [29]

Tilläggsisolering av en yttervägg kan ske på två olika sätt, invändigt och utvändigt. Det finns fördelar och nackdelar med båda alternativ. En invändig tilläggsisolering innebär att fasaden kan behållas som den är och vid en påkostad fasad är detta ett bra alternativ. Denna åtgärd ökar dock risken för fuktskador. Vid en utvändigt tilläggsisolering kan alla innerväggar behållas och detta kan vara viktigt i byggnader där det finns påkostade innerväggar. Om det ska tilläggsisoleras mycket kräver denna åtgärd en utbyggnad av sockeln.

I hus med ett äldre ventilationssystem kan detta behöva bytas eftersom det blir mer effektivt med dagens teknik. En uppgradering från en vanlig frånluftspump till en frånluftsvärmepump från NIBE hade gett en merbesparing på 5200 kWh/år . [30]

3.1.5 Beräkningsprogram

För att utföra en energi- och fuktanalys kommer i denna studie olika beräkningsprogram att användas. Hur dessa är uppbyggda kommer förklaras i korta drag.

HEAT 2

Programmet HEAT 2 används för att beräkna en byggnads köldbryggor. Den byggnadsdel som granskas byggs upp och därefter beräknas köldbryggan för den delen. Resultatet av den beräkningen kan visas visuellt och ψ -värdet för den köldbryggan kan sedan erhållas. [31]

VIP-Energy

VIP-Energy är ett energiberäkningsprogram för analys av en byggnads energiflöden, på timnivå. Programmet används främst för att beräkna en byggnads årliga energianvändning.

Resultatet bygger på beräkningar från en modell. Modellen ”byggs” upp genom att tilldela byggnadsdelar ett väderstreck och hur stor mängd det är. Programmet får då en bild över hur byggnaden ser ut.

VIP-Energy är snabbt och relativt enkelt program. Många parameterstudier kan göras på kort tid och detta är bra när olika designalternativ ska jämföras.

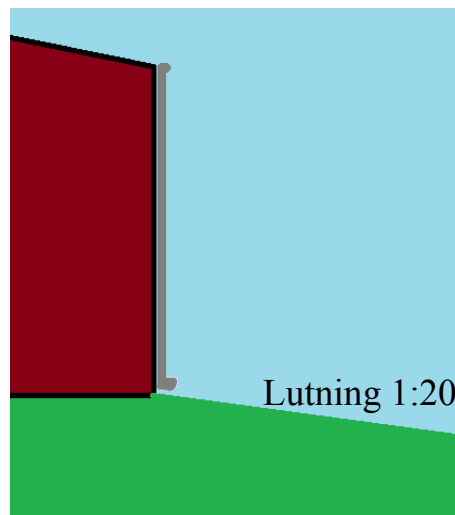
Resultatet efter en energiberäkning från VIP-Energy visas i ett diagram över byggnadens energitillskott och förluster. En jämförelse mot BBR kraven är även möjlig att få fram. [32]

3.2 Fukt

Vatten i olika faser benämns fukt. För stora mängder fukt eller fukt på fel ställe kan leda till skador i en byggnad. Konsekvenserna av fukt kan leda till fuktfläckar, nedbrytning av material, hälsorisker, ökat energibehov, sämre hållfasthet och fuktbetingade rörelser.

Fukt i byggnader kan snabbt leda till problem, men egentligen är fukten i sig inte farlig. Det är först när fukten kommer i kontakt med organiska material som problemen uppstår, det som spelar roll är alltså hur fukten hanteras och om de byggtekniska lösningarna håller måttet. [10]

När ett hus byggs ska alltid nederbörd föras bort från det. Detta genom att skapa en lutning från huset så dagvatten rinner bort. Det installeras även hängrännor och stuprör som för bort nederbörden från byggnaden, se figur 3.15.



Figur 3.15 Fukten ska föras bort från huset.

Olika material klarar fukt olika bra. Trä är ett organiskt material som är känsligt för fukt. Om det skulle bli påverkat av mer än 75 % relativ fuktighet och en hög temperatur är det risk för mögel. I södra delarna av Sverige är det större risk för mögel eftersom det är en varmare vinter där i jämförelse med norra delarna av Sverige. På vintern är den relativa fuktigheten som störst utomhus. Om en byggnadsdel skulle börja mögla kan detta leda till dålig lukt och eventuella hälsoproblem. [66]

Den relativa fuktigheten är ett mått som visar hur stor mängd vatten som finns gentemot hur mycket vatten som luft klarar av att hålla vid en given temperatur. Den relativa fuktigheten beräknas enligt ekvation 13. [17]

$$RF = \frac{v}{v_s} \quad (\%) \quad (13)$$

$$v = \text{Ånghalt (g/m}^3\text{)}$$

$$v_s = \text{Mättnadsånghalt (g/m}^3\text{)}$$

Det finns två olika vattenfaser som kan ge upphov till fuktproblem. Den ena är vatten i vätskefas där en skada uppkommer relativt fort, vid läckage från rörledningar eller installationer. Den andra är vatten i ångfas som bryter ner material under lång sikt, ett exempel på detta är röta och mögel. [10]

Det har bedrivits forskning relaterat till hälsa och mögel. Forskningen visar att mögel är mycket allvarigare än vad det tidigare trots, enligt Byggskadeteknik AB. [10]

Förutom dålig lukt kan mögel leda till följande hälsoproblem; luftvägsinfektion, hosta, väsande andning, astmatiska besvär, snuva och irritation i näsa och ögon [33]. Det kan spekuleras om de ohälsosamma symptomen beror på mögel eller enbart elak lukt. Det har varit svårt att hitta klara samband och det finns inte tillräckligt underlag för att helt säkert kunna konstatera att mögel är orsaken till detta.

När en byggnad besiktigas för fuktproblem är det vissa kriterier för lukt som tas med i protokollet. De lukter som bedöms är mögel-, unken- och kemisk lukt. Resultatet av en enkätundersökning i projektet BETSI kan ses i tabell 3.5. [13]

Tabell 3.5 Andel byggnader som upplevt mögel- eller unken lukt. [13]

	Byggår	Mögellukt		Unken lukt	
		Antal (1 000-tal)	Andel (%)	Antal (1 000-tal)	Andel (%)
Småhus	-60	84 ± 44	10 ± 5	122 ± 59	14 ± 7
	61-75	83 ± 32	17 ± 6	57 ± 30	11 ± 6
	76-05	19 ± 12	3 ± 2	32 ± 15	3 ± 2
	Totalt	185 ± 54	10 ± 3	211 ± 69	11 ± 4
Lägenheter		**	(1)	199 ± 82	8 ± 3
Lokaler		5 ± 2	11 ± 6	5 ± 3	11 ± 5

() ** statistiskt osäker

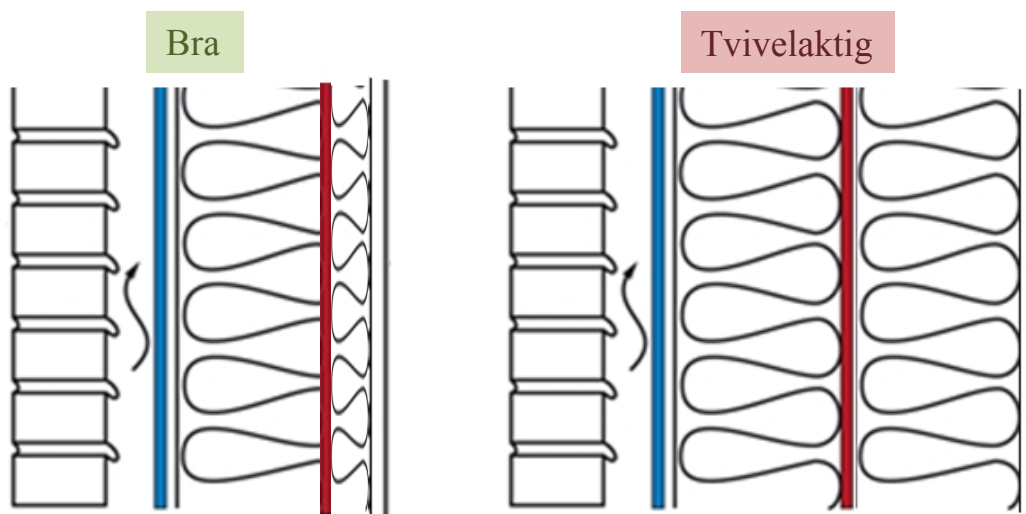
Impregnerat trä med olika sorters medel kan avge en speciell lukt som kan förväxlas med mögellukt. Eftersom det impregnerade träet bara kan skydda mot röta kan även mögellukt pga. mögelpåväxt avges. Dessa lukter klassas som elaka lukter. [13]

I projektet BETSI hänvisas det till Byggnadsmiljöutredningen 2004-2005 som konstaterade att kunskapen inom området för fukt- och mögelskador inte var tillräcklig för att kunna visa på hur dessa påverkar människor och deras hälsa. Det saknades kunskap om hur stor omfattningen av skadorna var. Det fanns inte tillräcklig information om hur skadorna hade ökat och minskat under de senaste åren. Utredningen visade alltså att det är klart att fukt och mögelskador medför hälsoproblem, men inte hur dessa problem kopplas ihop med skadorna. [13]

Efter denna utredning har det kommit forskningsresultat som registrerat toxiner i mögel, detta kan kopplas till hus med mögelproblem. Det är dock svårt att veta hur kroppen svarar på en viss dos mögel, d.v.s. hur dos- och responsförhållandet mellan mögeltoxiner och hälsoproblemen är.

Världshälsoorganisationen WHO har i en studie konstaterat att det finns tillräckliga bevis från ett statistiskt underlag, att fukt och mögel i byggnader ger en ökad risk för de boende att drabbas av problem med luftvägarna och förvärrad astma. [13]

En fuktsäker konstruktion skapas ofta med hjälp av en ångspärr. Denna ångspärr förhindrar att fukt inifrån byggnaden ska komma ut. En ångspärr är ofta en typ av plastfilm som placeras i de inre delarna av en konstruktion. Denna ångspärr kan placeras på olika ställen i konstruktionen och det är därför viktigt att veta var den ska sitta för att inte få in fukt för långt. En felplacerad ångspärr kan leda till hög relativ fuktighet i en konstruktion. Den högra bilden i figur 3.16 visar en träregelvägg med mineralull där ångspärren placerats mellan två regler långt in i väggen. Denna konstruktion är tvivelaktig och kan få fuktproblem. Ångspärren ska istället vara placerad så som den vänstra bilden visar i figur 3.16.



Figur 3.16 Det rödmarkerade skiktet symboliserar ångspärren och det blåmarkerade skiktet är ett vindsydd.

Det finns olika sätt att kontrollera hur mycket fukt som finns i ett material. Ett sätt är genom materialets fuktkvot. Den visar sambandet mellan mängd vatten och mängd torrt material, se ekvation 14.

$$\text{Fuktkvot} = \frac{\text{kg } H_2O}{\text{kg torrt material}} \quad (-) \quad (14)$$

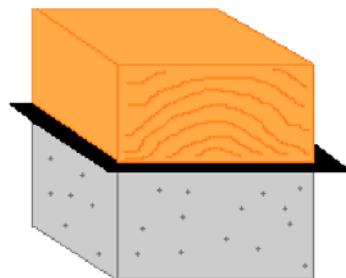
Vid inbyggnad av trä ska fuktkvoten i virket inte överstiga målfuktkvoten. Målfuktkvoten är 16 % för trä. Fuktkvoten vid ytan får inte överstiga 18 %. Om träytan kommer att behandlas gäller att fuktkvoten vid ytan inte får vara högre än 16 % vid den tidpunkt den behandlas. [34]

Det finns olika faktorer att beakta vid byggnation av tak, ytterväggar och fönster. Det är viktigt att se till att konstruktionen inte skadas av regnfukt, byggfukt, fuktkonvektion och fuktdiffusion.

3.2.1 Grund

Fuktproblem i grunden är relativt vanligt. Dessa problem uppkommer oftast pga. okunskap, kostnadspress, byggande på olämplig mark eller tidspress. När grundkonstruktioner ska byggas är det viktigt att hålla koll på markfukten. Grunden kan skadas av fukt genom kapillärsugning, fuktdiffusion och byggfukt. Efter gjutning av betongplatta är det viktigt att betongen får bränna ordentligt och till stor del torka ut innan syllisolering och syll läggs på. Beroende på vilket vct, vattencementtal, betongen har sker uttorkningen olika fort. [44]

Syllen kan vara av flera olika material t.ex. trä eller stål. När en träsyll ska placeras på betongen ska en syllisolering placeras mellan träet och betongen som förhindrar fukttransport till syllen, se figur 3.17.



Figur 3.17 Syllisolering.

En träsyll kan få problem med mögel eller röta om ingen syllisolering finns. Tidigare fanns inte tillräckligt med kunskap om hur träsyllen borde skyddas mot fukt och tryckimpregnerat virke användes. När detta virke placerats rakt på betongen utan underliggande syllisolering har det senare visat sig vara en

riskkonstruktion. Detta eftersom tryckimpregneringen inte skyddar mot mögel utan endast mot röta.

En limmad plastmatta ovanpå betong kan vara en risk och bilda giftiga emissioner eftersom fukten i betongen reagerar med limmet. Även mögel kan uppstå om inte organiska material städats undan innan plastmattan limmas på. Om en fuktskada skulle uppstå under plastmattan brukar detta synas genom att plasten släpper eller bubblar sig. [36,37]

Att sätta in ett golvvärmesystem väljs vanligtvis av komfortskäl. Det finns saker att tänka på innan detta installeras. Golvvärmen värmer upp grunden och ändrar fuktförhållandena i den. Om systemet skulle stängas av under vår- och sommarhalvåret kan detta innebära att plattan kyls ner. Vid otillräcklig värmeisolering under byggnaden kan detta leda till att temperaturen i plattan blir lägre än den i marken. Det bildas då ett omvänt fuktflöde genom plattan. Detta i sin tur kan leda till hög relativ fuktighet under golvet. Värmeisoleringen under plattan måste därför vara så pass tjock att marktemperaturen sommartid är lägre än temperaturen i plattan för att undvika detta. [44]

Detta gäller också om golvvärme endast finns i enskilda rum i bostaden. Eftersom golvvärmen värmer marken under och runt det uppvärmda rummet, blir även marken under en del av det uppvärmda intilliggande golvet varmare. Om det uppvärmda golvet nu är kallare än marken undertill kan skillnaden i temperatur göra att fukttransporten sker åt fel håll i det uppvärmda intilliggande golvet. [44]

En bra dränering är en av sakerna som ligger till grund för en bra fukttransport bort från huset. Det är därför viktigt att denna åtgärdas om det finns problem.

3.2.2 Yttervägg

Fuktskador kan uppkomma i en yttervägg på flera olika sätt. En vanlig orsak vid tegelfasader är att luftspalten bakom teglet varit otillräcklig. Vatten leds vidare in i fasaden och det blir svårare för fukten att torka ut.

Att färg flagnar på en fasad med målat trä är ofta pga. sprickor i färgen eller otäta längdskarvar mellan panelbrädorna. [40]

Ett material som innehåller mycket fukt kan få skador när det blir kallt utomhus. Detta eftersom vattnet i materialet expanderar när det blir is.

När vatten tränger in i ett tegel kallas detta för en frostsprängning. Detta åtgärdas t ex genom att de skadade tegelstenarna i fasaden byts ut. Det kan dock vara svårt att få detta snyggt. Detta är inte en långsiktig lösning eftersom frostsprängning uppstår pga. ett problem för vattnet att komma ut från konstruktionen. Det är viktigt att en avrinningsplåt finns vid skalmurens botten för att vattnet ska rinna bort på ett korrekt sätt. [44]

Det finns olika typer av impregneringspreparat som används för att frostsprängningen av teglet inte ska fortsätta. Silan- eller siloxanpreparat används om teglet är fuktigt. [68]

För att kontrollera om det kan ske kondens i en konstruktion kan detta beräknas genom en Glaser räkning. Om resultatet ger en relativ fuktighet som är 100 % kommer risk för kondens finnas i konstruktionen. Vid denna beräkning analyseras också att den relativa fuktigheten inte överstiger det kritiska värdet för respektive material. Om det kritiska värdet överstigs förlorar ett material sin förmåga att behålla godtagbar funktion under den tiden det utsätts för detta kritiska fukttillstånd. Som tidigare nämnt ligger detta kritiska värde på 75 % för trä. För de material som inte har ett bestämt kritiskt värde antas 75 % som kritiskt. Hur länge ett material exponeras av fukt och vid vilken temperatur detta sker påverkar också utfallet. Vid en hög temperatur trivs bl.a. mögelsporer.[44]

Temperaturen i varje skikt plockas först fram. Eftersom det är störst risk för kondens i en konstruktion på vintern utförs beräkningen vid en viss temperatur och ånghalt. Detta är alltså en stationär beräkning. Detta görs genom att läsa av i tabell 4.4 i *Praktisk Byggnadsfysik* av K Sandin.

Temperaturskillnaden över ett skikt behöver beräknas genom ekvation 15.

$$\Delta T = \frac{R}{R_{tot}}(T_i - T_{ute}) \quad (^\circ\text{C}) \quad (15)$$

R = Värmemotståndet för skiktet ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_{tot} = Totala värmemotståndet för hela byggnadsdelen ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

T_i = Innetemperatur ($^\circ\text{C}$)

T_{ute} = Utetemperatur ($^\circ\text{C}$)

Mättnadsånghalten för varje temperatur i skikten slås sedan upp i tabell 4.4 i *Praktisk Byggnadsfysik* av K Sandin.

Varje skikts tjocklek och värmeledningsförmåga, λ -värde, tas fram för att sedan kunna beräkna varje skikts motstånd, R enligt ekvation 16.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (\text{m}^2\text{K}/\text{W}) \quad (16)$$

d = skiktet tjocklek (m)

λ = värmeledningsförmåga (W/mK)

Varje material har ett värmegenomgångsmotstånd. Alla material har också ett motstånd mot fuktgenomgång. Ångpermeabiliteten, δ , och ånggenomgångsmotståndet, Z , kan slås upp i tabell 4.11 och 4.12 i *Praktisk Byggnadsfysik* av *K Sandin*. Ånggenomgångsmotståndet kan även beräknas enligt ekvation 17.

$$Z = \frac{\delta}{d} \quad (\text{s/m}) \quad (17)$$

Skillnaden i ånghalt mellan skikten kan nu beräknas enligt ekvation 18.

$$\Delta v = \frac{Z}{Z_{tot}} (v_i - v_{ute}) \quad (\text{g/m}^3) \quad (18)$$

Z = Ånggenomgångsmotståndet för skiktet (s/m)

Z_{tot} = Totala ånggenomgångsmotståndet för byggnadsdelen (s/m)

v_i = Ånghalt inomhus (g/m^3)

v_{ute} = Ånghalten utomhus (g/m^3)

Ånghalten inomhus är summan av ånghalten utomhus och ett fuktillskott. Detta fuktillskott brukar ligga mellan 2-4 g/m^3 för villor.

Slutligen beräknas den relativa fuktigheten enligt ekvation 13.

3.2.3 Tak

Att föra bort nederbörd är en väldigt viktig uppgift för husets tak. Detta sker via ett utvändigt eller invändigt avvattningsystem i form av stuprör och hängrännor. Det finns många olika typer av tak som klarar detta olika bra.

Ett tak kan vara kallt eller varmt. I ett kallt vindsutrymme är risken stor för relativa fuktigheter som överstiger de kritiska på vintern.

När det kommer till regn är lutande tak det mest optimala. Det finns idag många låglutande tak. På dessa tak ställs det höga krav på täthet och taktäckningsmaterial. Taktäckningsmaterialen på låglutande tak får en sämre kvalitet med tiden och därmed ökar risken för läckage. Vid anslutningar av skorstenar och ventilationsdon är det känsligt för läckage. Vid låglutande tak finns det risk för vattenansamlingar vilket kan påfresta taktäckningen. Om denna vattensamling fryser kan detta orsaka skador i takbeläggningen.

Taket skyddas från fukt inifrån genom en ångspärr. Den är viktig eftersom kondens annars kan bildas i taket. Risken för kondens kan beräknas med samma process som den tidigare nämnd i kapitlet *ytterväggar*. [17]

3.2.4 Fuktmätningmetoder

När fukthalt och fuktkvot i material ska mätas finns det tre olika sätt; absolutmätningmetoder, kemiska metoder, elektriska metoder.

Absolutmätningmetoderna klassas som förstörande eftersom prover behöver tas ut ur konstruktionen. Genom att torka proverna kan det bestämmas hur mycket vatten som funnits i provbiten. Resultatet ger fuktkvoten i biten.

De kemiska metoderna går ut på att det fuktiga provet blandas med kemikalier. Dessa reagerar med vattnet och ur blandningen kan fukttinnehållet avläsas.

De elektriska metoderna kan delas in i två olika huvudgrupper; de resistiva och de kapacitiva. Den resistiva metoden går ut på att mäta hur stark ledningsförmågan ett material har, eftersom denna är starkt beroende av fukttinnehållet. Ju större fukttinnehåll ett material har desto större ledningsförmåga har det (mindre resistans). Den resistansen översätts till fukttinnehåll. Denna metod används främst för trä, dock ska resultatet för tryckimpregnerat trä tolkas med stor försiktighet.

