

En investering för framtiden



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden

Uppgradering av traditionellt byggsystem

Delprojekt 1:
Produktutveckling – timmerhus och energihushållning



Författare

Henrik Janols

Fredrik Lindberg

Ingemar Nygren

Avdelningen för Byggteknik



HÖGSKOLAN
DALARNA

RAPPORT

Projektrapport
Akademin Industri
och samhälle
2010-04-23
Version 1.0

Sammanfattning

Under perioden 2008-2009 har Föreningen Svenska Timmerhus (FST) genomfört ett projekt som heter "Uppgradering av traditionellt byggsystem". Detta projekt består i sin tur av två delprojekt, där delprojekt 1 heter "**Produktutveckling – timmerhus och energihushållning**". Det övergripande syftet med delprojekt 1 är att ta fram kunskap och riktlinjer för utformning av timmerhus som uppfyller de nya byggnormernas krav på energihushållning samtidigt som hänsyn tas till gammal byggtradition samt moderna kundkrav som t.ex. frilagt timmer.

I projektet har 12 timmerhus med frilagd stomme av timmer observerats under en 12 månaders period med avseende på deras energianvändning. Fastighetsägarna har under denna period fått fylla i energiuppgifter samt svara på enkäter och i några fall delta i intervjuer om sitt boende. Under observationsperioden har även husen lufttäthetsprovats och termograferats.

Resultatet av den uppmätta specifika energianvändningen visar att 2 av 11 hus klarar dagens energikrav medan 2 ligger strax ovanför kraven. Från de hus som klarat eller varit nära att klara kravet på specifik energianvändning finns det flera lärdomar att dra. I ett fall har byggnadens A-temp optimerats jämfört med klimatskalet och i ett annat fall har byggnaden försetts med en bergvärmepump samt energiåtervinning på frånluften. Dessa faktorer kan tillsammans bidra till att byggnaden klarar dagens krav på energihushållning. Den uppmätta energianvändningen har även jämförts med en energibehovsberäkning. För majoriteten av de undersökta husen visar det sig att beräkningen ligger högre än vad verkligheten visar. I de fall husen utförts med en värmepump ligger dock beräkningen under eller lika med den uppmätta energianvändningen.

Lufttäthetsprovningarna visar att ett realistiskt läckagetal för ett timmerhus sannolikt är 1,2 l/s, m² om tillverkaren följer FST:s kvalitetssystem. Det framgår även vid genomförda termograferingar att flera orsaker till läckage ej härrör från timmerstommen utan kan kopplas ihop med traditionella läckage. Ett exempel på detta är läckage i anslutningen mellan vägg och tak.

Med hänsyn till det regelverk som finns avseende energihushållning och de framtida förändringar som förespråkas kan det i ett längre perspektiv bli svårt att bygga timmerhus med frilagd trästomme som klarar framtidens energikrav. Det är därför av stor vikt för timmerhusbranschen att undersöka alternativa vägval där en dispens från energikraven för detta segment av bostäder kan vara en väg att gå. I detta arbete är det då viktigt att lyfta fram argument som brukarnas syn på timmerhusets mervärde i form av livskvalité, inomhusklimat och kulturarv. Att timmerhuset ofta har en lägre energianvändning än vad teorin visar på samt att byggnaden är uppförd av ett klimatneutralt stommaterial. Slutligen bör även hänsyn tas till att det handlar om en liten marknad som ur ett globalt energiperspektiv är försumbar.

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund.....	4
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Forskningsfrågor	5
1.4	Metod och avgränsningar	6
2	Genomförandeplan	7
2.1	Huvudaktiviteter	7
2.2	Urvalskriterier för verkliga byggnader, ”försökshus”	9
2.3	Presentation av försökshus	9
3	Lufttäthetsprovningar	12
3.1	Begreppet lufttäthet.....	12
3.2	Tidigare undersökningar om timmerhusens täthet.....	13
3.3	Luftläckage	13
3.3.1	Vindens betydelse för luftläckage och påverkan på ventilationen	13
3.3.2	Termiska drivkrafters betydelse för luftläckage och självdragsventilation.....	14
3.4	Täthetens betydelse för energihushållningen.....	15
3.5	Krav på byggnaders lufttäthet.....	15
3.6	Täthetsprovning av timmerhus	16
4	Energiberäkningar	17
4.1	Boverkets byggregler – Energihushållning.....	17
4.1.1	Viktiga begrepp	18
4.1.2	Sammanfattning av idag gällande krav på energihushållning.....	19
4.2	Skärpta krav i framtiden?.....	20
4.3	Indata för energiberäkningar.....	20
4.4	Val av energiberäkningsprogram.....	22
4.5	Förutsättningar för energiberäkningar	24
5	Energimätningar	27
5.1	Mätförfarande	27
5.2	Förutsättningar	27
6	Resultat	30
6.1	Luftläckagemätningar	30
6.2	Energimätningar.....	32

6.3	Energiberäkningar.....	36
6.4	Intervjuer med fastighetsägare.....	38
7	Analys	40
7.1	Täthet	40
7.2	Uppmätt energianvändning.....	41
7.3	Jämförelse mellan uppmätt energi och teoretisk energianvändning	42
7.4	Kvalitéer med att bo i timmerhus	45
8	Diskussion och slutsats	47
8.1	Framtidens timmerhusbyggnade.....	47
8.2	Nyckelfaktorer vid utformning av ett timmerhus	49
8.3	Osäkerhet i resultaten.....	50
8.4	Förslag på fortsatt forskning.....	51
9	Litteraturförteckning	53

Bilagor

1.	Boendeprotokoll.....	(1 sida)
2.	Indatablankett	(11 sida)
3.	Mätning av ved	(2 sidor)
4.	Indata för vedanvändning	(1 sidor)
5.	Checklista för energihushållningsberäkning.....	(2 sidor)

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Traditionell timring är sedan 1100-talet ett beprövat och uppskattat byggsystem i massivträ för småhus. I dag kanske mer av estetiska och inommiljöskäl än att de är enkla att bygga. Det ska synas och kännas att det är ett timmerhus därför vill många att så mycket som möjligt av stommen ska vara synlig på både in- och på utsida av huset. Detta gör t.ex. att extra skikt som panel, isolering och tätskikt ofta undviks vilket ställer högre krav på timmerstommens kvalitet vad gäller värmeisoleringsförmåga och täthet.

Genom utvecklingsinsatser med hjälp av offentliga stödmedel har marknader erövrats och branschen utvecklats i flera avseenden. Tradition och kulturarv samt ovanstående fördelar i yttre och inre miljö har bidragit till en kraftig stegring av efterfrågan på timmerhus under de senaste tio åren. De inhemska tillverkarna har hittills relativt ostörda kunnat utnyttja marknadsutvecklingen. Trots detta har expansionen för timringsföretagen stannat upp under den senaste tiden. Knapphet på timringspersonal är en viktig orsak, relativt svag lönsamhet en annan. Tre nya företeelser kan dock snabbt medverka till en kraftgång för branschen om inte motåtgärder sätts in. Dessa företeelser är:

1. Ökad konkurrens från Baltikum och Ryssland (låga priser) samt Norge och Finland (hög kvalitet).
2. Svårigheter att få tag i timmerråvaran p.g.a. minskning av gammal grov skog, sågverksindustriens kraftiga expansion och avverkningsföretagens minskade intresse för att leverera marginella virkessortiment.
3. Ändringar av byggnormerna som under de senaste åren blivit avsevärt tuffare vad gäller krav på energihushållning. För att klara de nya normerna krävs en anpassning av klimatskalets och uppvärmnings-/ventilationssystemets utformning. Vidare behöver även stommens egenskaper som t.ex. täthet och värmelagringsförmåga värderas, erforderliga beräkningsprogram analyseras och stämmas av med verkligheten, för att ge en så verklighetstrogen beräknad energiåtgång som möjligt.

Möjligheten att motverka en negativ branschutveckling ligger följaktligen i säkring av råvaran, ökad kostnadseffektivitet/produktivitet och bättre kvalitetsuppföljning i hela tillverkningsprocessen samt en till dagens krav anpassad gestaltning och konstruktion av timmerhusen med hänsyn till byggnadens energihushållning. Det förväntas även framtida skärpningar av regelverket vad avser energihushållning, vilket gör att denna fråga kommer bli mycket viktig för hela timmerhusbranschen.

Föreningen Svenska Timmerhus har under perioden 2008-2009 genomfört ett FoU-projekt vid namn "Uppgradering av traditionellt byggsystem" där ovanstående tre företeelser har utretts och förslag på återgärder utarbetats. Projektet har delats upp på två delprojekt där delprojekt 1, vid namn "**Produktutveckling – timmerhus och energihushållning**", behandlar företeelse 3 medan delprojekt 2, benämnt "**Råvaruförsörjning och processeffektivisering**", behandlar företeelse 1 och 2. Denna slutrapport kommer härnäst enbart behandla delprojekt 1, "Produktutveckling – timmerhus och energihushållning", medan delprojekt 2 avrapporteras i en separat rapport.

1.2 Syfte och mål

Övergripande **syfte** med delprojekt 1 är att:

- Ta fram kunskap och riktlinjer för utformning av timmerhus som uppfyller de nya byggnormernas krav på energihushållning samtidigt som hänsyn tas till gammal byggtradition samt moderna kundkrav som t.ex. frilagt timmer

Mål för delprojekt 1 är att ge:

- Ett avgörande kunskapsstillskott kring timmerhusens egenskaper i energihushållningen
- Riktlinjer för utformning och konstruktion av timmerhus inkl. val av system för uppvärmning och ventilation
- En systembeskrivning för hur ett timmerhus kan utformas för att uppfylla gällande energihushållningskrav

Målgrupper för projektet är hustillverkare, hustimmertillverkare, underleverantörer och tjänsteföretag i timmerhusbranschen. Vidare är Boverket, byggnadsnämnder, politiker och den husintresserade allmänheten målgrupper.

1.3 Forskningsfrågor

Frågan som till stor del bidrog till uppkomsten av delprojekt 1 var "*är det möjligt att med dagens och förestående energihushållningskrav för nybyggda bostäder tillverka timmerhus på traditionellt sätt med frilagd stomme av trä?*". Bakgrundbeskrivning, syften och mål för projektet kan därför sammanföras i följande för delprojekt 1 aktuella forskningsfrågor:

- Hur skall framtidens timmerhus utformas för att klara aktuella krav på energihushållning?

- Hur överrensstämmer på marknaden förekommande modeller för beräkning av energianvändning med verklig förbrukning i ett timmerhus?
- Hur ska stommens lufttätethet bedömas och medräknas vid en energiberäkning av ett timmerhus?

1.4 Metod och avgränsningar

Arbetet med att besvara projektets forskningsfrågor angivna i kapitel 1.3 har utgått från den genomförandeplan som presenteras i kapitel 2.1. Följande metoder för datainsamling har använts i projektet:

- Litteraturstudier av tidigare genomförda projekt och erfarenheter.
- Lufttätetsprovning och termografering av timmerhus.
- Observation av energiförbrukning i timmerhus under ett år.
- Intervjuer med brukare av timmerhus.

Med underlag utifrån ovanstående datainsamling har energiberäkningar av 11* st. timmerhus gjorts med två av varande oberoende simuleringsprogram.

Med utgångspunkt av projektets ekonomiska ramar har vissa avgränsningar varit tvungna att göras.

- Studien har enbart behandlat timmerhus med frilagd eller stor del av stommen frilagd.
- Energiobservationerna har i flera fall inkluderat både hushållsel, uppvärmning och tappvarmvatten vilket bidrar till att en fördelning av dessa har gjorts med schablonmetoder vilket ger en viss osäkerhet.

**12 fastigheter var vid projektets start med i projektet, men under projektets genomförande har en fastighetsägare hoppat av vilket innebär att 11 hus har energiberäknats.*

2 Genomförandeplan

I beslutsbrevet utfärdat av Nutek den 3/11 – 2008 beskrivs delprojekt 1 innehålla följande huvudaktiviteter:

- *Genomföra en kunskapsinventering*
- *Energiberäkningar och mätningar på verkliga byggnader*
- *Identifiera avvikelser mellan uppmätt och teoretisk beräknad energiåtgång samt verifiera dessa observationer mot tidigare laboratoriemässiga mätningar*
- *Beskrivning av installationer*
- *Vidareutveckla dagens timmerhus med fokus på teknisk utformning*

Under projektets gång har dessa huvudaktiviteter varit utgångspunkt för arbetet inom projektet men i något fall justerats utifrån de resultat och erfarenheter som kommit fram under projektets genomförande. I följande kapitel förtydligas den slutliga genomförandeplanen och innebörden av varje huvudaktivitet.

2.1 Huvudaktiviteter

A. Kunskapsinventering

I förstudiearbetet till projektet som utfördes under 2007 har litteratur och kunskap inom området timmerhus och energihushållning eftersökts på den svenska marknaden med ett blandat resultat. Förekomsten av vetenskapliga studier inom området är starkt begränsad och mycket av kunskapen finns istället hos enskilda tillverkare av timmerhus. Denna inventering utökas i detta projekt till att också innefatta andra länder som sedan länge har en rotad timmerhustradition.

Under senare år har timmerhusbranschen fått konkurrens av flera massivträleverantörer som börjat marknadsföra olika byggsystem i massivträ. Flera av dessa företag är redan stora internationellt och har mångårig erfarenhet av massiva träbyggnader och deras för- respektive nackdelar. En litteraturstudie kring deras erfarenheter genomförs även i denna inledande huvudaktivitet

B. Energibehovsberäkningar och mätningar på verkliga byggnader

Två viktiga parametrar för timmerhusens energihushållning är lufttäthet och värmelagringsförmåga. Dessa två faktorer kan var för sig påverka behovet av tillförd energi beroende på hur timmerhuset är byggt och utformat. Det saknas dock idag vedertagna riktlinjer för hur dessa egenskaper skall värderas vid t.ex. en energibehovsberäkning. Då respektive parameter kan påverka energibalansen både positivt eller negativt är behovet stort att mätbart utreda hur olika utföranden påverkar byggnadens energibehov. För 12 timmerhus avsedda för permanentboende (två hus i studien är klassade som fritidshus, men nyttjas hela vinterhalvåret) har energibehovsberäkningar erbjudits

fastighetsägaren mot att denna deltar i FST:s studie. Att delta i studien innebär att fastighetsägaren deltar i följande aktiviteter:

- mätning av den verkliga energiförbrukningen under minst ett år
- lufttäthetsprovning och termografering av stommen
- intervjuer kring inomhusklimat och vad de värderar med en stomme av timmer

C. Avvikelser mellan uppmätt och teoretisk beräknad energiåtgång

Resultaten från aktivitet B stäms av mot varandra och analyseras samt jämförs med bland annat liknande mätningar utförda i Norge (Dyrestad, 2000).

D. Beskrivning och val av installationer

Med installationer avses inverkan av vald uppvärmning och ventilationssystem med hänsyn till byggnadens totala energibehov. I och med de nya byggnormerna har fokus flyttats från byggnadens U-värde till specifikt energianvändning per kvadratmeter. Detta har även medfört ett ökat behov av att utvärdera tillgängliga uppvärmningssystem och dess förutsättningar i ett timmerhus, utifrån tekniska, gestaltningsmässiga och traditionella aspekter. Att välja uppvärmnings- och ventilationssystem är en viktig del i kapitel 8.2 där nyckelfaktorer för framtidens timmerhus analyseras.

