

Passivhus

- studie om miljövänliga och energisnåla bostäder



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggteknik med arkitektur

Examensarbete:
Anders Karringer

© Copyright Anders Karring

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 2008

Förord

Undersökningen om passivhus är ett examensarbete genomfört på ingenjörsprogrammet Byggteknik med arkitektur vid Lunds tekniska högskola, Campus Helsingborg. Arbetet omfattar 22,5 poäng, vilket motsvarar en arbetsvolym på cirka en termins studier.

Vanligtvis skriver studenterna sina examensarbeten under vårterminen innan de tar sin examen. För min del blev detta förskjutet en termin på grund av byte från tidigare program. Tidsförskjutningen resulterade också i att möjligheten att skriva tillsammans med annan student uteblev. Något som annars är mycket vanligt.

Jag skulle här också vilja passa på att tacka min handledare, universitetslektor Lars Sentler, för hans hjälp under arbetets gång. Han har varit en viktig inspirationskälla med stor kunskap inom området samt har en entusiasm och glädje att föra sina kunskaper vidare. Lars har också fungerat som bollplank då nya idéer och förslag tagits upp. Det har känts tryggt att ha dig vid min sida.

Tack Lars

Helsingborg januari 2008

Anders Karring

Sammanfattning

Detta examensarbete syftar till att försöka redogöra för möjligheten att minska energiförbrukningen för bostäder i Sverige. Idag står bostadssektorn för cirka 40 % av landets totala energianvändning. En satsning på lågenergihus såsom passivhus kan därför komma att ha stor betydelse för Sveriges strävan mot en hållbar utveckling när det gäller energianvändningen. Det är inte bara miljön som gynnas av energieffektiva satsningar utan även den boendes egen ekonomi. Detta eftersom framtidens energipriser sannolikt kommer att vara kraftigt stigande.

Inledningsvis ges en introduktion där läsaren sätts in i ämnet genom en beskrivning av bakgrund och en problemformulering. Här diskuteras i korthet miljöfrågan, ekonomin, Tysklands framsteg med passivhus samt frågor i anslutning till detta. Vidare redovisas syftet som är att väcka ett intresse för ämnet energisnåla lösningar och passivhus. Metoden i arbetet grundar sig på litteraturstudier men även föreläsningar, reportage, filmstudier och telefonintervju.

Huvuddelen ger en beskrivning av passivhusets uppbyggnad och funktion. I korta drag handlar det om ett välisolerat klimatskal samt ett effektivt värmeåtervinningssystem. Därefter följer utvärdering av ett flertal genomförda projekt med passivhus i Sverige där synpunkter och erfarenheter redovisas. Avslutningsvis konstateras att passivhus är en god investering, både utifrån miljö- och ekonomihänsyn.

Titel: Passivhus
- studie om miljövänliga och energisnåla bostäder

Författare: Anders Karringer
Student vid
LTH Ingenjörshögskolan, Campus Helsingborg
Lunds Universitet

Handledare: Lars Sentler
Professor vid
LTH Ingenjörshögskolan
Lunds Universitet, Institutionen för Byggvetenskaper

Nyckelord: Energieffektiv, driftskostnad, isolering, lufttäthet, ventilation, köldbrygga, värmeväxlare.

Abstract

The purpose of this project is to give a full description of the possibility to decrease energy consumption in Sweden. Today the real estate industry accounts for more than 40% of Sweden's total energy consumption. In the strive for a sustainable development in low energy houses, passive houses will have a major impact. In addition to the contribution to the environmental development, investments in passive houses will also bring advantages to each individual citizen, since we'll most certainly see a significant increase in future energy prices.

In the first part of the project, the key subject is being introduced by describing the background and defining the problem. I briefly go into topics such as the environment in general, Germany's progress with passive houses and a few key points in relation to this. Furthermore, I stress the purpose, which is to create an interest towards low energy solutions in the real estate sector and passive houses. The method in this project is based on research, seminars, reports, media coverage and interviews.

The main part gives a description of the construction and function of passive houses. Summarized, a passive house is a well isolated climate shell using a highly efficient heat exchanger. This more technical description is followed by an evaluation of actually implemented projects of passive houses in Sweden covering facts, opinions and different experiences. Finally, both from the perspective of the environment and economy, passive houses are without doubt a rational and profitable investment.

Title:	Passive house - study of environment friendly and low energy consuming houses
Author:	Anders Karring Student at LTH School of Engineering, Campus Helsingborg Lund University
Tutor:	Lars Sentler Professor at LTH School of Engineering Lund University, Building Science
Keywords:	Energy efficiency, operating cost, insulation, air permeability, ventilation, thermal bridge, heat exchangers.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problematisering	2
1.3	Mål och syfte.....	2
1.4	Metod	3
1.5	Avgränsning.....	3
2	NULÄGESBESKRIVNING	5
2.1	Miljöfrågan.....	5
2.1.1	Jordens historia.....	5
2.1.2	Hushållning av resurser	5
2.1.3	Byggsektorn.....	5
2.2	Boverket.....	6
2.2.1	Boverkets byggregler.....	6
2.2.2	Energihushållning	6
2.3	Energideklaration.....	7
2.3.1	Skapa energieffektiva byggnader	7
2.3.2	Lagen.....	7
2.3.3	Processen.....	7
2.3.4	Deklarationens innehåll	7
2.4	Energi.....	8
2.4.1	Framtida energiförbrukning	8
2.4.2	Styrmedel	8
2.5	Ekonomi.....	9
2.5.1	Skyhöga driftskostnader	9
2.5.2	Exempel miljonprogramsvilla.....	9
3	PASSIVHUSETS LÖSNINGAR.....	11
3.1	Stadsplanering.....	11
3.2	Planlösning.....	11
3.2.1	Golvarea kontra väggarea	11
3.2.2	Utnyttja solinstrålning.....	12
3.2.3	Ny arkitektur.....	12
3.2.4	Effektivisera bruksarean	14
3.3	Klimatskärm.....	14
3.3.1	Utveckling	14
3.3.2	Dagens krav	15
3.3.3	Isolering.....	16
3.3.3.1	Tak.....	16
3.3.3.2	Yttervägg.....	17
3.3.3.3	Grund.....	17
3.3.4	Fönster.....	17

3.3.5	Dörrar.....	17
3.3.6	Verklighet möter krav.....	18
3.3.7	Forskning	18
3.3.8	Lufttäthet och ventilation.....	19
3.3.9	Köldbryggor	20
3.4	Värmesystem	21
3.4.1	Passiva värmekällor.....	21
3.4.2	Jordvärmeväxlare	22
3.4.3	Luftvärmeväxlare	22
3.4.4	Solfångare	23
4	PROJEKT I SVERIGE	25
4.1	Färdigställda passivhus.....	25
4.2	Boendes synpunkter	25
4.3	Aktörers erfarenheter	26
4.4	Planerade projekt.....	27
4.5	Geografisk orientering.....	28
5	AVSLUTNING	29
5.1	Resultat	29
5.2	Slutsats.....	30
5.3	Möjlig vidareutveckling.....	31
5.4	Avrundning	31
6	KÄLLFÖRTECKNING	33
6.1	Litteratur	33
6.2	Muntliga källor.....	33
6.3	Media	33
6.4	Internet	34

1 INLEDNING

En kort beskrivning av bakgrund följs av mål och syfte. Vidare presenteras inriktning och avgränsning samt författarens egna reflektioner kring ämnet passivhus och energisnåla lösningar.

1.1 Bakgrund

Vi ser en tydlig trend under de senaste åren att miljöfrågan blir allt mer aktuell. Filmer som Al Gores "En obekväm sanning", tidnings- och TV-reportage och många debatter gör att allmänheten blir allt mer medveten. Det ökade intresset kring miljöfrågan i kombination med att energipriserna fortfarande stiger tvingar oss till energisnåla lösningar. Det är t.ex. inte längre hållbart att kompensera en dåligt isolerad bostad med extra tillförsel av energi. Tvärtom är detta en ren galenskap, sett ur både miljö- och ekonomiska aspekter.

Lösningen på problemet med hög energiförbrukning för bostäder är att bygga lågenergihus. Med detta menas hus med bland annat extra tjock isolering, högkvalitativa dörrar och fönster samt en genomtänkt planlösning. En vidareutveckling av lågenergihusen är de så kallade passivhusen. Dessa energieffektiva hus behöver betydligt lägre tillförd energi än klassiska hus. Passivhusen värms istället upp genom att ta tillvara på "gratisenergi" som avges av människor, elektriska apparater och instrålad solenergi. Utöver det så används ett effektivt värme- och ventilationssystem.

Tyskland är det land som är längst fram i utvecklingen och byggandet av passivhus. Eftersom landet har knappa energitillgångar föreslås ytterligare besparingar och regleringar inom miljöskydd. Detta tvingar medborgarna att bättre hushålla med sin energi. En annan orsak till Tysklands framgång med passivhus är att flera av Tysklands delstater ger ekonomiskt stöd till lågenergi-byggnation.¹ Något som kan behövas då passivhusen blir dyrare att uppföra med klimatskalets extra kostnader. Dock tjänas dessa kostnader med åren in genom betydligt lägre driftskostnader.

Energiförbrukningen för ett passivhus är mindre än en tredjedel jämfört med ett klassiskt hus byggt enligt dagens BBR-krav². I jämförelsen är uppvärmning, varmvatten och driftsel inräknat. Inom detta område finns alltså stora möjligheter att minska sin energiförbrukning och göra en god gärning för miljön. En miljö som vi alla är beroende av - nu och framöver. Lägre energi-

¹ Lars Sentler. Professor inom Bygghälsan, LTH. Personlig intervju. 2007-10-30.

² Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 42.

förbrukning skapar också, något som för kanske de flesta är ännu viktigare än miljön, en ekonomiskt billig drift av bostaden.

1.2 Problematisering

Redan under beskrivning av bakgrund dyker säkert många frågor upp hos läsaren. De kan t.ex. vara följande: räcker enbart den passiva energin för att värma upp bostaden året om? Bara för att passivhus fungerar i Tyskland behöver väl inte betyda att det kommer att fungera i Sverige också? Skulle det verkligen vara effektivt med passivhus i hela Sverige, söder som norr?