När den relativ fuktigheten i luft ska mätas används en psykrometer eller utförs en daggpunktsmätning. Psykrometern består av två termometrar där den ena mäter den torra ”verkliga” luften och den andra mäter temperaturen med ett fuktigt hölje runt sig. Höljet kyler ner temperaturen när fukten avdunstar. Ju lägre luftfuktighet det är desto större blir avdunstningen. Daggpunktsmätningen utnyttjar att kondens inträffar när temperaturen på en yta är lika med daggpunkten. Utifrån detta kan den relativa fuktigheten räknas ut. [17]

Det finns även elektriska instrument som mäter den relativa fuktigheten och temperaturen med en sensor. Det finns även mätare som trycks in i byggmaterial och läser av den relativa fuktigheten. [67]

3.2.5 Fuktåtgärder

Om en byggnad blivit skadad av fukt är det viktigt att det åtgärdas för att återställa skicket på ett sätt som gör att skadan inte upprepas. Vid mögelproblem ska byggnadsdelen saneras. [44]

Misstänks det att en byggnad är fuktskadad bör en fuktsakkunnig kontaktas. Vid försäljning av ett hus rekommenderas att en besiktning genomförs.

Att åtgärda en syll är vanligt. Hus som inte har någon syllisolering får detta installerat vid renovering. Det kan dock ske på flera olika sätt, vissa mer energieffektiva än andra.

Att tilläggsisolera utvändigt gör att konstruktionen blir varmare och därmed minskar risken för fuktskador. Om konstruktionen däremot tilläggsisoleras på insidan finns det vissa risker. Att isolera invändigt gör att konstruktionen inte längre värms upp inifrån till samma grad som den gjorde förut, konstruktionen kan nu bli kall och får större risk för fuktskador. Detta behöver inte bara drabba reglarna i konstruktionen även fasadtegel kan drabbas av frostsador. Det är viktigt att ha koll på var i den nya konstruktionen ångspärren ska placeras för att motverka ångdiffusion ut i konstruktionen. Detta kan leda till kondensation.

Om luftspalten täppts igen bakom tegelmuren, kan ventiler installeras som gör att väggen luftas. Frostsadade tegelstenar kan bytas ut. Som tidigare nämnts kan det dock vara svårt att få detta snyggt.

Alla material slits med tiden även en takpapp. Att lägga på en ny takpapp på en byggnad med låglutande tak är en fuktåtgärd som utförs frekvent. Utbyte av läckande hängrännor och stuprör behöver också göras efter hand.

Material är beständiga mot fukt i olika grad och vid en renovering kan utbyte ske mot nya mer fuktbeständiga material. [44]

Dränering i efterhand kan göras då hela eller delar av husgrunden friläggs. När alternativet då hela grunden friläggs väljs finns det risker som bör poängteras, att huset på grund av spänningar i marken och jordens sammansättningar kan röra på sig. Detta kan leda till rasolyckor i samband med dränering. Det är alltså mindre riskfyllt att dränera en bit i taget även om detta är mer tidskrävande. [39]

Första steget är att gräva ut runt huset. Grundmuren borstas med stålborste och därefter fuktisoleras. Sprickor i husgrunden bör fyllas igen innan fuktisolering placeras och om större skador upptäcks bör fackman kontaktas. Nästa steg är att lägga dräneringsrören och ansluta dem till dräneringsbrunnen. Dräneringsrören placeras 15 cm under nederkanten på grundplattan beroende på avstånd som gör att huset inte undergrävs. Runt dräneringsrören ska ett nytt dräne-

rande skikt läggas. Det dränerande skiktet kan bestå av tvättad singel eller makadam. Slutligen fylls återfyllnadsjord på. Det dränerade skiktet bör fyllas upp till marknivån en bit från grunden eftersom detta minimerar riskerna för ytterligare fuktskador. En fiberduk mellan återfyllnadsjorden och det dränerande skiktet med grus förhindrar att funktionen hos det dränerande skiktet försämras då jord inte tränger ner. Det är också viktigt att tänka på var elledningar och rördragningar går innan renoveringen börjar. [39]

Att öka ventilationen kan minska fukttillskottet. I utrymme med extra hög fuktproduktion kan en avfuktare installeras för att minska fuktbelastningen. [44]

För att förhindra att fuktproblem uppkommer ska ett översvämningsskydd finnas under diskmaskin och tvättmaskin. Det är viktigt att kontroll ska kunna utföras på inbyggda rör i t ex badrum. Detta för att läckage ska kunna upptäckas. [44]

4 Resultat av inventering

I detta kapitel presenteras referenshuset vi analyserar. Undersökningar av gruppbebyggelsen som huset tillhör kommer att utföras.

4.1 Enplanshus i Löddesnäsområdet

Denna energi- och fuktanalys utgick från ett referenshus. Huset ligger på Holländarehusvägen 5 i Bjärred och är en del av en gruppbebyggelse. Det finns alltså fler hus av samma typ i området. Huset ventileras med självdrag. Huset har ett utvändigt avvattningsystem med hängrännor och stuprör. Längs fasaden på framsidan av huset finns en rabatt se figur 4.1.

I huset finns en otäck lukt i dagsläget som känns av vid hemkomst.



Figur 4.1 Referenshuset på Holländarehusvägen 5, Fasad mot norr.

Husets arkitektoniska drag är typiskt för 70-talsvillor med en kombinerad tegel- och träpanelsfasad, se figur 4.2.



Figur 4.2 Referenshuset på Holländarehusvägen 5, Fasad åt sydväst.

Huset värms upp med direktverkande el och en braskamin. Några år efter denna sattes in upptäcktes att takpappen blivit gammal och började läcka in vatten. Innertaket i sovrum 104 blev fuktskadat. Det misstänks även att väggen bakom kaminen blev fuktskadad.

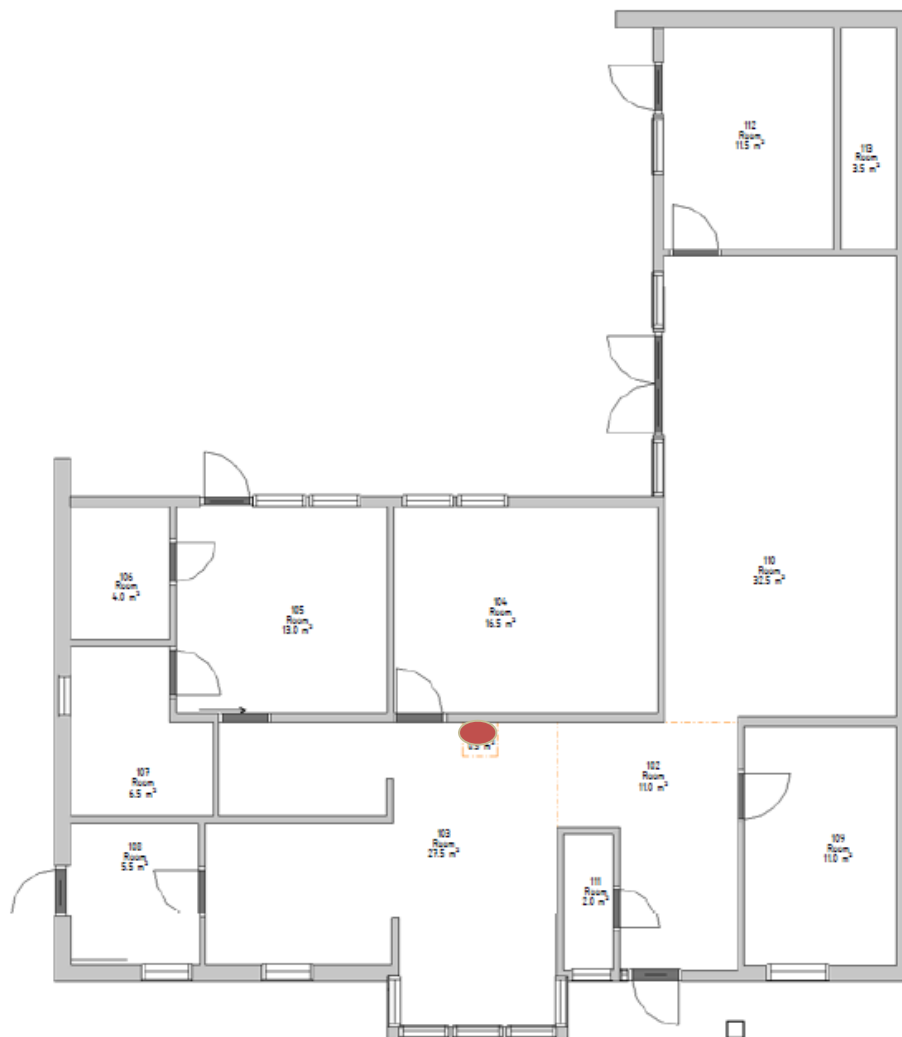


Husets våtutrymmen är försedda med en frånluftsfläkt eller en uteluftsventil. Frånluftsfläkten sätts på efter behov.

En 3D-ritning har gjorts av huset i *Revit Architecture*. Det ger en bra helhetsbild över hur huset ser ut, se figur 4.3. Ur *Revit Architecture* har även en planritning plockats fram, se figur 4.4.



Figur 4.3 3D-vy från Revit Architecture



Figur 4.4 Planritning över Holländarehusvägen 5, Bjärred. Den röda markeringen symboliserar husets braskamin.

4.1.1 Grund

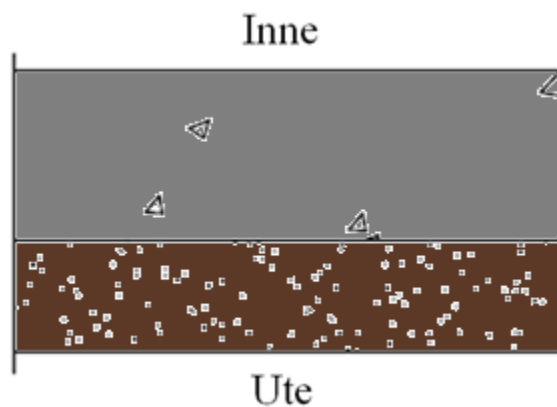
Husets grund är av typen platta på mark och består av lättklinker och betong, se figur nedan. Efter schaktning och påfyllnad av nytt dränerande material har en grundmur av lättklinkerblock lagts. Det har sedan fyllts på med lös lättklinker inom denna mur och platsgjuten betong har sedan gjutits. Syllen har sedan placerats rakt på betongen. Syllen är av tryckimpregnerat trä.

Innergolven har ett ytskikt av trä i alla rum utom våtutrymmen som har klinker.

Beräkningen av U-värdet för husets grund visas i rapportens bilagor. Vid denna beräkning gäller följande randvillkor. [35]

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

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



Grund:

150 Betong

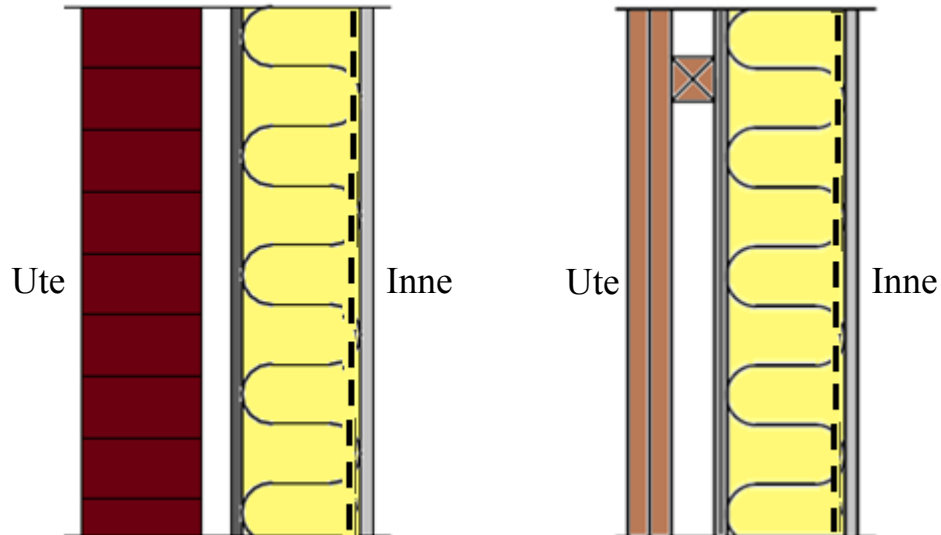
100 Lättklinker

Mark

U-värde: 0,336 W/m²K

4.1.2 Ytterväggar

Husen har två typer av ytterväggar. Dels en vägg med ett ytskikt av ½-stens tegel och dels en vägg med ett ytskikt av trä. Ytterväggarnas uppbyggnad är i stort sett likadana och det enda som skiljer dem åt är det yttersta skiktet. Se figurer nedan.



YV1: Tegel

120 Tegel
30 Luftspalt
12 Asfaltsboard
120 Mineralull + Reglar c/c 600
15 Plastfolierad gips

U-värde: 0,319 W/m²K

YV2: Stående träpanel

22 Stående furupanel
45 Spikläkt c/c 600 + Luft
12 Asfaltsboard
120 Mineralull + Reglar c/c 600
15 Plastfolierad gips

U-värde: 0,319 W/m²K

På referenshuset har ventiler på ytterväggen av tegel satts in på väggens nederkant. Detta för att ventileras luftspalten ytterligare.

Beräkningen av ytterväggarnas U-värden redovisas i rapportens bilagor. Vid denna beräkning gäller följande randvillkor.

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

Eftersom luftspalten bakom teglet betraktas som väl ventilerad blir motståndet utanför luftspalten lika med noll och motståndet för inne och ute lika med varandra. [17]

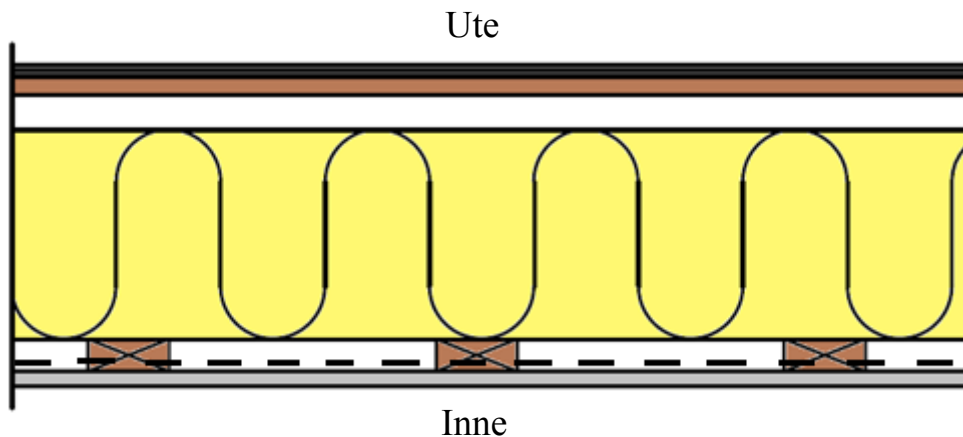
4.1.3 Innerväggar

Alla husets väggar är uppbyggda av träreglar. Det finns två typer av innerväggar i huset. Skillnaden mellan dessa är endast att de bärande innerväggarna har en kraftigare träregel.

4.1.4 Tak

Taket är ett låglutande tak med ytskikt av takpapp, se figur nedan. På referenshuset har ny takpapp lagts på. Burspråket på husets framsida har ett lutande tak med ett yttre skikt av shingel. Konstruktionen under takpappen ser likadan ut på både det lutande och det låglutande taket.

Taken avvattnas med utvändigt takavvattning i form av hängrännor och stuprör.



Tak

- 5 Takpapp
- 5 Underlagspapp
- 16 Plywood
- 30 Luftspalt
- 180 Mineralull + Reglar c/c 1200
- 28 Glespanel c/c 600 + Luft
- 15 Plastfolierad gips

U-värde: 0,190 W/m²K

Beräkningen för U-värdet redovisas i rapportens bilagor. Eftersom husets luftspalt betraktas som väl ventilerad sätts alla motstånd fram till luftspalten, utifrån, till noll. Vid denna beräkning gäller följande randvillkor. [35]

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

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

4.1.5 Fönster

Referenshuset har inte längre kvar sina originalfönster. Från början hade huset tvåglasfönster med kopplade bågar med U-värde på ca 2,8 W/m²K. Utvändigt var karmen tidigare av trä. De nya fönstren är från *Elitfönster*. De är alla av modellen ”Original Alu”. Dessa fönster är 3-glasfönster med en isolerruta som är belagd med ett s.k. lågemissionsskikt och har en argonspalt. Den utvändiga karmen är av aluminium. De nya fönstren har ett U-värde på 1,1 W/m²K, se figur 4.5, enligt expert på *Elitfönster* i Malmö. [41]



Figur 4.5 Fönster från Elitfönster

4.1.6 Dörrar

Från början var husets ytterdörrar massiva trädörrar. De nya ytterdörrarna är från *Swedoor* och har ett U-värde på $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$, se figur 4.6. [42]

Dörrarna mot baksidan var tidigare trädörrar med ett fönster i. Helglasade fönsterdörrar har satts in och i vardagsrummet en dubbel fönsterdörr, båda från *Elitfönster* med ett U-värde på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, se figur 4.7. [41]



Figur 4.6 Ny ytterdörr från Swedoor



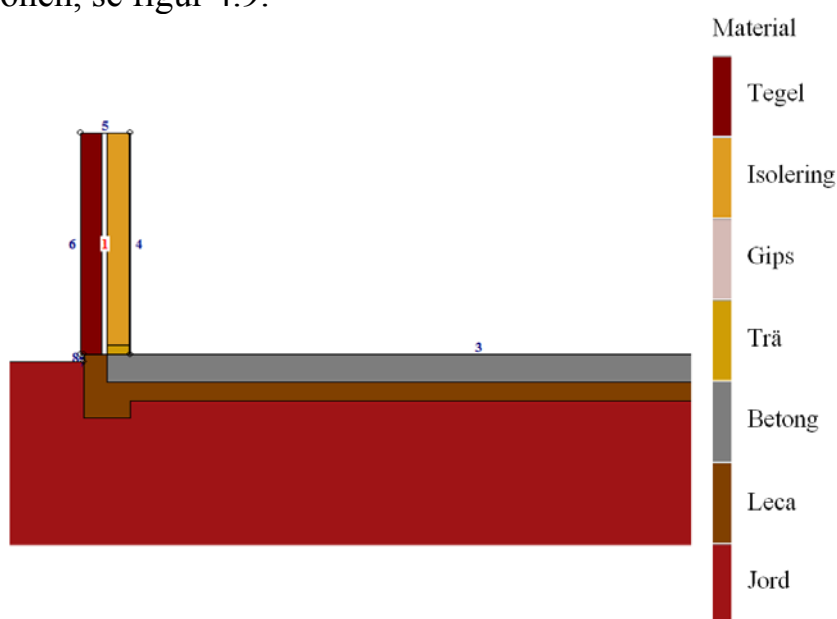
Figur 4.7 Fönsterdörrar från Elitfönster

4.1.7 Köldbryggor

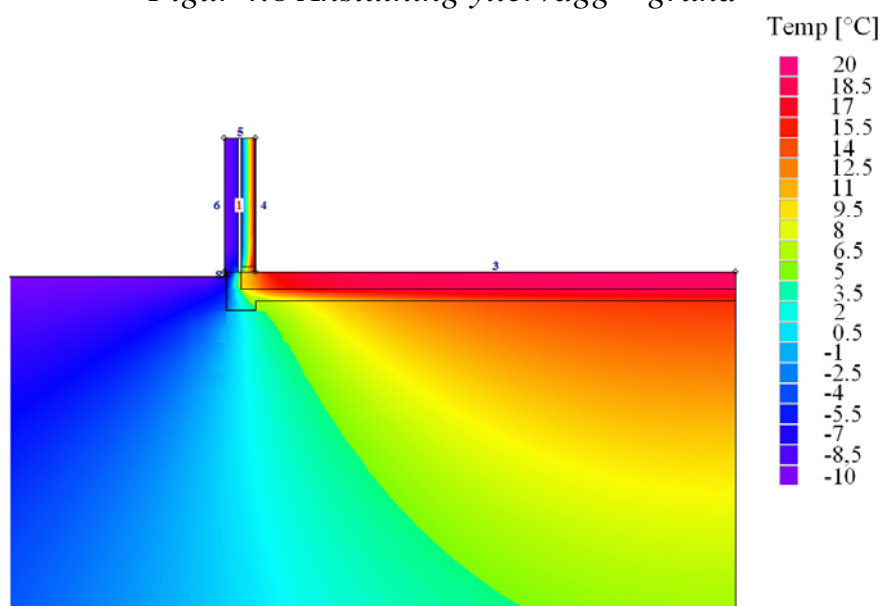
Husets köldbryggor beräknades med programmet HEAT 2 7.1. Den slutgiltiga beräkningen av köldbryggorna visas i tabell 4.1. Köldbryggorna för möte grund-yttervägg och yttervägg - tak visas nedan i figurer från HEAT.

Anslutning grund - yttervägg:

Figur 4.8 visar hur anslutningen mellan grunden och ytterväggen ser ut. De olika skikten i konstruktionen visas till höger i figuren. De olika siffrorna i figuren visar var vi kan bestämma randvillkor, som anger motståndet för ute, inne och luftspalter. För att beräkningen ska ha en stor noggrannhet ska mängden jord under och bredvid byggnaden vara tillräckligt stor. Enligt standard tas 10 m jord under och bredvid byggnaden med. Resultatet visar hur värmen går i konstruktionen, se figur 4.9.