E. Vidareutveckla dagens timmerhus med fokus på teknisk utformning

Med teknisk utformning avses en utveckling och anpassning av klimatskalet efter de nya byggnormernas krav på energihushållning samt med hänsyn till gestaltning och tradition. Var ansträngningen bör läggas för att erhålla en energieffektiv byggnad utifrån val av t.ex. vägg tjocklek, isolering, fönster, planlösning är frågor som undersöks inom detta huvudområde. I värderingen av dessa faktorer tas också hänsyn till timmerstommens gestaltning och tradition utifrån de intervjuer som utförs i aktivitet B, där de boende bland annat ombeds att redogöra för vad de värdesätter i att bo i ett timmerhus. Värderingen grundar sig vidare på:

- ✓ Täthetsprovning och termografering vilken genomförs i aktivitet B, där stommens täthet samt de största köldbryggorna identifieras.
- ✓ Kvantitativa energiberäkningar där olika tekniska åtgärder vägs och värderas mot varandra.
- ✓ Avvikelser som kommer fram i aktivitet C.
- ✓ Installationernas inverkan på energiförbrukningen, aktivitet D

2.2 Urvalskriterier för verkliga byggnader, ”försökshus”

En förutsättning för att kunna genomföra de aktiviteter som beskrivs i del B av genomförandeplanen är ett lyckat urval av minst 12 för studien representativa timmerhus som dokumenterats och följs under ett års tid. Detta arbete har gjorts utifrån en framtagen checklista där målet har varit att uppfylla följande urvalskriterier:

- Husen ska vara utförda med timmerstomme
- De utvalda ”försökshusen” bör innefatta både handtimrade samt maskintillverkade stommar
- Majoriteten av väggytan ska vara oisolerad med synligt timmer
- Husen ska inte ha diffusionsspärr (undantaget taket)
- Husen ska ha utförts i enlighet med Föreningen Svenska Timmerhus kvalitetsmanual
- Husen bör representera ett större urval av timmerhusleverantörer
- I den mån det är möjligt bör husen inte vara helt nya, d.v.s. stommen skall ha hunnit sätta sig
- Ett av studiens 12 hus bör vara utfört i ett alternativt byggsystem med frilagd massivträstomme för att kunna fungera som ett referensprojekt

Vidare är det av mycket stor vikt att den medverkande fastighetsägaren är engagerad i projektet då ett deltagande innebär flera motprestationer under ett års tid. Varje fastighetsägares inställning har därför också vägts in i valet av försökshus.

2.3 Presentation av försökshus

Urvalskriterierna ovan i kombination med Föreningen Svenska Timmerhus kontaktnät bidrog till ett urval av försökshus fördelat enligt i figur 1 presenterade geografiska spridning.



Figur 1: Geografisk spridning av undersökta fastigheter

Totalt valdes 12 försökshus ut med förankring i den checklista som presenterades i kapitel 2.2. Nedan följer en sammanställning av utvalda ”försökshus”

Försöks hus	Stomme	Isolering yttervägg	Har genomgått FST:s kvalitetsutbildning	Tillverkare
Hus 1	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	A
Hus 2	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	A
Hus 3	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	B
Hus 4	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	B
Hus 5	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	C
Hus 6	Maskintillverkad, 200 mm timmer	Badrum och bakom skåp i sovrum 100 mm isolering på insidan	Ja	D
Hus 7	Maskintillverkad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja*	D**
Hus 8	Handtimrad, 200 mm timmer	Invändig isolering till ca 80 % av väggytan	Ja	E
Hus 9	Handtimrad, 150 mm timmer	Ingen isolering	Ja	E
Hus 10	Handtimrad, 200 mm timmer	Ingen isolering	Ja	E
Hus 11	Handtimrad, 175 mm timmer	Ingen isolering	Ja	F
Hus 12	Maskintillverkad, 190 mm limstock	Ingen isolering	Nej	G

Tabell 1: Urval av försökshus

*Vid tillverkning av stommen hade ännu inte FST:s kvalitetsnormer färdigställt. Det tillverkade företaget har idag genomgått FST:s kvalitetsutbildning.

**Stommen tillverkades av tillverkare D men monterades av annat företag.

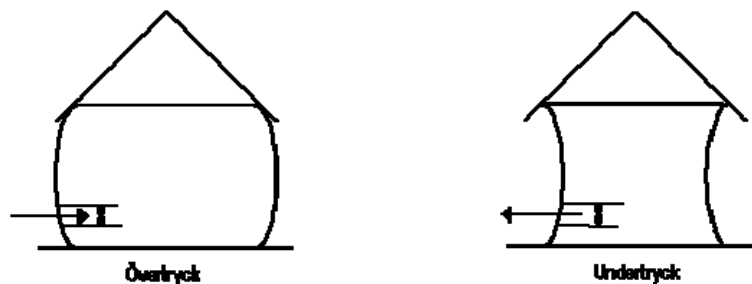
3 Lufttäthetsprovningar

3.1 Begreppet lufttätethet

Det finns olika typer av luftläckage i en byggnad. Vind mot byggnaden skapar tryck eller sug på utsidan som leder till att luften vill tränga in i eller ut ur byggnaden. Temperaturskillnaden mellan ute och inne leder till att den varmare inneluften försöker tränga ut i byggnadens övre delar med motsvarande inträngning av kall uteluft i de nedre delarna.

Läckaget genom klimatskalet kan delas upp i luftströmning genom porösa material och genom otätheter som springor och hål (Adalberth, 1998). För att få ett värde på otätheten kan byggnaden provtryckas enligt en angiven standard, SS-EN 13 829.

En täthetsprovning utifrån denna standard utförs genom att huset sätts under övertryck (50 Pa) med hjälp av en fläkt. Fläkten och ett mätrör monteras i husets eller lägenhetens ytterdörr. Det luftflöde som krävs för ett visst övertryck noteras. Sedan vänds fläkten och huset sätts under motsvarande undertryck. Medelvärden av de luftflöden som krävs för att uppnå dessa tryck är ett mått på husets täthet, figur 2.



Figur 2: Schematisk täthetsprovning (SP, 2010)

Med kännedom om byggnadens omslutande area kan luftläckaget uttryckas som flöde i liter per sekund och m^2 (l/sm^2). Det finns också andra sätt att beskriva läckaget. I många länder används istället enheten omsättningar per timme (n/h , oms/h , h^{-1}) vid 50 Pa tryckskillnad. Då beskrivs luftläckaget i förhållande till byggnadens volym i stället för förhållande till den omslutande arean. Detta ger något olika värden beroende på husets form d.v.s. förhållandet mellan den omslutande arean och volymen.

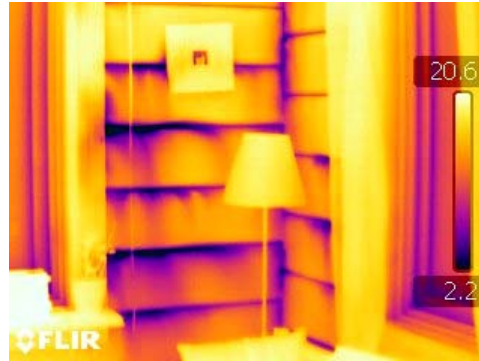
Slutligen kan läckaget beskrivas som förhållande till golvarean vid 50 Pa tryckskillnad med enheten kubikmeter per timme och golvarea i meter (m^3/hm^2). Läckageflödets storlek är inte linjärt i förhållande till tryckskillnaden så för att beräkna läckaget vid andra tryckskillnader än 50 Pa behövs en koefficient och en flödesexponent som också tas fram vid provtryckningen.

I samband med en lufttäthetsprovning är det även lämpligt att göra en termografering. En termografering innebär att man med hjälp av en värmekänslig kamera kan fotografera en byggnadsdel och då upptäcka otäta

partier genom att temperaturvariationer kan ses på bilden, se figur 3 och 4. För att få en tydlig termografering är det en fördel att temperaturskillnaden mellan utom- och inomhusluft är stor, vilket gör att dessa mätningar ger bäst resultat om det råder kallt utomhusklimat.



Figur 3: Invändigt foto på en knut



Figur 4: Termografering av samma knut

Metoden talar dock inte om hur stor ett lokalt läckage är, men kan påvisa var stommen har en avvikande täthet.

3.2 Tidigare undersökningar om timmerhusens täthet

År 2000 gjordes i Norge en undersökning av Tømmerhusproducenternes Landsforening och Norges byggforskningsinstitut som behandlar energianvändning och lufttäthet i timmerhus (Dyrestad, 2000). Undersökningen visar att den uppmätta energianvändningen stämmer för det mesta bra med den beräknade men att det förekommer avvikelser. Detta liknar resultaten för hus med regelstommar i andra undersökningar. Lufttätheten låg under den Norska rekommendationen på 4 oms/h för 3 av de 9 testade husen. Värdena varierade mellan 2,4 och 7,6 oms/h med ett medelvärde på 5,4 oms/h. Rekommendationen på 4 oms/h motsvarar ungefär 1-1,5 l/sm² vilket är högre än den gamla Svenska normen på 0,8 l/sm² som fortfarande brukar användas som riktvärde. Resultatet är sämre än vad som brukar gälla för regelverkshus. Spridningen var dock stor både för timmerhus och för regelverkshus. I undersökningen gjordes en jämförelse mellan mätt lufttäthet, hur brukarna upplevde lufttätheten och beräknad energianvändning. Brukarnas uppfattning av lufttätheten hade dock ingen koppling till den mätta lufttätheten. Inte heller energianvändning kunde kopplas till den mätta- eller den uppfattade lufttätheten. Vad detta beror på framgår inte i rapporten.

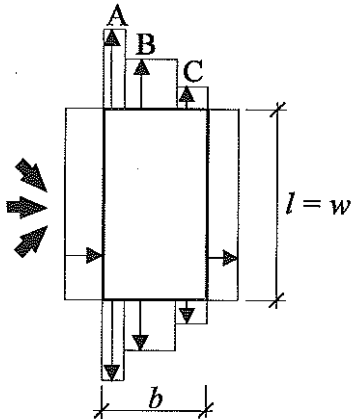
3.3 Luftläckage

3.3.1 Vindens betydelse för luftläckage och påverkan på ventilationen

Vinden har betydelse för infiltration (luftströmning in genom klimatskalet) och exfiltration (luftströmning ut igenom klimatskalet), (Wirén, 1993), då ett övertryck bildas på lovartsidan och ett undertryck bildas på övriga sidor vid vind mot byggnaden. Övertrycket är störst mitt på väggen i lovart (antag att vinden blåser vinkelrätt mot en sida) och undertrycket är som störst precis runt

hörnet från lovartväggen (se fig. 5). Tak med en takvinkel under 27.5° får undertryck på hela taket. Vid en takvinkel över 27.5° får den del som är i lovart ett övertryck.

Tryckskillnaden som uppstår i förhållande till atmosfärtrycket vid viss lokal vindhastighet kallas för tryckkoefficient eller formfaktor (μ). Den blir positiv vid övertryck och negativ vid undertryck och är beroende av vindriktningen och byggnadens form. Formfaktorn bestäms vanligen genom prov i vindtunnel och värden för olika husformer och vindriktningar finns framtagna.



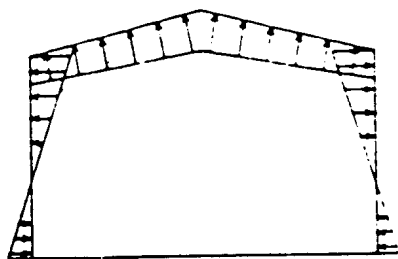
Figur 5: Formfaktorer för väggar

Om otätheterna är ungefär jämt fördelade över de omslutande delarna uppstår ett undertryck på insidan av byggnaden eftersom de flesta delarna utsätts för undertryck på utsidan av vinden.

Hinder lovart om byggnaden påverkar också trycket på byggnadens olika delar. Om byggnaden ligger i lä av t ex ett annat hus så jämnas tryckskillnaderna mellan de olika delarna ut och luftinfiltrationen minskar. Vinden har också stor betydelse för ventilationen och medför ett ökat ventilationsflöde vid självdragsventilation (Boverket, 1995). Detta beror på att vinden bildar ett undertryck på skorstenens topp.

3.3.2 Termiska drivkrafters betydelse för luftläckage och självdragsventilation

Termiska drivkrafter innebär att varm luft stiger uppåt och bildar ett övertryck i de övre delarna och ett undertryck i de nedre delarna i en byggnad. Är otätheterna jämnt fördelade så uppstår en tryckfördelning över väggen likt figur 6. Detta resulterar i att varm luft trycks ut igenom otätheter i taket och väggarnas övre delar samtidigt som kall uteluft sugts in genom otätheter i golv och väggarnas nedre delar. Självdragsventilation bygger till stor del på de termiska drivkrafterna. Då är höjdskillnaden avståndet mellan byggnadens luftintag och utsläpp (Boverket, 1995). T.ex. avståndet mellan tilluftintag i väggarna och toppen på skorstenen.



Figur 6: Tryckfördelning över vägg och tak i en byggnad

3.4 Täthetens betydelse för energihushållningen

Otättheter i klimatskalet kan orsaka dålig värmekomfort som till exempel drag och kalla golv- och väggytor. Detta medför ofta att man kompenserar med höjd lufttemperatur och därmed ökad energianvändning. Otättheter medför också ökad ofrivillig ventilation med värmeförluster som följd. Luftflödet igenom klimatskalet påverkas av de tryckskillnader som bildas av vind mot byggnaden samt av de termiska drivkrafterna. Dessa värmeförluster kan bli betydande vid stora läckage och mycket vind. Man skulle kunna kompensera en del av det ökade luftflödet genom minskad vanlig ventilation, men detta kräver styrning av ventilationen och att den inte sker på fel ställen.

Detaljerade kunskaper om täthetens betydelse för energihushållningen och den termiska komforten är dock begränsad i dag. Det behövs bland annat bättre simuleringsprogram och mer forskning på detta område enligt Sveriges Provningsinstitut (SP), (Sandberg et al, 2007).

Timmerhus eldas ofta med bibränsle som skapar undertryck. Om man vill utnyttja timrets värmelagringsförmåga är det viktigt att ventilationen inte är för hög (Gollvik, 2005). En otät byggnad leder till hög ofrivillig ventilation och fördelen med den tunga stommens energisparande egenskaper går då förlorad (Håkansson, 1999). I en undersökning av ett sexvåningshus visades skillnaden mellan $0,8 \text{ l/s m}^2$ och $2,0 \text{ l/s m}^2$ vara 50 till 70 kWh per m^2 och år om husen var utsatta för mycket vind. I det otäta huset var energiförlusterna orsakade av läckage större än både ventilations- och transmissionsförlusterna (Sandberg & Sikander, 2004).

Vid energiberäkningar för hus använder man ofta schablonvärdet att läckaget är 4% av det uppmätta värdet vid 50Pa tryckskillnad (Enorm, 2004).

3.5 Krav på byggnaders lufttäthet

Enligt de senaste reglerna i BBR (Boverket, 2008) finns inga gränsvärden på luftläckaget i bostäder förutom för byggnader med mindre än $100 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}^*$ där alternativa krav kan användas. Kravet är då $0,6 \text{ l/s m}^2$ vid 50 Pa tryckskillnad. För bostäder gäller i stället att de ska vara tillräckligt täta för att uppfylla kraven på byggnadens specifika energianvändning, se vidare kapitel

4. I tidigare regler fanns värdet 0,8 l/s, m² omslutande area som fortfarande brukar användas som riktvärde.

*A_{temp} definieras som: *"Arean av samtliga våningsplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av ytterväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte"* (Boverket, 2008).