Den inledande problematiseringen leder fram till den generella frågeställningen: Hur och var fungerar passivhus?

Vidare funderar läsaren säkert över följande: Är det verkligen så stor skillnad på miljöbelastning mellan klassiska hus och passivhus? Sedan till den ekonomiska frågan, är det i långa loppet lönsamt att satsa på passivhus?

Dessa funderingar leder vidare till nästa frågeställning: Är det en god idé, sett ur både miljö- och ekonomisk synvinkel, att följa Tysklands utveckling och bygga passivhus här i Sverige?

1.3 Mål och syfte

Det övergripande målet är att undersöka passivhusets uppbyggnad samt funktion. Vidare kommer jämförelser dras med klassiska hus, där ekonomi och miljöpåverkan spelar tyngst roll. Detta för att vidare undersöka möjligheten att i större omfattning bygga passivhus här i Sverige.

Syftet med detta arbete är att väcka ett intresse för passivhus samt ge en positiv syn på energieffektiva lösningar. Övergripande handlar arbetet om ett allmänt tänk kring ämnet hållbar utveckling. Ett delsyfte är att påvisa möjligheten att bo miljövänligt utan att det kostar extra. I vissa fall kan det till och med vara tvärt om, pengar tjänas genom ett miljövänligt boende.

1.4 Metod

Till största del grundar sig arbetet på litteratursökning och studier kring dessa. Kontakt har också förekommit med näringslivet, byggföretaget NCC, med telefonintervju om problem och lösningar för pågående projekt. Dessutom har föreläsningar, filmstudier samt TV och tidningar utgjort en stor kunskapskälla. Utöver det så har stor kunskap inhämtats genom ett flertal samtal med handledare Lars Sentler.

1.5 Avgränsning

Arbetet kommer att fokusera på lösningar för att hålla energiförbrukningen i bostadshusen nere. Lösningarna är bl.a. tjockare isolering, högkvalitativa fönster och dörrar, minimering av köldbryggor, genomtänka planlösningar samt att utnyttja solenergi och annan gratisenergi. Hur byggföretagen jobbar i övriga frågor för att minska förbrukning av energi utelämnas i denna rapport.

Eftersom ämnet energisnåla hus är synnerligen omfattande kommer detta arbete avgränsas inom nybyggnation av parhus, radhus och villor med inriktning mot passivhus.

2 NULÄGESBESKRIVNING

Det finns ett flertal olika anledningar till varför det är fördelaktigt att bygga energisnåla bostäder. Som nämnts tidigare är miljö och ekonomi de faktorer som väger in tyngst. Vidare finns myndigheters regler och riktvärden som styr byggnation av bostäder i Sverige, t.ex. hur energieffektiva de måste vara. Regler som framöver blir hårdare och hårdare.

2.1 Miljöfrågan

Man gör lätt misstaget att ta människans existens på jorden framöver som given. Det misstaget skall vi inte göra. Istället bör mänskligheten över hela jorden tillsammans arbeta för att lämna över planeten i bästa möjliga skick till nästa generation. Inte lämna över en planet som är på väg mot undergång.

2.1.1 Jordens historia

Människan gjorde entré på jorden för cirka 2,5 miljoner år sedan. En kort tid om man jämför med de cirka 4,6 miljarder år som jorden har funnits.³ Under åren har människan levt i balans med jorden och nyttjat de resurser som naturen erbjudit. Det har gått bra fram tills för två hundra år sedan då människan i allt snabbare takt började förbruka naturens tillgångar.

2.1.2 Hushållning av resurser

Takten i den industrialisering, befolkningsökning och teknisk utveckling som människan genomgått det senaste århundradet kan inte fortsätta. Människan måste lära sig att bättre hushålla med sina resurser. I annat fall ser framtiden mörk ut med naturkatastrofer som översvämningar, orkaner och torka. Effekter som många tror har direkt koppling till den globala uppvärmningen.⁴

2.1.3 Byggsektorn

Byggsektorn är den så kallade 40 % sektorn, namnet syftar på att byggsektorn står för 40 % av Sveriges totala energiförbrukning⁵. En minskning inom detta område har alltså mycket stor betydelse för Sveriges strävan mot en hållbar utveckling.

³ Wikipedia. Sökord: *Jorden*. Hämtad från <www.wikipedia.se> oktober 2007.

⁴ Wikipedia. Sökord: *Global uppvärmning*. Hämtad från <www.wikipedia.se> oktober 2007.

⁵ Malin Åberg. Miljöledare region Syd. NCC Teknik. Föreläsning. 2007-09-17.

2.2 Boverket

Boverket är den nationella myndighet som arbetar med frågor kring samhällsplanering, stads- och bebyggelseutveckling samt byggande och förvaltning av bostäder.

2.2.1 Boverkets byggregler

Boverkets byggregler (BBR) är en regelsamling som måste följas vid byggnation. Likt Sveriges rikets lag styr vad som är rätt och fel så styr BBR hur byggnader skall byggas. Syftet med BBR är att se till så att alla hus som byggs i Sverige byggs efter samhällets minimikrav. Det är krav på t.ex. utformning, bärförmåga, brandskydd, miljö, hälsa och energihushållning.⁶ Inom området för energi är det EU-direktiv som styr och alltså ligger bakom Boverkets regler och riktvärden.

2.2.2 Energihushållning⁷

Kapitel 9 i BBR heter energihushållning. Där finns tydliga riktlinjer för hur byggnader skall vara utformade för att hålla nere på sin energiförbrukning. Detta görs genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning samt effektiv elanvändning.

Gränserna för hur mycket energi en byggnad får kräva bestäms av BBR:s krav för specifik energianvändning. Uppgiften fås genom att dividera en byggnads energianvändning under ett normalår med golvarean. För olika typer av byggnader gäller olika krav, likaså spelar uppvärmningssätt och orientering in.

Byggnader	Klimatzon söder	Klimatzon norr
Bostäder	110 kWh/kvm/år	130 kWh/kvm/år
Lokaler	100 kWh/kvm/år	120 kWh/kvm/år
En- och tvåbostadshus med direktverkande elvärme	75 kWh/kvm/år	95 kWh/kvm/år

Kraven uppdaterade BBR i enlighet med EU:s direktiv under juli 2006. Utöver hårdare energikrav bestämdes också att köldbryggor numera skall räknas in då energiberäkningar görs. Att medräkna köldbryggor resulterar i att värdena från energiberäkningen ökar med cirka 20-30 %⁸, nu ställs alltså ännu tuffare krav.

⁶ Boverket. *Publicerat, BBR, läsanvisningar*. Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

⁷ Boverket. *Publicerat, BBR, energihushållning*. Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

⁸ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 9.

2.3 Energideklaration⁹

För att tvinga ner byggsektorns 40 % energiförbrukning har Sveriges riksdag beslutat om att alla fastigheter skall energideklareras. Detta enligt EU-direktiv och skall leda ett steg närmare målet om ett hållbart samhälle och minska EU:s beroende av importerad energi.

2.3.1 Skapa energieffektiva byggnader

Tanken bakom arbetet med energideklarationer är att skapa energieffektiva byggnader. Boverket certifierar energiexperter, vilka i sin tur utför deklARATIONERNA. Målet var att energideklarationen skulle träda i kraft 2006 men detta fick skjutas upp och nytt mål är nu istället fastställt till årsskiftet 2009.

2.3.2 Lagen

Enligt lag kommer fastighetsägaren vara tvungen att genomföra en energideklaration, annars kommer denne att bötfällas. Undantag finns dock för vissa byggnader. Sådana exempel är byggnader som används till religiös verksamhet, tillfälliga byggnader, fristående byggnader under 50 kvm, byggnadsminnen och särskilt värdefulla byggnader. För övriga är energideklarationen ett krav och måste göras vart tionde år.

- 1 § *Lagens syfte är att främja en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader.*
- 2 § *Lagen skall tillämpas på byggnader för vilka energi används i syfte att påverka byggnadernas inomhusklimat.¹⁰*

2.3.3 Processen

Processen går kortfattat till så att en energiexpert gör undersökningar på byggnaden och sedan föreslår åtgärder för fastighetsägaren. De föreslagna åtgärderna är frivilliga att utföra men bör vara av stort intresse då de ofta är lönsamma och åtgärderna tjänas in på ett par år.

2.3.4 Deklarationens innehåll

Energideklarationen skall på ett överskådligt sätt redovisa hur mycket energi som används i byggnaden vid normalt bruk. Exempel på vad för uppgifter som deklARATIONEN innehåller är följande: energiprestanda, status på ventilations- och radonkontroll, förslag på kostnadseffektiva åtgärder samt referensvärden.

⁹ Boverket. *Energideklaration*. Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

¹⁰ Boverket. Dokument: *Energideklaration för byggnader*, s. 9. Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

2.4 Energi

Allt tyder på att vår konsumtion erfordrar en ökad mängd energi framöver. Detta samtidigt som priset på energi blir högre. Arbetet med förnyelsebara energikällor fortsätter och mer och mer använder vi oss av dem. Styrmedel som utsläppsrätter och avgifter för utsläpp av växthusgaser används för att pressa ner energianvändningen i strävan mot en bättre miljö.

2.4.1 Framtida energiförbrukning¹¹

Undersökningar gjorda av International Energy Agency (IEA) visar att den globala efterfrågan på energi tros öka med cirka 1.8 % per år mellan 2005 till 2030. Största delen av ökningen står utvecklingsländerna för, bl.a. Kina och Indien.

De fossila bränslena kommer enligt undersökningarna fram till 2030 globalt sett att fortsätta dominera och stå för mer merparten av ökningen. Kärnkraftens roll beräknas minska i Europa och Nordamerika men öka i Asien. Vad gäller den förnyelsebara energin kommer denna att få ökad betydelse, med vattenkraft som den största energikällan.