Figur 4.8 Anslutning yttervägg – grund



Figur 4.9 Värmefflöde anslutning yttervägg – grund

Grunden är väldigt lite isolerad och bildar därför en stor köldbrygga i anslutningen grund och yttervägg. Att den röda nyansen går långt ner i grunden indikerar på en stor köldbrygga.

Med hjälp av HEAT plockades ψ -värdet fram för anslutningen. För att beräkna ψ -värdet används ekvation 19.

$$\Psi = L2D - L1D \quad (\text{W/mK}) \quad (19)$$

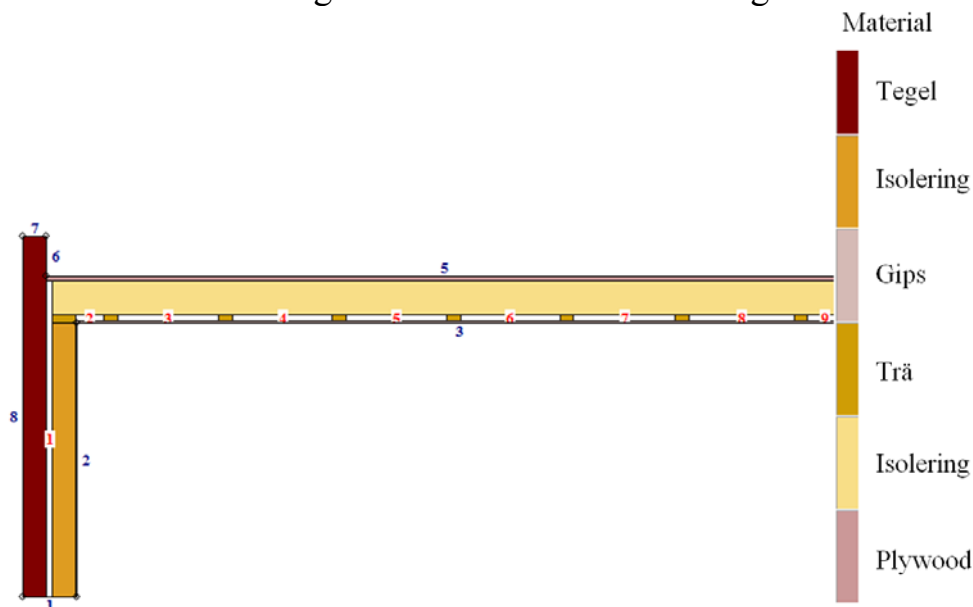
L2D = Termisk koppling koefficient

L2D erhålls efter simulering i programmet. För grunden beräknas L1D genom att längden multipliceras med U-värdet för respektive konstruktionsdel, summan av alla delar bildar L1D.

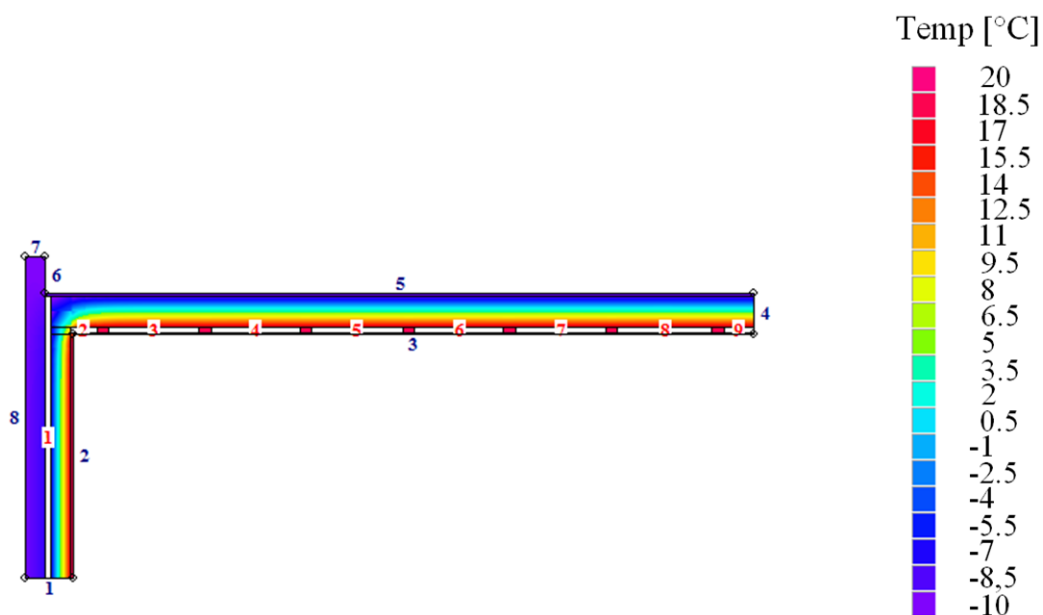
Detta användes sedan för att beräkna husets totala köldbryggor. Resultatet från beräkningen av husets totala köldbryggor visas i tabell 4.1.

Anslutning tak – yttervägg:

I figur 4.10 visas anslutningen mellan taket och ytterväggen. Här bestämdes enligt samma princip med randvillkoren, vad som är ute och vad som är inne. Resultatet över hur värmen går i konstruktionen visas i figur 4.11.



Figur 4.10 Anslutningen mellan taket och ytterväggen



Figur 4.11 Värmefflöde anslutning tak – yttervägg

Taket hade inte en lika stor köldbrygga som grunden. Den röda nyansen i figur 4.11 går inte lika långt ut i taket som den gjorde i grunden.

Beräkningen av ψ -värdet för takanslutningen sker inte riktigt på samma sätt. Efter simulering erhålls ψ -värde för konstruktionsdelen baserat på utvändigt respektive invändigt mängdning. Därefter beräknas ett medelvärde på dessa för att köldbryggan i mitten av konstruktionsdelen ska erhållas.

Eftersom huset mängdades inifrån användes ψ -värdet för denna metod.

Resultat:

I tabell 4.1 visas husets köldbryggor. De anslutningar som betraktades är grunden, taket, fönster, dörrar och de vertikala köldbryggorna. De vertikala köldbryggorna är husets hörn.

Ur HEAT 2 plockades ψ -värde för anslutningen grund - yttervägg och tak – yttervägg ut. När en köldbrygga beräknas multipliceras längden på köldbryggan med dess ψ -värde. Summan av alla köldbryggor blir sedan husets totala köldbryggor. Detta värde användes för senare energiberäkningar i VIP-Energy. De ψ -värde från fönster och dörrar är erfarenhetsbaserade värde av Helena Bülow-Hübe.

Tabell 4.1 Husets Köldbryggor

	L	Ψ	L* Ψ	
Grund	68,2	0,12	8,18	
Vertikala	14,4	0,05	0,72	
Takfot	68,2	0,05	3,07	
Fönster	73,13	0,1	7,31	
Dörr	31,98	0,1	3,20	
		Σ:	22,48	W/K

Husets totala köldbryggor uppgick till 22,5 W/K. Detta värde användes i senare beräkningar för husets energianvändning.

4.1.8 Elanvändning

En analys av husets elanvändning gjordes för att uppskatta hur mycket energi som behövs för byggnaden. De boende hade sparat räkningar från både elanvändning och kallvattenbehov tre år tillbaka. En beräkning gjordes över hur mycket energi som gick till hushållsel, värme och vatten. Vid denna beräkning antogs att 40 % av husets kallvatten värms upp och blir varmvatten. Detta enligt SVEBY programmet för bostäder [43].

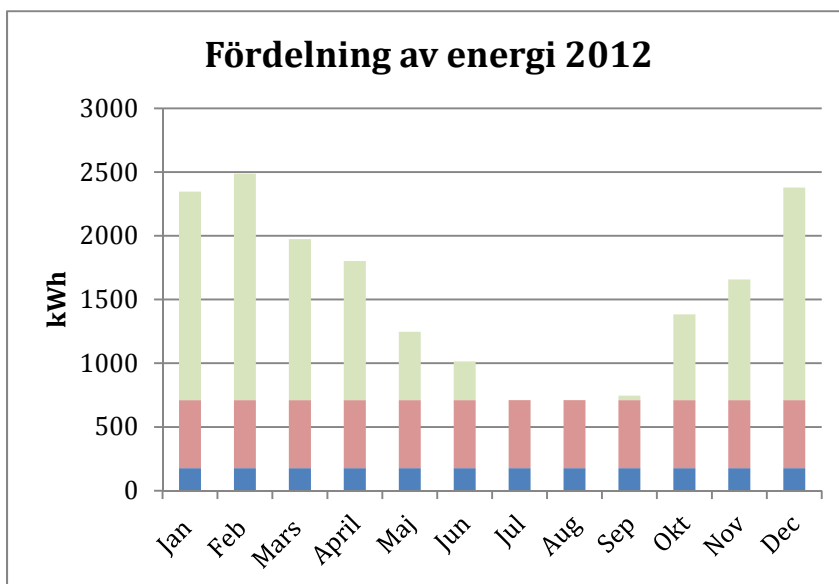


Diagram 4.1 Fördelningen av energi för 2012 där den blå visar varmvatten, röd visar hushållsel och grön visar värmen.

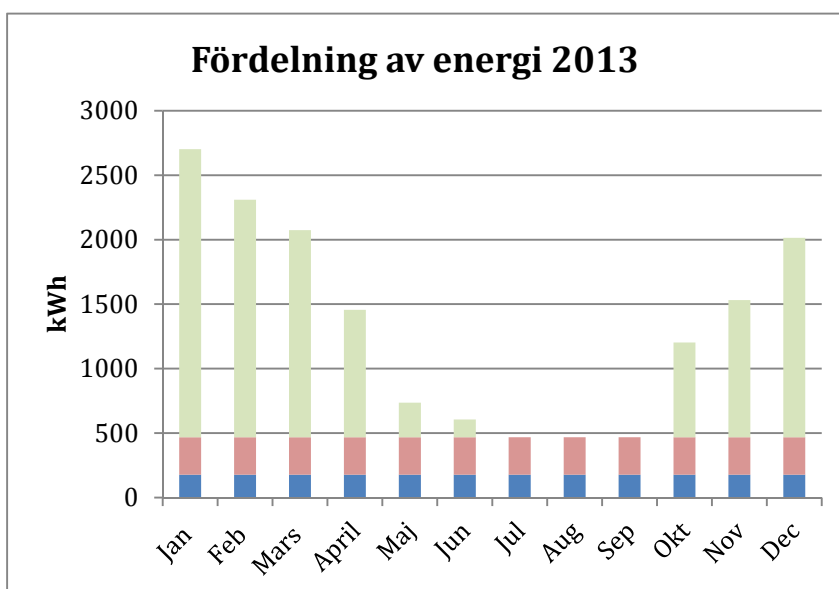


Diagram 4.2 Fördelningen av energi för 2013 där den blå visar varmvatten, röd visar hushållsel och grön visar värmen.

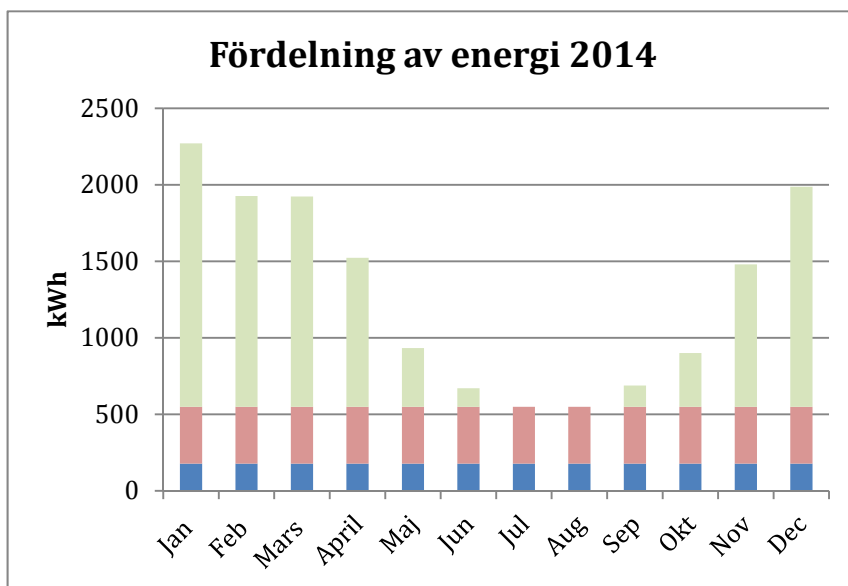


Diagram 4.3 Fördelning av energi för 2014 där den blå visar varmvatten, röd visar hushållsel och grön visar värmen.

Efter analysen kan det vara värt att påpeka att under 2012 var det tre boende i bostaden medan de två senaste åren endast hade två boende. Därför har hushållselanvändningen under 2012 varit högre.

En normalårskorrigerad värmeenergi 2014 genomfördes för att visa hur representativ den aktuella värmeenergiförbrukningen är i jämförelse med värmeenergiförbrukningen under ett normalår är, se diagram 4.4.

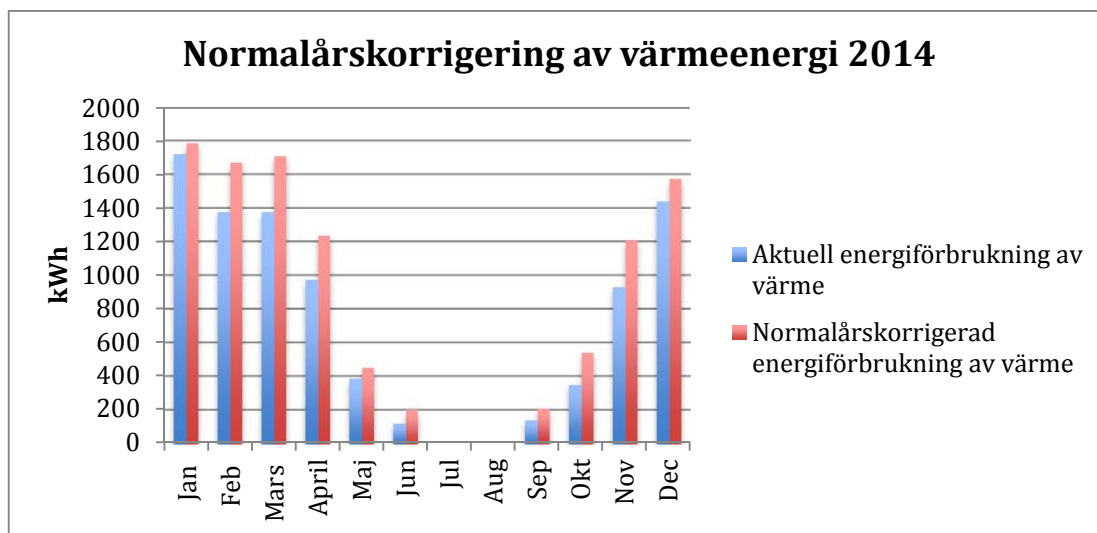


Diagram 4.4 Normalårskorrigerad värmeekonomin 2014

Generellt förbrukas mindre energi för värme under 2014 än under normalåret. Detta innebär att 2014 var ett varmare år än normalt.

Ett medelvärde för alla års varmvatten-, hushållselanvändning och personvärmestillskottet beräknades och sammanställdes i tabell 4.2.

Personvärmestillskottet från två boende beräknades schablonmässigt med SVEBY's brukarindata för bostäder som underlag eftersom det idag är två boende i bostaden.

Tabell 4.2 Sammanställning av energianvändning

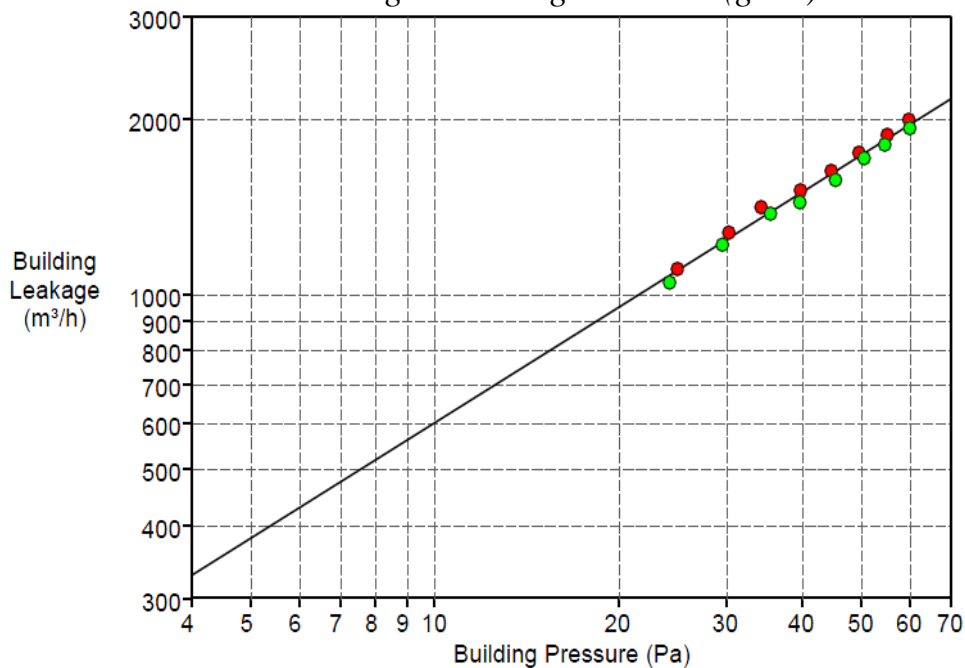
Parametrar för VIP	
Varmvatten	1,43 W/m ²
Hushållsel	3,21 W/m ²
Personvärme	0,94W/m ²

4.1.9 Täthetsprovning

För att se hur tätt referenshuset är gjordes en täthetsprovning med en *Blowerdoor*. Resultatet från täthetsprovningen visas i en rad diagram. Diagrammen beskriver olika flöden vid olika tryckfall vid över- och undertryck.

Huset påverkades först av ett övertryck. Fläkten tryckte då in luft i huset. För att få fram det mest verklighetstrognaste värdet på hur huset var, tätades alla ventilationsdon. Det flöde som då strömmar symboliserar luftläckaget.

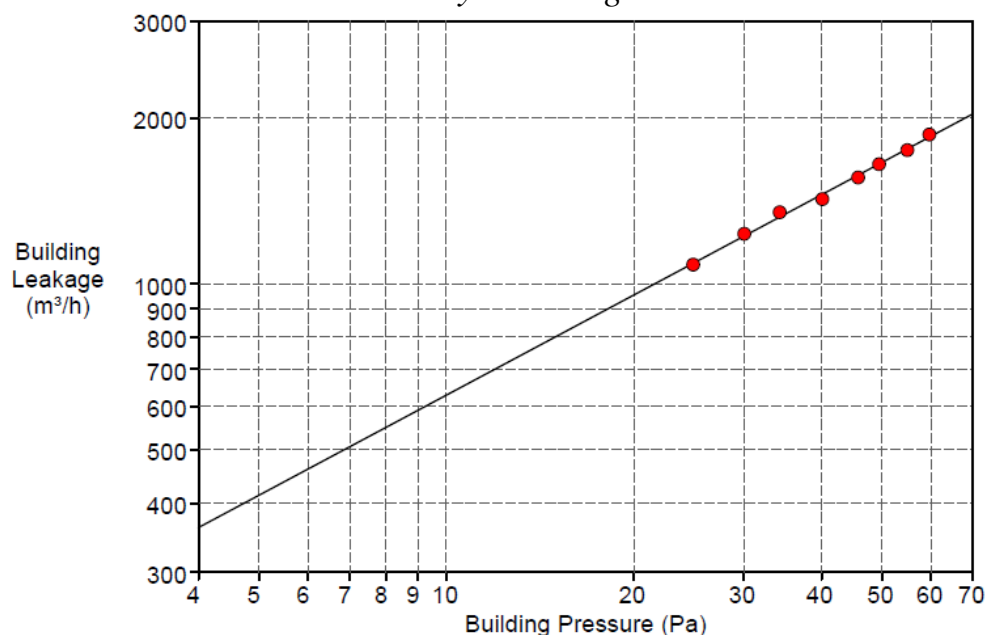
Fall 1: Övertryck med tätning av ventilationsdon etc. (röd) jämfört med ytterligare tätning av kamin (grön)



En extra tätning av kaminen visade att huset läckte kring den. Den hade blivit tätare om denna anslutning åtgärdats.