3.6 Täthetsprovning av timmerhus

För att besvara FO-frågan *"Vilken täthet är tillämpbar vid energiberäkning av ett timmerhus?"* har en täthetsprovning genomförts av studiens samtliga 12 hus redovisade i kapitel 2. Denna täthetsprovning har för hälften av husen även kompletterats med en termografering för att kunna identifiera orsaken till läckage. Mätningarna har utförts av två olika mätkonsulter, men i ett av fallen har båda konsulterna mätt samma hus vilket gör det möjligt att jämföra deras inbördes mätningar. Samtliga mätningar har utförts under vintern 2008/2009. Resultatet av täthetsprovningarna redovisas i kapitel 6.

4 Energiberäkningar

4.1 Boverkets byggregler – Energihushållning

Regelverket för energihushållning i byggnader har varit föremål för flera ändringar och utvecklats under många år. Den stora och principiellt noterbara skillnaden jämfört med äldre regelverk är att man i de nyare byggreglerna övergått från detaljkrav till verifierbara funktionskrav. Denna förändring introducerades med Nybyggnadsreglerna som ett svar på regeringens och byggsektorns önskemål om att kunna bygga bättre och billigare hus om krånglet med detaljkrav kunde undanröjas (Boverket, 2009). Den senaste större principiella förändringen i energihushållningskraven kom i BBR 2006 då ett generellt krav på en högsta tillåten specifik energianvändning (kWh/m² och år) introducerades. Tidigare energikrav i byggreglerna, före 2006, medförde i många fall att energihushållningen i byggnader som uppfördes i början av 2000-talet inte blev bättre än i byggnader som uppfördes på 1980-talet (Boverket, 2009). Detta gällde framförallt flerbostadshus. En av orsakerna var att reglerna baserades på beräknad energianvändning. Vidare skulle beräkningen stämmas av mot krav på energihushållning som var lika oberoende om du bodde i södra eller norra Sverige. Reglerna innehöll också en s.k. omfördelningsberäkning där olika energihushållningsåtgärder kunde bytas mot varandra. Sammantaget gav detta som resultat en oacceptabelt stor spridning av nya byggnaders faktiska energianvändning (Boverket, 2009).

Den 1 april 2008 kom ytterligare skärpningar av reglerna, det var 10§ i byggnadsverksförordningen som Regeringen beslutade att ändra. Boverket gav efter det ut ett supplement till BBR 16. Ändringen innebar att nya byggnader och installationer för uppvärmning, kylning och ventilation skulle ha särskilt goda egenskaper när det gäller hushållning med elenergi (Boverket, 2008). Det var dock bara strängare krav för hus som var uppvärmda med direktverkande el. Hade byggnaden vattenburen elvärme från elpanna eller värmepump omfattades den inte av de strängare kraven. Denna regeländring blev dock kortvarig och den 1 januari 2010 trädde nya regler i kraft. Dessa regler ställde nu högre krav på den specifika energianvändningen för uppvärmning med el- och värmepumpar samt krav på högsta tillåtna installerade eleffekt för att minska eleffektuttaget de kallaste timmarna på året. I samband med dessa regelskärpningar så infördes även en ny klimatzon. Tidigare fanns två klimatzoner, norr och söder. Nu benämns de som klimatzon 1-3, det som skiljer mellan zonerna är kravet på den specifika energianvändningen.

4.1.1 Viktiga begrepp

Nedan följer några viktiga begrepp för att kunna tolka regelverket om energihushållning. Definitionerna av begreppen är hämtade från Boverket och deras supplement om energihushållning från februari 2009 (Boverket, 2008).

Byggnadens energianvändning:

Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning.

Byggnadens fastighetsenergi:

Den del av fastighetselen som är relaterad till byggnadens behov där den elanvändande apparaten finns inom, under eller anbringad på utsidan av byggnaden. I denna ingår fast belysning i allmänna utrymmen och driftsutrymmen. Dessutom ingår energi som används i värmekablar, pumpar, fläktar, motorer, styr- och övervakningsutrustning och dylikt. Även externt lokalt placerad apparat som försörjer byggnaden, exempelvis pumpar och fläktar för frikyla, inräknas. Apparater avsedda för annan användning än för byggnaden, exempelvis motor- och kupévärmare för fordon, batteriladdare för extern användare, belysning i trädgård och på gångstråk, inräknas inte.

Byggnadens Specifika energianvändning:

Byggnadens energianvändning fördelat på A_{temp} uttryckt i kWh/m² och år. Hushållsenergi inräknas inte. Inte heller verksamhetsenergi som används utöver byggnadens grundläggande verksamhetsanpassade krav på värme, varmvatten och ventilation.

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient U_m :

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m²K).

Klimatzoner:

De nu gällande klimatzonerna fördelas enligt följande tabell:

<i>Klimatzon I:</i>	Norrbottnens, Västerbottnens och Jämtlands län.
<i>Klimatzon II:</i>	Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.
<i>Klimatzon III:</i>	Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län.

Tabell 2: Visar indelningen i klimatzoner

4.1.2 Sammanfattning av idag gällande krav på energihushållning

Enligt BBR (BFS 2008:20) gäller nedanstående krav på energihushållning:

Bostäder ska vara utformade så att:

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om})

högst uppgår till de värden som redovisas i tabell 3 och 4 (Boverket, 2008).

Kraven som redovisas i tabell 3 samt 4 gäller för byggnadstypen bostäder. Tabell 3 gäller för bostäder som använder annat uppvärmningssätt än elvärme och tabell 4 gäller för bostäder med uppvärmning baserad på elenergi. Kraven ställs dels på den specifika energianvändningen som ett antal (kWh/m², år) samt ett högsta tillåtna värde på byggnadens klimatskärmens genomsnittliga värmegenomgångsmotstånd. Det benämns ofta U-medel och beskriver medelvärdet för alla i byggnaden ingående delars värmegenomgångsmotstånd, dvs. medelvärdet av alla byggnadsdelars U-värden.

Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

Tabell 3: Redovisar kraven för bostäder med annan uppvärmning än elenergi.

Tabell 4 beskriver vidare kraven som gäller för byggnadstypen bostäder med uppvärmning med elenergi. Kraven skiljer sig från tabell 3 på att den specifika energianvändningen ska vara mindre. Även det genomsnittliga värmegenomgångsmotståndet U-medel ska vara lägre för en byggnad med denna typ av uppvärmning. Vidare så ställs kravet på installerad eleffekt för att inte huset skall förbruka för mycket energi under de kallaste delarna av året. Är byggnaden större än 130m² så får ett tillägg göras för den installerade eleffekten.

Bostäder med elvärme Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035 (A _{temp} - 130)	0,030 (A _{temp} - 130)	0,025 (A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

Tabell 4: Redovisar kraven för bostäder med elvärme.

4.2 Skärpta krav i framtiden?

De nu gällande kraven i BBR 16 angående energihushållning kan bli kortlivade om man ska tro webbtidningen Byggvärlden. I en intervju som publicerades 18 mars 2009, med miljöminister Andreas Carlgren säger han att en höjning kan bli aktuell redan år 2011 (Byggvärlden, 2009). Regeringen har satt upp ett mål att energianvändningen ska effektiviseras med 20 % till 2020. Bland annat har Skanska påpekat att för byggbranschen kan ribban höjas ytterligare. Många kommuner ställer redan högre krav än vad reglerna kräver, säger Johan Gerklev, miljöchef för Skanska Sverige i samma artikel.

Boverket har under 2009 gjort en uppföljning av nya byggnaders specifika energianvändning för att utvärdera de regeländringar som gjorts under senare år. Enligt Boverket finns det ett flertal skäl som pekar på att energikraven i Boverkets byggregler behöver skärpas och utvecklas ytterligare. Dels behövs det en upprustning av den befintliga bebyggelsen, men även nya byggnader som uppförs måste sannolikt använda mindre energi än vad dagens byggregler ställer krav på (Boverket, 2009). Rapporten fastslår vidare att i samband med skärpta krav måste sannolikt flera kravnivåer införas för olika byggnadskategorier och byggnadsstorlekar för att kraven inte ska bli orimliga att uppfylla (Boverket, 2009). ”Flerbostadshus har exempelvis färre ytterväggar sett till husytan, vilket påverkar energiläckaget. Det är därmed rimligt att småhusen får lite lindrigare krav”, säger Nikolaj Tolstoy (Byggvärlden, 2009). En översyn och skärpning av energikraven i Boverkets byggregler behöver även ta hänsyn till de eventuella förändringar som beslutats i ett reviderat EG-direktiv om byggnaders energiprestanda. För att skärpta krav ska få genomslag i praktiken behövs också att kommunerna anslår tillräckligt med resurser för sitt tillsyns- och kontrollarbete.

4.3 Indata för energiberäkningar

I samband med en energiberäkning behövs en mängd data som beskriver de förutsättningar som gäller för byggnaden. Vissa indata är direkt kopplade till byggnaden som dess area, väggkonstruktion, uppvärmningssystem osv. Andra indata kan vara kopplad den framtida brukaren samt de inre och yttre förutsättningar som påverkar byggnadens energihushållning.

Boverket har gett ut en skrift som redovisar standardiserad indata för energiberäkningar baserade på tester och undersökningar. Skriften heter Indata för energiberäkningar i kontor och småhus (Boverket, 2007). I den finns brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten mm.

I detta arbete har denna skrift använts tillsammans med den brukarinformation som samlats in från de deltagande fastighetsägarna. Detta bidrar till att ge likvärdiga och jämförbara indata för de energiberäkningar som utförts i

studien. I kommande stycke presenteras en kort sammanfattning av de indata som använts.

Innetemperatur

Enligt Boverkets Indata för energiberäkningar i kontor och småhus rekommenderas en innetemperatur på 21°C vid energiberäkningar av småhus. Det finns ett antal genomförda undersökningar som visar på att medeltemperaturen bör ligga där. Detta värde används därför för samtliga beräkningar i arbetet. Socialstyrelsens råd är att temperaturen inomhus inte bör understiga 20 och inte överstiga 24 vintertid och 26 sommartid.

Luftflöde

Vid projektering för nya bostäder skall på Boverkets rekommendation värdet 0,35 l/s per m² användas. Detta är alltså det lägsta tillåtna värde för frånluftsflödet. Vid energiberäkningar av befintliga hus finns standardvärden för luftflödet. Standarden baseras på en mätstudie som gjordes 1992, och styrks med ytterligare en studie med snarlika resultat från 2006. Värdet på luftflödet bör för småhus med frånluftsventilation vara: 0,24 l/s, m², självdrag: 0,25 l/s, m² och till- och frånluft: 0,30 l/s, m². (Boverket, 2007)

Personvärme

Personvärme skall beräknas utefter bostadsarean. Den genomsnittliga boytan för småhus är 62m²/person. Utifrån denna siffra kan det enkelt beräknas hur många personer som förväntas bo i huset. Det finns dock en rekommendation som säger att för hus med en boarea >120m² ska antas vara bostad för fyra personer medan en byggnad med boarea <120m² antas ha två personer. Effekten som varje person ger som tillförd energi sätts till 80W per person (Boverket, 2007). I den här studien har samtliga fastighetsägare kontinuerligt rapporterat hur många som bott i huset, varvid dessa förutsättningar har styrt tillförd personvärme i respektive beräkning.

Tappvarmvatten

Användandet av tappvarmvatten kan variera mycket i fråga om bostadstyp men även med avseende på brukarvanor finns stora variationer. Boverket rekommenderar i föreskrifterna om energideklaration av byggnader att energianvändningen för tappvarmvatten bör motsvara 25 % av köpt energi för uppvärmning. En metod för att bestämma ett värde på energiåtgången för tappvarmvatten är att räkna med att varje person i genomsnitt gör av med 16m³ varmvatten per år. Som ett riktvärde anges 55kWh/m³, vilket är den energi som går åt för att värma vattnet. Tappvarmvatten ger vid användandet även värme till luften varpå en viss mängd energi kan medräknas. 20 % av energibehovet för tappvarmvatten får medräknas enligt boverkets rekommendationer i boken Termiska beräkningar (Boverket, 2003).

Hushållsel

Användningen av hushållsel ökar ständigt trots att energieffektivare produkter hela tiden lanseras. Elanvändningen kan heller inte sägas vara proportionell mot antalet personer i bostaden, detta beror troligtvis på att alla hushåll kräver en viss mängd elektronisk utrustning. I Indata för energiberäkningar i kontor och småhus anges medelvärdet av årlig förbrukning av hushållsel till 5700 kWh/år. Det fördelas som en fast energimängd plus ett tillägg för personer, 2500 kWh + 800 kWh per person per år och hushåll. Denna beräkningsmodell har använts för att beräkna den faktiska energianvändningen hos de undersökta fastigheterna.

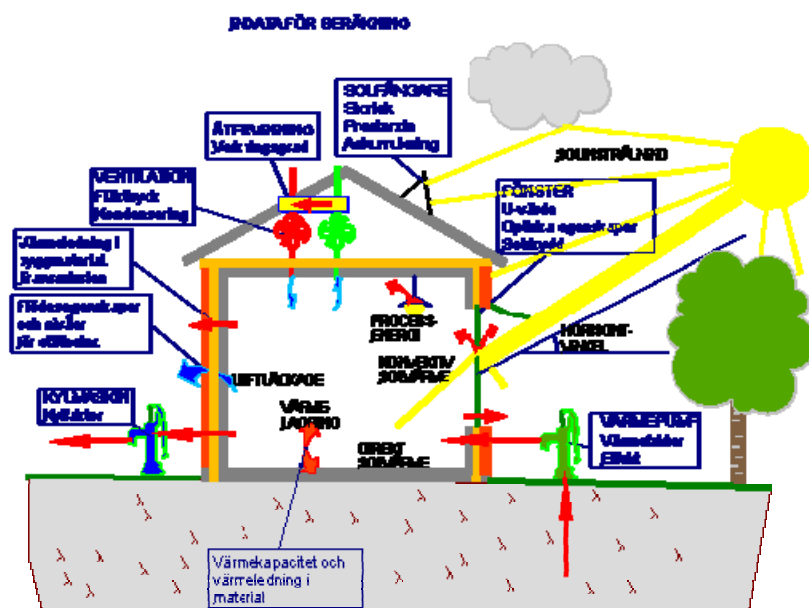
4.4 Val av energiberäkningsprogram

Det förekommer idag ett flertal olika energiberäkningsprogram på marknaden. Programmen skiljer sig ofta i fråga om komplexitet, vilket resulterar i att möjligheten att variera indata ofta är beroende av valt program. Ett exempel är byggnadens luftläckage som i några program kan matas in med dess verkliga värde, och i andra program endast kan anges som att byggnaden är tät, normaltät eller otät. Inom ramen för detta forskningsprojekt har två examensarbeten utförts, varav det ena studerade valet av energiberäkningsprogram och dess för- respektive nackdelar (Widelund, 2009). I detta arbete studerades tre på marknaden förekommande energiberäkningsprogram vid namn VIP-Energy (tidigare VIP+) från Strusoft, EnergyCalc från Control Engineering Sweden AB samt energiberäkning.se vilket är ett gratisprogram på internet. För varje program gjordes en energiberäkning av Hus 7 och Hus 10 benämnda i kapitel 2. Resultatet visar bland annat att programmen inte tar hänsyn till samma saker. Vidare visade studien att faktorer som förbrukning av tappvarmvatten i ett fall inte var medräknat i den slutliga energiförbrukningen mellan det för de andra två programmen var inräknad. Detta bidrar till att risken för fel ökar. Att programmen är olika i fråga om komplexitet och användargränssnitt medför också en större risk för felaktiga beräkningar. Målet var att jämföra programmen med så överensstämmande indata som möjligt, vilket var svårt med tanke på att det mellan programmen skiljer sig hur olika värden matas in. Indata för samma egenskap kan i många fall krävas i tre olika format för de olika programmen. Det mest anmärkningsvärda med resultatet är dock att beräkningarna hamnar på bägge sidor av de idag gällande energikraven. I de fall det hade varit fråga om en energideklaration eller en energiberäkning i samband med ett bygglov hade resultatet varit avgörande. Det innebär att med ”rätt” program hade byggnaden kunnat godkännas, medan ”fel” program visat på motsatsen (Widelund, 2009). Med grund utifrån detta examensarbete föll valet av energiberäkningsprogram för beräkningar av Hus 1 till Hus 12 på **VIP-Energy**. Motivet till detta grundas i att VIP-Energy beaktar fler parametrar än de två andra programmen men att det ändå är användarvänligt. Några avvikande skillnader till VIP-Energys fördel är bland annat:

- ✓ Möjlighet att ta hänsyn till stommens värmelagrande effekt både i yttervägg och för massiva innerväggar.