Genom prognoser för 2050 tros följande scenario vara rimligt: elen som produceras kommer till största del från vattenkraft och andra förnyelsebara energikällor. Våra bostäder och kontor kommer t.ex. att värmas upp av el- eller solvärme. Vad gäller priset på energi så kommer detta att kraftigt ha ökat.¹²

2.4.2 Styrmedel¹³

Det klassiska fallet med styrmedel är skatter, något vi i Sverige väl känner till genom t.ex. de höga drivmedelskatterna. För energiområdet finns även andra varianter där styrmedel kan sättas in. Olika kvoter vad gäller utsläpp, så kallade utsläppsrätter kan användas. Det är ett mycket effektivt medel för att nå EU-målet om minskade utsläpp av växthusgaser.

¹¹ International Energy Agency. Dokument: *World Energy Outlook 2007*, s. 4. Hämtad från <www.iea.org> januari 2007.

¹² Svensk energi. *Om el, elanvändning, el i framtiden*. Hämtad från <www.svenskenergi.se> november 2007.

¹³ Energimyndigheten. *Styrmedel*. Hämtad från <www.energimyndigheten.se> november 2007.

2.5 Ekonomi

Även om miljöfrågan är livsviktig för en framtid här på jorden så väger för många människor ändå deras egen ekonomi tyngst. Anledningen är den att människan i grund och botten är en egoistisk skapelse som oftast sätter sitt eget välbefinnande i centrum. Hon bryr sig därför inte om sin kanske onödigt höga energikonsumtion så länge det inte belastar henne själv ekonomiskt. Däremot när energipriserna stiger så tvingas hon anpassa sig och använda energisnåla lösningar.

2.5.1 Skyhöga driftskostnader

Allt tyder på att både förbrukning av- och priset på energi kommer att öka. Driftskostnaden för många av dagens bostäder kan då komma att bli så höga att folk inte har råd att bo kvar. Antingen tvingas man sälja och flytta eller så måste man åtgärda sin bostad. Åtgärderna kan vara kostsamma men betalar sig oftast inom några år. Exempel på åtgärder kan vara allt från tilläggsisolering av väggar och tak till byte eller komplettering av värmesystem.

2.5.2 Exempel miljonprogramsvilla

För att tydligt åskådliggöra allvaret med de ökande energipriserna visas ett exempel på en bostad från miljonprogrammet. Fallet gäller en friliggande villa på 120 kvm med en energiförbrukning på 300 kWh/kvm/år. Låter idag som en orimligt hög förbrukning men för bostäder byggda kring 1960-talet var detta ganska vanligt.

Anledningen till varför man inte byggde mer energisnålt på den tiden var att priset på energi var så mycket billigare. Energikostnaderna utgjorde helt enkelt inte något bekymmer. En annan anledning var att intresset och kunskapen kring miljöfrågan och klimathotet var betydligt lägre än idag. Givetvis har också utveckling skett inom byggnadstekniken med resultatet att energiförbrukningen minskat. Ett exempel är lösningar för att eliminera köldbryggor vid balkongplattor, något som var en riktig energibov tidigare.

Det rörliga energipriset för uppvärmning med el ligger idag runt 50 öre/kWh. Inklusive energiskatt och moms blir priset istället cirka 95 öre/kWh¹⁴. På nästa sida visas energikostnaden för 120 kvm villan så som den är byggd idag samt kostnaden för motsvarande villa renoverad enligt BBR:s krav avseende energihushållning. Nederst visas också motsvarande storlek på villa men byggd enligt kravet på passivhus. Kravet är angivet till 15 kWh/kvm/år exklusive varmvatten, inklusive blir det istället 30 kWh/kvm/år¹⁵.

¹⁴ Öresundskraft. *För dig i hus, produkter och priser, el*. Hämtad från <www.oresundskraft.se> januari 2008.

¹⁵ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 42.

120 kvm • 300 kWh/kvm/år • 0,95 kr/kWh ~ 34 200 kr/år <=> **2 850 kr/mån**
120 kvm • 110 kWh/kvm/år • 0,95 kr/kWh ~ 12 600 kr/år <=> **1 050 kr/mån**
120 kvm • 30 kWh/kvm/år • 0,95 kr/kWh ~ 3 600 kr/år <=> **300 kr/mån**

Att komma så långt ner som till BBR:s krav på 110 kWh/kvm/år kan för vissa befintliga bostäder anses svårt men syftet är det viktiga. Nämligen att en minskning av energiförbrukningen är mycket lönsamt, en halverad förbrukning ger en halverad kostnad.

Bedömningen av experter är att priset för energi inom ett par år tros öka med minst det dubbla, förmodligen tredubbla och kanske ännu mer¹⁶. I jämförelsen nedan räknas med det tredubbla rörliga värdet, totalpriset blir då ungefär 240 öre/kWh. I uträkningen är energiskatten uppskattad till 40 öre/kWh enligt utveckling i källa¹⁷. Uträkning: $50 \times 3 + 40 + 0,25 \times (50 \times 3 + 40) \sim 240$. Villan i dess tre energiskick får då följande energikostnad:

120 kvm • 300 kWh/kvm/år • 2,4 kr/kWh ~ 86 400 kr/år <=> **7 200 kr/mån**
120 kvm • 110 kWh/kvm/år • 2,4 kr/kWh ~ 31 200 kr/år <=> **2 600 kr/mån**
120 kvm • 30 kWh/kvm/år • 2,4 kr/kWh ~ 8 400 kr/år <=> **700 kr/mån**

Av dessa siffror att döma kan slutsatsen lätt dras att det första alternativet inte är ett ekonomiskt hållbart boende. Alternativ två som är att renovera villan till dagens BBR-krav ger om några år motsvarande driftskostnad som miljöprogramsvillan har idag. Alternativet ser inte optimalt ut men kan för vissa bostäder vara det enda möjliga. T.ex. då total ombyggnad inte är möjligt utan det handlar om mindre åtgärder.

Alternativ tre som är ett nybyggt passivhus är det bästa alternativet utifrån de faktorer som hittills getts. För en mer komplett analys måste givetvis faktorer som investeringskostnad, räntor och underhåll med mera medräknas. Som jämförelse kan dock nämnas att flera av de byggföretag som byggt passivhus menar att husen inte blir mycket dyrare att uppföra¹⁸. Detta av anledning att del av merkostnaden för byggnation av passivhus tjänas in p.g.a. att installation och inköp av bl.a. radiatorer inte behövs.

Detta exempel styrker argumentet att bostadens energikonsumtion ekonomiskt sett spelar en mycket viktig roll. Så oavsett vad den boende tycker i miljöfrågan så tvingas denna till energisnåla lösningar. Så enkelt är det, annars blir det för dyrt att bo kvar.

¹⁶ Lars Sentler. Professor inom Bygghälsan. LTH. Personlig intervju. 2007-10-30.

¹⁷ HöglandsEnergi AB. *Försäljning, energiskatt*. Hämtad från <www.hoglandsenergi.se> januari 2008.

¹⁸ Miljösekretariatet - Västra Götaland. Dokument: *Vårt nyhetsbrev, miljöutveckling 1 – 2006*. s. 1.
Hämtad från <www.vgregion.se/miljo> jan 2008.

3 PASSIVHUSETS LÖSNINGAR

Grundtanken med passivhus är att skapa hus med samma funktion som klassiska hus fast med betydligt mindre tillförd energi.

3.1 Stadsplanering

Första steget vid planering av passivhus är då översikts- och detaljplaner fastställs. Redan här gäller det att skapa goda förutsättningar för byggnation av passivhus, detta om husen skall fungera fullt ut. Exempel på sådana viktiga förutsättningar kan vara tillgång på solljus som kommer att behandlas i kap 3.2.2. Anledningen till varför detta är så viktigt är att solljus står för en betydande del av passivhusets uppvärmning. Hur de är orienterade och placerade är därför mycket viktigt för att de fullt ut skall kunna utnyttja de gratisresurser som erbjuds.

3.2 Planlösning

Att väl planera bostadens utformning kan vara nyckeln till ett energisnålt och kostnadseffektivt boende. Med t.ex. en effektivisering av bruksarean kan denna minskas utan att funktionen på huset begränsas. Att också utnyttja solinstrålningen maximalt genom en bra rumsplacering sänker energibehovet. Likaså är husets orientering av stor betydelse. Lösningar som, om de genomförs från början eller på ett tidigt stadium, ofta inte kostar något extra men som i längden sparar både pengar och miljöbelastning.

3.2.1 Golvarea kontra väggarea¹⁹

En stor del av den energi som tillförs bostaden försvinner genom tak, vägg och grund. Samma gäller för passivhuset trots dess tjocka lager med isolering. Det är därför viktigt att hålla nere på dessa ytor för att minska den totala energiförlusten. Samtidigt önskas en stor och rymlig bostad, två krav som inte är helt lätta att kombinera.

Den optimala lösningen för att skapa en stor inomhusvolym och en liten väggarea är att bygga enligt sfärmodell. Dock är detta väldigt opraktiskt och därför inte möjligt. En annan mer praktisk lösning är att bygga enligt en kubs form, dvs. fyrkantiga tak, väggar och grund. Denna variant skapar byggnader med maximal golvarea jämfört med väggarea och är för de flesta bostäder den perfekta utgångspunkten. Ibland måste givetvis vissa byggnadsdelar ändras för att uppfylla andra krav men en kubisk utformning finns i grunden för passivhusen.

¹⁹ Byggahus. Sökord: *Passivhus, kub*. Hämtad från <www.byggahus.se> december 2007.

Den mindre väggarean är även positiv utifrån ett ekonomiskt perspektiv. Det är helt enkelt billigare att uppföra en byggnad med mindre väggarea och framför allt är det mer kostnadseffektivt att bygga på detta sätt.

3.2.2 Utnyttja solinstrålning²⁰

Grundtanken med passivhus är, som tidigare nämnts, att utnyttja gratisenergin i största möjliga mån för att värma upp huset. Här spelar därför solenergin en mycket viktig roll.

Genom husets fönster fångas solstrålningen in för att i sin tur värma upp bostaden. Därför gäller det att placera byggnaden på så sätt att så mycket som möjligt av solljuset fångas in och utnyttjas. Fasader med stora fönsterpartier skall av denna anledning placeras mot söder, där solen är som intensivast störst del av dagen. Oftast passar det bra att placera de öppna rummen som kök och vardagsrum i denna riktning, gärna på ena långsidan av huset.