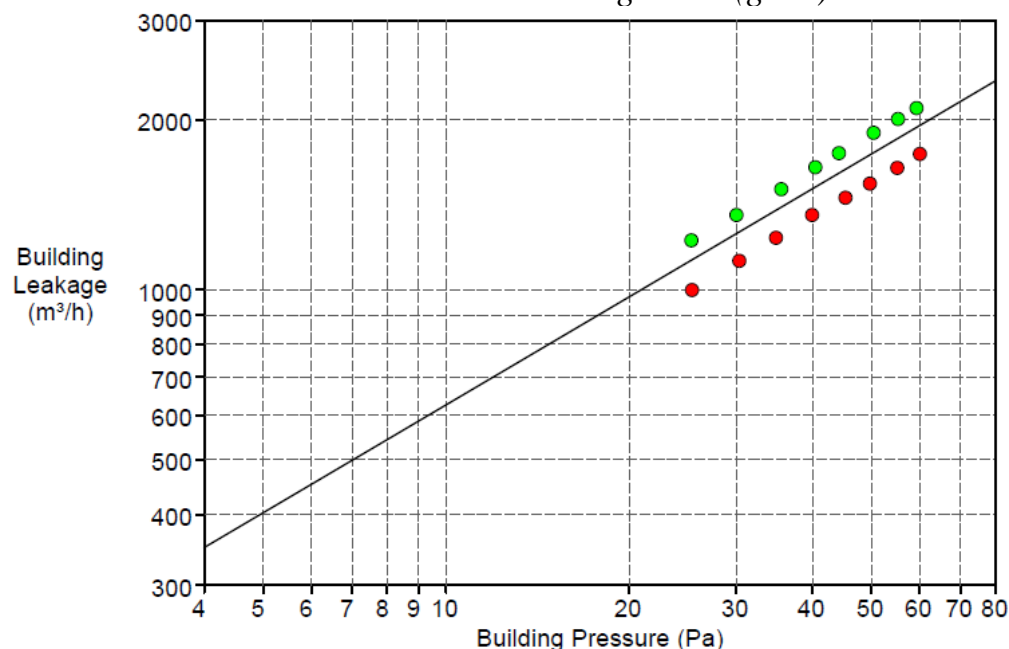
Sedan påverkades byggnaden av ett undertryck. Detta genom att vända på fläkten och suga ut luft. Runt otätheter kunde ett drag kännas. Även i detta fall tätades alla ventilationsdon.

Fall 2: Undertryck tätning av ventilationsdon etc.



Därefter utfördes en mätning med extra tätning av kaminen, med ett undertryck i huset, för att se hur det hade varit om denna inte funnits. Till slut undersöktes huset utan någon tätning alls.

Fall 3: Undertryck tätning av ventilationsdon etc. & kamin (röd) jämfört med huset utan tätning test 1 (grön)



För att kunna beräkna husets otäthet d.v.s. dess luftläckage beräknades ett medelvärde när huset påverkades av över- och undertryck. Fallen ”tätning av ventilationsdon etc.” blev det aktuella fallet för vidare beräkningar, se tabell 4.3.

Tabell 4.3 Beräkning av husets luftläckage i nuläget

($T_{ute}=6^{\circ}\text{C}$)

	Övertryck	Undertryck
	Tätning av ventilationsdon etc.	Tätning av ventilationsdon etc.
Luftläckage vid 50 Pa (m^3/h)	1775	1660
Luftläckage vid 50 Pa (l/s)	493,06	461,11
Omslutningsarea (m^2)	484,5	484,5
Otätthetsfaktor vid 50 Pa: (l/s, m^2)	1,02	0,95

Medelvärde av otätthetsfaktorn: 0,98

Efter täthetsprovningen i byggnaden visas att luftläckagen mättes upp till 0,98 l/s, m^2 , detta är byggnadens otätthetsfaktor som användes i vidare energiberäkningar.

Tätheten på ett nybyggt passivhus ska ligga på 0,3 l/s, m^2 detta är klart mindre än hur tätt referenshuset är. [62]

Om huset inte hade haft en kamin installerad visas att luftläckaget är ungefär samma, se tabell 4.4. Detta innebär att installationen av kaminen inte gjort att huset läcker ut mycket värme.

Tabell 4.4 Beräkning av husets luftläckage om ingen kamin funnits.

($T_{ute}=6^{\circ}\text{C}$)

	Övertryck	Undertryck
	Tätning av kamin	Tätning av kamin
Luftläckage vid 50 Pa (m^3/h)	1743	1549
Luftläckage vid 50 Pa (l/s)	484,2	430,3
Omslutningsarea (m^2)	484,5	484,5
Otätthetsfaktor vid 50 Pa: (l/s, m^2)	1,0	0,89

Medelvärde av otätthetsfaktorn: 0,95

Vid en täthetsprovning ska vindstyrkan bedömas. När denna provning utfördes var det vindstill.

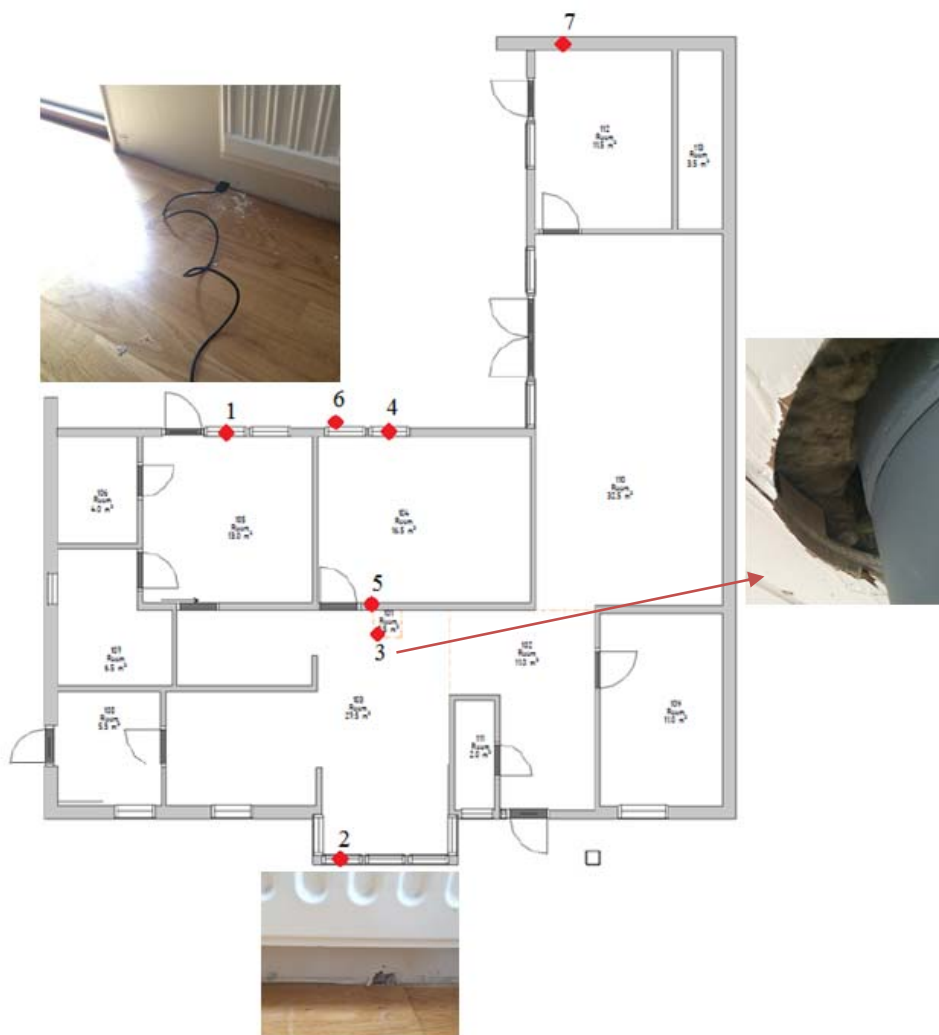
4.1.10 Fuktmätning

För att se om husets syll och ett par övriga trämaterial innehöll fukt utfördes en fuktkvotsmätning från insidan. Resultatet visas i tabell 4.5. Syllen åt alla olika väderstreck kontrollerades inifrån med en fuktkvotsmätare. Den hade två stift som trycktes in i träbiten som kontrollerades, se figur 4.12. Resultatet visades sedan med en fuktkvot i procent. Fuktkvoten beskriver mängden vatten i kilogram genom mängden torrt material i kilogram. Mätaren hade tre lampor som indikerade om fuktkvoten var bra eller dålig.



Figur 4.12 Fuktkvotsmätare

Mätningar utfördes på sju olika platser i huset. Kritiska punkter åt norr granskades, installation kring kamin och väggar åt söder, se figur 4.13.



Figur 4.13 Planritning med punkterna fuktkvotsmätning skett på.

I tabell 4.5 nedan visas resultatet från punkterna i figur 4.13.

Tabell 4.5 Resultat från fuktkvotsmätning

Punkt	Notering	Fuktkvot (-)
1	Syll åt SV	13,4
2	Syll åt NO	10,8
3	Glespanel i tak vid kamin	8,9
4	Regel under fönster	9,8
5	Innervägg bakom kamin	13,6
6	Stående träpanel på utsidan	11,0
7	Syll åt SV	10,8

Mätningen i husets syll skedde på insida ovankant, detta är det torraste stället på en syll. På utsida underkant kan det därför vara fuktigare. Det kan därför finnas risk för problem med husets syllar. När fuktkvoten på ytan av virket överstiger 18 % är den för hög och problem uppstår. En bit in i virket bör den inte överstiga 16 %. [34]

Den otäcka lukten i huset kvarstår. Detta kan bero på att mögel eventuellt bildades i samband med vattenläckan vid innerväggen mot sovrum 104. Resultatet av fuktkvotmätningen, enligt tabell 4.5, visar att denna vägg fick ett utav de högsta värdena. Trots detta anses den inte längre vara fuktig. Detta kan bero på att kaminen intill väggen hjälpt till att torka ut fukten. Om mögel uppstått försvinner inte detta från reglarna trots att virket torkat ut.

I resultatet kan ses att syllen i ytterväggen, punkt 1 enligt figur 4.13, belägen åt sydväst, har fuktkvoten 13,4 %, ett av de högsta uppmätta värdena. Detta värde är inte högre än tolererat.

I rum 108, tvättstugan, finns mögelfläckar på ytskiktet i taket. Detta kan vara en orsak till att det luktar mögel i huset. Även om fläckarna är små, kan dessa påverka. Rummet har en fläkt i taket som varit avstängd under en längre tid. För att åtgärda problemet bör ytskikten saneras och därefter ska fläkten användas regelbundet efter användning av fuktbelastande aktivitet.

4.1.11 Fuktberäkning

En fuktberäkning gjordes på husets yttervägg med tegelfasad och takkonstruktion. Detta eftersom en grundlig undersökning behövde göras för huset i nuläget. Dessa beräkningar visar om huset har riskkonstruktioner och om risk för kondens finns. Eftersom den största risken för kondens är under de kallaste månaderna på året utfördes beräkningen medeltemperatur och ånghalt för januari i Sturup. Sturup valdes eftersom den var närmst belägna ort. [44]

$$T_{ute} = -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$v_{ute} = 4,3 \text{ g/m}^3$$

För beräkning av ånghalt inne antogs ett fukttillskott på 3 g/m^3 . [44]
Resultatet från beräkningen av yttervägg med tegelfasad visas i tabell 4.6. Den plastbehandlade gipsskivan betraktades som ett uppdelat material med en plastbehandling och en gipsskiva. Ånggenomgångsmotståndet, Z , för plastbehandlingen uppskattades till 5000 s/m .

Denna beräkning utfördes under stationära förhållanden och detta medför att resultatet kan variera beroende på skillnader i temperatur och relativ fuktighet. Det medför också att det inte kommer kunna tas hänsyn till de olika materialens värme- eller fuktkapacitet. En genomsnittlig värmekonduktivitet beräknades för alla blandade skikt.

Tabell 4.6 Beräkning av fuktrisker i ytterväggskonstruktion

Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (-)
Utsida			0,13	0,9	-0,5	4,67				4,30	92%
Lockpanel	0,022	-	0	0,0	0,4	4,98		0	0	4,30	86%
Spikiäkt + Luft	0,045	-	0	0,0	0,4	4,98		0	0	4,30	86%
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,3	1,7	0,4	4,98	-	5000	0,00	4,30	86%
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,6	17,5	2,1	5,60	2,00E-05	6000	0,01	4,30	77%
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0	0,1	19,6	16,98	-	3000000	2,98	4,31	25%
Gips	0,013	0,22	0,1	0,4	19,7	16,98	-	6000	0,01	7,29	43%
Insida			0,13	0,9	20,1	17,38				7,30	42%
Summa:			3,13	21,5		18,32		3017000	3,00		40%

Den relativa fuktigheten var relativt hög på de stående reglarna i väggen, 77 %. Eftersom den relativa fuktigheten var högre än det kritiska värdet på 75 % finns det en risk för mögel om temperaturen i detta skikt samtidigt är högt. Eftersom den relativa fuktigheten inte når 100 % finns inte risk för kondens i ytterväggarna. Om det skulle bli kallare kan risken för kondens finnas.

Enligt samma princip beräknades risken för kondens i taket. I tabell 4.7 visas resultatet. Denna beräkning utfördes under stationära förhållanden och detta medför att resultatet kan variera beroende på skillnader i temperatur och relativ fuktighet. Det medför också att det inte kommer kunna tas hänsyn till de olika materialens värme- eller fuktkapacitet. En genomsnittlig värmekonduktivitet beräknades för alla blandade skikt.

Tabell 4.7 Beräkning av fuktrisker i takkonstruktion

Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (-)
Utsida					-0,5	4,67				4,30	92%
Takpapp	0,005	-	0	0,0	-0,3	4,86	0	0	0	4,30	88%
Underlagspapp	0,005	-	0	0,0	-0,3	4,86	0	0	0	4,30	88%
Plywood	0,016	-	0	0,0	-0,3	4,86	0	0	0	4,30	88%
Luftspalt	0,030	-	0	0,0	-0,3	4,86	0	0	0	4,30	88%
Mineralull + Reglar	0,180	0,042	4,3	17,5	17,2	14,65	2,00E-05	9000	0,01	4,31	29%
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,8	3,1	20,3	17,49	2,26E-05	1238	0,00	4,31	25%
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0	0,1	20,3	17,49	-	3000000	2,98	7,29	42%
Gips	0,013	0,22	0,06	0,2	20,6	17,79	-	6000	0,01	7,30	41%
Insida			0,1	0,4	21,0	18,32			0	7,30	40%
Summa:			5,25	21,5				3016238,1			

Eftersom luftspalten, som tidigare nämnts, betraktas som väl ventilerad sätts alla motstånd utifrån och in till luftspalten till noll.

Ur fuktsynpunkt är väggarna lite bättre än taket, men resultatet är i stort sätt samma. Det kritiska värdet på den relativa fuktigheten överstigs och om konstruktionen samtidigt är varm kan det finnas risk för mögel.

Eftersom den relativa fuktigheten inte når 100 % finns inte risk för kondens i ytterväggarna. Om det skulle bli kallare kan risken för kondens finnas.

4.2 Undersökning av typhus i Löddesnäsområdet

En undersökning gjordes eftersom det finns flera likadana hus i området. Detta gav en bra bild över problemen som upptäcktes med dessa hus och vad de boende gjorde för att åtgärda dessa.

Inför denna undersökning togs grundförutsättningarna och vanliga problem för husen i området fram. En rad frågor framställdes och användes som underlag vid intervjuer i området. 14 av de 22 husen i området svarade på frågorna. Under tiden fördes anteckningar som sammanställdes i tabell 4.8.

Tabell 4.8 Resultatet från intervjuer på Holländarehusvägen, Bjärred.

Åtgärder:	Husnummer:													
	1	3	5	7	11	12	14	19	21	28	30	32	36	38
Byte av fasadtegel	X	X			X	X							X	
Fönsterbyte	X	X	X	X	/	X	X	X	X	X	X	X	/	X
Dörrbyte		X	X	X			X				X			
Byte av syll	X			X		X	X	X	X		/			X
Ny takpapp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Luftvärmepump				X			X	X	X	X	X	X	X	X
Eluppvärmda golv	/	X		/			X			/	X			
Öppen spis	X	X	X		X		X						X	
Oljeradiatorer			X			X				X				
Installerad aktiv ventilation				X		X			X	X	X		X	
Upplevt mögel eller fuktproblem			X			X	X	X				X		X
Solskydd (markiser)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Upplevt komfortproblem (kyla)			X	X			X							

X Bytt

/ Delvis bytt

En analys av resultatet gjordes. Resultatet sammanställdes med utgångspunkt från upplevt fukt- eller mögelproblem. Resultatet delades upp i två grupper, de som upplevde problem och de som inte upplevde problem. Resultatet från intervjuerna visas i diagram 4.5.

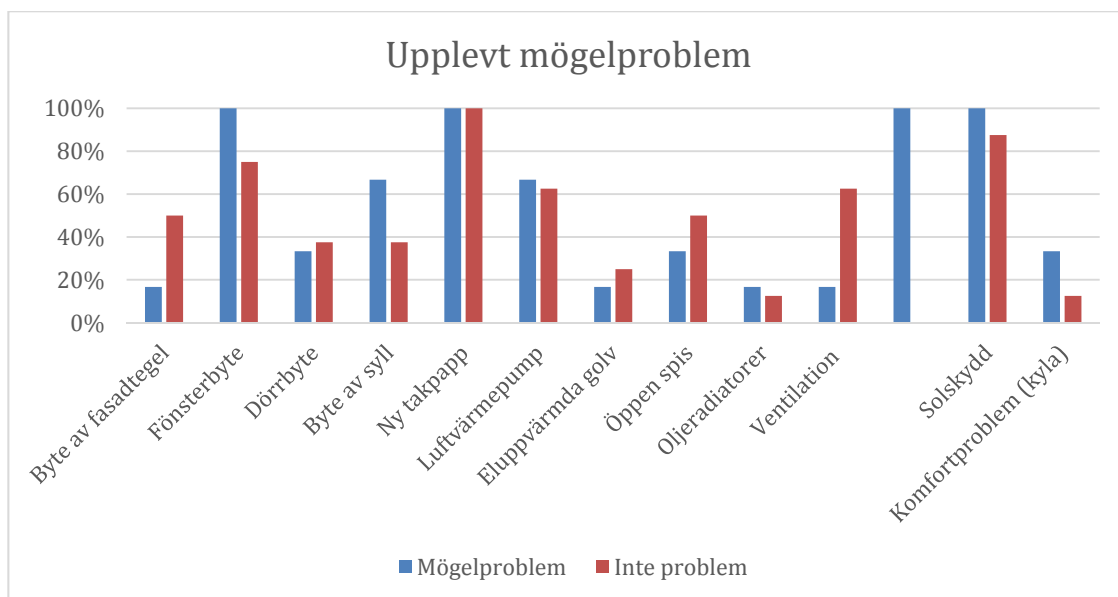


Diagram 4.5 Analys av resultatet från undersökningen på Holländarehusvägen.

Av de som upplevde eller har upplevt mögelproblem har ca 70 % bytt syll. Det fanns alltså en stark koppling mellan byte av syll och ett upplevt mögelproblem. Många hade tidigare haft problem med syll och fått detta åtgärdat. Det hade även varit boende som bytt syll i förebyggande syfte. En del av husen hade, förutom med syll, haft andra problem med grunden. Dessa problem hade varit mitt under plattan som orsakat fukt och mögelproblem under golvmaterialen.

Syllen på en del av husen hade bytts av *Byggskadeteknik AB* i Helsingborg. Enligt Jan Broberg¹, *Byggskadeteknik AB*, byttes syll på dessa hus genom att 8,5 cm gips på nedre delen av väggen togs bort inifrån. Den gamla syll sågades ut och en ny sattes på plats med plastdistanser mellan betongen och träet. Plastdistanserna fungerar som syllisolering. Detta kostade ungefär 1500kr löpmetern. ROT-avdrag kan utnyttjas vid detta arbete.

Det ursprungliga huset var av typen självdragshus, dessa hade alltså ingen mekanisk ventilation. Det var många som hade valt att sätta in någon form av ventilation. Att sätta in en aktiv ventilation gör stor skillnad för husets inomhusklimat. Av de som inte upplevde problem hade ca 60 % bytt till en aktiv ventilation. När en aktiv ventilation sätts in får luften en bättre cirkulation och risken för problem minimeras.

De flesta upplevde inte några komfortproblem. Detta kunde bero på att många gjort kompletterande åtgärder genom att sätta in en luftvärmepump eller en

¹ Jan Broberg, *Byggskadeteknik AB*, intervju den 23 mars 2015

braskamin. För de som hade problem med kyla kunde ett samband ses med de som hade mögelproblem. Eftersom fukten torkar ut när huset är varmt gör det att risken för problem blir mindre.

När husen byggdes upptäcktes snart att teglet var av bristfällig kvalitet. Detta resulterade i att teglets yttre skikt började falla sönder mer och mer efter varje vinter som gick, se figur 4.14. Istället för att entreprenören åtgärdade problemet fick de boende i området ett parti nytt tegel samt en summa pengar för att byta detta själva. Det har varit få som gjort det.



Figur 4.14 Tegel som flisar sig pga. frostsador, Holländarehusvägen 5.

I denna undersökning kunde det konstateras att alla hus har bytt fönster helt eller delvis. Fönsterbyte gör stor skillnad på dessa hus energianvändning eftersom de har många fönster. Ett fönsterbyte gör att huset blir tätare än vad det var från början.

Dörrbyte var inte lika vanlig åtgärd som fönsterbyte troligtvis eftersom originaldörrarna fortfarande är relativt täta med dagens mått mätt.

Alla husen hade lagt på en ny takpapp. Detta eftersom takpappen blir dålig genom åren och börjar läcka. Livslängden på en vanlig takpapp är 20 år och det är därför tid att byta den på dessa hus [45]. I figur 4.15 visas takpappen på Holländarehusvägen 1, 3 och 5. Alla tre husen hade bytt sin takpapp.