- ✓ Möjlighet att ange byggnadens verkliga luftläckage.
- ✓ Möjlighet att ange byggnadens läge i form av väderstreck, höjd och omgivande terräng. Detta används sedan för att beräkna hur byggnaden påverkas av vind.

Sammanfattningsvis har VIP-Energy en större möjlighet att efterlikna verkligheten än vad de andra två programmen i studien har. Nedan visas en schematisk bild av ett hus och vilka energiflöden som behandlas i programmet VIP-Energy.



Figur7: Figuren visar de energiflöden som behandlas i VIP-Energy (tidigare VIP+)

Beräkningar kommer utöver att göras i VIP-Energy även kompletteras med referensberäkningar gjorda med ett annat program för att få en möjlighet att stämma av resultatet. För detta ändamål har programmet Enorm 2004 valts. Enorm 2004 har funnits på marknaden länge, men har inte uppdaterats efter Boverkets senaste ändringar vilket medfört att dess resultat behöver räknas om för att vara överrensstämbart med Boverkets nuvarande krav. Detta var också orsaken till att Enorm 2004 inte togs med i det tidigare nämnda examensarbetet. Enorm är dock ett program med stora möjligheter att variera indata och som tidigare använts av Högskolan Dalarna vilket gör att kompetensen att hantera programmet redan finns.

4.5 Förutsättningar för energiberäkningar

Energiberäkningar kommer utföras för de 11 hus som inkommit med uppmätt energiförbrukning. Beräkningarna kommer utföras med programmen Enorm 2004 samt VIP-Energy. Se föregående stycke för val av program och gällande förutsättningar för genomförandet av beräkningarna. Beräkningarna kommer utföras med två olika utgångspunkter. Dels görs beräkningar utifrån det regelverk som finns och som ställer krav på t.ex. luftomsättning. Beräkningar utförts även med utgångspunkt att efterlikna verkligheten i så hög grad som möjligt, genom att t.ex. räkna med husets verkliga täthet. Denna beräkning görs enbart i VIP-Energy då detta program har störst möjlighet att anpassa indata.

För att göra energiberäkningar för projektets 12 hus krävs en mängd indata om varje fastighet. I stora drag kan dessa indata delas upp i 4 st. huvudområden med utgångspunkt från de inverkanse faktorerna i figur 7:

- ✓ **Omgivande klimat** – t.ex. klimatdata för platsen, husets placering och omgivande terräng
- ✓ **Brukarrelaterad indata** – t.ex. antal hemmaboende personer och inomhustemperatur
- ✓ **Byggnadsteknisk indata** – t.ex. U-värden på olika byggnadsdelar, uppvärmd area och placering av dessa byggnadsdelar samt byggnadens luftläckage
- ✓ **Installationsteknisk indata** - t.ex. typ av ventilationssystem, uppvärmningssystem och eventuellt system för energiåtervinning

Indata för ovanstående huvudområden har erhållits genom en kombination av att samla in ritningar, intervjuer fastighetsägare och i några fall nyttja schabloner som rekommenderas av Boverket. I nästkommande stycken beskrivs insamlingen av data och de antaganden som gjorts strukturerat utifrån ovanstående fyra huvudområden.

Omgivande klimat

För detta huvudområde har programmets klimatdata för fastighetens lokalisering använts. I dessa data finns t.ex. beskrivning av temperaturvariationer under året, vindhastighet och solinstrålning för aktuell plats. För att ta reda på byggnadens placering och vindutsatthet har flera av husen besökts eller så har intervjuer gjorts med brukarna.

Brukarrelaterad indata

För att ta reda på indata för detta huvudområde har fastighetsägarna kontinuerligt fått fylla i ett boendeprotokoll, se Bilaga 1. Genom detta protokoll framgår det hur många som bott i huset under olika perioder. Denna information har därefter räknats om utifrån de rekommendationer som finns i Boverkets ”Indata för energiberäkningar i kontor och småhus”. Följande antaganden har därför gjorts utifrån genomgångna rekommendationer i kapitel 4.3:

- Utifrån antalet personer som vistas i fastigheten beräknas tillförd energi från dess individer till **80W per individ**. En bedömning av den genomsnittliga närvarotid som en person är hemma under en hel vecka ligger enligt Boverket på ca 14 timmar per dygn och person.
- Förbrukning av tappvarmvatten kopplas till antalet personer som vistas i fastigheten enligt beräkningsmodellen att varje person i genomsnitt gör av med **16m³ varmvatten per år**, där varje kubikmeter vatten motsvarar **55kWh/m³** i uppvärmning.

För samtliga beräkningar har vidare Boverkets rekommendation på en **innetemperatur på 21°C** använts. Det optimala hade givetvis varit att mäta temperaturen i varje fastighet, men detta försvåras av att flertalet av de medverkande fastighetsägarna har en inomhustemperatur som varierar under dygnet. Vidare har flertalet av fastighetsägarna också delar av byggnaden som har en sänkt inomhustemperatur.

Byggnadsteknisk indata

Aktuell bygglovshandling har samlats in för samtliga 12 hus, och i de fall en teknisk beskrivning funnits har även denna tagits med. Dessa handlingar har sedan kompletterats av intervjuer och e-postkontakt med fastighetsägare samt tillverkare. Handlingarna har i första hand använts för att beräkna ytor och ta reda på t.ex. varje fönsterytas placering i förhållande till aktuellt väderstreck. I några fall har det varit svårt att få reda på olika byggnadsdelars exakta sammansättning för underlag till U-värdesberäkningen, vilket medfört att dessa delar beräknats med ett antaget U-värde. Samtliga indata finns redovisade i Bilaga 2. Vid en energiberäkning är det också nödvändigt att ange husets luftläckage. I samband med tidigare nämnda beräkning med BBR-krav anges tätheten till 0,8 l/s, m² medan tätheten i den ”verkliga” beräkningen sätts lika med resultatet från täthetsprovningarna, redovisat i kapitel 6.

Installationsteknisk indata

I samband med att urvalet av studerade husobjekt gjordes, togs även information in om primärt uppvärmningssystem och eventuell energiåtervinning. I de flesta fall värms husen i studien upp med elvärme i form av värmepump eller med direktverkande el. I några fall används värmepump som primär uppvärmning medan en braskamin nyttjas som tillsatsvärme. I dessa fall används angivna förbrukningsuppgifter av ved och el för uppvärmning, hämtade från boendeprotokollen, för att beräkna fördelningen mellan respektive energikälla. För 4 av studiens 12 hus står vedeldning för den primära uppvärmningen.

I samband med beräkningarna har också vissa antaganden gjorts vad beträffar olika fastbränsleanläggningars verkningsgrad. Följande antaganden har gjorts utifrån rekommendationer från SP (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010) samt Energirådgivningen (Energirådgivningen, 2009):

- Vedeldning i ny vedpanna med ackumulatortank: ca 85 % verkningsgrad

- Vedeldning i äldre vedpanna utan ackumulatortank: ca 55 % verkningsgrad
- Vedeldning i braskamin: ca 75 % verkningsgrad
- Vedeldning i modern kakelugn: ca 80 % verkningsgrad

För att dessa siffror skall vara tillämpbara och verkningsgraden ska bli hög måste veden vara torr och energin i veden komma pannan tillgodo. Vedeldande fastighetsägare har därför fått fylla i en vedenkät för att besvara hur de bland annat förvarar sin ved, se Bilaga 3 och 4.

För indata som berör ventilationen har boverkets rekommenderade indata redovisade i kapitel 4,3 nyttjats. Vid projektering för nya bostäder skall på Boverkets rekommendation värdet **0,35 l/s per m²** användas. I samband med den ”verkliga” beräkningen sätts ventilationen till 0 i de fall huset saknar ventilationssystem.

5 Energimätningar

Under projektets genomförande har samtliga fastigheter följts avseende den faktiska energiförbrukningen. Denna dokumentation har gjorts av respektive fastighetsägare och pågått under 12 månader.

5.1 Mätförfarande

Varje fastighetsägare har under en 12-månaders period fyllt i förbrukning av el, ved eller gas i ett så kallat boendeprotokoll, se Bilaga 1. Majoriteten av fastighetsägarna har rapporterat in sin förbrukning från januari 2009 till och med december 2009, men det finns även några fastighetsägare som kom in i studien senare och därav också har observerat energiförbrukningen en bit in på 2010. I tabell 5 redovisas observationsperioden för de 12 fastigheterna samt eventuella reservationer.

Hus	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
1														
2														
3														
4*														
5														
6**														
7														
8														
9***														
10														
11														
12														

Tabell 5: Observationsperiod av studiens 12 fastigheter.

*Avläsningen har gjorts direkt på värmepumpen varvid hushållsel ej är medräknad

** Energiförbrukningen för Hus 6 har inte inkommit trots flera påminnelser

***Hus 9 ingår i en större fastighet och energiförbrukningen redovisas därav årsvis till ägaren av huset

5.2 Förutsättningar

Fastigheterna som observeras har olika uppvärmningssystem som varierar mellan att använda el, elda med ved eller värma huset med gasol. Fördelningen mellan huvudsaklig uppvärmning ser ut enligt följande:

Primär uppvärmning	Antal
El	8 st
Ved	3 st
Ved/Gas	1 st
<hr/> Totalt	<hr/> 12 st

För de som värmer huset med el används i de flesta fall någon typ av värmepump. Utifrån projektets omfattning och dess ekonomiska ramar har det inte varit möjligt att installera energimätare för att kunna separera hushållsel från el för uppvärmning och tappvarmvatten där sådan mätare inte finns. Detta

har dock korrigerats utifrån de i kapitel 4.3 rekommenderade förbrukningsuppgifterna av hushållsel samt fastighetsägarens inrapportering av antal personer som bor i byggnaden. I de fall den uppmätta energin även omfattar ett uthus eller garage görs ett avdrag redovisat i tabell 7 och 8. I flera fall kombineras vedeldning och el och i ett fall ved, el och gas. Detta har i dessa fall redovisats på respektive fastighets boendeprotokoll.

För att kunna värdera och jämföra insatsen av respektive energislag med det teoretiskt beräknade energibehovet har ett antal antaganden gjorts:

Ved

I början av observationsperioden fick varje fastighetsägare som använder ved som primär energikälla eller som tillsats besvara ett antal vedrelaterade frågeställningar som finns angivna i Bilaga 3. Bland annat efterfrågades:

- *Hur kommer förbrukad ved att redovisas? (Stjälpt, travad eller i fast mått)*
- *Vilket/vilka trädslag används?*
- *Hur gammal är veden?*
- *Hur förvaras veden?*

Genom dessa kontrollfrågor blev det enklare att göra en bedömning av vedens energivärde. I en pilotstudie utförd vid Högskolan Dalarna om mätning av ved (Liss, 2004) finns volymbegreppet beskrivet för björkved. I studien redovisas bland annat att väl travad björkved kan ha en fastvolymprocent som varierar mellan 52-74% beroende på hur veden är huggen och ventilerad. För stjälpt ved visade samma studie en fastvolymprocent för björkved som låg mellan 47-55% beroende på hur veden var kluven (Liss, 2004). Enligt skogsnärings gemensamma informationsportal skogssverige.se anses väl travad ved ha en fastvolymprocent på ca 65% (SkogsSverige, 2010). I denna studie har vi utifrån dessa rekommendationer tillämpat fastvolymprocenten **65 % för travad ved** och **50 % för stjälpt ved**.

Det huvudsakliga träslaget som eldades av fastighetsägarna i studien var björk, men träslagen gran och tall förekom också. Utifrån resultatet från vedprotokollet (Bilaga 4) beräknas det effektiva värmevärdet i den använda veden för varje fastighet. För att kunna värdera mängden eldad ved behöver även vedens effektiva värmevärde tas fram. Enligt flera studier (Krögerström, 1994), (Liss, 2004), (SkogsSverige, 2010) där vedens effektiva värmevärde diskuteras anges:

- *Björkved ca 2400-2700 kWh/m³ fast mått, medelvärde 2550 kWh/m³f*
- *Gran ca 2000-2100 kWh/m³ fast mått, medelvärde 2050 kWh/m³f*
- *Tall ca 2100-2200 kWh/m³ fast mått, medelvärde 2150 kWh/m³f*

Medelvärdet av det effektiva värmevärdet för respektive träslag har använts i denna studie.

Gas

Ett hus i studien har primär uppvärmning genom att elda med gasol. I detta fall har fastighetsägaren fört boendeprotokoll över den mängd gas som åtgått för uppvärmning per månad. Vid beräkning av gasens effektiva värmevärde används 12,7 kWh/kg gasol (värde från fastighetsägare).

El

Majoriteten av fastigheterna i studien värms med el i någon form, oftast förekommande är en värmepump. I dessa fall anges observerad förbrukning på respektive boendeprotokoll. Observerad förbrukning är i de flesta fall lika med byggnadens totala energibehov, vilket innebär att en korrigering av detta värde behöver göras för:

- *Förbrukad hushållsel*
- *Eventuellt tillkommande uppvärmning av garage eller uthus som bidrar till elförbrukningen*
- *Övriga extraordinära energikrävande aktiviteter som bidrar till en högre förbrukning*

6 Resultat

6.1 Luftläckagemätningar

Luftläckagemätningar har under vintern 2008/2009 utförts på projektets 12 försökshus. För hälften av byggnaderna har även en termografering av byggnadens klimatskal utförts. Mätningarna har utförts av två mätkonsulter, varav mätkonsult 2 gjorde byggnadernas termograferingar. Se vidare tabell 6 för resultat från mätningarna:

Försökshus	Luftläckage (l/s, m ²) Mätkonsult 1	Luftläckage (l/s, m ²) Mätkonsult 2	Termografering
Hus 1	2,8		Nej
Hus 2	3,8		Nej
Hus 3		1,67	Ja
Hus 4		2,28	Ja
Hus 5	1,1		Nej
Hus 6		2,44	Ja
Hus 7		4,42	Ja
Hus 8	1,57		Nej
Hus 9	Omätbart*		Nej
Hus 10	0,81	1,28	Ja
Hus 11	3,9		Nej
Hus 12		1,17	Ja

Tabell 6: Resultat av luftläckagemätningar

*Mätkonsult 1 fick inget värde trots upprepade mätningar.