Vad gäller fönster på fasader i östlig och västlig riktning så får de också solinstrålning, på förmiddag respektive eftermiddag. Dock inte i samma utsträckning som för den södra fasaden. På norrsidan gäller det däremot att minimera fönsterarean eftersom inget energitillskott där kan tillgodoräknas. Tvärt om förloras stora mängder värmeenergi genom fönster på denna sida. Därför placeras tvätt, badrum, klädkammare och även sovrum på den norra fasaden, då de ofta inte behöver så mycket fönsterpartier.

3.2.3 Ny arkitektur²¹

"Skapa tilltalande byggnader", det är mångas uppfattning om arkitektens uppgift. Sanningen är den att utöver det estetiska skapandet så har även arkitekten en hel del andra uppgifter. De skall skapa fungerande bostäder utifrån en rad olika aspekter, bland annat tekniska, ekonomiska och funktionella. Utöver detta ställer idag också resonemanget kring energi stora kvar.

Öppen planlösning, stora och många fönsterpartier, högt i tak samt stor boyta, det är en arkitektur vi väl känner till under senare år. Med kännedom om miljösituationen samt ökade energipriser är det inte längre hållbart att bygga på det viset. Det kommer därför troligen inte heller att vara attraktivt med sådana bostäder. Nytt tänk vad gäller arkitektur måste alltså till. Att bygga energisnålt kan därför i många fall komma att gå före att bygga estetiskt tilltalande. Arkitektens uppgift idag är alltså tuffare än tidigare, fler krav och önskemål som måste tillgodoses och kombineras.

²⁰ Tell Us Stories AB (2007) *Aktivt liv i passivt hus*. Film. Beställd från <www.tellus.tv/passivhus>.

²¹ Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad, Vårgårdahus*, s. 2. Hämtad från <www.passivhus.nu> december 2007.

Mer och mer kommer därför de kubformade husen, se figur 3.1 nedan, att byggas och arkitekturen tvingas då utvecklas med dem. Den öppna planlösningen kommer fortfarande att vara aktuell, främst i vardagsrum och kök. Men de stora fönsterpartierna måste minskas ner. Anledningen är att fönster utgör den yta på huset där mest värme går förlorad. Som tidigare nämnts undantagsvis för södra fasaden.



Figur 3.1 Friliggande passivhusvilla i modern arkitektur, vy sydost²².

Att bygga hus med flera våningar samt bygga husen efter varandra, likt radhus eller parhus, anses mycket positivt. Detta beror bland annat på att produktionskostnaden för en extra våning blir lägre i förhållande till första våningen. Grund av t.ex. platta med isolering behöver då inte göras på nytt utan det enda som tillkommer är mellanbjälklaget mellan våningarna. Den andra anledningen, för ämnet mer intressant, är att taket för våning ett respektive golvet för våning två blir gratis uppvärmt. Detta sparar in stora värmemängder och anses därför mycket positivt. På samma sätt värmer grannlägenhetens väggar upp varandra och värdefull värmeenergi sparas.²³

²² Passivhaus Haustyp. *Start, weiter, haustypen, haustyp* 24. Hämtad från <www.europassivhaus.de> januari 2008.

²³ Lars Sentler. Professor inom Byggvetenskaper. LTH. Personlig intervju. 2007-12-06.

3.2.4 Effektivisera bruksarean

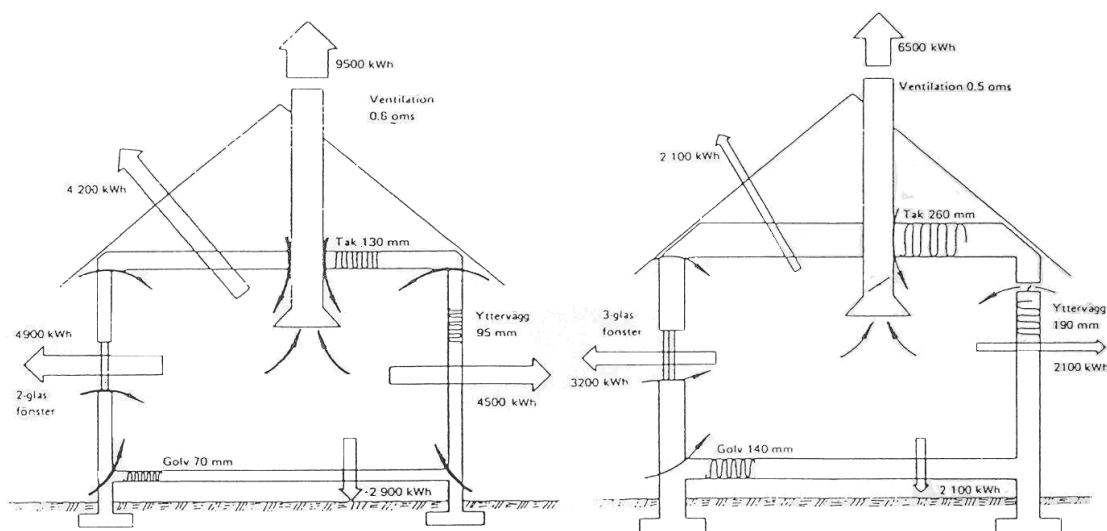
Storleken på bostäder bör diskuteras och ytan dras ner. En 200 kvm bostadsyta för en mindre familj är inte längre hållbart. För att lyckas med detta måste bruksarean effektiviseras fullt ut. Där har arkitekten en viktig uppgift, nämligen att minimera de så kallade "döda" ytorna. Ytterligare en sak att tänka på för arkitekten är möjligheten att minska luftslusseffekten som uppstår då dörrar öppnas. Det kan annars vara så att dörrar med mycket spring orsakar stora värmeförluster. Förluster som sedan måste kompenseras med extra tillförsel av energi. Lösningen kan vara att skapa någon form av luftsluss, för att inte all värme snabbt skall smita ut.

3.3 Klimatskärm

Med klimatskärm menas de delar som omsluter byggnadens uppvärmda inneluft, så som tak, väggar, golv, fönster och dörrar. De inräknade byggelementen är de som gränsar mot mark, uteluft eller ouppvämt utrymme. Alltså borträknas t.ex. uppvärmda väggar mot grannlägenhet. Klimatskalets syfte är att skapa ett behagligt och beboligt inneklimat för byggnaden året om.

3.3.1 Utveckling

I alla tider har man byggt hus för att skydda sig mot väder och vind. Utvecklingen är stor och omfattar allt från de klassiska kåtorna (koniska tält) till dagens passivhus. För att, inom området för klimatskärm, visa del av utvecklingen presenteras två bostadshus nedan.



Figur 3.2 Transmissions- och ventilationsförluster för enbostadshus på 125 kvm byggda enligt krav gällande 1970 respektive 1975²⁴.

²⁴ Hamrin (1998) Byggefysik, utdrag ur Byggteknik, s. 40. Studentlitteratur.

Inom området för energianvändning har kraven alltså kraftigt stärkts under dessa fem år. Något som i sin tur har det resulterat i att mängden isolering på klimatskalet ungefär ökat med det dubbla. Det gäller såväl tak som vägg och grund. Fönster har blivit mer energieffektiva med införandet av 3-glasfönster.

För de två bostadshusen är varmvatten ej inräknat, något som vid den tiden uppskattat stod för cirka 20 % av bostadens totala energiförbrukning. Inkluderat varmvatten blir bostädernas totala energiförbrukningar istället:

1970

$9\,500 + 4\,200 + 4\,900 + 2\,900 + 4\,500 = 26\,000 \text{ kWh/år (exkl. VV)}$

$26\,000 / 0,8 = 32\,500 \text{ kWh/år (inkl. VV)}$

$32\,500 / 125 = \mathbf{260 \text{ kWh/kvm/år}}$

1975

$6\,500 + 2\,100 + 3\,200 + 2\,100 + 2\,100 = 16\,000 \text{ kWh/år (exkl. VV)}$

$16\,000 / 0,8 = 20\,000 \text{ kWh/år (inkl. VV)}$

$20\,000 / 125 = \mathbf{160 \text{ kWh/kvm/år}}$

I sammanhanget värt att nämna är att kraven gällde för nybyggnation. Många av de befintliga bostäderna hade alltså högre årlig energiförbrukning. Värdena är därför inte ett representerat genomsnitt på energiförbrukningen för landets alla bostäder.

3.3.2 Dagens krav²⁵

Som tidigare nämnts, kap 2.2.2, ställer BBR krav på byggnaders specifika energianvändning. För klimatzon söder gäller 110 kWh/kvm/år, inräknat uppvärmning för varmvatten. Motsvarande krav för tyska passivhus beräknas ligga runt 30 kWh/kvm/år, utan varmvattenuppvärmning gäller istället 15 kWh/kvm/år.

Utöver krav gällande specifik energianvändning skall byggnaden också uppfylla krav på klimatskärm. Kravet gäller för hur högt U-medelvärde maximalt får vara och är som följer:

Bostäder: $U_m = 0,50 \text{ W/kvm} \cdot ^\circ\text{C}$

Lokaler: $U_m = 0,70 \text{ W/kvm} \cdot ^\circ\text{C}$

²⁵ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 6, 8, 10, 23 och 42.

För mindre byggnader eller tillbyggnader får alternativa krav användas. Till dessa byggnader räknas de som har en golvarea $A_{\text{temp}} \leq 100 \text{ kvm}$, fönster- och dörrarea $A_f \leq 0,20 \cdot A_{\text{temp}}$ samt byggnader där inget kylbehov krävs. Kravet riktar sig mot bygghedlarnas enskilda U-värde och visas i tabell nedan. Som jämförelse visas också Tysklands motsvarande krav på passivhus.