Figur 4.15 Ny takpapp på Holländarehusvägen 5, 3 och 1

Husen byggdes med elradiatorer. Många hade nog bytt dessa till oljeradiatorer men när intervjuerna gjordes hade de boende kanske inte riktigt tänkt på denna förändring. Oljeradiatorerna värms fortfarande upp med direktverkande el.

Alla hade solskydd på sina hus utom ett. När vi pratade med ägarna till huset förklarade de att det blev väldigt varmt där inne på sommaren.

Under intervjuerna fanns det många spekulationer från de boende. De som hade bott i området sedan det var nytt hade mycket att berätta om problemen som uppkom efter bygget. De som tidigare hade haft problem med grunden berättade att husen står på sand istället för grovt grus. Detta gör att vatten sugts upp istället för att dräneras bort från konstruktionen. Vid byggnationen sprutades den platsgjutna betongen ut på ett skikt med lättklinker, lecakulor. Dessa lecakulor spreds ut och resulterade i ett ojämnt lager som kunde ha varit en bidragande orsak till fuktproblemen.

Ett ojämnt lager kan göra att betongen blir kallare och att den kapillärbrytande funktionen blir nedsatt. [44]

Felanalys av intervjuer på Holländarehusvägen:

Eftersom en fråga kan tolkas på flera olika sätt kan detta leda till missvisande resultat. Slutsatser från resultatet av intervjuerna måste därför tolkas med försiktighet. De boende fick frågan om de hade bytt värmesystem, när svaret blev nej kan de ha glömt att de satt in nya oljeradiatorer fortfarande kopplade till direktverkande el istället för de gamla elradiatorerna. Detta kan gjort att resultatet blivit missvisande.

5 Förslag på åtgärder

Baserat på undersökningen i området och litteraturstudien togs en rad förslag till förbättringar fram för referenshuset.

En av de bästa åtgärderna som kan göras på ett äldre hus är att byta till mer energieffektiva fönster. Den största delen av ett hus energiförluster är genom fönster och dörrar.

Förbättringar av ett hus kan bli påkostade. I denna studie togs rimliga och passande lösningar fram. Alla lösningar var bygglovspliktiga och hade chans till ett beviljat bygglov enligt Luis Sanchez², Lomma Kommun. Om en renovering blir aktuell måste bygglov alltid sökas innan påbörjan.

Lösningförslagen var:

- Kontrollera reglarna i kritisk innervägg
- Kontrollera husets syll och eventuellt dränera
- Installation av fuktstyrd ventilationsfläkt RF
- Stenläggning av rabatter på framsidan
- Tilläggsisolering av husets baksida
- Tilläggsisolering av taket
- Installation av nytt värmesystem
- Solenergi

² Luis Sanchez, *Lomma Kommun*, intervju den 31 mars 2015

Kontrollera reglarna i kritisk innervägg:

Huset har mögelproblem och doften känns. De stående reglarna bakom kaminen kan vara orsaken till detta eftersom denna vägg blev utsatt för stora vattenmängder vid vattenläckan i anslutningen av kaminen, se figur 5.1. Fuktkvotsmätaren visade att det inte fanns mycket vatten i konstruktionen men mögel kan trots detta sitta på reglarna. Enda sättet att kontrollera detta är genom att ta ner gipsen och ta mögelprov på reglarna. Om reglarna har mögelpåväxt måste dessa bytas ut.



Figur 5.1 Plan som visar vilken innervägg som kan vara kritisk

Kontrollera husets syll och eventuellt dränera:

En fuktkvotsmätning utfördes i huset. Denna visade att det kan vara problem med husets syllar. En fuktexpert bör därför kontaktas för att ta prover på syll-
en i ytterväggarna. Om syll-
en visar sig vara dålig ska denna bytas ut. För-
slagsvis kan *Byggskadeteknik AB* kontaktas.

Problem i syll-
en kan delvis vara pga. dålig dränering runt huset. Det är viktigt att dränera om detta skulle visa sig vara orsaken till fuktproblem i syll-
en.

Installation av fuktstyrd ventilationsfläkt RF:

I husets våtutrymmen hade det varit fördelaktigt om en fuktstyrd ventilations-
fläkt beroende på relativ fuktighet, RF, installeras. Detta då den befintliga ven-
tilationen inte går igång när den relativa fuktigheten är hög.

Stenläggning av rabatter på framsidan:

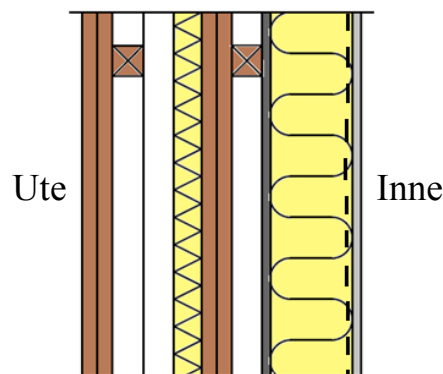
Rabatter intill husväggen gör att vatten hålls kvar istället för att dräneras bort från huset, detta kan ge ökad risk för fuktproblem i grunden. En lämplig åtgärd hade kunnat vara att ta bort den intilliggande rabatten på husets framsida. Därefter lägga marksten och skapa en korrekt lutning bort från huset.

Tilläggsisolering av husets baksida:

Eftersom husets baksida har lockpanel är detta ett lätt ytskikt att eventuellt plocka ner för att kunna tilläggsisolera. Väggen ska därefter anslutas till taket och väggutsprången på husets gavlar. För denna studie plockades två alternativ fram och analyserades.

Alternativ 1: Utanpå befintlig vägg

Den befintliga väggen behålls som den är. Därefter sätts en ny fasadskiva på. Beräkningar gjordes på fasadskivor med tjocklekarna 30 respektive 50mm. Därefter placeras en luftspalt och en spikläkt där lockpanelen ska fästas för att husets karaktär ska bibehållas, se figur nedan.



YV2: Alternativ 1

22	Stående furupanel
45	Spikläkt c/c 600 + Luft
45	Luftspalt c/c 600
30/50	Fasadskiva
22	Stående furupanel
45	Spikläkt c/c 600 + Luft
12	Asfaltsboard
120	Mineralull + Reglar c/c 600
15	Plastfolierad gips

U-värde för 30: 0,191 W/m²K

U-värde för 50: 0,169 W/m²K

Beräkningen för åtgärdens U-värde redovisas i rapportens bilagor. Dessa U-värde är bättre än vad väggen hade från början dock ligger rekommenderat U-värde för en yttervägg efter en ombyggnad på 0,13 W/m²K enligt BeBo. [58]

Installation av nytt värmesystem:

För att bättre komfort ska uppnås i huset undersöktes ett alternativt uppvärmningssätt. Här analyseras två olika alternativ.

Alternativ 1: Luftburen värmepump.

En luftburen värmepump, även kallad luft-luft värmepump, sätts in med ett aggregat vanligtvis placerad ovanför ytterdörren. Detta för att förhindra att den kalla luften som kommer in när dörren öppnas ska spridas.

En Fujitsu 18 LF beräknades för huset, se figur 5.2. Den har stor kapacitet och förmågan att värme upp stora ytor. Den känner förutsättningarna i rummet och anpassar luftflödet efter det. Pumpen har luftfilter som renar utomhusluften från oönskade partiklar och lukter. Elförbrukningen minskas och tillfälliga sänkningar elimineras när ekonomiläget slås på. [46]



Figur 5.2 Fujitsu 18 LF, [46]

För referenshuset hade den optimala platsen att placera denna luftvärmepump varit ovanför ytterdörren. Eftersom husets öppna planlösning hade bidragit till att alla rum får värme från pumpen.

Alternativ 2: Frånluftsvärmepump

Skillnaden mellan en luftburen värmepump och en frånluftsvärmepump är att frånluften kan styras med en aktiv ventilation. Värme från avluftskanalerna kan i detta system återvinnas i värmepumpen. Vilket bidrar till ett jämnare inomhusklimat. För referenshuset har NIBE F750 räknats med.



Figur 5.3 Nibe F750 [30]

Solenergi:

Att få energi från solen är både bra ur miljö- och energisynpunkt. För referenshuset togs en kombination av solceller och solfångare fram.

Solcellspaketet *kraftverket* från Krafringen hade täckt 81 % av husets värmebehov, se tabell 4.1.

Tabell 5.1 Solcellspaket från Krafringen [21]

Solcellspaket				
Anläggningstyp	Lilla Solen	Stora Solen	Hela Hemmet	Kraftverket
Effekt	3 kWp	4,5 kWp	6 kWp	7,5 kWp
Ungefärlig yta	20 kvm	30 kvm	40 kvm	50 kvm
Produktion	2 850 kWh/år	4 300 kWh/år	5 700 kWh/år	7 125 kWh/år
Andel av hushållsel för en normalvilla på årsbasis	60 %	85 %	120 %	150 %
CO ₂ -reducering per år (baserat på residualmix)	873 kg/år	1 310 kg/år	1 745 kg/år	2 182 kg/år
Estimerad CO ₂ -reducering under livstid (30-35 år)	26-30 ton CO ₂	39-46 ton CO ₂	52-61 ton CO ₂	62-76 ton CO ₂
Effektgaranti från tillverkaren	25 år	25 år	25 år	25 år
Pris inkl. moms	78 500 kr	112 500 kr	147 000 kr	184 000 kr

Detta projekt simulerades med solfångare ST1 från Solar Teknik. Denna solfångare har 30 vakuumrör och en effekt på 1910 kWh. [47]

Solfångare kan bara täcka hälften av det årliga varmvattenbehovet för en familj. Eftersom husets varmvattenbehov låg på 8,79 kWh/m²,år kan bara 4,40 kWh/m², år tillgodoses. Det solfångarsystem som användes är 4,5 m² och ansluts till varmvattenberedaren. Att investera i solfångare när varmvattenberedaren ska bytas kan vara en god idé. [48]

6 Analys av åtgärder

I detta kapitel kommer åtgärderna som tidigare nämnts analyseras både ur energi- och fuktsynpunkt. Energianvändningen beräknas för de olika fallen och jämförs med utgångsläget.

Energibehovet beräknades för det befintliga huset med hjälp av energiberäkningsprogrammet *VIP-Energy*. Det behövdes först göras en del antaganden innan detta kunde påbörjas:

- Vid beräkningarna av hushållselen har avläsningar gjorts från el- och kallvattenräkningar. Ett antagande på 40 % av kallvattnet blir varmvatten gjordes, detta enligt Helena Bülow-Hübe.
- Vid energiberäkningarna har hänsyn inte tagits till ångspärren. Eftersom denna bidrar till så ett litet motstånd att den inte spelar någon roll.
- För att få ett så verklighetstroget resultat som möjligt användes resultat från HEAT, mätningar och analysen av räkningar.

En mängdning av husets ytor utfördes och husets energibehov blev 111,4 kWh/m², år, se tabell 6.1. Detta är ett relativt högt värde om jämfört med kravet på ett nybyggt hus, 50 kWh/m², år. [16]

Byte av fönster:

En simulering av ett fönsterbyte gjordes i VIP-Energy, resultatet visas i tabell 6.1. För denna åtgärd jämförs utgångsläget med hur energianvändningen hade varit om originalfönstren behållits. Detta för att se hur mycket ett fönsterbyte hade sparat i energi. Övriga åtgärder utgår från att förbättra den nuvarande energianvändningen, utgångsläge Elitfönster.

Tabell 6.1 Husets energibehov efter ett fönsterbyte

	Fönster	
	Originalfönster	Utgångsläge: Elit fönster
Specifik energianvändning kWh/m ² ,år:	119	88
Sparar kWh/m ² ,år:	0	30,9
Sparar kWh/år:	0	5255

Resultatet visar att ett fönsterbyte sparar ca 30 kWh/m²,år på dessa hus eftersom de har en stor total fönsteryta, vilket motsvarar en besparing på ca 26 %.

Att byta fönster är relativt riskfritt ur fuktsynpunkt så länge de byggs in på ett korrekt sätt. Fönstren är betydligt bättre idag ur energisynpunkt och gör bostaden mer lufttät. Detta påverkar inomhusklimatet om självdragssystemet inte klarar av att ventiler tillräckligt. Ventiler eller liknande typ av ventilationsmöjlighet är en viktig del av en korrekt fungerande självdragsventilation om de naturliga otätheterna borttagits. Ett fönsterbyte där ventiler tagits bort kan påverka huset på ett negativt sätt genom att hindra den friska uteluften från att komma in.

Det finns en risk för att luften hittar en annan väg in i byggnaden, exempelvis genom grunden eller ytterväggen. Denna luft kan föra med sig en unken lukt som inte behöver bero på mögel. En sämre ventilation kan medföra att risken för fuktproblem ökar. [56] Referenshuset har en köksfläkt som kan ge ett bakdrag i t ex badrum där uteluftsventiler placerats. [57]

Referenshuset har i nuläget ett luftläckage på 0,98 l/s, m². Genom dessa otätheter ges ett tillflöde av luft. Referenshuset har även möjlighet att ventileras genom att öppna fönster och sätta dessa i ett ”spärrläge”. Detta ”spärrläge” ger en liten öppning genom fönstret och gör att det inte kan öppnas utifrån. Det finns också uteluftsdon genom vilka luft transporteras.

Att fönsterbytet har påverkat inomhusklimatet och bidragit till fuktproblem är inte troligt.

Åtgärderna vi tidigare nämnt har simulerats i VIP-Energy, resultatet av dessa visas i tabell 6.2, 6.5, 6.7.

Tilläggsisolering av vägg:

Att tilläggsisolera väggarna på baksidan hade inte sparat mycket energi, se tabell 6.2.

Tabell 6.2 Husets energibehov efter tilläggsisolering av vägg

Alternativ	Vägg					
	1	1	2	2	2	2
	Tillägg 30	Tillägg 50	Tillägg 45×45	Tillägg 45×95	Tillägg 45×120	Tillägg 45×195
Specifik energianvändning kWh/m ² ,år:	85,8	85,4	85,5	85,1	84,9	84,5
Sparar kWh/m ² ,år:	2,1	2,5	2,3	2,8	3,0	3,4
Sparar kWh/år:	360	422	398	478	508	578

Resultatet visar att alternativ två inte är lönsam om fokus endast ligger på energianvändning. Eftersom den ger ungefär samma energiförbättring som alternativ ett och samtidigt har en mycket mer omfattande renovering.

Om lockpanelen skulle behöva bytas på baksidan av underhållsskäl kan en 30 mm tilläggsisolering göras i samband med detta. Om behov av upprustning finns kan den vara en god idé att genomföra.

Om en tilläggsisolering av väggen utförs bör det funderas på om en utbyggnad av grundsockeln behöver göras. I fallet med tillägg av 30 mm isolering är det tveksamt om detta är nödvändigt.

En fuktberäkning utfördes för alternativ 1 och alternativ 2, se tabell 6.3 och 6.4. Denna beräkning utfördes under stationära förhållanden och detta medför att resultatet kan variera beroende på skillnader i temperatur och relativ fuktighet. Det medför också att det inte kommer kunna tas hänsyn till de olika materialens värme- eller fuktkapacitet. En genomsnittlig värmekonduktivitet beräknades för alla blandade skikt.

Tabell 6.3 Beräkning av fuktrisker vid tilläggsisolering enligt alternativ 1 med en fasadskiva på 30 mm.

Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (-)
Utsida					-0,5	4,67				4,30	92%
			0,13	0,5						0	
Lockpanel	0,022	-	0	0,0	0,0	4,86		0	0	4,30	88%
Spikiäkt + Luft	0,045	-	0	0,0	0,0	4,86		0	0	4,30	88%
Luftspalt	0,045	-	0	0,0	0,0	4,86		0	0	4,30	88%
Fasadskiva	0,03	0,032	0,9	3,8	3,9	6,24	2,00E-05	1500	0,00	4,30	69%
Lockpanel	0,022	0,14	0,2	0,6	4,5	6,80	1,2E-06	19130	0,02	4,32	64%
Spikiäkt + Luft	0,045	0,043	1,0	4,3	8,8	8,88	2,3E-05	1990	0,00	4,32	49%
Asfboard	0,012	0,048	0,3	1,0	9,8	9,47	-	5000	0,00	4,33	46%
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,6	10,4	20,2	17,49	2,00E-05	6000	0,01	4,33	25%
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0	0,1	20,2	17,59	-	3000000	2,96	7,29	41%
Gips	0,013	0,22	0,1	0,2	20,5	17,79	-	6000	0,01	7,30	41%
Insida			0,13	0,5	21,0	18,32				7,30	40%
Summa:			5,28	21,5				3039620	3,00		

Ur fuktsynpunkt är det bra att tilläggsisolera eftersom det innebär att konstruktionen blir varmare och den relativa fuktigheten sjunker. Risk för kondens i de yttre delarna av konstruktionen finns men är inte stor.

Att tilläggsisolera enligt alternativ två skulle vara lite bättre för huset än alternativ ett ur fuktsynpunkt eftersom den relativa fuktigheten i väggen inte blev lika hög, se tabell 6.4.

Tabell 6.4 Beräkning av fuktrisker vid tilläggsisolering enligt alternativ 2 med en isolertjocklek på 195 mm.

Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (-)
Utsida					-0,5	4,67				4,30	92%
		0,13		0,3					0		
Lockpanel	0,022	-	0	0,0	-0,2	4,82			0	4,30	89%
Spikiäkt + Luft	0,045	-	0	0,0	-0,2	4,82			0	4,30	89%
Luftspalt	0,045	-	0	0,0	-0,2	4,82			0	4,30	89%
Fasadskiva	0,05	0,032	1,6	3,8	3,6	6,62	2,00E-05	2500	0,00	4,30	89%
Mineralull + Reglar	0,195	0,047	4,1	10,1	13,7	10,60	2,00E-05	9750	0,01	4,31	41%
Asfaboard	0,012	0,048	0,3	0,6	14,3	11,14	-	5000	0,00	4,32	39%
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,6	6,2	20,5	17,69	2,00E-05	6000	0,01	4,32	24%
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0	0,0	20,5	17,69	-	3000000	2,97	7,29	41%
Gips	0,013	0,22	0,1	0,1	20,7	17,90	-	6000	0,01	7,30	41%
Insida			0,13	0,3	21,0	18,32			0,00	7,30	40%
Summa:			8,85	21,5				3029250	3,00		

Att tilläggsisolera enligt alternativ två är att föredra ur fuktsynpunkt eftersom väggen blir torrare och det kritiska värdet för den relativa fuktigheten inte uppnås.

Tilläggsisolering av tak:

Att tilläggsisolera taket ger inte så stor energibesparing med tanke på omfattningen av renoveringen, se tabell 6.5.

Tabell 6.5 Husets energibehov efter tilläggsisolering av tak

	Tak		
	Tillägg 1 120	Tillägg 1 220	Tillägg 1 340
Specifik energianvändning kWh/m ² ,år:	81,5	80,1	79,1
Sparar kWh/m ² ,år:	6,4	7,7	8,7
Sparar kWh/år:	1086	1314	1484

Om en tilläggsisolering av taket på 340 mm mineralull hade lagts till skulle det sparas 1484 kWh/m²,år.

En fuktanalys av den nya takkonstruktionen gjordes för att se till att en säker konstruktion uppnås, se tabell 6.6.

Denna beräkning utfördes under stationära förhållanden och detta medför att resultatet kan variera beroende på skillnader i temperatur och relativ fuktighet. Det medför också att det inte kommer kunna tas hänsyn till de olika materialens värme- eller fuktkapacitet. En genomsnittlig värmekonduktivitet beräknades för alla blandade skikt.

Det är viktigt att ytskikten på det nya taket är diffusionsöppna. Ånggenomgångsmotståndet, Z , för detta material bör inte vara högre än 20000 s/m, detta enligt Lars Olsson *SP Sveriges Tekniska forskningsinstitut* i Borås. [71]

Tabell 6.6 Beräkning av fuktrisker vid tilläggsisolering av taket med en isolertjocklek på 220 mm.

Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (-)
Utsida					-0,5	4,67				4,30	92%
			0,04	0,1					0		
Takpapp	0,005	0,42	0,0	0,0	-0,4	4,71		20000	0,01	4,30	91%
Underlagspapp	0,005	0,42	0,0	0,0	-0,4	4,71	0	20000	0,01	4,31	92%
Paroc Rob 80	0,03	0,038	0,8	1,3	-0,4	4,71	2,00E-05	1500	0,00	4,32	92%
Mineralull	0,220	0,042	5,2	8,9	1,0	5,87	2,00E-05	11000	0,01	4,32	74%
Takpapp	0,005	0,42	0,0	0,0	9,9	10,02	-	1000000	0,59	4,33	43%
Underlagspapp	0,005	0,42	0,0	0,0	9,9	10,08	-	1000000	0,59	4,92	49%
Plywood	0,016	0,14	0,1	0,2	9,9	10,08	5E-07	32000	0,02	5,51	55%
Luftspalt	0,030	0,026	1,2	2,0	10,1	10,15	2,50E-05	1200	0,00	5,53	54%
Mineralull + Reglar	0,180	0,042	4,3	7,3	12,1	11,35	2,00E-05	9000	0,01	5,53	49%
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,8	1,3	19,4	16,88	2,26E-05	1238	0,00	5,53	33%
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0	0,0	20,7	18,00	-	3000000	1,76	5,53	31%
Gips	0,013	0,22	0,06	0,1	20,7	18,00	-	6000	0,00	7,30	41%
Insida			0,1	0,2	20,8	18,11			0	7,30	40%
Summa			12,60	21,5	21,0	18,32		5101938,1		7,30	40%

Det är viktigt att takets luftspalt tätas. Den relativa fuktigheten ligger under det kritiska värdet och det bör därför inte mögla även om det blir en hög temperatur i konstruktionen. Risk för kondens är inte stor i taket med denna lösning.