Hus 10 mättes av båda konsulterna med en relativt stor skillnad mellan resultaten. I samband med ett nyligen uppstartat fortsättningsprojekt till detta projekt mättes även Hus 2 och 5 av konsult 2, vilket dock indikerade att skillnaden mellan mätningarna var mindre eller obetydlig. I samband med luftläckagemätningarna och termograferingen gjordes även en kort beskrivning av var de huvudsakliga otätheterna berodde av. Dessa redovisas för varje hus enligt nedan.

Hus 1: Vid mätningens genomförande fanns det byggtekniska detaljer som ej var färdigställda. Bland annat var anslutning mellan vägg och diffusionsspärr i taket ej klar. Genomgående kärnsprickor förekommer.

Hus 2: Dörr mot utsida vind saknas och var vid mättillfället temporärt tätad. Av den anledningen genomfördes lufttäthetsprovningen med dörr mot lofttrappa stängd och temporärt tätad.

Hus 3: Utförd läckagekontroll visar att generella luftläckage förekommer i samtliga knuttimrade ytterväggshörn samt i de hörn där mellanväggarna ansluter till ytterväggen. Luftläckage förekommer även generellt vid takåsarnas anslutning till ytterväggen. Mindre luftläckage påträffades mellan trästockarna och i synnerhet i stockarnas anslutning mot fönster och dörrar. Luftläckage av varierande storlek noterades även i tak/väggvinklarna punktvis i byggnaden.

Hus 4: Utförd läckagekontroll visar att generella luftläckage förekommer i samtliga knuttimrade ytterväggshörn samt i de hörn där mellanväggarna ansluter till ytterväggen. Luftläckage förekommer även generellt vid takåsarnas anslutning till ytterväggen. Läckaget vid takåsarnas anslutning till ytterväggarna var störst på den övre våningen. Luftläckage av varierande storlek noterades även i tak/väggvinklarna ställvis i byggnaden. Luftläckage förekommer även i golv/väggvinklar främst vid yttervägg men även lokalt vid en mellanvägg i köket. Mindre luftläckage mellan trästockarna förekommer även i denna byggnad främst i närhet eller i direkt anslutning till fönster och dörrar.

Hus 5: Genomgående kärnsprickor förekommer. Vidare dokumenteras läckage mellan vägg och diffusionsspärr/takbjälklag.

Hus 6: Utförd läckagekontroll visar att stora generella luftläckage förekommer i samtliga knuttimrade ytterväggshörn, knuttimrade mellanväggsanslutningar till yttervägg samt knuttimrade upplag. Luftläckage noterades även längs med alla tak/väggvinklar vilket sammanlagt bedöms ge ett luftläckage av betydande storlek. Vid ytterväggarnas anslutning till takåsarna påträffades också stora luftläckage. Mindre luftläckage noterades i några fall mellan stockarna och i synnerhet i anslutning till fönster.

Hus 7: Utförd läckagekontroll visar att luftläckage mellan timmerstockarna generellt förekommer. Vid samtliga ytterväggshörn i aktuell byggnad påträffades stora lufttätheter. Storleken på luftläckagen i tak/väggvinkel samt golv/väggvinkel varierar men förekommer även generellt i byggnaden och är av betydande storlek. Lufttätheter kring ett antal fönster i byggnaden noterades. Mätkonsulten hade svårt att täta nedgången till källaren. Källaren är murad och har flera otäta partier som kan påverka mätresultatet.

Hus 8: Läckagetal högt trots att ca 80 % av klimatskalet är inv. tilläggsisolerat. Genomgående kärnsprickor vid knutskallar i ett mindre antal och av mindre art.

Hus 9: Lufttäthetsmätning gav inget mätbart resultat. Byggnaden uppfattades av mätkonsulten som gedigen med visst läckage vid fönster, sannolikt på grund av dålig tätning mellan båge och karm. I övrigt inga anmärkningsvärda otätheter.

Hus 10: Utförd läckagekontroll visar att generella luftläckage förekommer i samtliga knuttimrade ytterväggshörn samt i de hörn där mellanväggarna ansluter till ytterväggen. Luftläckage förekommer även generellt vid takåsarnas anslutning till ytterväggen. Vid flertalet fönster noterades även luftläckage särskilt på övervåningen och i köket. Luftläckage noterades särskilt mellan stockarna både på över och undervåningen samt i tak/väggvinkel på övervåningen.

Hus 11: Genomgående kärnsprickor vid knutskallar i ett mindre antal och av mindre art. I övrigt är stommen i ett mycket gott utförande.

Hus 12: Utförd läckagekontroll visar att luftläckage mellan limträstockarna generellt ej föreligger. Det luftläckage som finns i byggnaden härstammar till största del från yttertakets anslutning till ytterväggarna. I ytterväggshörn föreligger även ett flertal luftläckage. Luftläckage noterades även kring ett antal fönster samt vid de två ”balkongdörrarna” som finns i bostaden. Enligt uppgift från brukaren av huset finns även större luftläckage i det vikbara glaspartiet vid matplatsen. Detta glasparti var vid mätningarna tejpat i de otäta skarvarna.

Fördjupade resultat av genomförda termograferingar samt analys av dessa redovisas separat i ett inom projektet genomfört examensarbete, se vidare Lindberg 2009.

6.2 Energimätningar

Energimätningar redovisas i tabell 7 och 8. För varje hus redovisas total energianvändning uppdelat i energislagen el, ved och gas. Majoriteten av de indata som används kommer från respektive fastighetsägares boendeprotokoll. Nedan följer en redogörelse för innebörden av respektive kolumn som benämns i Tabell 7 och 8:

Antal Boende: Med antal boende syftas på antalet personer som i snitt bott i huset under den 12 månader långa perioden då energianvändningen dokumenterats.

Total elanvändning: Med total elanvändning avses den avlästa förbrukningen i kWh som om inget annat anges även innefattar hushållsel.

Elanvändning: Med elanvändning avses förbrukad köpt energi i form av el som åtgår till uppvärmning av hus, tappvarmvatten samt för drift av fläktar och pumpar. Denna elförbrukning har beräknats genom att dra bort

hushållselen, med rekommenderade schabloner enligt kapitel 4, från den för huset inrapporterade totala elförbrukningen.

Vedanvändning: Med vedanvändning avses förbrukad köpt energi i form av ved som åtgår till uppvärmning av hus och tappvarmvatten. För att beräkna vedens energiinnehåll nyttjas fastighetsägarens information om veden samt de förutsättningar som redovisas i kapitel 5. Förbrukad ved räknas först om till fast mått för att därefter räknas om till energi utifrån typ av ved.

Gasanvändning: Med gasanvändning avses förbrukad köpt energi i form av gas som åtgår till uppvärmning av hus och tappvarmvatten. Gasen mäts i kg men räknas därefter om till kWh utifrån gasen energivärde. Se vidare kapitel 5 för förutsättningar.

Total köpt energi: Med total köpt energi avses den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad för uppvärmning, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. I detta fall räknas här samtliga energislag ihop.

A_{temp}: Med A_{temp} avses byggnadens totala uppvärmda golvarea mätt i m².

Byggnadens uppmätta specifika energianvändning: Med byggnadens uppmätta specifika energianvändning avses byggnadens totala behov av köpt energi fördelat per m² tempererad golvyta och år. Denna förbrukning skall jämföras med boverkets krav på specifik energianvändning redovisad i tabell 3 och 4.

Försökshus	Antal boende pers/mån (medelvärde över året)	Total elanvändning (kWh)	Elanvändning (uppv + tappvarm + fastighetsel) (kWh)	Vedanvändning (uppv + tappvarm) (m ³) (kWh)	Gasanvändning (uppv + tappvarm) (Kg) (kWh)	Total köpt energi (kWh)	A _{temp} (m ²)	Byggnadens uppmätta specifika energianvändning (kWh/m ² , år)
Hus 1	5 st.	22112	22112 -(2500+5x800) -2500* = 13112 kWh			13112	161,3	81 kWh
Hus 2	4 st.	19526	19526 -(2500+4x800) = 13826 kWh	11,85 m ³ stjälp 14810 kWh		28636	134,8	212 kWh
Hus 3	2,4 st.	2258	2258 -(2500+2,4x800) = 0 kWh	10,4 m ³ travad 14600 kWh	770 kg 9780 kWh -320 kWh** 9460 kWh	24060	126,4	190 kWh
Hus 4	5 st.	-	Avläsning direkt från värmepump = 5230 kWh	4 m ³ travad 5590 kWh		10820	97	112 kWh
Hus 5	0,7 st.	19794	19794 -(2500+0,7x800) = 16734 kWh			16734	192,4	87 kWh
Hus 6	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 7: Sammanställning av energimätningar för hus 1-6.

*Korrigerig av elförbrukning görs för uppvärmt uthus

**Korrigerig av gasåtgången görs för nyttjande av gasgrill

Försökshus	Antal boende pers/mån (medelvärde över året)	Total elanvändning (kWh)	Elanvändning (uppv + tappvarm + fastighetsel) (kWh)	Vedanvändning (uppv + tappvarm) (m ³) (kWh)	Gasanvändning (uppv + tappvarm) (Kg) (kWh)	Total köpt energi (kWh)	A _{temp} (m ²)	Byggnadens uppmätta specifika energianvändning (kWh/m ² , år)
Hus 7	4 st.	9809	9809 -(2500+4x800) -2500*** = 1609 kWh	25,1 m ³ travad 35900 kWh		37509	323	116 kWh
Hus 8	2 st.	14424	14424 -(2500+2x800) = 10324 kWh			10324	211	49 kWh
Hus 9	0,5 st.	10000	10000 -(2500+0,5x800) = 7100 kWh			7100	65,3	109 kWh
Hus 10	2 st.	17248	17248 -(2500+2x800) = 13148 kWh	10,6 m ³ travad 16880 kWh		30028	190	158 kWh
Hus 11	1,25 st.	15991	15991- (2500+1,25x800) = 12491 kWh			12491	97,7	128 kWh
Hus 12	2 st.	22596	22569 -(2500+2x800) = 18469 kWh			18469	216,4	85 kWh

Tabell 8: Sammanställning av energimätningar för hus 7-12.

*** Korrigering av elförbrukning görs för delvis uppvärmt uthus o växthus

6.3 Energifberäkningar

Beräkning 1: Boverkets krav

Program: Enorm 2004, VIP-Energy

Lufttäthet: 0,8 l/s, m²

Ventilation: 0,35 l/s, m²

Klimatdata: Klimatdata baserad på 10-års statistik för närmaste ort som finns upptagen i beräkningsprogrammet

Personvärme: 1w/m²

Byggnadsspecifik information: Enligt indatablankett, se bilaga 2

Övrig indata: Enligt schabloner angivna i kapitel 4

Försökshus	Enorm 2004 <i>(kWh/m², år)</i>	VIP-Energy <i>(kWh/m², år)</i>
Hus 1	138	109
Hus 2	277	297
Hus 3	237	242
Hus 4	81	61
Hus 5	87	57
Hus 6	-	-
Hus 7	141	157
Hus 8	38	29
Hus 9	170	170
Hus 10	172	172
Hus 11	190	202
Hus 12	65	57

Tabell 9: Resultat av beräkning1, Boverkets krav

Beräkning 2: "Verklig byggnad"

Program: VIP-Energy

Lufttäthet: Verklig täthet enligt provningsresultat angivna i kapitel 6.1

Ventilation: För självdrag sätts ventilationen till 0, för hus med mekanisk ventilation sätts denna till rekommenderad nivå enligt kapitel 4.3

Klimatdata: Klimatdata från 2009 för aktuell plats

Personvärme: 80 watt per person som vistas i byggnaden

Byggnadsspecifik information: Enligt indatablankett, se bilaga 2

Övrig indata: Enligt schabloner angivna i kapitel 4

Försökshus	VIP-Energy (kWh/m², år)
Hus 1	125
Hus 2	259
Hus 3	131
Hus 4	87
Hus 5	42
Hus 6	-
Hus 7	100
Hus 8	32
Hus 9	134
Hus 10	106
Hus 11	128
Hus 12	42

Tabell 10: Resultat av beräkning 2, "Verklig byggnad"

6.4 Intervjuer med fastighetsägare

Under projektets genomförande har intervjuer, såväl muntliga som enkätstudier, gjorts med de deltagande fastighetsägarna i studien. Inom ramen för projektet har två examensarbeten utförts varav det ena som behandlade energiberäkningar är omnämnt sedan tidigare. I det andra som utfördes av Fredrik Lindgren studerades täthet i timmerhus, (Lindberg, 2009). Inom ramen för detta examensarbete gjordes även intervjuer med några av brukarna. Resultaten från dessa intervjuer tyder på att människor som bor i timmerhus ofta har en liknande syn på inneklimat och luftkvalitet. De har i de flesta fall en eldstad som används vid behov vilket har betydelse för ventilationen och att en lägre innetemperatur kan accepteras. Den tunga stommens förmåga att jämna ut temperatur och luftfuktighet framhålls som något mycket uppenbart och positivt. Trots att ventilationen för det mesta verkar vara långt under de normer som finns tycker timmerhusägarna att luftkvaliteten är mycket bra och en av anledningarna till att de valt att bo i ett timmerhus, (Lindberg, 2009)

Dessa intervjuer har även kompletterats med enkäter som studiens fastighetsägare fått besvara, se vidare tabell 11.

<p><i>Vad är orsaken till att du/ni valde ett hus med timmerstomme?</i></p>	<p><i>Orskaen till att de deltagande fastighetsägarna valde att bygga ett hus i timmer varierar från fall till fall. I ett fall rör det sig snarare om en tillfällighet där t.ex. markexploatören producerat timmerhus och erbjudit detta i samband med tomtköpet. Majoriteten av svaren handlar dock om att en timmerstuga utstrålar en viss charm och är byggt av ett genuint material som både är estetiskt, ideologiskt och miljömässigt tilltalande. I något svar lyfts det även fram att timmerhuset passar bra in i den befintliga bebyggelsen.</i></p>
<p><i>Kan du/ni peka ut några speciella faktorer som bidrog till att valet föll på ett timmerhus och inte på ett traditionellt regelstommehus?</i></p>	<p><i>Även på denna fråga finns det flera svar att lyfta fram. Charmen och timmerstommens estetiska värden betonas av flera fastighetsägare. Vidare lyfts egenskaper fram som att timmerstommen både bidrar till ett bra miljöval och att stommen i sig är beständig om underhållet sker på rätt sätt.</i></p>
<p><i>Hur upplever du/ni husets inneklimat?</i></p>	<p><i>Överlag är samtliga tillfrågade fastighetsägare mycket nöjda med sitt inomhusklimat. Som fördelar nämns att luftfuktigheten är jämn och bra samt att huset håller en jämn tempertur tack vare en värmetrög konstruktion. Problem som lyfts fram är att det kan dra från sprickor, hörn och takåsfästen när det är riktigt kallt ute (runt -20 grader). Vidare uppger även en fastighetsägare att något rum ibland är svårt att</i></p>

	<i>hålla värmen i. Trots den dragighet som upplevs betonas det att den friska luften bidrar till att de sover gott i huset.</i>
<i>Ser du/ni några brister med att bo i ett timmerhus?</i>	<i>Majoriteten av fastighetsbrukarna ser inga brister med att bo i timmerhus. En fastighetsägare tar dock upp problematiken att stommen sjunker och att detta innebär vissa invändiga justeringar. Av samma fastighetsägare nämns även att energiåtgången är högre för hans hus jämfört med ett traditionellt isolerat hus.</i>
<i>Skulle du/ni gjort något annorlunda om ni byggt huset idag?</i>	<i>Majoriteten av de tillfrågade fastighetsägarna skulle bygga med samma teknik idag. En av fastighetsägarna skriver att ur ett energiekonomiskt perspektiv blir det ett regelstommehus men att ett timmerhus har sin speciella charm vilket gör det till ett svårt val.</i>

Tabell 11: Sammanställning av enkätsvar från fastighetsägare

7 Analys

7.1 Täthet

Tätheten varierar kraftigt mellan studiens 12 lufttäthetsprovade byggnader i likhet med den norska studie som utfördes av Norges Byggeforskningsinstitut (Dyrestad, 2000). Byggnadernas otäta partier härrör dock inte bara från timmerstommen utan täthetsprovningen har utförts på byggnadens hela klimatskal, vilket innebär att bland annat läckage i tak, golv och runt fönster och dörrar även räknas in. I några av fallen finns det dokumenterade avvikelser som bidragit till att mätresultatet blivit högt på grund av uppenbara brister som inte kan kopplas till timmerstommens täthet. Följande avvikelser som ej härrör från timmerstommen har dokumenterats av de anlitade mätkonsulterna:

Hus 1: Vid mätningens genomförande fanns det byggtekniska detaljer som ej var färdigställda. Bland annat var anslutning mellan vägg och diffusionsspärr i taket ej färdigställd. Detta läckage bidrog sannolikt till ett högre läckagetal.