	BBR:s krav Bostäder, Sverige	Krav enligt Passivhaus, Tyskland
U-värde, tak	0,13 W/kvm•°C	0,10 W/kvm•°C
U-värde, vägg	0,18 W/kvm•°C	0,10-0,15 W/kvm•°C
U-värde, golv	0,15 W/kvm•°C	0,10 W/kvm•°C
U-värde, fönster och dörrar	1,30 W/kvm•°C	0,80 W/kvm•°C

Likt tidigare krav gällande U-värde för klimatskärm så delas också BBR:s krav avseende lufttätethet upp i två fall. För standardfallet med byggnader >100 kvm ställer BBR inget ytterligare krav. Däremot för den alternativa metoden med byggnader <100 kvm ställer BBR kravet 0,6 l/s•kvm omslutande area vid 50 Pa tryck. Motsvarande krav för passivhus av normal storlek är 0,10-0,15 l/s•kvm.

Vad gäller köldbryggor så *skall* dessa numera medräknas, till skillnad från tidigare då de *borde* beaktas. Krav nu, förslag tidigare, skillnaden är att krav följs. För BBR spelar köldbryggor in i uträkningen för U_m , där både linjära och punktformiga köldbryggor tas med. För passivhus gäller kravet 0,05-0,2 W/kvm•°C för de linjära köldbryggorna.

3.3.3 Isolering²⁶

För att uppfylla alla de krav som ställs på byggnadens förmåga att bibehålla värme måste denna isoleras väl. Detta görs vanligen med cellplast eller mineralull. För att ett passivhus skall klara sina hårda energikrav behövs nästan dubbelt så mycket isolering jämfört med svensk byggstandard²⁷.

3.3.3.1 Tak

Relativt stor del av husets klimatskärm tas upp av taket och orsakar en betydande del av den totala värmeförlusten. Därför isoleras taket ordentligt, vanligen med utsprutad lösull som skapar en skarvlös isolering utan glipor.

²⁶ Värme och energi. *Värmebehov, hur läcker värmen ut*. Hämtad från <www.varmahus.se> december 2007.

²⁷ Passivhus som villa. *Passivhus*. Hämtad från <www.tellus.tv/passivhus> december 2007.

3.3.3.2 Yttervägg

Likt taket går en hel del värmeenergi förlorad genom ytterväggarna. För passivhus isoleras väggar i överlappade isolerskikt, likt två väggar utanpå varandra av anledning att minimera köldbryggor. Mängden isolering som används är 40-50 cm. En siffra som kan jämföras med äldre hus som har en isolering kring 10-15 cm i ytterväggarna. Något som alltså inte är hållbart utan bör åtgärdas och blir då en komplicerad och kostsam process.

3.3.3.3 Grund

Genom grunden förloras relativt liten mängd värmeenergi. Anledningen är den att grunden, vid platta på mark, har direktkontakt med marken som ligger på 5-8°C året om. Detta till skillnad från vägg och tak där temperaturen utanför under del av året ligger en bra bit under 0°C. Jämfört med vägg och tak behövs därför i grunden aningen mindre mängd isolering. Viktigt är dock att inte få för lite isolering eftersom en senare tilläggsisolering av grund näst intill är omöjligt, åtminstone väldigt kostsamt.

3.3.4 Fönster

Det har tidigare nämnts att fönster är den del av klimatskärmen som har sämst värmeisoleringsförmåga. Lösningen på detta har också berörts, vilken främst är att minska ner på fönsterarean. Viktigt är också att utnyttja energitillskottet från solinstrålningen mot söder. På natten gäller det däremot att förhindra värmen att läcka ut, förslagsvis använda sig av persienn eller rullgardin.

Utöver ovan nämnda lösningar är det också viktigt att använda sig av bra fönster. Med det menas fönster med lågt U-värde, jämförelse: klassiska tvåglasfönster $\sim 3,0 \text{ W/kvm}\cdot^\circ\text{C}$, moderna treglasfönster under $1,0 \text{ W/kvm}\cdot^\circ\text{C}$. Skillnaden i uppbyggnad är dels den extra luftspalt treglasfönstret medför, dels också den gas samt beläggning som finns mellan respektive på glasen.

3.3.5 Dörrar

Ytterdörrens/arnas area på huset är relativt liten och i kombination med dess medelmåttiga U-värde påverkar den därför husets totala energiförlust endast marginellt. Kravet är satt till detsamma som för fönster. Med dörrar finns däremot en annan aspekt att tänka på, nämligen hantering av luftslusseffekten som har behandlats i kap 3.2.4.

3.3.6 Verklighet möter krav

Ett av Sveriges första passivhusprojekt ligger i Lindås utanför Göteborg och omfattar 20 radhus. Husen byggdes efter Tysklands modell av passivhus, med lösningar av allt vad kap 3 innefattar. Nedan visas tabell över hur mycket de olika byggelementen för projekt Lindås behövde i isolertjocklek för att hyfsat uppfylla Tysklands krav på U-värde för passivhus.

Byggelement	U-krav	U-värde	Isolering
	Passivhus, Tyskland ²⁸	Lindås, Gbg ²⁹	Lindås, Gbg
Tak	0,10 W/kvm•°C	0,08 W/kvm•K	48 cm
Vägg	0,10-0,15 W/kvm•°C	0,10 W/kvm•K	43 cm
Grund	0,10 W/kvm•°C	0,11 W/kvm•K	25 cm
Fönster	0,8 W/kvm•°C	0,85 W/kvm•K	-
Ytterdörr	0,8 W/kvm•°C	0,80 W/kvm•K	-

Jämförs isolertjocklek från tidigare nämnda enbostadshus från 1975 med isolertjocklek från projekt Lindås noteras ungefär en dubblering. Det är en av flera energieffektiviseringar som skiljer husen åt. Fler kommer att nämnas längre fram i arbetet.

3.3.7 Forskning³⁰

Mycket forskning pågår i ämnet kring energisnåla lösningar och hållbar utveckling. Mest uppmärksammat är framstegen med de förnyelsebara energikällorna och forskning kring sol- och vattenkraft. Stor framgång har också skett inom området för klimatskärm. Syftar på lösningar som skapar lägre U-värde, effektivare ljusgenomsläpplighet, bättre fukt- och brandskydd, högre lufttäthet med mera.

Forskningslag i Canada arbetar med att använda vakuum som isolermaterial i ytterväggar, likt en termos. Vakuumsiktet skall då omöjliggöra värmetransport både via ledning och konvektion. Kvar av de tre värmetransporterna är strålning och denna minskas genom svarta ytor på väggskikten. Resultatet blir ytterväggar med betydligt lägre U-värde, storleksordningen 1/10 av dagens väggar. Utöver det så behöver väggarna inte vara så tjocka, 10 cm vakuumsikt bedöms räcka. De halvmetersväggar man idag använder i passivhusen är kanske därför i framtiden inte ett måste. Denna väggtyp kan dock föra med sig andra bekymmer, bl.a. problem om luft sipprar in i vakuumsiktet och då inte längre isolerar.

²⁸ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 42.

²⁹ Egnahemsbolaget. Sökord: *Lindås*. Hämtad från <www.egnahem-goteborg.se> december 2007.

³⁰ Lars Sentler. Professor inom Byggetekniker. LTH. Personlig intervju. 2007-10-30.

I Tyskland forskas med flytande kristall i skikten på fönsterglasen. Detta skall medföra att värmeflödet på natten minimeras samtidigt som dagens solljus fullt ut tillåts stråla in och utnyttjas. Detta alternativ är dock dyrt och därför troligen inte särskilt aktuellt för bostäder.

3.3.8 Lufttäthet och ventilation

För passivhus är hög lufttäthet mycket viktigt för att skapa en god inommiljö samt minskade driftskostnader. I byggnader med hög lufttäthet anpassar den boende ventilationen till aktuella behov, inte tvärtom att utomhusklimatet får styra. Annars krävs en kompensation av extra värmeenergi då kallt och blåsigtt väder råder.

Att skapa en lufttät klimatskärm görs genom att placera en plastfolie på insidan av konstruktionen. Foliens uppgift är att förhindra ett okontrollerat luftläckage. Istället andas byggnaden genom den kontrollerade ventilationen. På detta sätt skapas ett behagligt inomhusklimat med låg energiförbrukning, låg risk för fukt- och mögelskador samt hög komfort avseende drag. Som jämförelse kan nämnas att det ofrivilliga luftläckaget genom ett otätt hus kan vara sju gånger högre än för ett lufttät hus³¹. Siffror som sedan återspeglar sig i energiförbrukningen. Lufttäthet och ventilation spelar alltså stor roll vid projektering och uppförande av passivhus.

Illustration över passivhusets styrda ventilation visas på figur 3.3 på sidan 21. Ventilationen för där in ny frisk luft i byggnaden och för ut använd och dålig luft. Olika maskiner kopplas också till detta system för att i hög grad återvinna värmeenergi. Detta berörs senare i ett annat kapitel.

Svårigheten med att skapa en lufttät byggnad är att hål måste göras genom plastfolien, för bl.a. fönster, dörrar och rör. För varje hål och skarv ökar risken att luft kan sippra genom. Det gäller därför att vara väldigt noga då plastfolien monteras. Här har alltså ”gubbarna på bygget” ett stort ansvar.

Ett kritiskt moment är som tidigare nämnts monteringen av fönster. Bäst löses detta genom att applicera en extra plastfolie runt fönstersmygen som då minimerar risken för luftläckage. En annan svårighet är anslutningen mellan vägg och mellanbjälklag. Lösningen är här att klämma samman plastfolien mellan byggelementen.³² Detta är några exempel på lösningar som minimerar luftläckaget om det monteras rätt och därmed bidrar till att byggnaden klarar kravet på lufttäthet.

³¹ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 23.

³² Tell Us Stories AB (2007) *Aktivt liv i passivt hus*. Film. Beställd från <www.tellus.tv/passivhus>.

3.3.9 Köldbryggor

Detaljer som bryter genom bättre värmeisolerande material och på så sätt försämrar värmeisolerskiktet i klimatskärmen kallas köldbryggor. Genom köldbryggorna passerar en stor mängd värme med betydande förluster av värmeenergi för fastigheten. Köldbryggor kallas därför ibland ”energibovar”. Köldbryggor medför också en försämrad komfort, försmutsning och ökad risk för kondens.³³ Det är därför viktigt att i största möjliga mån minimera köldbryggorna.