Installation av nytt värmesystem:

Luftvärmepump, Fujitsu 18 LF:

Teoretiskt skulle en installation av en luftvärmepump innebära ett sparande av mycket energi och dagens krav på energianvändningen för eluppvärmda hus skulle klaras, se tabell 6.7.

Tabell 6.7 Husets energibehov efter insättning av en luftvärmepump

	Utgångsläge: Elitfönster	Luftvärmepump
U_m	0,319	0,319
U_m -krav enl. BBR	0,4	0,4
Energianvändning (kWh/m ² ,år)	88	30
Energianvändning BBR-krav	50	50
Procent av BBR-krav	176 %	60 %
Värme	88	13
– värme	75	0
– varmvatten inkl. VVC	9	9
– vädringspåslag	4	4
Fastighetsel	0	17
Fläktar	0	0
Pumpar	0	17
Värmepump	0	75
Egen produktion	0	0
Solceller	0	0
Solfångare	0	0

En installation av en värmepump skulle sänka husets energianvändning, med ca 66 %, och till viss del skapa bättre komfort i huset. Det förändrar inte hur stort värmebehov huset har eller hur fuksituationen ser ut i dagsläget.

Resultatet från denna renovering kan diskuteras. Frågan är om pumpen verkligen kommer prestera så bra som den lovar och detta är väldigt svårt att svara på. Vid beräkningar valdes den prestanda som tillverkaren lovat. Nästa fråga är om pumpen kommer prestera likadant efter 5-10 år och detta beror väldigt mycket på typ av pump. Reparationer eller byte av någon del kommer behövas efter en tid och detta gör att den tekniska livslängden blir längre. [49]

Frånluftsvärmepump, Nibe 750:

En insättning av en frånluftsvärmepump kopplad till en vattenburen golvvärme hade gjort att huset klarar dagens krav på energianvändning och U_m -kravet från BBR, se tabell 6.8.

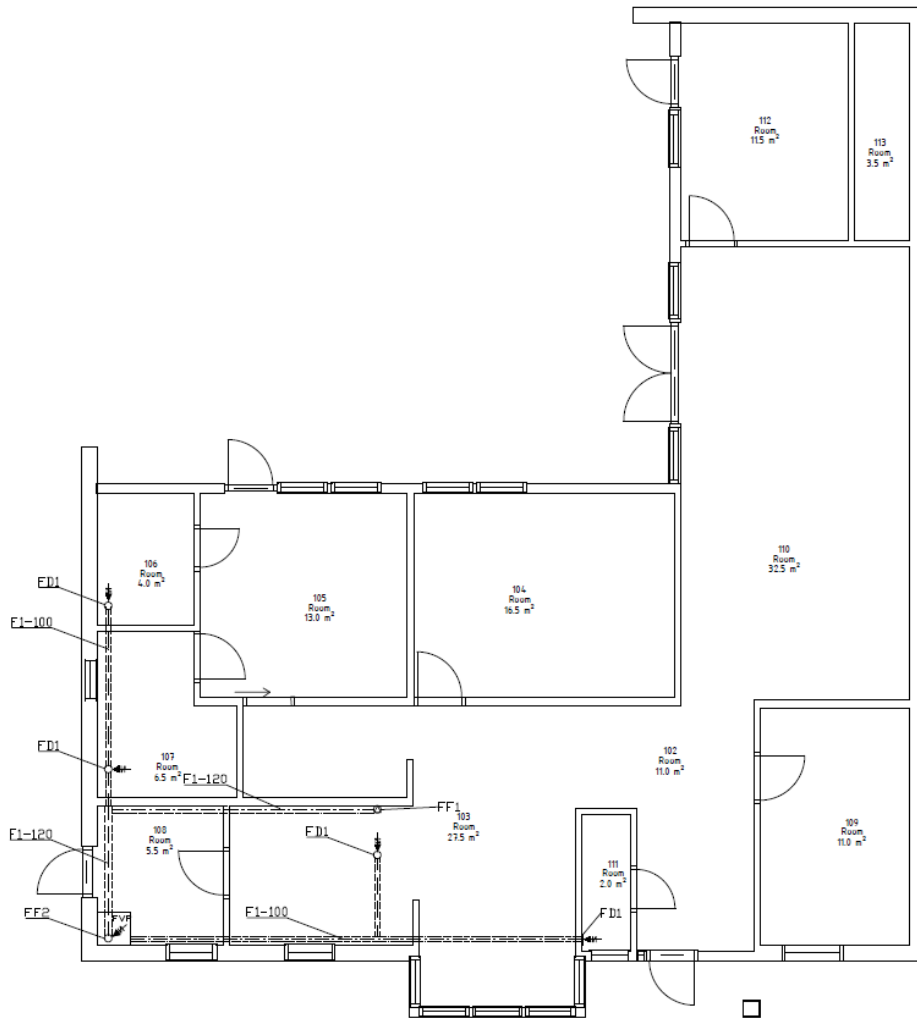
Tabell 6.8 Husets energibehov efter insättning av en frånluftsvärmepump

	Utgångsläge: Elitfönster	FVP Golvvärme
U_m	0,319	0,310
U_m -krav enl. BBR	0,4	0,4
Energianvändning (kWh/m ² ,år)	88	45
Energianvändning BBR-krav	50	80
Procent av BBR-krav	176 %	57 %
Värme	88	9
– värme	75	5
– varmvatten inkl. VVC	9	0
– vädringspåslag	4	4
Fastighetsel	0	36
Fläktar	0	2
Pumpar	0	34
Värmepump	0	0
Egen produktion	0	0
Solceller	0	0
Solfångare	0	0

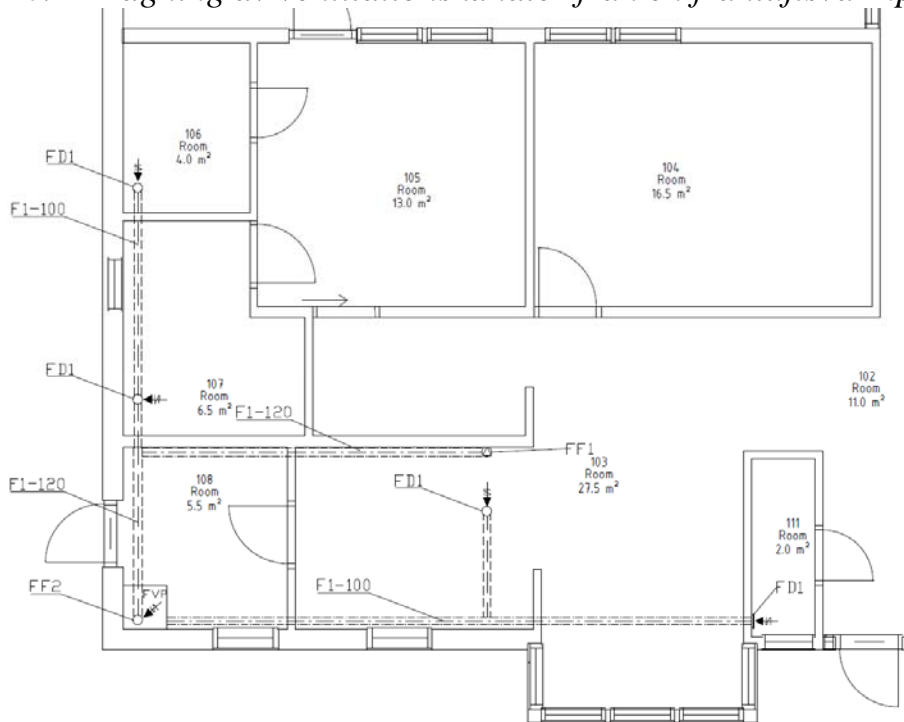
Att sätta in en frånluftsvärmepump kopplad till ett golvvärmesystem hade sänkt energianvändningen med ca 49 %.

Detta är en större installation eftersom det innebär en renovering av hela husets tak och golv. Det skulle innebära stor förbättring av husets komfort. I planen nedan visas hur dragningen av ventilationskanaler förslagsvis skulle kunna gå till pumpen, se figur 6.1 och 6.2.

Eftersom denna renovering innebär att golvet tilläggsisolerats med 50 mm gör detta att grunden blir bättre ur energisynpunkt. Ur fuktsynpunkt är det viktigt att golvvärmesystemet är påslaget under hela året eftersom det kan leda till fukttransport åt fel håll om det slås av.



Figur 6.1 Dragning av ventilationskanaler från en frånluftsvärmpump.



Figur 6.2 Dragning av ventilationskanaler från en frånluftsvärmpump.

Solenergi:

En installation av solceller och solfångare hade gjort att dagens krav för eluppvärmda hus klaras, se tabell 6.9. Energianvändningen hade sänkts ca 55 %. Enligt Luis Sanchez, Lomma Kommun, kommer det troligtvis i framtiden bli krav på solceller eller solfångare vid nybygge. ”Om solcellernas eller solfångarnas yta är dominerande i byggnadens utseende är en sådan åtgärd bygglovspliktig”, Luis Sanchez. För att klara kravet måste det största paketet från Krafringen användas.

Solcellerna från Krafringen projekterades och data från paketet *Kraftverket* användes. Solfångare från *Solar Teknik* användes vid beräkningarna.

Tabell 6.9 Husets energibehov med installation av Kraftverket 50m² och 4,5m² solfångare

	Utgångsläge: Elitfönster	55 kvm sol
U _m	0,319	0,319
U _m -krav enl. BBR	0,4	0,4
Energianvändning (kWh/m ² ,år)	88	40
Energianvändning BBR-krav	50	50
Procent av BBR-krav	176 %	80 %
Värme	88	88
– värme	75	75
– varmvatten inkl. VVC	9	9
– vädringspåslag	4	4
Fastighetsel	0	0
Fläktar	0	0
Pumpar	0	0
Värmepump	0	0
Egen produktion	0	-48
Solceller	0	-42
Solfångare	0	-6

Denna åtgärd hade inte förändrat komforten i huset utan endast var elen och varmvattnet till huset kommer ifrån.

7 Kort ekonomisk analys

I detta kapitel presenteras en kort ekonomisk analys som visar vad de renoveringsåtgärder som analyserats kommer kosta enbart i material. Detta är endast en kort analys och priser gäller endast i nuläget. (2015-05-25)

De renoveringsåtgärder som tidigare analyserats presenteras nu med preliminära materialkostnader och ett spilltal på 10 %.

Byta ut reglarna i kritisk innervägg:

Att byta ut reglarna i innerväggen hade kostat ca 950 kr enligt de priser som Byggmax har i dagsläget.

	Mängd	kr/enhet	kr
Reglar 45·95	29,0 m	10,95	318
95 Mineralull	10,8 m ²	25,90	279
Gipsskiva	4,0 st.	58,85	237
Målarfärg	10,0 L		89
		Summa:	924

Byta ut syllan i huset ytterväggar och eventuellt dränera:

Enligt prisförslag från Byggskadeteknik AB hade det kostat ca 102 300 kr att byta husets syllar. OBS: I detta pris ingår arbetskostnader.

<i>Byggskadeteknik AB, Helsingborg</i>		
Yta (m)	kr/m	kr
68,2	1500	102 300

Dränering av bostaden hade kostat ca 2400-2800 kr per löpmeter. OBS: I detta pris ingår arbetskostnader. [70]

Sätta in fuktstyrd ventilationsfläkt RF:

Att sätta in en fuktstyrd ventilationsfläkt hade kostat ca 1500 kr för alla husets våtutrymmen.

Stenläggning av framsida:

Att få bort vatten från husets grund kan vara väldigt viktigt och kan rädda huset från vidare skador i grunden. Att stenlägga rabatterna på framsidan och få en korrekt lutning bort från huset kostar ca 22 000 kr hos *Framtidsgården* i Landskrona. OBS: I detta pris ingår arbetskostnader.

<i>Framtidsgården, Landskrona</i>		
Yta (m ²)	kr/m ²	kr
27	812,5	21 938

Tilläggsisolering av husets baksida:

Att tilläggsisolera husets baksida kostar för alla material ca 4 700 kr för alternativ 1 och ca 6 800 kr för alternativ 2.

Alternativ 1	Mängd	kr/Enhet	kr
Fasadskiva 30	39,1 m ²	79,32	3 097
45 stående reglar c/c 600	107,4 m	5,95	639
45 liggande reglar	107,4 m	5,95	639
22 Stående furupanel	21,5 m	7,30	157
22 Stående furupanel	21,5 m	7,30	157
		Summa:	4 689

Alternativ 2	Mängd	kr/Enhet	kr
95 Mineralull	36,2 m ²	25,90	936
95 reglar c/c 600	107,4 m	10,95	1 176
50 Fasadskiva	39,1 m ²	79,32	3 097
45 Stående reglar	107,4 m	5,95	639
45 Liggande reglar	107,4 m	5,95	639
22 Stående furupanel	21,5 m	7,30	157
22 Stående furupanel	21,5 m	7,30	157
		Summa:	6 786

Tilläggsisolering av taket:

Att tilläggsisolera taket kostar mer eftersom det berör en större yta och är ett större ingrepp i huset. Materialet för detta kostar ca 90 000 kr. I denna analys har inte Paroc Rob 80 simulerats utan en likvärdig från Isover. Denna är lika stor och är också bärande.

	Mängd	kr/enhet	kr
Takpapp	3 st.	599,00	1 797
Underlagspapp	7 st.	289,00	2 023
Isover Lastskiva 140	174,9 m ²	245,56	42 948
230 Mineralull	174,9 m ²	243,53	42 593
		Summa:	89 362

Installation av nytt värmesystem:

Alternativ 1: Luftburen värmepump.

Luftvärmepumpen, Fujitsu 18 LF kostar 19 990 kr hos *Polarpumpen*.

Alternativ 2: Frånluftsventilation med värmepump

Detta alternativ är mer kostsamt. För uppgifter om kostnaden för en NIBE750 som undersökts kontaktades Björn Lenntoft³ på SINTAB. De säljer och installerar värmepumpar. Enligt Björn kommer kostnaden för installation med rördragning och pump bli 130 000 kr. Renoveringen av golven kommer kosta ytterligare ca 73 000 kr. Den sammanlagda materialkostnaden för denna åtgärd blir ca 203 000 kr.

	Mängd	kr/Enhet	kr
Värmegolv	170,0 m ²		25 500
Träggolv	156,1 m ²	239,00	37 319
Klinker	28,1 m ²	99,95	2 804
Fog	15,0 kg	215,00	215
Primer	28,1 m ²		319
Underlagsfoam	187,0 m ²	7,66	1 432
Isolering	187,0 m ²	27,71	5 182
Rördragning	1,0 st.		25 000
Pump	1,0 st.		105 000
		Summa:	202 770

³ Björn Lenntoft, SINTAB, intervju den 8 april 2015

Solenergi:

Att sätta in solcellspaketet kraftverket från *Kraftringen* i kombination med 4,5m² solfångare från *Solar teknik* kostar ca 200 000 kr. I detta pris ingår inte installation, tank med solslinga/värmeväxlare, rördragning eller rörisolering.

Solceller		m ²	kr
Kraftverket	Kraftringen	50	184 000
Solfångare			
ST1	Solar Teknik	4,5	13 495
		Summa:	197 495

8 Felanalys

I detta kapitel kommer en analys av felkällor att göras. En känslighetsanalys kommer att göras för indatan i VIP-Energy och en analys av våra antaganden kommer att göras.

Vid denna energi- och fuktanalys har en rad olika antaganden gjorts. En kontroll över antagandenas rimlighet genomfördes.

Kontrollerade antaganden:

- Är resultatet från köldbryggeberäkningarna rimliga från HEAT?
- Är analysen av räkningarna rimliga?
- Vad är ett rimligt antagande på ånggenomgångsmotståndet på den plast-folierade gipsen?
- Hur spelar klimatzonen vi väljer in i VIP-Energy?
- Hur spelar tätheten på varje byggnadsdel in i VIP-Energy?

Är resultatet från köldbryggeberäkningarna rimliga från HEAT?

Rimligheten hos resultatet från beräkningarna av köldbryggorna i HEAT undersöktes genom att simulera samma fall som tidigare. Anslutningen grund – yttervägg och tak – yttervägg. Denna rimlighetsanalys gjordes i *Isover Energi 3* och *Unorm*. Resultatet jämförs i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Jämförelse av resultatet från HEAT, Isover Energi och Unorm.

	HEAT	<i>Isover Energi 3</i>	<i>Unorm</i>
Grund (W/K)	8,47	10,23	19,00
Takfot (W/K)	1,46	4,77	2,59

På grund av hur de olika programmen hanterar inmatad, eller uppritad, konstruktion blir resultaten av beräknade köldbryggor olika.

Från tabellen utläses att resultaten av köldbryggorna i grunden med HEAT och *Isover Energi 3* stämmer ganska bra överens. I *Isover Energi 3* tas hänsyn till vilken typ av mark det är under byggnaden, hur tjock isoleringen i väggen är och om det finns någon markisolering. För tjockleken på isoleringen i väggen finns det begränsningar för hur lite isolering som accepteras i beräkningen. Detta kan ge en viss osäkerhet. Eftersom möjligheten inte funnits att undersöka exakt hur kantbalken runt grunden ser ut uppskattades detta i *Unorm* och HEAT. I *Unorm* kan detta ge en stor skillnad för vad beräkningen av köldbryggan blir.

När köldbryggorna för takfoten beräknades blev skillnaden från resultaten mellan HEAT och *Unorm* inte stor. Dessa två program används på lika sätt,

konstruktionsdelarna byggs eller ritas upp. Beräkningen i *Isover Energi 3* visar att skillnaden blev lite större. Detta kan bero på att *Isover Energi 3* använder en mall för att beräkna köldbryggan. I mallen tas den verkliga tjockleken på isoleringen inte med i beräkningen och knutpunkterna är inte konstruerade och jämförbara med de som är inritade i *HEAT*.

Köldbryggorna från *HEAT* bedömdes som de mest verklighetstroga, eftersom programmet har en bättre noggrannhet än övriga. Resultatet från *HEAT* valdes därför i energiberäkningarna.

Är analysen av räkningarna rimliga?

För att kontrollera om de antagande som gjordes var rimliga genomfördes en undersökning om hur graddagarna stämde överens med det uppskattade värdet av köpt värmeenergi. Korrelationen mellan dessa visas i diagram 8.1.

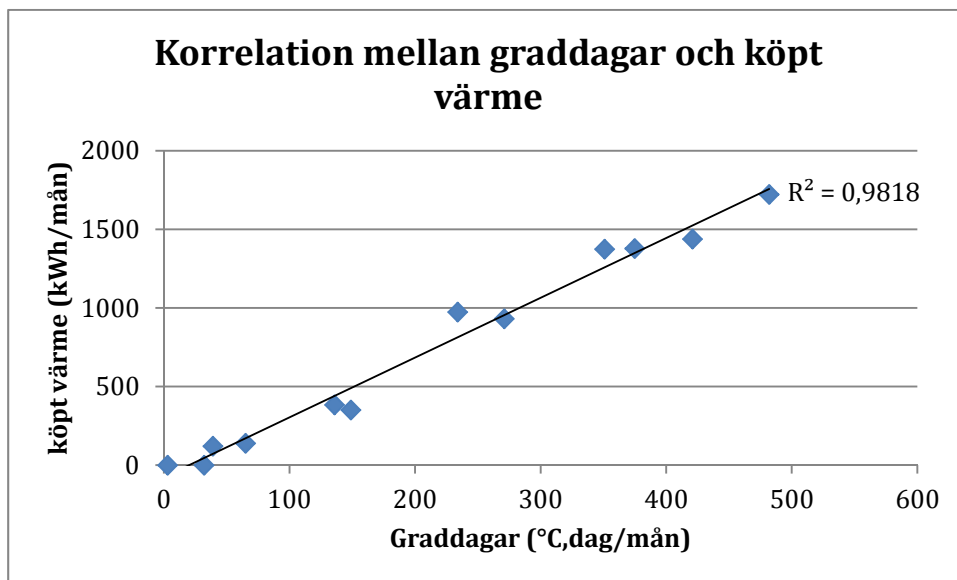


Diagram 8.1 Korrelation mellan graddagar och uppskattad köpt värme

Graddagarnas korrelation med uppskattning av köpt värmeenergi visar att bedömningen stämmer bra överens med behovet för byggnaden (eftersom R^2 värdet ligger nära 1).

Att graddagarna inte skär i origo antyder ett värmetillskott från solen.

Sambandet mellan köpt och beräknad energi analyserades och de stämmer överens. Resultatet visas i diagram 8.2.