Hus 2: Dörr mot utsida vind saknas och var vid mättillfället temporärt tätad. Av den anledningen genomfördes lufttäthetsprovningen med dörr mot lofttrappa stängd och temporärt tätad vilket sannolikt bidrog till ett högre läckagetal.

Hus 7: Vid undersökningstillfället gjordes försök att täta av källaren men detta arbete var dock svårt då trappdelen ej var avgränsad mot källaren. I källaren fanns ett betydande läckage i murfogarna från den murade vägg som avgränsade källaren mot kryppgrunden. Läckaget mellan murfogarna var dock litet i jämförelse med de lufttätheter som påträffades på bottenvåningen och övervåningen.

Hus 9: Lufttäthetsmätning för hus 9 gav inget mätbart resultat. Stommen bedömdes vara av god kvalitet, men trots detta fick inte mätkonsulten upp trycket i huset under mätningen.

Hus 12: Enligt uppgift från brukaren av huset finns även större luftläckage i det vikbara glaspartiet vid matplatsen, vilket framgent ska bytas ut. Detta glasparti var vid mätningarna tejpat i de otäta skarvarna, vilket sannolikt innebär att mätresultatet ej ska ha påverkats.

För flertalet hus som undersökts pekas också anslutningen mellan vägg och tak ut som en vanligt förekommande punkt som bidrar till ett högre läckagetal. I dessa fall beror det ofta på en otät anslutning mellan diffusionsspärren i taket och timmerväggen. Vidare tas anslutningen mellan fönster/dörr och timmervägg samt anslutningen mellan vägg och grund upp som två andra vanligt förekommande ställen där större läckage förekommer.

Vid studie av luftläckage som är relaterat till timmerstommens utförande kan detta läckage till största del sammanfattas i följande läckagepunkter:

- Läckage i och runt knutkedjorna
- Läckage i anslutning mellan timrad inner- och yttervägg
- Läckage vid anslutning mellan takås och yttervägg
- Läckage i timmerväggen i anslutning till fönster/dörr i de fall stommen hängt sig på fönster-/dörrkarmen.

Överlag ser långdragen bra ut och det huvudsakliga läckaget från stommen kan i de flesta fall härledas till någon av de fyra punkterna ovan. Hus 12 har mycket täta väggar på grund av att det är byggt med limstock. Huset har dock dokumenterat läckage i anslutning mellan vägg och tak samt mellan golv och vägg vilket bidrar till att läckagetalet ökar trots den täta väggen. Orsaker och analys av täthetsprovningarna fördjupas ytterligare i det examensarbete som utförts inom projektet, se vidare Lindberg 2009.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att hus 2 och 7 som båda har höga läckagetal också har större avvikelser i klimatskalet som sannolikt bidrar till det höga läckagetalet. Vidare har läckage mellan vägg och takets diffusionsspärr dokumenterats i flera fall samt läckage i drevningen mellan fönster och timmervägg. Det torde därför inte vara någon vågad gissning att läckagetalet generellt skulle kunna sänkas om dessa avvikelser och fel åtgärdades.

I studien förekommer det tre hus som har läckagetal under $1,2 \text{ l/s, m}^2$ samt två hus som ligger strax ovanför detta läckagetal. Detta tyder på att ett timmerhus sannolikt kan byggas med en täthet som är $1,2 \text{ l/s, m}^2$ eller något lägre om hänsyn tas till ovan nämnda läckagekällor som ej härrör från stommen samt att stommen utförs enligt Föreningen Svenska Timmerhus framtagna kvalitetsnormer.

7.2 Uppmätt energianvändning

Energianvändningen har för varje hus dokumenterats under en 12-månaders period mellan januari 2009 till december 2009. I något fall är perioden förskjuten en månad vilket i så fall framgår i beskrivningen av förutsättningar i kapitel 5. I tabell 12 redovisas den uppmätta energianvändningen i förhållande till dagens krav på specifik energianvändning samt de krav som gällde i samband med projektets start. I flera fall var det också dessa krav som var gällande när huset byggdes, men i några fall har ett äldre regelverk varit styrande vid husets uppförande. Noterbart är att 7 av de 11 uppmätta husen klarar det regelverk som förelåg när projektet startade. Ett intressant samband är att tre av studiens totalt fyra hus med vedeldning som primär värmekälla återfinns bland de fyra hus som inte klarar BBR:s krav från 2008. En stor felkälla i studien är bland annat mätningen av ved och uppskattningen av dess effektiva värmevärde. En tänkbar förklaring till att dessa hus återfinns i listan som inte klarar BBR kraven från 2008 kan därför tyda på att vedens energivärde överskattats eller att fastigheterna inte kunnat tillgodogöra sig

vedens energiinnehåll pga. en låg verkningsgrad vid vedeldning. Vidare kan det konstateras att de fyra hus som använder sig av en berg- eller jordvärmepump för uppvärmning alla klarar kraven från 2008.

Fastighet	Byggnadens uppmätta specifika energianvändning ($kWh/m^2, \text{år}$)	BBR 2008	BBR 2010
Hus 1	81	110	55
Hus 2	212	130	130
Hus 3	190	130	130
Hus 4	112	130	75
Hus 5	87	130	75
Hus 6	-	-	-
Hus 7	116	130	130
Hus 8	49	110	55
Hus 9	109	75	55
Hus 10	158	130	130
Hus 11	128	130	75
Hus 12	85	130	75

Tabell 12: Uppmätt energianvändning samt BBR-krav från 2008 och 2010

Jämförs istället den uppmätta specifika energianvändningen med dagens energikrav som gäller fullt ut från och med den 1 januari 2010 så är det 2 av studiens 11 uppmätta hus som klarar kravet medan 2 ligger strax över det gällande kravet. Noterbart är dock att hus 7, som hade det största läckagetalet i lufttäthetsprovningsen, faktiskt är ett av två hus som klarar dagens energikrav. Orsaken till detta torde ligga i att hus 7 har ett förhållandevis litet klimatskal i förhållande till dess tempererade golvyta. En bra planering och utformning av huset, där klimatskalet minimeras och den tempererade golvytan maximeras, kan därför bidra till en lägre specifik energianvändning.

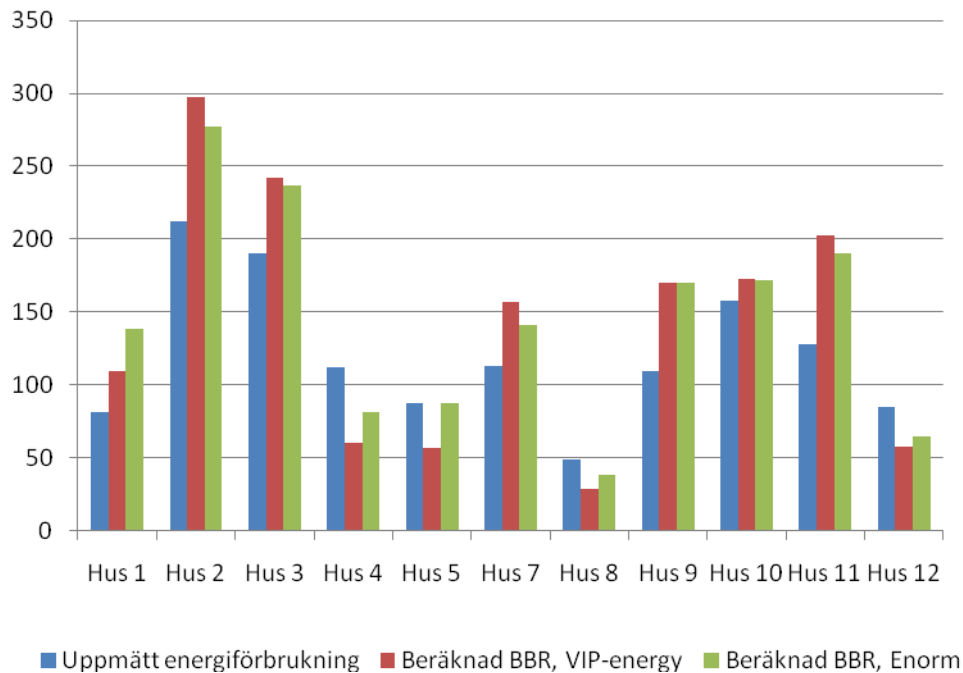
För hus 8 som också klarar dagens energikrav finns det en annan förklaring till att byggnadens uppmätta specifika energianvändning blir så bra. I detta fall beror den låga energianvändningen dels på att huset är tilläggsisolerat på 80 % av byggnadens väggyta samt nyttjar en bergvärmepump som bidrar till den låga energiförbrukningen.

7.3 Jämförelse mellan uppmätt energi och teoretisk energianvändning

Jämförelser har gjorts mellan uppmätt energianvändning och beräknad energianvändning där beräkningarna antingen utförts efter de krav och rekommendationer som Boverket ställer eller utifrån ett beräkningsförfarande där målet har varit att efterlika verkligheten i så stor grad som möjligt. Förutsättningar för samtliga beräkningar finns beskrivna i kapitel 4 och 5 samt i Bilaga 2 där indata för varje individuell byggnad beskrivs.

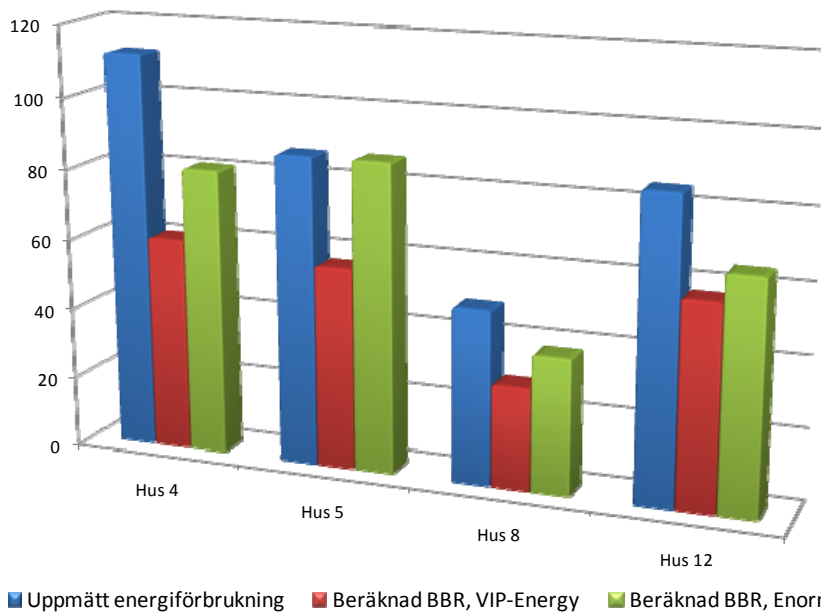
Jämförelse mellan uppmätt specifik energianvändning och beräknad enligt Boverkets krav redovisas i tabell 13 på nästkommande sida. Generellt varierar

resultatet, men en klar tendens finns att beräkningarna ligger högre än den uppmätta specifika energianvändningen. I 7 av 11 fall ligger både VIP-Energy och Enorm 2004 högre än vad den uppmätta specifika energianvändningen gör. I ett fall ligger Enorm 2004 lika med den uppmätta användningen medan VIP-Energy ligger strax under. För 3 fastigheter, hus 4, 8 och 12, ligger både VIP-Energy och Enorm 2004 under den verkligt uppmätta energianvändningen.



Tabell 13: Uppmätt energianvändning jämfört med beräkning enligt BBR

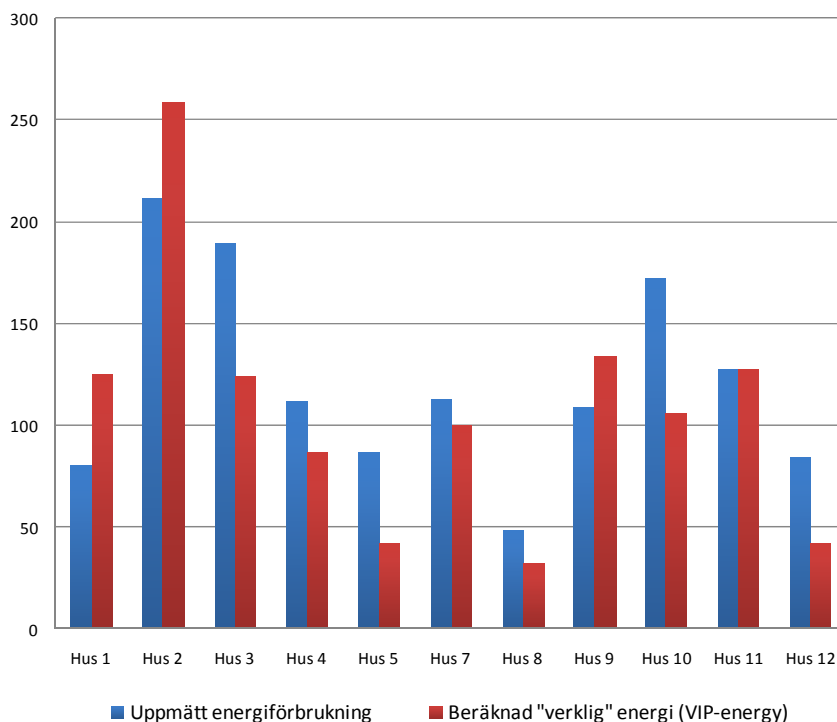
Likheten mellan hus 4, 8 och 12 är att samtliga hus har uppvärmning av en berg- eller jordvärmepump. Även hus 5, där en av beräkningarna ligger lika med den uppmätta specifika energianvändningen, värms upp med en bergvärmepump. Detta betyder att projektets samtliga hus med värmepump som uppvärmning är desamma som de hus där den teoretiska beräkningen ligger lägre än den faktiskt uppmätta specifika energianvändningen, tabell 14.



Tabell 14: Hus där uppmätt specifik energianvändning ligger högre än beräknad

En kvalificerad gissning är därför att värmepumpar teoretiskt ger en högre effekt än vad som kommer huset tillgodo. Om detta beror på värmepumpen i sig eller timmerhuset är svårt att avgöra. Vidare tycks värmepumpar i jämförelse med andra energislag pressa ned energianvändningen, men sannolikt inte fullt lika mycket som en teoretisk beräkning påvisar.

I följande tabell presenteras en jämförelse mellan den uppmätta specifika energianvändningen och den beräknade ”verkliga” energianvändningen, tabell 15.