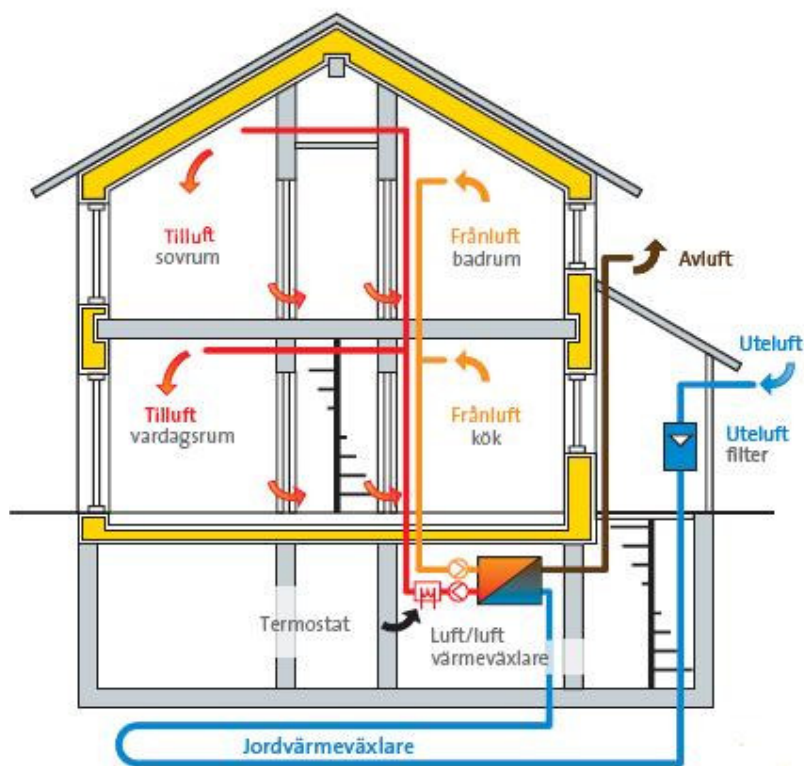
Lösningen för att förhindra köldbryggor är att utanpå material med hög värmetransportförmåga, t.ex. träregel i yttervägg, lägga isolering. Aldrig låta värme transporteras genom ett, ur isolersynpunkt, dåligt material hela vägen ut. I annat fall uppstår problem när den varma luften tar sig genom konstruktionen och möter den kalla luften. Detta kan medföra risk för kondens och fuktproblem.

Som nämnts i *kap 3.3.3.2* så används i passivhusen dubbla väggar utanpå varandra. Träreglar, rör och andra komponenter i väggar skall då inte orsaka värmeförluster utan isoleringen i nästa skikt isolerar dem. Lösullen som sprutas ut i isolerskiktet på ovanbjälklaget är ytterligare ett exempel på lösning som tar bort fenomenet köldbrygga. Andra problem såsom köldbryggor vid el- och rördragningar löses på liknande sätt, nämligen med mellanväggar utanpå varandra.

³³ Svensson och Westberg (2006) *Köldbryggors inverkan på energianvändningen*, s. 36. Examensarbete.

3.4 Värmesystem

Grunden för passivhus ligger i att utnyttja så mycket gratisenergi som är möjligt. Då detta inte räcker och extra tillförd energi krävs är målet att denna skall komma från förnyelsebara energikällor. Resonemanget kring passivhus är därför ur både miljö- och ekonomisk synvinkel i långa loppet hållbart.



Figur 3.3 Principskiss av passivhusets värme- och ventilationssystem³⁴.

3.4.1 Passiva värmekällor

All den värmeenergi som avges från människor och maskiner inne i byggnaden tas tillvara. Exempel är allt från köksutrusningens spis och ugn till vardagsrummets TV och dator. Värmeenergin som alstras återvinns i ett effektivt ventilationssystem och svarar på så sätt för en stor del av bostadens värmebehov. Detta till skillnad från många klassiska bostäder där denna extra värmeenergi ofta upplevs som något negativt och vädras ut.

³⁴ Isover (2007) *IsoverBoken*, s. 24.

3.4.2 Jordvärmeväxlare

Som figur 3.3 visar så tas all uteluft in genom ett och samma intag i trädgården. Luften passerar först genom ett filter för att hindra föroreningar att komma in i huset. Vidare förs luften genom en så kallad jordvärmeväxlare. Dess uppgift är att förvärma luften innan den förs vidare i systemet till luftvärmeväxlaren.

Det man utnyttjar i jordvärmeväxlaren är att temperaturen i marken är jämn året om, mellan 5-8 grader³⁵. Vinterns kalla uteluft förs genom cirka 30 meter långa luftkanaler, som är nedgrävda på frostfritt djup under byggnaden, cirka 1.5 meter³⁶. Luften värms då upp till omgivande marks temperatur, i snitt cirka 6 grader. Detta gäller på den kalla delen av året då utomhustemperaturen är låg och man önskar tillföra värme. På sommaren däremot kan systemet istället användas för att få kyla. Varm uteluft förs genom luftkanalerna i marken och ut kommer en 6-gradig luft som kan användas för kylning av bostaden.

3.4.3 Luftvärmeväxlare³⁷

Nästa steg efter jordvärmeväxlarens förvärmning upp till 6 grader är att avfukta luften. Detta görs i en avfuktare som ofta sitter sammanbyggd med luftvärmeväxlaren. Anledning bakom avfuktning är att det går åt alltför mycket energi för att värma fuktig luft. Den "torra" luften förs sedan vidare in i luftvärmeväxlaren där den värms upp och förs in i byggnaden. Upp till ungefär 16 grader värmer vanligtvis värmeväxlaren upp luften, dvs. en 10-gradig ökning efter jordvärmeväxlaren. Resterande värme kommer från de tidigare nämnda passiva källorna, människor och maskiner.

Luftvärmeväxlaren fungerar så att den utnyttjar den varma frånluften för att värma upp den friska och nya tilluften. Systemet kallas FTX-system, F=frånluft, T=tilluft och X=värmeväxling. Det är ur energisynpunkt ett mycket effektivt värmesystem med en verkningsgrad runt 80-90 %. I Tyskland finns exempel på luftvärmeväxlare med ännu högre verkningsgrad, somliga ändå upp mot 99 %. Att gå så långt räknas dock inte som kostnadseffektivt utan ses snarare som en extrem åtgärd i t.ex. reklam syfte för att visa att detta är möjligt.

För att återknyta till ett tidigare nämnt passivhusprojekt Lindås i Göteborg kan nämnas att luftvärmeväxlarna där har en verkningsgrad på 85 %³⁸.

³⁵ Värme och energi. *Värmebehov, hur läcker värmen ut, energiförlust genom grunden.*

Hämtad från <www.varmahus.se> december 2007.

³⁶ Boverket. Dokument/Sökord: Energisk arkitektur, s. 15. Hämtad från <www.boverket.se> december 2007.

³⁷ Lars Sentler. Professor inom Bygghuset. LTH. Personlig intervju. 2007-11-20.

³⁸ Egnahemsbolaget. Sökord: *Lindås*. Hämtad från <www.egnahem-goteborg.se> december 2007.

3.4.4 Solfångare³⁹

Möjligheten med solfångare på taket är ett sätt att ytterligare täcka in husets energibehov. Principen som bygger på att värma bostadens rörledningsvatten, alternativt vattensystem, har funnits länge men det har varit en dyr och inte särskilt effektiv lösning. Forskning har dock resulterat i att solfångare blir alltmer lönsam. Idag är solfångarna effektivare och möjligheten att lagra energi betydligt bättre än tidigare. Dock är det fortfarande en ganska dyr investering i förhållande till vad man tjänar in på driften. Mycket förväntas dock hända inom de närmaste åren eftersom solfångare är föremål för en omfattande forskning.

Beroende på verkningsgrad och system producerar en solfångare mellan 300-600 kWh/kvm/år. Den stora fördelen är att energin är gratis och miljövänlig och kan svara för större delen av varmvattenförsörjningen i en bostad mellan maj till september. Svårigheten är den mörka delen av året då solen inte lyser lika ofta och intensivt. Här kan därför behövas komplettering för att fullt ut täcka behovet av varmvatten. Dock värt att nämna är att även de dagar då det är molnigt ute så producerar solfångaren energi. De kräver alltså inte alltid soligt och klart väder för att fungera, något som är en uppfattning många människor har.

På bostäderna i projekt Lindås finns på taken åt söder solfångare motsvarande 5 kvm/lgh, vilket skall svara för delar av varmvattenuppvärmningen⁴⁰.

³⁹ Göteborgs Stad. Sökord: *Uppvärmning solenergi*. Hämtad från <www.goteborg.se> december 2007.

⁴⁰ Egnahemsbolaget. Sökord: *Lindås*. Hämtad från <www.egnahem-goteborg.se> december 2007.

4 PROJEKT I SVERIGE

Stor kompetens och erfarenhet inom området passivhus finns i Tyskland, som tillsammans med Österrike och Schweiz har byggt mer än 10 000 sådana⁴¹. Genom bland annat studiebesök förs kunskapen vidare till intresserade svenska forskare, byggföretag eller andra aktörer. Dessa planerar och bygger nu för fullt för att etablera sådan byggnation också i Sverige.

4.1 Färdigställda passivhus

Idag finns cirka 140 färdiga och inflyttade bostäder i Sverige som är byggda enligt konceptet för passivhus. Till största del handlar det om lägenheter men även bostäder i form av enfamiljsvillor är nu klara. De genomförda och även inflyttade passivhusen är som följer:⁴²

Projekt	Kommun	Antal	Byggherre	Inflyttning
Villa Malmborg	Lidköping	1	Vårgårdahus	2007
Villa Falun	Falun	1	EFEM	2007
Viskafors	Viskafors	20	Viskaforshem AB	2007
Hertingens gård	Falkenberg	12	FaBo	2006
Frillesås	Kungsbacka	12	Eksta Bostads AB	2006
Oxtorget	Värnamo	40	Finnvedsbostäder	2006
Glumslöv	Landskrona	35	Landskronahem	2004
Lindås	Göteborg	20	Egnahemsbolaget	2002

4.2 Boendes synpunkter⁴³

Från första projektet Lindås som var klart redan 2002 till Villa Malmborg som blev klart hösten 2007 kan nu resultat och slutsatser dras. Överlag kan nämnas att de boende trivs mycket bra och är nöjda med sin bostad.