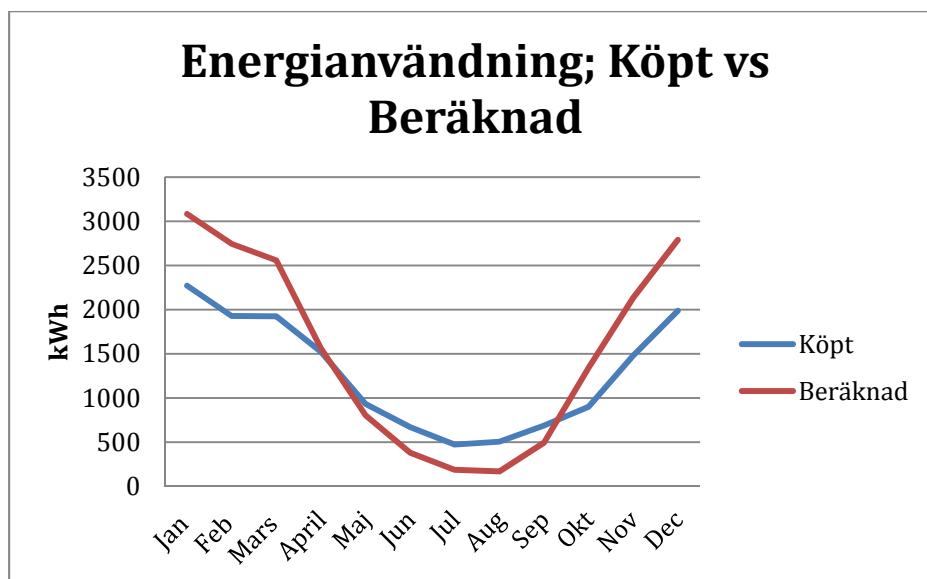


Diagram 8.2 Samband mellan köpt och beräknad energianvändning.

Eftersom den beräknade energin är lägre under sommaren än den köpta kan det innebära att klimatfilen i VIP-Energy haft en högre temperatur än vad det verkligen varit under 2014. Det har alltså köpts mer energi än vad det teoretiskt skulle behövas enligt VIP-Energy.

På vintern visar resultatet tvärtom, här har det köpts mindre energi än vad det teoretiskt skulle behövas enligt VIP-Energy. Husets braskamin kan här vara en bidragande faktor eftersom den inte syns på räkningarna. Tillskott från en braskamin kan inte läggas in i VIP-Energy.

Att energianvändningen är olika för den köpta och den beräknade under året skulle kunna bero på att klimatfilen som VIP-Energy använder är från 1996-2005 och den köpta energin är för 2014. Det bör därför reflekteras över hur årsmedeltemperaturen var 2005 och 2014.

Enligt SMHI låg årsmedeltemperaturen 2005 på 8°C medan den 2014 var 10°C. Eftersom temperaturen stigit kan detta stämma bra överens med att den beräknade energin under vintern är högre än vad det köpta värdet var.

Vad är ett rimligt antagande på ånggenomgångsmotståndet på den plastfolierade gipsen?

Eftersom huset inte har en PE-folie som det byggs med idag utan en behandlad gipsskiva antogs ånggenomgångsmotståndet för denna behandling. När mätningen av fuktkvot utfördes kunde denna plastbehandling granskas. Den var ca 2 mm tjock och kändes gummiaktig i ytan. När en spik går genom ytan bör behandlingen pga. den gummiaktiga ytan täta mot läckage. Eftersom behandlingen inte är tjock i jämförelse med andra material gör inte den stor skillnad på beräkningen. Ånggenomgångsmotståndet för en PE-folie i dagsläget användes eftersom det inte gjorde stor skillnad på beräkningen, värdet är dock högt i förhållande till andra material, och skicket på behandlingen såg bra ut.

Hur spelar klimatzonen in i VIP-Energy?

För att se hur små temperaturskillnader påverkar resultatet i VIP-Energy provades en ny klimatfil. Klimatzonen Växjö provades istället för Malmö. Detta eftersom det var den klimatzonen som låg närmst huset efter Malmö. Husets utgångsläge jämfördes i Malmö och i Växjö, se tabell 8.2.

Tabell 8.2 En jämförelse mellan olika klimatzoner

	Malmö	Växjö
	Utgångsläge: Elitfönster	Utgångsläge: Elitfönster
U_m	0,319	0,319
U_m -krav enl. BBR	0,4	0,4
Energianvändning (kWh/m ² ,år)	88	97
Energianvändning BBR-krav	50	50
Procent av BBR-krav	176 %	194 %
Värme	88	97
– värme	75	84
– varmvatten inkl. VVC	9	9
– vädringspåslag	4	4
Fastighetsel	0	0
Fläktar	0	0
Pumpar	0	0
Värmepump	0	0
Egen produktion	0	0
Solceller	0	0
Solfångare	0	0

Klimatzonen har relativt stor inverkan på resultatet. Desto kallare klimat desto mer energi behövs för uppvärmning. Eftersom Bjärred ligger närmst Malmö är det rimligt för oss att använda klimatzonen Malmö. Årsmedeltemperatur för Malmö och Bjärred har varit samma de senaste åren medan Växjö ligger någon grad under, enligt SMHI.

Hur spelar tätheten på varje byggnadsdel in i VIP-Energy?

En byggnadsdels täthet kan förändra resultatet mycket. För denna studie gjordes en mätning med en *Blowerdoor* för att ett korrekt luftläckage skulle användas för energiberäkningen. En kontroll av resultatet genomfördes för att se om resultatet skulle förändras mycket om ett annat luftläckage simulerades i VIP-Energy. Husets utgångsläge jämfördes med luftläckaget för ett nybyggt passivhus och med ett större luftläckage på 1,2 l/s, m². Ett nybyggt passivhus har ett luftläckage på högst 0,3 l/s, m². [62] Resultatet redovisas i tabell 8.3.

Tabell 8.3 En jämförelse med olika luftläckage

	0,3 l/s,m ²	0,98 l/s,m ²	1,2 l/s,m ²
	Utgångsläge: Elitfönster	Utgångsläge: Elitfönster	Utgångsläge: Elitfönster
U _m	0,319	0,319	0,319
U _m -krav enl. BBR	0,4	0,4	0,4
Energianvändning (kWh/m ² ,år)	73	88	93
Energianvändning BBR-krav	50	50	50
Procent av BBR-krav	147 %	176 %	185 %
Värme	73	88	93
– värme	61	75	80
– varmvatten inkl. VVC	9	9	9
– vädringspåslag	4	4	4
Fastighetsel	0	0	0
Fläktar	0	0	0
Pumpar	0	0	0
Värmepump	0	0	0
Egen produktion	0	0	0
Solceller	0	0	0
Solfångare	0	0	0

Skillnaden mellan luftläckaget 0,98 l/s, m² och 1,2 l/s, m² ger en liten skillnad i resultatet för energianvändningen. Den är inte av större betydelse. När jämförelse görs med utgångsläget 0,98 l/s, m² med luftläckaget för nybyggnadsstandard för ett passivhus kan en viss skillnad i resultatet avläsas. En tätare byggnad innebär att stor del av varmluften hindras från att läcka ut. Det betyder att byggnaden inte behöver värmas lika mycket som den hade behövts vid ett

större luftläckage. Skillnaden mellan det uppmätta luftläckaget för utgångsläget och luftläckaget för nybyggnationskravet för passivhus är inte i närheten av varandra, vilket de inte bör vara med tanke på att det är ett mycket strängare krav. Värdet 0,98 l/s, m² kan därför vara en bra uppskattning av luftläckaget.

9 Diskussion och slutsats

I detta kapitel kommer åtgärder vägas ihop. Vilken eller vilka åtgärder som rekommenderas kommer också att presenteras.

9.1 Diskussion

När renovering av 70-talsvillorna börjar bli aktuell är det viktigt att väga ihop alla olika aspekter; utseende, komfort, energi, fukt och ekonomi. Det gäller att komma fram till vad som är viktigast eftersom det kan vara svårt att kombinera alla aspekter.

Problem som berör hälsan är nog det för många som är viktigast att åtgärda. Misstänks mögelproblem är det viktigt att åtgärda detta så fort som möjligt. Eftersom fuktproblemen blir värre med tiden är det viktigt att åtgärda dem för att inte låta kostnaden skena iväg. Generellt för 70-talshus med konstruktions-typen platta på mark är det vanligt med problem i både syllen och grundplattan. Det kan därför vara en god idé att vid misstanke om fuktproblem kontrollera om syllen är skadad och i så fall åtgärda detta. Första steget är att kontakta en fuktsakkunnig och utföra en mätning i huset. Därefter tas eventuella åtgärder fram. För referenshuset kontrollerades syllen och det konstaterades att det i nuläget inte fanns fukt i denna. Källan till mögellukten i huset kommer mest troligt, enligt vår bedömning, från innerväggen bakom kaminen. Om detta visar sig inte vara fallet bör syllen kontrolleras. Lukten kan även bero på dåligt utnyttjande av fläktar i våtutrymmen som lett till mindre mögelfläckar i taket, detta är dock inte lika troligt.

Att åtgärda en sämre ventilation beroende på ett tätare klimatskal och en låg luftomsättning är något som bör göras för att uppnå ett bättre inomhusklimat i referenshuset men även för 70-talsvillorna generellt. I undersökningen i området på Holländarehusvägen kunde ses en stor koppling mellan upplevt fuktproblem och de som inte satt in någon form av aktiv ventilation. Den aktiva ventilationen bidrar till en bättre uttorkning av fukt inomhus. Den tidigare självdragsventilationen kan därför anses varit bristfällig, speciellt för ett hus med eventuella fuktskador.

Att sätta in en frånluftsfläkt som styrs av den relativa fuktigheten i rummet är en bra åtgärd för referenshuset men även för hus av liknande typ. Detta eftersom en onödigt hög relativ fuktighet inte stannar kvar och belastar byggnaden.

Av de boende i referenshuset bedömdes luften vara stundtals stillastående. Att sätta in en aktiv ventilation kan vara behövligt på grund av detta. Vårt förslag var ett FVP-system som återvinner värme ur frånluften. Att bli av med mögeldoft med hjälp av en bättre ventilation är en tillfällig lösning för alla hus gene-

rellt sätt. Att på så vis ”dölja” problemen kommer inte få möglet att försvinna. Det bästa är att sanera. Om ett hus skulle ha dålig lukt på grund av emissioner från kemiska ämnen kan detta också åtgärdas, problemet är att luktkällorna kan vara svåra att lokalisera. Asfaltsboarden har visats sig vara ett material som kan ge ifrån sig en elak lukt. Det har konstaterats för 70-talshus med dessa som vindskydd i väggkonstruktionen. Dessa skulle generellt sett behöva bytas.

Komforten i ett hus är viktig. Detta kan kopplas till värme och husets energi-användning. En tunn isolering var vanligt förekommande i 70-talshus. När oljekrisen kom 1973 tvingades de boende att spara på värme. Detta kunde leda till en sämre komfort. För många är det viktigare med en jämn temperatur inomhus än vad energiräkningen säger. Att kunna energieffektivisera utan att riskera en sämre komfort är något att sträva efter. Uppvärmning av huset håller väggarna varmare och därmed fuktsäkrare. Referenshuset upplever idag ingen större brist på komfort. Detta kan bero på att en kamin har installerats i huset och hjälper till att bidra till ett varmare inomhusklimat. Av resultatet från undersökningen i området på Holländarehusvägen konstaterades att många inte upplever komfortproblem. Många av dessa hushåll har bytt fönster och införskaffat sig antingen en luftvärmepump eller en kamin.

Fönsterbyte visade sig vara en bra åtgärd ur energisynpunkt. Här finns det mycket energi att spara. Fönsterbyte kan vara kostsamt men med tanke på hur mycket energi som sparas kan det vara värt det i det långa loppet.

Utvändig tilläggsisolering kan vara en bra åtgärd om det finns belägg eller misstankar om fuktproblem. Att räkna hem en tilläggsisolering för enbart besparad energi kan vara svårt. Det beror på hur huset är uppbyggt, det vill säga hur stor area som renoveras. Är det en stor yta kan det lättare räknas hem eller åtminstone ge en betydligt mindre energianvändning. Det beror alltså på vad som ska uppnås, en säkrare vägg ur fuktsynpunkt eller en mindre energianvändning. Ofta kan dessa två gå hand i hand. Referenshusets baksida består av en yttervägg med träpanel. Denna panel har ett behov av underhåll. Vi bedömde att ett alternativ är att tilläggsisolera denna vägg i samband med renovering av panel. Just denna renoveringsåtgärd visade sig inte vara kostsam och gav inte en stor energisänkning.

Förutom att ventilation bidrar till ett bättre inomhusklimat, kan den även leda till en minskad energianvändning. Att införskaffa sig ett ventilationssystem med värmeåtervinning, t ex en frånluftsvärmepump, kan minska energianvändningen avsevärt. Frånluftsvärmepumpen kan förbättra en dålig inomhusluft eftersom det då installeras ett frånluftssystem. Injustering av ventilation samt tidstyrd ventilation gör att de boende själv kan styra över hur mycket och

hur ofta den ska vara igång. Beroende på ventilationssystem och omfattning varierar kostnaden. Installering av en luftvärmepump visade sig vara en bra åtgärd både ekonomiskt och ur energisynpunkt enligt våra beräkningar. Dock kan det diskuteras hur länge denna håller och hur ställning tas till detta. Luftvärmepumpen påverkar inte värmeåtervinningen men bidrar till en bättre inomhuskomfort. Den kan även ersätta de direktverkande elradiatorerna till viss del. Den återvinnande frånluftsvärmepumpen är betydligt mer kostsam och därför inte vår slutgiltiga rekommendation men effektiv vad gällande energi- besparing.

På grund av utveckling av nya metoder och ny teknik kommer kostnaden för att sätta in en frånluftsvärmepump antagligen bli mindre med tiden medan livslängden för en luftvärmepump förlängs. I dagsläget kan inget annat göras än att förlita sig på de siffror tillverkarna anger angående t.ex. livslängden för en luftvärmepump.

Det är viktigt att vatten transporteras bort från huset och inte ligger kvar och belastar. Att ha hela och korrekt installerade hängrännor och stuprör är väsentligt. Det är viktigt att klimatskalets ytskikt är täta för byggnadens fuktsäkerhet. Därefter bör en korrekt lutning finnas bort från huset. Att ha en fungerande dränering är också en viktig del av husets skydd mot fuktskador. Om dräneringen är bristfällig rekommenderas att denna åtgärdas, detta gäller både för referenshuset och för liknande enplanshus.

Utnyttjande av solens energi är bra både ur energi- och miljösynpunkt. Detta blir allt vanligare och kommer förmodligen bli standard vid nybyggnation i framtiden. Denna åtgärd kan vara kostsam men i takt med att tekniken förbättras kommer den att sjunka i pris och samtidigt få en längre livslängd och bättre effekt. Här finns mycket energi att hämta. För att få en bra effekt från solcellerna och solfångarna är det optimalt att de har en vinkel på ca 45°. Referenshuset har en låg taklutning men det kan finnas möjlighet att vinkla dessa för att uppnå en bra effekt.

9.1 Slutsats

Efter detta arbete och analys har vi kommit fram till en rad åtgärder som är rimliga för 70-talsvillor och för referenshuset.

Generellt för en 70-talsvilla av denna typ är ett fönsterbyte en bra åtgärd att göra energimässigt. Resultatet av beräkningarna visade att enbart byte av fönster, från husets originalfönster till nya Elitfönster (utgångsläge), inte hade varit en tillräcklig åtgärd för att komma ner till kraven för dagens specifika energianvändning. Det ger däremot en mycket stor skillnad för energianvändningen.

Om det finns någon form av mögelproblem i t ex syllen är det viktigt att denna byts ut. För referenshuset, där vi redan från början visste att mögelproblem fanns, är våra rekommendationer att den kritiska väggen kontrolleras och där efter eventuellt saneras.

För att sänka energianvändningen och till viss del öka komforten i huset bör en luftvärmepump installeras. Det är inte en alltför kostsam installation. Genom att installera luftvärmepumpen Fujitsu 18LF sade resultatet av denna studie att dagens krav på den specifika energianvändningen uppfylldes. Denna åtgärd rekommenderas för hus av liknade konstruktionstyp.

Att byta ut fläktar i våtutrymmen mot fuktstyrda ventilationsfläktar är en bra åtgärd för referenshuset men även för hus av liknande typ. Detta för att hålla ner den relativa fuktigheten i utrymmet.

Att ha rabatter intill husväggen har visat sig vara riskabelt. Att avlägsna dessa och eventuellt stenlägga är en rimlig åtgärd för referenshuset men även generellt för 70-talshus. Detta eftersom det aldrig är bra att ha vatten stående intill huset.

Av de åtgärdsförslag som beräknades var det åtgärdsförslagen luftvärmepump och FVP-system som klarade dagens krav på specifik energianvändning. Hade åtgärdsförslag som tilläggsisolering och solenergi kombinerats med någon eller några av de övriga hade de haft en möjlighet att klara kraven. Enskilda var tilläggsisolering och solenergi inte tillräckliga för referenshuset.

Solceller och solfångare rekommenderas inte för referenshuset. Detta beror endast på det höga priset. För 70-talshus med sadeltak fungerar denna åtgärd bra eftersom lutningen på taket ger en mer optimal solinstrålning.

Referenser

Elektroniska och tryckta källor

[1] Energimyndigheten (2015-03-10), *Energiläget 2014* [Elektronisk]
<http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Energianvandning/>

[2] Engström G (2011-04-05) *70-talshus under luppen*, Sydsvenskan

[3] Byggskadeteknik (2015-04-20) [Elektronisk]
<http://www.byggskadeteknik.com/>

[4] Kulturmiljöprogram Lomma kommun (2005-11-24) *Åtgärdsprogram Bjarred och Borgeby*

[5] NE, *miljonprogrammet*, (2015-04-20) [Elektronisk]
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/miljonprogrammet>

Formas, Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande. (2012): *Miljonprogrammet- utveckla eller avveckla?*

[6] Berggren K, Vidén S, *Inledning*

[7] Björk C, *Rekordårens småhus- väl värda att bevara*

[8] Wall M och Jansson U, *Renovering med stor energibesparing- några goda exempel*

[9] Warfvinge C, Dahlgren B, Kling R, *Passa på att spara energi när husen ändå ska renoveras*

[10] Byggskadeteknik (2015-04-20) [Elektronisk]
http://www.byggskadeteknik.com/fukt_info.php

[11] Sveriges tekniska forskningsinstitut (2015-05-12) [Elektronisk]
http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fakta_fonster.asp

[12] Wiklund L (2014-12-26) *Varning för mirakelkur mot sjuka hus*, Forskning och framsteg

[13] Boverket (december 2010), BETSI *God bebyggd miljö- förslag till nytt delmål för fukt och mögel*.