Tabell 15. Byggnadens uppmätta specifika energianvändning i jämförelse med beräknad ”verklig” energianvändning.

Resultatet av denna jämförelse är svårtolkat. I 7 fall ligger den uppmätta specifika energianvändningen över den beräknade och i 3 fall är fallet det omvända. I ett fall ligger beräknad och uppmätt specifik energianvändning lika. Jämförs tabell 13 och 15 kan det konstateras att den beräknade ”verkliga” energianvändningen generellt sjunkit jämfört med den enligt BBR beräknade energianvändningen. Detta beror till viss del på att 2009 var ett något varmare år jämfört med de klimatdata som används för BBR beräkningen.

En jämförelse mellan uppmätt och beräknad specifik energianvändning har även utförts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i ett uppdrag från Boverket. Denna fältstudie som omfattar mätningar och beräkningar av 5 småhus (stommateriale okänt) beskrivs i Boverkets rapport från 2009 vid namn ”Uppföljning av nya byggnaders specifika energianvändning”, (Boverket 2009). Studien visar på att i stort sett så uppfylls kravet på specifik energianvändning enligt BBR för de undersökta husen. Samtliga undersökta byggnader är belägna i den södra klimatzonen där kravvärdet på specifik energianvändning enligt BBR är 110 kWh/m² och år. I undersökningen har hänsyn även tagits till värmestillskott från braskamin där sådan förekommer (5600 kWh/år). Resultatet från undersökningen redovisas i tabell 16.

Fastighet	Hus A	Hus B	Hus C	Hus D	Hus E
Uppmätt värde	95*	113*	78	56	85*
Beräknat värde	80	83	96	92	81

Tabell 16: Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m² och år).

* Inkluderar ett generellt påslag med 5600 kWh per år för eldning i braskamin.

Resultatet redovisat i tabell 16 visar samma tendenser som beräkningarna redovisade i tabell 11. I båda studierna framgår det tydligt att skillnaden mellan uppmätt och beräknat värde kan vara ganska stor. Vidare har båda studierna flera exempel på hus där beräkningarna både varit över och under det uppmätta värdet. Utan kännedom om den indata som används vid beräkningarna av resultaten i tabell 16 är det svårt att dra några fler slutsatser, men utifrån resultatet av jämförelsen som presenterats i tabell 13 har sannolikt valet av uppvärmningssystem en mycket stor inverkan på beräkningens utgång.

7.4 Kvalitéer med att bo i timmerhus

Att bo i ett timmerhus med frilagd timmerstomme handlar om något mer än att bara ”bo i ett hus”. Motiven till att fastighetsägarna valt att bygga ett timmerhus handlar inte bara om att de efterfrågar funktionen som en bostad tillhandahåller utan sätter också värde på faktorer som frisk luft, timmerstommens charm, ett hållbart material och ett miljövänligt boende. I flera fall är valet av stommateriale ett ideologiskt val där timmerstommen symboliserar något mer än bara ett stommateriale. I något fall verkar valet av timmerstomme varit en tillfällighet, men för majoriteten av de deltagande fastighetsägarna har något annat byggnadssätt aldrig varit tänkbart.

Överlag lyfts timmerhusets inneklimat upp som något mycket positivt. Trots att ventilationen för det mesta verkar vara långt under de normer som finns tycker timmerhusägarna att luftkvaliteten är mycket bra och en av anledningarna till att de valt att bo i ett timmerhus. Den tunga stommens förmåga att jämna ut temperatur och luftfuktighet framhålls vidare som något mycket uppenbart och positivt. Trots att det i några hus drar när det är kallt ute verkar inte detta påverka upplevelsen att bo i ett timmerhus negativt.

Flera av de kvalitéer som nämns ovan har starka kopplingar till att timmerstommen också är frilagd. En förändring mot att isolera mer av väggarnas yta skulle sannolikt innebära att en stor del av timmerstommens attraktion skulle gå förlorad. Detta skulle i förlängningen innebära att timmer enbart blir ett exklusivt och kostsamt fasadmateriäl där de invändiga kvalitéerna går förlorade.

8 Diskussion och slutsats

8.1 Framtidens timmerhusbyggnade

I kapitel 1 presenterades tre frågeställningar som projektet skulle försöka ge svar på. Bland annat tas frågan upp hur framtidens timmerhus skall utformas för att klara dagens krav på energihushållning. Omfattningen av denna fråga förstärks efter jämförelsen i kapitel 7 mellan dagens BBR-krav och byggnadernas uppmätta specifika energianvändning där 2 av studiens 11 undersökta hus klarar dagens krav. Efter studier av de två hus som klarar dagens energikrav framgår det tydligt att en ökad isolering av byggnadens klimatskal är ett sätt att uppfylla dagens krav. Utifrån de intervjuer som gjorts inom ramen för projektet skulle dock en ökad grad av isolering också fränta stommen dess attraktion, vilket i förlängningen skulle drabba branschen och intresset att bygga timmerhus. Två andra alternativ som kan bidra till en lägre specifik energianvändning, men som inte innebär en isolerad stomme, är istället att välja ett effektivt uppvärmningssystem som håller nere energiförbrukningen samt att utforma huset så att den tempererade golvytan maximeras i förhållande till byggnadens klimatskal. Det sistnämnda bekräftas av att Hus 7, som har studiens högsta läckagetal, uppfyller BBR:s krav på specifik energihushållning. Orsaken till detta resultat beror till stor del på att byggnaden har en mycket stor tempererad golvyta i förhållande till dess klimatskal. Beräkningsresultaten visar också att en berg- eller jordvärmepump drar ned byggnadens uppmätta specifika energiförbrukning. Detta förstärks av att de hus som är utrustade med berg- eller jordvärmepump också är de hus i studien som har den lägsta uppmätta energianvändningen. Vidare är det också av stor betydelse att välja ett ventilationssystem som kan återvinna värmen i frånluften, då ett självdragsystem i praktiken innebär att uppvärmd inomhusluft går rakt ut i friska luften. Ventilationsfrågan är dock inte så enkel som den till synes kan låta. Majoriteten av fastighetsägarna i studien lyfter speciellt upp byggnadens goda inomhusklimat trots att de i princip inte har något regelrätt ventilationssystem alls i sina hus. I de hus som har uppvärmning genom vedeldning förekommer det ofta en fungerande självdragsventilation, men i resterande hus ofta ventilation av en fuktstyrd fläkt i badrummet och en köksfläkt i köket. Med utgångspunkt från fastighetsägarnas positiva upplevelser av inomhusklimatet finns det därför skäl att tro att timmerstommens otäthet i någon mån bidrar till en ökad luftomsättning trots att byggnaden saknar ett traditionellt ventilationssystem.

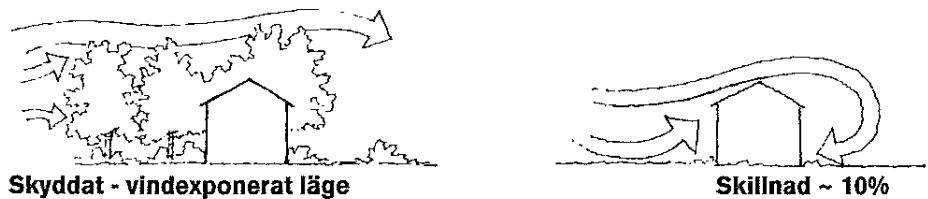
Timmerstommens täthet är också en fråga som länge varit ifrågasatt, inte minst i samband med energiberäkningar av timmerhus. En viktig frågeställning som ställdes i projektets uppstart härrörde därför till hur stommens lufttäthet ska bedömas och medräknas vid en energiberäkning av ett timmerhus. Ett av målen för delprojekt 1 har därför varit att undersöka vilken lufttäthet ett timmerhus kan uppnå. Utifrån de resultat som presenteras i kapitel 6 och med hänsyn till de kända avvikelser som konstaterats för respektive hus bör en täthet på $1,2 \text{ l/s, m}^2$ kunna uppnås med relativt enkla medel. Detta bygger dock på en noggrann tillverkning där hänsyn både tas till

FST:s kvalitetsnormer samt till de kända läckage som konstaterats i denna studie. Extra viktigt blir också att minimera de läckage som normalt inte bör uppstå, som exempelvis anslutningen mellan diffusionsspärren i taket och ytterväggen eller i anslutningen mellan fönster och stomme. Åtgärder av dessa förhållandevis välkända läckagepunkter skulle kunna sänka luftläckaget radikalt.

Ett viktigt led i projekteringen av ett timerhus är möjligheten att tillhandahålla en trovärdig energiberäkning av den framtida byggnaden. En energiberäkning skall dels visa att huset uppfyller de krav som Boverket ställer, men byggnadens specifika energianvändning kommer framledes också verifieras av mätningar av den faktiska energianvändningen. Detta bidrar till ett behov att undersöka hur förekommande modeller för beräkning av energiförbrukning överrensstämmer med verklig förbrukning i ett timmerhus. I kapitel 7 görs en jämförelse mellan uppmätt specifik energianvändning och enligt BBR beräknad specifik energianvändning för i studien deltagande fastigheter. Denna jämförelse förstärker uppfattningen att en beräkning med utgångspunkt från BBR:s regelverk i de flesta fall ligger högre än vad verkligheten visar. Det finns dock ett undantag bland de undersökta fastigheterna i studien. I de fall husen är utrustade med en berg- eller jordvärmepump blir beräkningen lägre än den uppmätta specifika energianvändningen. Vid beräkningar där uppvärmningssystemet är en berg- eller jordvärmepump är det därför viktigt att göra en bedömning och justering av systemets verkningsgrad för att inte övervärdera pumpen. Det står dock klart att en berg- eller jordvärmepump effektivt drar ner byggnadens energianvändning, men inte fullt så mycket som teorin pekar på.

Beräkningarna visar också på att resultatet kan variera beroende av programval. Programvalet verkar onekligen ha betydelse vid en energiberäkning, inte minst då programvalet ger olika möjligheter att ta hänsyn till t.ex. indata som vind, solinstrålning samt värmelagring i stommen. Ett problem som framkommit vid beräkningarna i VIP-Energy är programmets känslighet då små förändringar av indata kan ge stora förändringar av det beräknade resultatet. Det är därför extra viktigt att ha god kännedom om programmet innan en energiberäkning utförs.

Vid planering av framtidens timmerhus är det även viktigt att ta hänsyn till omgivande faktorer som kan bidra till en lägre energianvändning. Exempel på detta är att återgå till traditionella placeringsprinciper av byggnaden där omgivande mikroklimat tillåts ha en större inverkan på placeringen än vad det ofta får. I dagens byggande värderas ofta ett sjönära läge eller en fin utsikt högre än vad ett läge med fördelaktigt mikroklimat gör. I samband med genomförda energiberäkningar framgår det också att klimatdata för en ort avsevärt kan skilja sig från en geografiskt närliggande ort. Betydelsen av husets placering är dock svårsmåbart, men har sannolikt en stor påverkan på den slutliga energianvändningen. Enligt Bokalders & Block, 2009 kan det göras en energibesparing om byggnaden placeras rätt i förhållande till solinstrålning, vind och kallsänkor. Figur 8 visar t.ex. att ett vindexponerat läge kan betyda upp till 10 % mer i energianvändning jämfört ett vindskyddat.



Figur 8: Exempel på hur ett vindexponerat läge kan påverka energianvändningen

För ett timmerhus tycks denna placeringsprincip bli ännu viktigare med avseende på energihushållning då timmerstommen högre läckagetal kan bidra till ett större luftläckage om stommen utsätts för vind. Platsens vindutsatthet är en faktor som VIP-Energy tar hänsyn till och som därför också vägs in i samband med en energiberäkning.

Det har tidigare framkommit att en frilagd timmerstomme är något som värderas högt av brukarna. En större del isolering av stommens väggar är därför inte ett tänkbart alternativ, vilket gör att klimatskalets värmeisolering bör kompenseras på något annat håll. Inom ramen för detta projekt har det därför utarbetats en checklista för alternativ till att isolera byggnadens väggar. Denna checklista finns i sin helhet i Bilaga 5, men kan sammanfattas i följande huvudpunkter. Ett timmerhus med 200 mm tjocka timmerväggar utan extra isolering kan oftast godkännas med nedanstående utformning:

- ✓ 400 mm isolering i vindsbjälklag
- ✓ 300 mm isolering i grundkonstruktionen
- ✓ Fönster med U-värde kring 1,0
- ✓ Värmepump för uppvärmning
- ✓ Mekanisk ventilation med värmeåtervinning

8.2 Nyckelfaktorer vid utformning av ett timmerhus

Det går idag att bygga timmerhus som kan uppfylla gällande energinormer om husets planering startar med utgångspunkt från att bygga en energisnål byggnad. För att klara detta krävs det dock att alla inblandade parter strävar åt samma håll, dvs. att skapa ett hus där utgångspunkten i planeringsarbetet handlar om att göra val som gemensamt bidrar till att sänka byggnadens framtida energianvändning. Det har i denna studie framkommit några nyckelfaktorer som har extra stor inverkan på timmerhusets framtida energianvändning och som därför bär ägnas extra stor vikt under planeringsarbetet. Dessa nyckelfaktorer är:

- ✓ **Byggnadens utformning och placering:** Att sträva efter att planera en byggnad där A-temp maximeras i förhållande till dess klimatskal. Hellre en tvåvåningsbyggnad än en större enplansbyggnad. Vidare inverkar byggnadens placering på den framtida energianvändningen, vilket bidrar till att byggplatsens mikroklimat bör analyseras.

- ✓ **Timmerstommens täthet:** Att försäkra sig om att stommen utförs enligt FST:s kvalitetsnormer samt att "traditionella" och välkända läckage undviks.
- ✓ **Val av uppvärmningssystem:** Valet av uppvärmningssystem har en stark koppling till om byggnaden klarar BBR:s uppsatta krav på specifik energianvändning. Enligt studien övervärderas värmepumpars inverkan i teorin, men de ger fortfarande en mycket lägre förbrukning än att elda med ved.
- ✓ **Ventilation:** Val av ventilationssystem kan påverka byggnadens energianvändning drastiskt. Energiåtervinning på ventilationsluften kan t.ex. avsevärt sänka energianvändningen.
- ✓ **Isolering av byggnadens klimatskal:** Med hänsyn till byggnadens låga isoleringsgrad av väggarna blir det extra viktigt att isolera tak och golv på ett bra sätt. Åstak ger ofta en sämre isolering jämfört med ett isolerat vindsbjälklag. Vidare är det viktigt att välja fönster och dörrar med bra U-värden. Ta del av checklistan i Bilaga 5.

8.3 Osäkerhet i resultaten

I projektet har lufttäthetsprovning, mätning av energianvändning och energiberäkningar utförts på projektets undersökta fastigheter. Samtliga av dessa undersökningsmetoder är förenade med vissa felkällor, och i några fall är dessa felkällor ganska stora.

Lufttäthetsprovningen har utförts av två olika mätkonsulter under vinterhalvåret för att få maximal skillnad mellan temperatur inne och ute. Provningsresultaten skiljer sig något mellan konsulterna för det hus som provats av båda konsulterna, men i ett ännu ej offentliggjort fortsättningsprojekt har mätkonsult 2 provat två ytterligare hus som tidigare också provats av mätkonsult 1. Resultaten är i dessa fall lika eller har endast små avvikelser. Lufttäthetsmätningarna bygger dock på att samtliga ventiler och eventuell murstock tätas för att ge ett tillförlitligt svar. Vidare är läckagetalet beroende av att byggnadens klimatskal beräknats korrekt. Detta är dock något som mätkonsulten har stor erfarenhet av, vilket gör att risken för fel här bedöms som liten.