Positivt

- Frisk och bra inomhusluft, omsätts ungefär varannan timme.
- Välisolerat klimatskal samt högkvalitativa maskiner gör det till en tyst och lugn bostad.
- Behaglig inomhustemperatur (20-23°C) under hela året samt goda ljusförhållanden.

⁴¹ Götene kommun. Sökord: *Passivhus i Lidköping*. Hämtad från <www.gotene.se> januari 2008.

⁴² Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad, marknadsöversikt för passivhus...*, s. 9. Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

⁴³ Forum för Energieffektiva Byggnader. *Marknad*. Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

Negativt

- Luften uppfattas av en del som torr att andas in. Detta på grund av att luften avfuktas innan den förs in i bostaden, en åtgärd för att spara energi.
- Risk för temperaturförändring. Främst då boende eller granne har varit bortrest en längre tid. Helt enkelt beroende på låg aktivitet i bostaden, både vad gäller människor och maskiner.

4.3 Aktörers erfarenheter⁴⁴

För de allra flesta av de inblandade aktörerna har det varit första gången som de projekterat och byggt ett passivhus. Skillnaden ligger inte främst i nya material, utan handlar snarare om nytt tänk och noggrannhet vad gäller täthet. Erfarenheterna är positiva från de flesta håll och viljan att göra det igen är stor.

Positivt

- Låg energiförbrukning som skapar både låga driftskostnader och bidrar till en mindre miljöbelastning.
- Det är ett ekonomiskt tryggt boende genom att man redan nu skyddar sig mot framtidens kraftigt ökade energipriser.
- Att se byggnaden ur ett livscykelperspektiv visar att passivhusets produktionskostnad återbetalar sig. Totalkostnaden för ett passivhus blir därför lägre jämfört med ett klassiskt hus.
- Att bygga bostäder som är bättre än dagens BBR-krav är att vara steget före, då kan man känna sig lugn då kraven skärps framöver.
- Med den kubiska formen utnyttjas boytan fullt ut.
- Kommuner kan söka statligt bidrag för byggnation av passivhus. Detta kan då täcka in den eventuella merkostnad passivhusen medför. Bidrag kan dock ej sökas av privatpersoner.

Negativt

- Passivhuset kräver ökad produktionskostnad för bland annat klimatskal. Även om huset återbetalar sig på ett visst antal år krävs ändå en större investering i början.
- De tjocka väggarna stjäl yta från boytan. De skapar också extra tjocka fönstersmygar, kan se mycket ut för ett ovanligt öga.

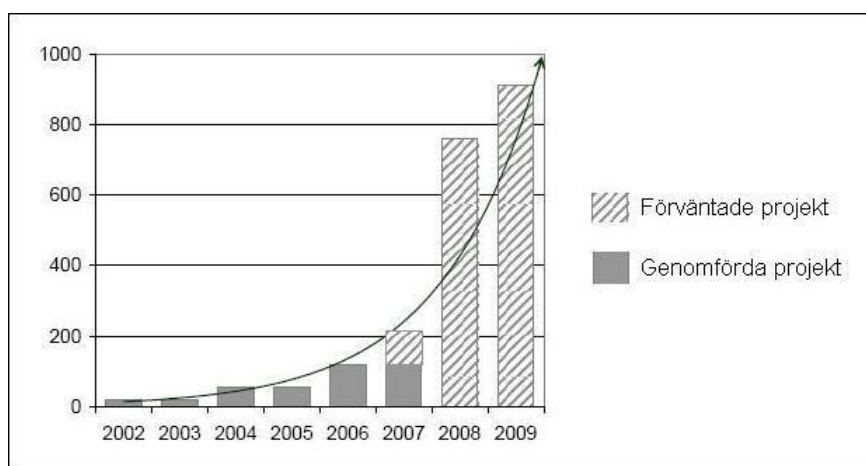
⁴⁴ Tell Us Stories AB (2007) *Aktivt liv i passivt hus*. Film. Beställd från <www.tellus.tv/passivhus>.

- I vissa fall svårighet att välja att inte ansluta sig till kommunens fjärrvärmenät, eller att bara delvis göra det. I fall då t.ex. önskemål om solfångare istället finns. Anledningen är ofta kommunernas stora satsning på fjärrvärmenätet, som gärna kräver att alla ansluter sig.
- Extra viktigt med tätskiktet, det finns inget utrymme för slarv eller missförstånd. Därför är det viktigt att planera bygget extra noga, stämma av alla detaljer på byggmöten. Helt enkelt så att saker och ting verkligen görs i rätt ordning.
- Dåliga möjligheter för om- eller tillbyggnad, detta eftersom risken att punktera tätskiktet är stor. Skulle detta hända riskerar huset att angripas av fukt och mögel.

4.4 Planerade projekt⁴⁵

Trenden visar tydligt att efterfrågan på passivhus ökar. Som figur 4.1 nedan visar så förväntas en stor ökning under 2008. För 2009 ser det också ljus ut med en fortsatt förväntad efterfrågan. Efter 2009 tros cirka 900 passivhus vara färdiga och inflyttade. Anledningen till att 2007 ligger lite under sitt förväntade resultat är att en del av projekten har blivit försenade.

För både de genomförda och de nu planerade projekten står lägenheter för den största delen av bostäderna. Anledningen bakom detta har diskuterats tidigare i kap 3.2.3. Kort handlar det om att spara värmeenergi genom att utnyttja grannens uppvärmda vägg, golv eller tak.



Figur 4.1 Utvecklingen av antal passivhus i Sverige. Grafen förutsätter att material- och arbetskostnad ligger någorlunda stabilt.

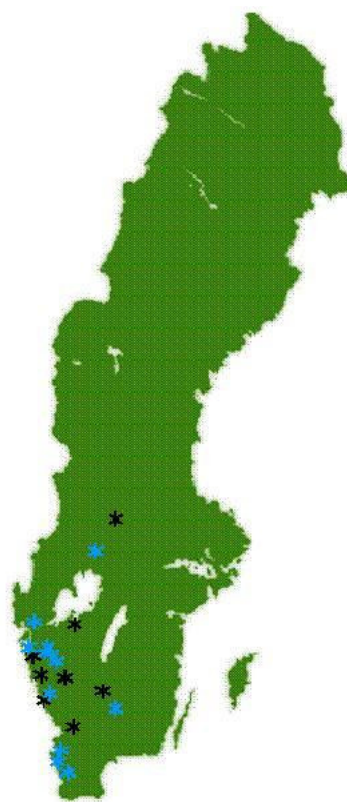
⁴⁵ Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad, marknadsöversikt för passivhus...*, s. 7, 8, 9. Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

4.5 Geografisk orientering

Ritas genomförda och planerade projekt av passivhus in på en Sverigekarta syns en tydlig trend, se karta nedan. Satsningarna är mestadels samlade i sydvästra delen av landet. Anledningen till varför norra delen av Sverige inte satsar på passivhus beror mestadels på klimatet. Dygnen är helt enkelt för mörka, vilket begränsar nyttjandet av solenergi. Givetvis är energisnåla lösningar gynnsamma även där men att komma så långt ner som till passivhusets krav är svårt. Som kompensation för förlorad solenergi kan förslagsvis satsningar på vindsnurror och vattenburen värmepump vara bra lösningar.

En annan orsak bakom Norrlands obefintliga framgång av passivhus är brist på kunskap. Man kan inte i samma utsträckning dra nytta av Tysklands erfarenheter eftersom klimaten är så pass olika. För Norrlands del krävs det därför att någon med kunskap och tro på passivhus vågar satsa och börja bygga. Något som än så länge inte skett.

Varför det går så trögt med passivhus i östra Sverige är svårare att svara på. Nu är de dock på gång och Stockholms första passivhus är snart klart, det är en friliggande villa och huvudsponsor är isolerproducenten Paroc⁴⁶.



Figur 4.2 Passivhus i Sverige som är färdigställda (svart stjärna) och pågående byggnation (blå stjärna)⁴⁷.

⁴⁶ ByggFakta ProjektNytt. *Nyheter*, 2007-12-19, *Stockholms första passivhus*. Hämtad från <www.projektnytt.se> januari 2008.

⁴⁷ Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad, marknadsöversikt för passivhus...*, s. 8. Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

5 AVSLUTNING

Sveriges totala energiförbrukning måste minskas och för bostadssektorn är lösningen på problemet passivhus. Inom området råder bland det svenska folket dock stor brist på kunskap. Detta bromsar utvecklingen mot ett mer energieffektivt boende och ett hållbart samhälle.

5.1 Resultat

Ett passivhus kräver knappt en tredjedel av den energi som ett normhus behöver för uppvärmning, varmvatten och driftsel. Detta är möjligt främst på grund av dess välisolerande klimatskal samt effektiva värmeåtervinnings-system. Visserligen medför passivhuset ökad produktionskostnad men den investeringen betalar tillbaka sig genom kommande år av billigare drift.

Ser man byggnaden ur ett livscykelperspektiv så blir det billigare att bo i ett passivhus jämfört med ett klassiskt hus. Däremot är det svårt att exakt räkna ut hur många år det tar innan passivhusets extra investering är återbetald. Det har att göra med ett flertal olika faktorer, bland annat framtida energipriser, räntor, investeringsbelopp och underhåll m.m.

Något som också är viktigt att nämna inom området för ekonomi är att marknaden för passivhus än så länge är liten. Detta gör att många lågenergi-produkter idag behöver specialbeställas och då till högre priser. I samma takt som passivhus blir vanligare kommer utbudet och priserna på produkterna att förbättras. Något som resulterar i att det framöver blir mer och mer gynnsamt att bygga lågenergihus.