[14] UAMS (2015-05-06) *Sjuka hus* [Elektronisk]
<http://www.uams.se/?page=sjukahus>

[15] Mjörnell K (2015) *SP Technical Research Institute of Sweden*, Föreläsningssanteckning

- [16] Boverket (2015): *Boverkets Byggregler 22 (föreskrifter och allmänna råd)*, BBR 22, Karlskrona
- [17] Sandin K (2010) *Praktisk Byggnadsfysik* Upplaga 1:2
- [18] Dahlblom M, Warfvinge C (2010) *Projektering av VVS-installationer*
- [19] Figur Solfångare: Electrotec Energy (2015-05-18) [Elektronisk]
<http://electrotecenergy.se/solfangare/>
- [20] Solceller (2015-04-29) [Elektronisk] <http://www.solcellforum.se/>
- [21] Krafringen (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.krafringen.se/Privat/Solceller/Vara-solcellspaket/>
- [22] Figur Solceller: Länsstyrelsen (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.lansstyrelsen.se/blekinge/Sv/samhallsplanering-och-kulturmiljo/boende/Pages/Solceller.aspx>
- [23] Energimyndigheten (2015-04-29) *Stöd till Solceller* [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Aktuella-bidrag-och-stod-du-kan-soka/Stod-till-solceller/>
- [24] Energimyndigheten (2015-04-29) [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/>
- [25] Figurer Ventilation (2015-05-07) [Elektronisk] <http://www-v2.sp.se/energy/ffi/ventilation.asp>
- [26] COP (2015-04-28) [Elektronisk] <http://www.varmepumppriser.se/luft-luftvaermepump>
- [27] Svensk Standard (2012): *SS 24300-2:2 012*
- [28] Boverket (2007) *Handbok för energihushållning*,
- [29] Renoveringsåtgärder (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.renoveraenergismart.se/tips-pa-atgarder/>
- [30] NIBE F750 (2015-04-08) [Elektronisk]
<http://www.nibe.se/Produkter/Franluftsvarmepumpar/NIBE-F750/>

- [31] HEAT 2 (2015-05-07) [Elektronisk]
<http://www.buildingphysics.com/index-filer/heat2.htm>
- [32] Manual VIP-Energy (2013-02-06) version 2
- [33] Fukt och mögel (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.kungalv.se/bygga-bo-och-miljo/Miljo--och-halsoskydd/Inomhusklimat/Fukt-och-mogel/Halsorisker-med-fuktproblem-i-byggnader/>
- [34] Fuktkvot och mögel (2015-05-18) [Elektronisk]
http://www.svensktra.se/om_tra_1/tra-och-fukt/fuktkvot
- [35] Swedisol (2015-06-08) *Beräkning av U-värde enligt standard*
- [36] Fuktskador Betongplatta (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.fuktskador.info/betongplatta/>
- [37] Anticimex (2015-04-29) *Golv på betongplatta*, [Elektronisk]
<http://www.anticimex.com/sv/se/Privat/Fukt/Badrum/Badrumsgolv/Golv-pa-betongplatta-med-klinker-eller-plastmatta/>
- [38] Fuktsäkerhet golvvärme (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/grund/platta/fukttekn/Sidor/default.aspx>
- [39] Dränering (2015-04-20) [Elektronisk]
<http://www.dinbyggare.se/communicate/artiklar/article.aspx?id=5208>
- [40] Fuktskada i yttervägg (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.fuktinfo.se/yttervagg/fixa-problem-i-yttervagg/>
- [41] Produktblad Original Alu, Elit Fönster (2015-03-03)
- [42] Swedoor Arctic Indus (2015-03-10) [Elektronisk]
<http://www.swedoor.se/produkter/ytterdoerrar/doerrar/produkt/?productId=12939>
- [43] SVEBY branschstandard för energi i byggnader (2012): Version 1.0,
Brukarindata bostäder
- [44] Nevander L-E, Elmarsson B (2006) *Fukthandbok* Upplaga 3, *Fukt och fuktskydd*

- [45] Teknisk medellivslängd byggnadsmaterial (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.doldafel.se/teknisk-medellivslangd/>
- [46] Fujitsu 18 LF (2015-05-06) [Elektronisk]
<http://www.polarpumpen.se/luft-luft-varmepump/varumarken/fujitsu-arctic/fujitsu-18-lf>
- [47] Solfångare (2015-05-13) [Elektronisk] <http://www.solar-teknik.com/solfangare.html>
- [48] Solvärme för tappvarmvatten (2015-05-18) [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Solvarme/>
- [49] Luftvärmepump (2015-04-29) [Elektronisk]
<http://www.varmepumpsforum.com/vpforum/index.php?topic=40643.0>
- [50] Bjurenvall T, (2012) Statistiska centralbyrån, *Byggandet lågt under lång tid*
- [51] Figur tidstypiskt 70-talshus (2015-05-18), *skonahem.com*
- [52] Bülow-Hübe H (2014): *Praktisk energiberäkning*, Föreläsningssanteckning
- [53] Harderup L-E (2014): *Ytterväggar & Fönster Fukthandboken kapitel 32-33*, Föreläsningssanteckning
- [54] Samuelson & Jansson (2009:16): *SP RAPPORT*
- [55] Wallentén P. (2015): *Föreläsning om lagstiftning, energihushållning 2015*, Föreläsningssanteckning i kursen Energihushållning LTH
- [56] Energimyndigheten (2015-05-21) [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/Sjalvdragsventilation/>
- [57] Byggnadsvård (2015-05-21) [Elektronisk]
<http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/%C3%B6vrigt/nya-regler-f%C3%B6r-sj%C3%A4lvdrag>
- [58] Energimyndigheten (2015-05-25) [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Isolering/>
- [59] Boverket (2000) *Har du Legionellabakterier i dina vattenledningar?*

- [60] Boverket, Smittskyddsinstitutet, VVS installatörerna (2006) *Legionella i vatteninstallationer – Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärd legionellainfektion*
- [61] Kemikalieinspektionen (2015-06-05) [Elektronisk]
<http://www.kemi.se/sv/Innehall/Fragor-i-fokus/Traskyddsmedel/>
- [62] Broschyr (2011) *Brogården – Med fokus på framtiden*
- [63] Passivhus (2015-06-05) [Elektronisk] <http://www.nollhus.se/feby-12/passivhus-vaermefoerlusttal>
- [64] Svensk ventilation (2015-06-05) [Elektronisk]
<http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/sjalvdragssystem/>
- [65] Principskiss av H Bülow-Hübe (2015-04-08)
- [66] SP (2005:11) *Kritisk fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – Kunskapssammanfattning*
- [67] Nordtec (2015-06-08) [Elektronisk]
<http://www.nordtec.se/produkter/handinstrument/fukt/testo-606-1>
- [68] K Sandin (1995) *Vattenavvisande fasadimpregnering*
- [69] Sol & Energiteknik SE AB (2015-06-10) [Elektronisk]
<http://www.solenergiteknik.se/kopplingsalternativ/sol-ved-oevrigt.html>
- [70] Markarbeten (2015-06-10) [Elektronisk]
<http://www.markarbeten.net/dranering-pris-och-kostnad/>
- [71] Lars Olsson (2015-06-10) [Elektronisk] *Diffusionsöppna underlagstak för fuktsäkra tak*
- [72] Energimyndigheten (2015-04-29) [Elektronisk]
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/>

Muntliga källor

Boende Holländarehusvägen, 2015-03-04

Broberg, Jan, 2015-03-23, Byggskadeteknik AB

Bülow-Hübe, Helena, 2015-05-05, Miljö- och energichef, FOJAB arkitekter AB

Lenntoft, Björn, 2015-04-08, Frånluftsvärmepump, SINTAB

Sanchez, Luis, 2015-03-31, Bygglovsansvarig?, Lomma Kommun

Wallentén, Petter, 2015-05-06, Universitets lektor, Lunds Tekniska Högskola

Använda datorprogram

AutoCAD Architecture 2015

HEAT 2 7.1

Revit Architecture 2015

VIP-Energy 2.1.4

Isover Energi 3.1.1

Unorm 2012-2

Bilagor

Beräkning av U-värden

Dessa U-värde ligger till grund för energiberäkningen i VIP-Energy.

Grunden:

0-1	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Inne	-	-	0,17
Betong	0,15	1,2	0,125
Lättklinker	0,10	0,17	0,588
Mark	-	-	1,000
Ute		-	0,04
Σ :			1,923

U-värde (W/m²K)	0,520
-----------------------------------	--------------

1-6	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Inne	-	-	0,17
Betong	0,15	1,2	0,125
Lättklinker	0,10	0,17	0,588
Mark	-	-	3,400
Ute		-	0,04
Σ :			4,323

U-värde (W/m²K)	0,231
-----------------------------------	--------------

Area grund:	m ²
Total Yta	170
0-1	61,5
1-6	108,5

$$U_{medel} = \frac{U_{0-1} \cdot A_{0-1} + U_{1-6} \cdot A_{1-6}}{A_{Total yta}} = \frac{0,520 \cdot 61,5 + 0,231 \cdot 108,5}{170} = 0,336 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Yttervägg 1 Tegel:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Tegel	0,12	0,6	0
Luftspalt	0,03	0,026	0
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,25
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,13
		Σ :	3,135

U-värde (W/m²K)	0,319
-----------------------------------	--------------

Yttervägg 2 Stående träpanel:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	0,14	0
Spikläkt + Luft	0,045	0,026	0
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,25
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,0125
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,13
		Σ :	3,135

U-värde (W/m²K)	0,319
-----------------------------------	--------------

Tak:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,04
Takpapp	0,005	0,42	0
Underlagspapp	0,005	0,42	0
Plywood	0,016	0,14	0
Luftspalt	0,03	0,026	0
Mineralull + Reglar	0,18	0,042	4,286
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,757
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,1
		Σ :	5,254

U-värde (W/m²K)	0,190
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 1, 30 mm fasadskiva:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,130
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,03	0,032	0,938
Lockpanel	0,022	0,14	0,157
Spikläkt + Luft	0,045	0,043	1,047
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,0013	0,22	0,006
Inne			0,130
		Σ :	5,223

U-värde (W/m²K)	0,191
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 1, 50 mm fasadskiva:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,05	0,032	1,563
Lockpanel	0,022	0,14	0,157
Spikläkt + Luft	0,05	0,043	1,047
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,130
		Σ :	5,901

U-värde (W/m²K) 0,169

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 2, 45 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,05	0,032	1,563
Mineralull + Reglar	0,045	0,047	0,957
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,130
		Σ :	5,655

U-värde (W/m²K) 0,177

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 2, 95 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,05	0,032	1,563
Mineralull + Reglar	0,095	0,047	2,021
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,130
		Σ :	6,719

U-värde (W/m²K)	0,149
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 2, 120 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,05	0,032	1,563
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,130
		Σ :	7,250

U-värde (W/m²K)	0,138
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av väggen enligt alternativ 2, 195 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,13
Lockpanel	0,022	-	0
Spikläkt + Luft	0,045	-	0
Luftspalt	0,045	-	0
Fasadskiva	0,05	0,032	1,563
Mineralull + Reglar	0,195	0,047	4,149
Asfaltsboard	0,012	0,048	0,250
Mineralull + Reglar	0,12	0,047	2,553
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,130
		Σ :	8,846

U-värde (W/m²K)	0,113
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av taket med 120 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,04
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Paroc Rob 80	0,03	0,038	0,789
Mineralull	0,12	0,042	2,857
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Plywood	0,016	0,14	0,114
Luftspalt	0,03	0,026	1,154
Mineralull + Reglar	0,18	0,042	4,286
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,757
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,1
		Σ :	10,216

U-värde (W/m²K)	0,098
-----------------------------------	--------------

Tilläggsisolering av taket med 220 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,04
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Paroc Rob 80	0,03	0,038	0,789
Mineralull	0,22	0,042	5,238
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Plywood	0,016	0,14	0,114
Luftspalt	0,03	0,026	1,154
Mineralull + Reglar	0,18	0,042	4,286
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,757
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,1
		Σ :	12,597

U-värde (W/m²K) 0,079

Tilläggsisolering av taket med 340 mm isolering:

	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² °C/W)
Ute			0,04
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Paroc Rob 80	0,03	0,038	0,789
Mineralull	0,34	0,042	8,095
Takpapp	0,005	0,42	0,012
Underlagspapp	0,005	0,42	0,012
Plywood	0,016	0,14	0,114
Luftspalt	0,03	0,026	1,154
Mineralull + Reglar	0,18	0,042	4,286
Glespanel + Luft	0,028	0,037	0,757
Plastbehandling	0,002	0,16	0,013
Gips	0,013	0,22	0,059
Inne			0,1
		Σ :	15,455

U-värde (W/m²K) 0,065

Randvillkor för HEAT

Anslutning yttervägg grund:

Zon		Temperatur (°C)	Randvillkor
3-4	inne	20	0,13
5	0	-	-
6-8	ute	0	0,04

Anslutning tak – yttervägg:

Zon		Temperatur (°C)	Randvillkor
2-3	inne	20	0,13
1,4	0	-	-
5-8	ute	- 10	0,04

Resultat från VIP-Energy för utgångsläget: Elit fönster

1 (6)

1 elit fönster

VIP-Energy 2.1.4 © Structural Design Software In Europe AB 2012

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: R+S
 Projektfil: E:\Examensarbete\3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

INDATA

Allmänt

Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:70 NO:70 O:70 SO:70
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:20 SV:20 V:20 NV:20 N:20 NO:20 O:20 SO:20 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 [m³]
Golvarea	170.0 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal:	1.4 [W/m²K]
Lera, dränerad sand , dränerat grus.	

Klimatdata

MALMÖ 1996-2005	Latitud	55.6	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägst värde	
Utetemperatur	28.7	8.4	-9.6	°C
Vindhastighet	18.1	4.8	0.0	m/s
Solstrålning global	931.0	112.7	0.0	W/m²
Relativ fuktighet	100.0	82.1	0.0	%

Aktuellt Hus

Bygghelstyper 1-dimensionella - Katalog

Bygghelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²	Sol- absorp- tion %
Grund	Mark	2.830	1.500	1450	600	0.336	0.000	0.98	0.00
	Lösleca torr	0.100	0.120	900	800				
	Betong Normal RH	0.150	1.700	2300	800				
YV1	Fasadtegel	0.120	0.600	1500	840	0.221	0.098	0.98	50.00
	Luft	0.030	0.028	1	1000				
	Asfaltsboard	0.012	0.048	235	1170				
	Min.ull + Reglar s60	0.120	0.045	88	962				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				
YV2	Trä Gran	0.030	0.140	500	2300	0.214	0.105	0.98	50.00
	Liggande reglar	0.045	0.035	39	1098				
	Asfaltsboard	0.012	0.048	235	1170				
	Min.ull + Reglar s60	0.120	0.045	88	962				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				
Tak/Shingel	Takpapp	0.001	0.140	500	2300	0.154	0.036	0.98	50.00
	Takpapp	0.001	0.140	500	2300				
	Plywood	0.018	0.140	500	1500				
	Luftspalt tak	0.030	0.031	22	1054				
	Regar s1200	0.180	0.040	69	901				
	Glespanel	0.028	0.039	57	1146				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				

1 elit fönster

VIP-Energy 2.1.4 © Structural Design Software In Europe AB 2012

2 (6)

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: R+S
 Projektfil: E:\Examensarbete\3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angränsande temp °C	Andel av total värmeeffekt %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
Grund	Grund	PPM 0-1 m	61.5m ²	0.0	0.0		0	0.241 W/m ² K
Grund	Grund	PPM 1-8 m	108.5m ²	0.0	0.0		0	0.152 W/m ² K
YV1	YV1	NORDOST	20.5m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV2	YV2	NORDOST	12.5m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV1	YV1	NORDVÄST	44.5m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV1	YV1	SYDOST	20.0m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV2	YV2	SYDOST	13.5m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV1	YV1	SYDVÄST	11.5m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
YV2	YV2	SYDVÄST	22.0m ²	0.0	2.7		0	0.319 W/m ² K
Tak	Tak/Shingel	TAK	151.0m ²	2.7	2.7		0	0.190 W/m ² K
Shingel	Tak/Shingel	TAK	7.0m ²	2.7	2.7		0	0.190 W/m ² K

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- skydd
Köldbryggor	Köldbryggor	SÖDER	1.0	0	0	0	22.48	0.0	0.0	0.00	
YD1	YD1	NORDOST	1.9	5	57	49	0.68	0.0	2.1	0.98	
FD1	FD1	SYDOST	1.9	70	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
YD1	YD1	SYDOST	1.9	5	57	49	0.68	0.0	2.1	0.98	
FD2	FD2	SYDOST	3.8	70	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
FD1	FD1	SYDVÄST	1.9	70	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F1	F1	NORDOST	0.3	50	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F2	F2	NORDOST	1.6	64	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F3	F3	NORDOST	2.2	67	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F4	F4	NORDOST	3.4	83	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F5	F5	NORDOST	1.3	78	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F6	F6	NORDOST	0.1	53	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F7	F7	NORDOST	0.1	54	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F1	F1	SYDOST	0.3	50	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F8	F8	SYDOST	4.2	84	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	
F3	F3	SYDVÄST	4.3	67	57	49	1.10	0.0	2.1	0.98	

Driftdata

Driftfalls- benämning	Verksam- hets- energi rumsluft W/m ²	Verksam- hets- energi rumsluft W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
Energi	2.25	0.00	0.98	0.00	0.00	0.94	1.43	0.00	27.00	21.00
Energi ej hemma	2.25	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	21.00

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid	Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid
Energi	Måndagar	1 - 53	0 - 7		Onsdagar	==	Måndagar
Energi ej hemma	Måndagar	1 - 53	7 - 17		Torsdagar	==	Måndagar
Energi	Måndagar	1 - 53	17 - 24		Fredagar	==	Måndagar
	Tisdagar	==	Måndagar	Energi	Lördagar	1 - 53	0 - 24

1 elit fönster

VIP-Energy 2.1.4 © Structural Design Software In Europe AB 2012

3 (6)

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
Beskrivning:
Utfört av: Användare Sign: R+S
Projektfil: E:\Examensarbetel3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid	Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid
	Söndagar	==	Lördagar				

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Reglerfall
köksfläkt	0.00	0.00	600.00	100.00	ingen ÅV

Reglerfall

Reglerfall	Reglertyp	Utetemperatur L	Reglervärde L	Utetemperatur H	Reglervärde H
------------	-----------	-----------------	---------------	-----------------	---------------

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat- benämning	Vecko- dagar	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Vecko- nummer	Starttid-Sluttid
köksfläkt	Måndagar	0.0	20.0	1 - 53	19 - 20
	Tisdagar	==	Måndagar		
	Onsdagar	==	Måndagar		
	Torsdagar	==	Måndagar		
	Fredagar	==	Måndagar		
	Lördagar	==	Måndagar		
	Söndagar	==	Måndagar		

Värme och kyla

Värmesystem	Driftspunkt 1	Driftspunkt 2
Utetemperatur	-20.0	20.0
Framledningstemperatur	55.0	20.0
Returtemperatur	45.0	20.0
TAPPVARMVATTEN		
Kallvattentemperatur	8.0	[°C]
Varmvattentemperatur	55.0	[°C]

ÖVRIGT

El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -10.1 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Beräkningsdatum 2015-07-03 18:10:10

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: R+S
 Projektfil: E:\Examensarbete\3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi kWh					Tillförd energi kWh								
	(23)	(24)	(21)	(28)	(22)	(27)	(20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans- mission	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning
Mån 1	2244	595	15	125	0	38	0	0	0	0	82	285	2573	0
Mån 2	1994	582	13	115	0	108	0	0	0	0	75	257	2264	0
Mån 3	2028	514	13	127	0	312	0	0	0	0	84	285	2006	0
Mån 4	1501	333	10	124	0	533	0	0	0	0	81	275	1075	0
Mån 5	1113	213	7	125	0	710	0	0	0	0	82	285	403	0
Mån 6	980	165	6	124	11	653	0	0	0	0	81	275	158	0
Mån 7	819	138	5	127	31	655	0	0	0	0	84	285	134	0
Mån 8	770	128	5	125	56	586	0	0	0	0	82	285	128	0
Mån 9	823	152	6	126	0	405	0	0	0	0	83	275	303	0
Mån 10	1230	273	9	125	0	200	0	0	0	0	82	285	1052	0
Mån 11	1659	404	11	122	0	43	0	0	0	0	80	275	1791	0
Mån 12	2082	543	14	130	0	27	0	0	0	0	85	285	2370	0
Summa	17124	4037	114	1495	98	4270	0	0	0	0	983	3351	14257	4

Nyckeltal

	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	58.40	[Wh/m ² C]
Yttre värmekapacitet	145.67	[Wh/m ² C]
Medeltemperatur	21.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.83	[l/s]
Processenergi medel	3.21	[W/m ²]
Personvärme medel	0.66	[W/m ²]
Omslutningsarea	502.89	[m ²]
Omsl. area x U-Värde	180.50	W/K
Luftläckage vid 50 Pa	491.85	[l/s]
Invändigt tryck medel	-0.7	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.6	[kW/(m ² /s)]
Omslutnings-/Golv-area	2.96	
Area fönster+dörrar/Golvarea	0.18	

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Beräknat värde	Tillåtet värde	
Jämförelse mot BBR19-BBR21			
U-värde	0.319	0.400	W/(m ² K)
Energianvändning	84	55	kWh/(m ² år)
Värmeförsörjning	83.9		kWh/(m ² år)
El till fläktar	0.0		kWh/(m ² år)
Krav ang. installerad El-effekt	6.6	5.5	kW
Transmission	4.4		kW
Luftläckage	1.0		kW
Ventilation	0.7		kW
Tappvarmvatten	0.5		kW
Värmepump	-0.0		kW
Dimensionerande temperaturer	Inne	Ute	Mark
	21.0	-10.1	8.0

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: R+S
 Projektfil: E:\Examensarbete\3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

Jämförelse mot krav enligt BBR

	Beräknat värde	Tillåtet värde
Atemp: 170.0 m ²		
Klimatzon BBR19-BBR21	III	
Verksamhetstyp: / Bostad		
Elvärme		
Verkningsgrad värmeförsörjning: 100.00 %		

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgiven energi		
(23)Transmission	17124	100.73
(24)Luftläckage	4037	23.75
(21)Ventilation	114	0.67
(28)Spillvatten	1495	8.79
(22)Passiv kyla	98	0.58
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	4270	25.12
(20)Återvinning ventilation	0	0.00
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	0	0.00
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	3351	19.71
(25)Personvärme	983	5.78
(34)Elförsörjning	4	0.03
(33)Värmeförsörjning	14257	83.87

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	14257	83.87	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	0	0.00	(5)Värmesystem	0	0.00
(2)Värmesystem	12762	75.07	(6)Tappvarmvatten	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	1495	8.79			
			(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00
(47+48)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(7)Ventilationsaggregat	0	0.00
(47)Kylning i ventilationsaggregat	0	0.00	(8)Värmesystem	0	0.00
(48)Kylning i rumsluft	0	0.00	(9)Tappvarmvatten	0	0.00
(34)ELFÖRSÖRJNING	4	0.03	(20)ÅTERVINNING VENTILATION	0	0.00
(35)Värmepump	0	0.00	(51)Vämeväxling	0	0.00
(14)Tilluftsfläktar	0	0.00	(50)Återluft	0	0.00
(13)Frånluftsfläktar	4	0.03			
(15)Cirk.pump värme	0	0.00	(28)PROCESSENERGI	4780	28.12
(10)Cirk.pump solf.	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	3351	19.71
(12)Cirk.pump kyla	0	0.00	(41)Verksamhetsenergi extern	1430	8.41
(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	(39)Fastighetsenergi rumsluft	0	0.00
			(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(37)KONDENSORVÄRME	0	0.00			

Projekt: Holländarehusvägen 5 Datum: 2015-03-13
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: R+S
 Projektfil: E:\Examensarbete\3 Energi\VIP\VIP till version 3\1 elit fönster.VIP Företag: Företag

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(42)VENTILATIONSAGGREGAT	0	0.00	(44)TAPPVARMVATTEN	1495	8.79
(43)VÄRMESYSTEM	12762	75.07			