Eftersom passivhus utnyttjar solenergi i hög grad måste husen byggas där solen lyser ofta och intensivt. Det finns alltså en geografisk begränsning som gör att passivhus inte lika bra lämpar sig för norra delen av Sverige. Där är helt enkelt för mörkt under stora delar av dygnet och året. Energieffektiva lösningar är givetvis fortfarande lönsamma där men att uppfylla kravet på passivhus utan bidrag av solenergi är svårt. Då måste vindsnurror eller vattenburna värmepumpar till. Däremot i södra Sverige, som har ett klimat likt Tyskland, kommer passivhus till sin rätt och kan fungera fullt ut.

Även fast södra Sverige har ett hyfsat mildt klimat kan det vissa vinterdagar bli kraftig kyla. Då krävs att extra energi tillförs bostaden. Antingen tas denna från värmepump eller från fjärrvärmenätet om bostaden är ansluten dit.

De tjocka väggarna som passivhuset har anses vara en begränsning, främst eftersom de stjälar uthyrbar yta. Vidare för de med sig djupa fönstersmygar, något som kan se ovant och konstigt ut för en ny passivhusbesökare. Denna nya besökare känner säkert också den torra luften som passivhus ofta har. En vanesak som lätt regleras genom att helt enkelt dricka ett extra glas vatten lite då och då. Dock är avfuktning en nödvändig åtgärd för att spara energi. Fuktig luft är nämligen mer energikrävande att värma än torr luft.

Själva byggandet av passivhus är likt byggandet av klassiska hus. Material och mycket annat är samma. Skillnaderna är främst de tjocka väggarna samt den extrema noggrannheten med plastfolien. Där gäller att så länge kvalitén på ritningarna samt byggarbetarnas noggrannhet är hög går allt bra, annars blir det problem. Det i sin tur resulterar i att passivhus kräver fler byggarbets-timmar än klassiska hus. Något som utöver tjockt klimatskal ytterligare ökar produktionskostnaden.

5.2 Slutsats

Med hänsyn till miljöfrågan kan slutsatsen dras att byggande av passivhusen är en positiv åtgärd. Den tre gånger mindre förbrukade energin talar sitt tydliga språk. På så sätt kan bostadssektorns 40 % förbrukning av Sveriges totala energi minskas. Detta bidrar också starkt till att Sveriges möjligheter ökar för att nå sina miljömål.

Att det är ur livscykelperspektiv är billigare att bo i ett passivhus än ett klassiskt hus är ett annat tungt argument. Då tekniken blir mer vanlig och priserna lägre talar också detta för passivhusets goda ekonomiska fördel.

Passivhus har ett bra inomhusklimat med hög luftkvalité och goda ljud- och ljusförhållanden. I ett passivhus erbjuds därför ett friskt och hälsosamt boende.

Med tydliga ritningar, hög noggrannhet och kontroller vid montering kan Sverige idag bygga bra passivhus. Det har vi Tyskland till stor del att tacka för som är vår förebild inom konceptet för lågenergihus. För Sveriges del är vi ganska nya inom området men vi blir bara bättre och bättre för varje genomfört projekt.

Grundat på diskussion och resultat ovan anser jag: Det är en god idé, sett ur både miljö- och ekonomisk synvinkel, att följa Tysklands utveckling och bygga passivhus även här i Sverige!

5.3 Möjlig vidareutveckling

Innan arbetet påbörjades pratade jag med civilingenjör Svante Wijk på NCC Teknik i Göteborg angående möjliga förslag på ex-arbete. Wijk arbetar med utveckling och byggnation kring ämnet energieffektiva bostäder.

Wijk påpekade svårigheten med passivhusets höga krav på lufttäthet och köldbryggor. Stort ansvar ligger på "gubbarna på bygget" att noga montera samman byggelementen så att plastfolien bevaras tät. För att detta skall lyckas måste konstruktörens ritningar vara väl genomtänkta samt tydligt ritade. Det finns inte några marginaler för missförstånd, inget mer LPP (löses på plats) utan allt måste vara genomtänkt och tydligt redovisat på ritningarna.

Detta menar Wijk är ett problem, hur man konkret skall göra för att minimera köldbryggor och bevara tätskiktet tätt. Det var alltså hans förslag på ex-arbete och jag tyckte direkt det lät intressant. Efter att ha funderat på förslaget ett tag så slog tanken mig att omfattningen förmodligen var för stor. Jag trodde helt enkelt inte att det gick att ro i hamn som ensam skribent utan det var att ta vatten över huvudet. Därför ändrade jag inriktning till det nu aktuella. Förslaget som Svante Wijk gav kan dock vara en bra grund till en möjlig vidareutveckling för ett nytt arbete med nya studenter.

5.4 Avrundning

Vid ett av samtalen med min handledare Lars Sentler berättade han en rolig grej. Något som väl passar till ämnet och särskilt bra här som avrundning. Det var en kamrat till honom som hade föreslagit en smart lösning för att sänka, rentav minimera, värmeflödet genom fönster. Hans förslag var att montera en videokamera utanför fönstret och sedan, istället för fönster, sätta en LCD-skärm (platt-TV). Tanken är att LCD-skärmen live skall visa det som kameran spelar in.

LCD-skärmen visar då det som försiggår utanför, liknande ett fönster man tittar ut genom. Vid första tanken på förslaget låter det som ett stort skämt, men skänk det en vidare tanke. Kanske är det inte så dumt som det först låter? Givetvis för det med sig en hel del svårigheter. T.ex. möjligheten att titta åt sidan samt att utifrån titta in samt att priserna på tekniken är alltför dyr. Det ställer till problem idag 2008 men är kanske inte några konstigheter om några år. Vi får helt enkelt se. Även om TV-fönstret inte gör världssuccé så kan i alla fall Lars kamrat skryta med att ha uppfunnit världens mest energisnåla "fönster".

6 KÄLLFÖRTECKNING

6.1 Litteratur

Hamrin, Sven (1998) *Byggfysik, utdrag ur Byggt teknik*.
Härnösand. Härnöförlaget. Studentlitteratur.

Isover (2007) *IsoverBoken, guide för arkitekter, konstruktörer och
entreprenörer*. Billesholm. Version B5-01-2007-2009.

Svensson, Jimmy och Westberg, Andreas (2006) *Köldbryggors inverkan på
energianvändningen*. Examensarbete. Institutionen för arkitektur och
byggd miljö. LTH, Lund.

6.2 Muntliga källor

Lars Sentler. Professor inom Byggvetenskaper. LTH.
Personlig intervju. 2007-10-30.

Lars Sentler. Professor inom Byggvetenskaper. LTH.
Personlig intervju. 2007-11-20.

Lars Sentler. Professor inom Byggvetenskaper. LTH.
Personlig intervju. 2007-12-06.

Malin Åberg. Miljöledare region Syd. NCC Teknik.
Föreläsning. 2007-09-17.

Svante Wijk. Projektledare för energi- och miljöfrågor. NCC Teknik.
Telefonintervju. 2007-10-25.

6.3 Media

Tell Us Stories AB (2007) *Aktivt liv i passivt hus*. Film.
Beställd från <www.tellus.tv/passivhus>.

Sveriges Television. *Klimatfrågan*. TV-program.
Sänt 2007-09-28 15.00.

6.4 Internet

Boverket. Dokument/Sökord: *Energideklaration för byggnader*.

Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

Boverket. Dokument/Sökord: *Energisk arkitektur*.

Hämtad från <www.boverket.se> december 2007.

Boverket. *Energideklaration*.

Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

Boverket. *Publicerat, BBR, energihushållning*.

Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

Boverket. *Publicerat, BBR, läsanvisningar*.

Hämtad från <www.boverket.se> oktober 2007.

Byggahus. Sökord: *Passivhus, kub*.

Hämtad från <www.byggahus.se> december 2007.

Byggfakta Projektnytt. *Nyheter, 2007-12-19, Stockholms första passivhus*.

Hämtad från <www.projektnytt.se> januari 2008.

Energimyndigheten. *Styrmedel*.

Hämtad från <www.energimyndigheten.se> november 2007.

Egnahemsbolaget. Sökord: *Lindås*.

Hämtad från <www.egnahem-goteborg.se> december 2007.

Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad,*

marknadsöversikt för passivhus. Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

Forum för Energieffektiva Byggnader. Dokument: *Marknad, Vårgårdahus*.

Hämtad från <www.passivhus.nu> december 2007.

Forum för Energieffektiva Byggnader. *Marknad*.

Hämtad från <www.passivhus.nu> januari 2008.

Göteborgs Stad. Sökord: *Uppvärmning solenergi*.

Hämtad från <www.goteborg.se> december 2007.

Götene kommun. Sökord: *Passivhus i Lidköping*.

Hämtad från <www.gotene.se> januari 2008.

HöglandsEnergi AB. *Försäljning, energiskatt*.

Hämtad från <www.hoglandsenergi.se> januari 2008.

International Energy Agency. Dokument: *World Energy Outlook 2007*.

Hämtad från <www.iea.org> januari 2007.

Miljösekretariatet - Västra Götaland. Dokument: *Vårt nyhetsbrev, miljöutveckling 1 – 2006*. Hämtad från <www.vgregion.se/miljo> jan 2008.

Passivhaus Haustyp. *Start, weiter, haustypen, haustyp 24*. Hämtad från <www.europassivhaus.de> januari 2008.

Passivhus i centrum. *Projekt*. Hämtad från <www.passivhuscentrum.se> januari 2008.

Passivhus som villa. *Passivhus*. Hämtad från <www.tellus.tv/passivhus> december 2007.

Svensk energi. *Om el, elanvändning, el i framtiden*. Hämtad från <www.svenskenergi.se> november 2007.

Värme och energi. *Värmebehov, hur läcker värmen ut*. Hämtad från <www.varmahus.se> december 2007.

Värme och energi. *Värmebehov, hur läcker värmen ut, energiförlust genom grunden*. Hämtad från <www.varmahus.se> december 2007.

Wikipedia. Sökord: *Global uppvärmning*. Hämtad från <www.wikipedia.se> oktober 2007.

Wikipedia. Sökord: *Jorden*. Hämtad från <www.wikipedia.se> oktober 2007.

Öresundskraft. *För dig i hus, produkter och priser, el*. Hämtad från <www.oresundskraft.se> januari 2008.