Att undersöka en byggnads energianvändning är något som är förenat med flera osäkerhetsfaktorer. Det optimala försöksförfarandet hade naturligtvis varit att montera in en separat elmätare för att kunna separera hushållsel från el som nyttjas till uppvärmning. I detta projekt var inte detta möjligt på grund av projektets ekonomiska ramar. Hus med uppvärmning baserad på direktel har därför korrigerats utifrån en schablonanvändning av hushållsel baserad på antalet boende i huset, vilket bidrar till en större osäkerhet i resultatet. För byggnader som värms upp av ved har vedanvändningen uppskattats av fastighetsägaren. Tillgodogjord energi av vedeldning kan dock variera kraftigt beroende på bland annat vedens fukthalt, träslag, pannans verkningsgrad men

också beroende på hur fastighetsägaren uppskattar sin förbrukning. Det är därför viktigt att vara medveten om att de fyra hus som värms med ved har en osäker uppmätt energianvändning på grund av ovan nämnda felkällor.

Under projektets gång har det uppkommit att även beräkningsprogrammen kan bidra till en viss osäkerhet i beräkningsresultatet. Jämförs beräkningar med t.ex. Enorm 2004 och VIP-Energy varierar resultaten trots samma indata. En viktig notering är att VIP-Energy har större möjlighet att lägga in fler indata för att kunna efterlika verkligheten. Detta bidrar dock till en större känslighet i beräkningarna vilket också kan innebära stora fel om projektets indata inte stämmer. En viktig osäkerhetsfaktor är de klimatdatafiler som programmen använder sig av. I flera fall finns inte lokala klimatfiler att tillgå, utan beräkningarna har fått utföras med klimatdata för någon närliggande stad.

I samband med beräkningarna har även vissa svagheter uppdagats i det regelverk som gäller. Ett exempel är betydelsen av den tempererade golvarean som ofta gör det lättare att räkna hem ett småhus med två eller tre plan än en enplansvilla. A-temp är inte heller knuten till aktuell takhöjd på våningsplanet vilket gör att det blir mycket fördelaktigt att ha en enplansvilla med ett loft.

8.4 Förslag på fortsatt forskning

Ett FoU-projekt skapar ofta fler frågetecken än vad det ger svar på. Detta projekt är inte något undantag. Följande frågeställningar har kommit fram under projektets genomförande och föreslås därför som områden för vidare forskning:

- ✓ Med utgångspunkt från fastighetsägarnas positiva upplevelser av inomhusklimatet finns det skäl att tro att timmerstommens otäthet i någon mån bidrar till en ökad luftomsättning trots att byggnaden saknar ett traditionellt ventilationssystem. Ett intressant område för fortsatt forskning är därför att undersöka sambanden mellan täthet, ventilation och luftomsättning.
- ✓ En tidig utgångspunkt i detta arbete var att undersöka om timmerstommens värmelagring bidrar till en lägre energianvändning. De förekommande felkällor som diskuterats i kapitel 8.3 bidrar dock till en betydande felmarginal vilket gör att det är svårt att se någon anmärkningsvärd påverkan på energianvändningen av att en timmerstomme kan lagra värme. Ett förslag på fortsatt forskning är därför att studera denna effekt i en testcell av massivträ där bland annat den mänskliga påverkan kan uteslutas. Timmerstommens värmelagring tas även upp i det examensarbete som utförts inom projektets ramar (Lindberg, 2009).
- ✓ I bilaga 5 presenteras en checklista över hur ett timmerhus bör utformas med avseende på energihushållning. Denna checklista bör dock ses som ett arbetsdokument som skall förädlas vidare och kompletteras med utformningsaspekter av det individuella timmerhuset som gemensamt bidrar till en lägre energianvändning. Att arbeta vidare med denna checklista bedöms därför vara av stor vikt för branschen.

- ✓ Det råder idag en het debatt om olika stommaterials påverkan av vårt klimat. I denna debatt lyfts bland annat trä fram som ett stommaterial som kan bidra till ett byggande med låg klimatpåverkan. Ett intressant spår och även fortsättning på detta projekt vore därför att studera timmerhusets livscykel och dess totala klimatpåverkan i förhållande till andra alternativa byggmetoder.
- ✓ Med hänsyn till det regelverk som finns avseende energihushållning och de framtida förändringar som förespråkas kan det i ett längre perspektiv bli svårt att bygga timmerhus med frilagd trästomme som klarar framtidens energikrav. Det är därför av stor vikt för timmerhusbranschen att undersöka alternativa vägval där en dispens från energikraven för detta segment av bostäder kan vara en väg att gå. I detta arbete är det då viktigt att lyfta fram argument som brukarnas syn på timmerhusets mervärde i form av livskvalité, inomhusklimat och kulturarv. Att timmerhuset ofta har en lägre energianvändning än vad teorin visar på samt att byggnaden är uppförd av ett klimatneutralt stommaterial. Slutligen bör även hänsyn tas till att det handlar om en liten marknad som ur ett globalt energiperspektiv är försumbar.

9 Litteraturförteckning

- Adalberth, K. (1998). *God lufttätthet*. Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Bokalders, V., & Block, M. (2009). *Byggekologi - Kunskaper för ett hållbart byggande*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Boverket. (2008). *BBR 2008, Supplement februari 2009, 9 Energihushållning*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2007). *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. En sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (1995). *Självdraagsventilation*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2003). *Termiska Beräkningar, Rumsklimat, värmeisolering, transmissionsförluster och omfördelningsberäkning* (Upplaga uppl.). Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2009). *Uppföljning av nya byggnaders specifika energianvändning*. Karlskrona: Boverket.
- Byggvärlden. (den 3 4 2009). *Carlgren vill skärpa energikraven*. Hämtat från http://www.byggvarlden.se/energi_miljo/article551666.ece den 24 05 2009
- Dyrestad, T. P. (2000). *Energibruk og tetthet i moderne tømmerhus*. Oslo: Byggeforsk, Norges byggeforskningsinstitut.
- Energirådgivningen. (April 2009). *Vedeldning*. Hämtat från www.energiradgivningen.se: www.energiradgivningen.se den 24 03 2010
- Enorm. (2004). *Programmanual*. Sundbyberg: Equa Simulation AB.
- Gollvik, L. (2005). *Massivträ som väggmaterial - en jämförande studie av energiförbrukning och termisk komfort*. Göteborg: Examensarbete, Chalmers tekniska högskola.
- Håkansson, S.-G. (1999). *Från stock till stuga*. Västerås: ICA bokförlag.
- Krögerström, L. (1994). *Vedboken*. Ödeshög: AB Danagårds Grafiska.
- Lindberg, F. (2009). *TÄTHET I TIMMERHUS - Orsaker till luftläckage genom väggar av liggtimmer*. INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH BYGGD MILJÖ. Gävle: Högskolan Gävle.
- Liss, J.-E. (2004). *Pilotstudie avseende fastvolymprocenter i staplad och stjälpt björkved*. Garpenberg: Institutionen för Matematik, naturvetenskap och teknik vid Högskolan Dalarna.

Sandberg, I. P., & Sikander, E. (2004). *Lufttätetsfrågorna i byggprocessen – Kunskapsinventering, laboratoriemätningar och simuleringar för att kartlägga behov av tekniska lösningar och utbildning*. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Sandberg, I. P., Sikander, E., Wahlgren, P., & Larsson, B. (2007). *Lufttätetsfrågor i byggprocessen-Etapp B*. : SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

SkogsSverige. (2010). *Omföringstabell vanliga kubikmetermått i skogen*. Hämtat från www.skogssverige.se:
<http://www.skogssverige.se/skog/skogen/swe/lathund.cfm?page=3&rad=0> den 25 mars 2010

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (2010). <http://www.sp.se/>. Hämtat från http://www.sp.se/sv/index/services/building_tightness/Sidor/default.aspx

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut . (2010). *Elda rätt i vedpanna*. Hämtat från www.sp.se:
http://www.sp.se/sv/index/information/wood_combustion_consumer_info/wood_boiler_firing/Sidor/default.aspx den 19 3 2010

Widelund, A. (2009). *Utvärdering av energiberäkningsprogram - Med avseende på timmerhusets täthet och värmelagringsförmåga*. Institutionen för teknik och hållbar utveckling. Östersund: Mittuniversitetet.

Wirén, B. (1993). *Vindeffekter på byggnader*. Gävle: Statens institut för byggnadsforskning.

Bilagor

Bilaga 1: Exempel på Boendeprotokoll

Bilaga 2: Indatablankett

Bilaga 3: Mätning av ved

Bilaga 4: Indata för vedanvändning

Bilaga 5: Checklista för energihushållningsberäkning vid bygglov för timmerhus som permanentbostad

Bilaga 1: Boendeprotokoll

Fastighet:

Startdatum för observation:

2009-01-xx

Avläst elmätare vid startdatum:

x kWh

<u>Tidsperiod</u>	<u>El (kWh)</u>	<u>Ved (m³)</u>	<u>Personer (antal)</u>
<i>16-31 januari 2009</i>			
<i>1-15 februari 2009</i>			
<i>16-28 februari 2009</i>			
<i>1-15 mars 2009</i>			
<i>16-31 mars 2009</i>			
<i>1-15 april 2009</i>			
<i>16-30 april 2009</i>			
<i>1-15 maj 2009</i>			
<i>16-31 maj 2009</i>			
<i>1-15 juni 2009</i>			
<i>16-30 juni 2009</i>			
<i>1-15 juli 2009</i>			
<i>16-31 juli 2009</i>			
<i>1-15 augusti 2009</i>			
<i>16-31 augusti 2009</i>			
<i>1-15 september 2009</i>			
<i>16-30 september 2009</i>			
<i>1-15 oktober 2009</i>			
<i>16-31 oktober 2009</i>			
<i>1-15 november 2009</i>			
<i>16-30 november 2009</i>			
<i>1-15 december 2009</i>			
<i>16-31 december 2009</i>			
<i>1-15 januari 2010</i>			
<i>16-31 januari 2010</i>			
<i>1-15 februari 2010</i>			
Summa:	0	0	0

Uppskattad åtgång av ved per år

Förklaringar/information:

Samtliga avläsningar görs sista dagen i varje period. För el anges avläst mätarställning för periodens slut medan åtgången av ved under aktuell period anges i m³. Se vidare dokumentet "mätning av ved".

Med antal "personer" syftas på antalet hemmaboende personer under aktuell tidsperiod.

Boendeprotokoll e-postas i slutet av varje månad till Henrik Janols på hj@du.se

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 1

Sammanställning byggnad		Hus 1		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	101,2	550	cellulosaisolering	0,081
Golv zon 0-1	0	0	0	0
Golv zon 1-6	0	0	0	0
Golv	98,6	400	cellulosaisolering	0,129
Golv total	98,6			
Vägg timmer	135,4	200		0,595
Vägg med extra isolering	28,2	120	Timmer + isolering	0,206
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	163,6			
Fönster	17,20			1,20
Dörrar	7,60			1,00
Glas yta s	8,92			
Glas yta n	2,64			
Glas yta ö	4,74			
Glas yta v	1,84			
Antal boende	5	personer		
Luftläckage	2,8	l/s,m ²		
Ventilation	0,35	l/s,m ²	FTX	
Mark	0			
Omslutande area	388,2	m ²	Värme källa	elpatron
A temp	161,3	m ²	Värme dist.	vattenburet
Volym	534	m ³	Värme ack.	tank

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 2

Sammanställning byggnad		Hus 2		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	134,8	600	kutterspån	0,167
Golv zon 0-1	0	0	0	0
Golv zon 1-6	134,8	300	kutterspån	0,294
Golv	0	0	0	0
Golv total	134,8			
Vägg timmer	112,5	200		0,595
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	112,5			
Fönster	24,64			2,80
Dörrar	3,36			1,30
Glas yta s	8,624			
Glas yta n	7,392			
Glas yta ö	1,232			
Glas yta v	2,464			
Antal boende	4	personer		
Luftläckage	3,8	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ² F vid behov i bad och kök		
Mark	morän			
Omslutande area	410,1	m ²	Värme källa el	
A temp	134,8	m ²	Värme dist. elradiator	
Volym	422	m ³	Värme ack. 0,00	

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 3

Sammanställning byggnad		Hus 3		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	106	250	min ull	0,146
Golv zon 0-1	49,5	200	platta cellplast	0,161
Golv zon 1-6	50,7	200	platta cellplast	0,133
Golv	0	0	0	0
Golv total	100,2			
Vägg timmer	168	200		0,595
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	168			
Fönster	24,17			1,20
Dörrar	7,98			1,00
Glas yta s	9,816			
Glas yta n	5,296			
Glas yta ö	2,496			
Glas yta v	3,744			
Antal boende	2,4	personer		
Luftläckage	1,67	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	självdreg+frånluft	
Mark	berg			
Omslutande area	406,35	m ²	Värme källa	gas
A temp	126,4	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	285	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 4

Sammanställning byggnad		Hus 4		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	78	250	mineralull	0,146
Golv zon 0-1	0	0	0	0
Golv zon 1-6	74,5	200	bjälklag mineralull	0,195
Golv	0	0	0	0
Golv total	74,5			
Vägg timmer	103,9	200		0,595
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	103,9			
Fönster	16,00			1,20
Dörrar	6,20			1,00
Glas yta s	5,44			
Glas yta n	4,24			
Glas yta ö	0			
Glas yta v	0			
Antal boende	5	personer		
Luftläckage	2,28	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	F behov våtrum+kök	
Mark	-			
Omslutande area	278,6	m ²	Värme källa	Berg- värmepump
A temp	96,9	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	340	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 5

Sammanställning byggnad		Hus 5		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	142,3	400	lösull	0,106
Golv zon 0-1	48,9	0	iso+ btg	0,111
Golv zon 1-6	74,9	300 ?	iso + btg	0,091
Golv	0	0	0	0
Golv total	123,8			
Vägg timmer	132,4	200		0,595
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	132,4			
Fönster	25,60			1,70
Dörrar	2,90			1,00
Glas yta s	7,44			
Glas yta n	2,8			
Glas yta ö	6,72			
Glas yta v	3,52			
Antal boende	0,7	personer		
Luftläckage	1,1	l/s,m ²		
Ventilation	0,35	l/s,m ²	FX	
Mark	berg ?			
Omslutande area	427	m ²	Värme källa	bergvärmepump
A temp	192,4	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	362	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 7

Sammanställning byggnad		Hus 7		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	121	400	trenings tak c ull	0,088
Golv zon 0-1	0	0	0	0
Golv zon 1-6	106,7	100	kallargolv	0,414
Golv	0	0	0	0
Golv total	106,7			
Vägg timmer	119	200		0,595
Vägg med extra isolering	41	200+50	timmer + m ull	0,343
Vägg	93	200	lättklinkerblock	0,76
Vägg total	253			
Fönster	32,20			1,20
Dörrar	10,90			1,00
Glas yta s	11,42			
Glas yta n	8,04			
Glas yta ö	5,96			
Glas yta v	3,91			
Antal boende	4	personer		
Luftläckage	4,42	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	S+F behov kök bad	
Mark	morän ?			
Omslutande area	523,8	m ²	Värme källa	vedpanna
A temp	323	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	775	m ³	Värme ack.	3x750 l

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 8

Sammanställning byggnad		Hus 8		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	140	300	ekofiber	0,137
Golv zon 0-1	44,5	150+70	platta	0,141
Golv zon 1-6	79,5	150+70	platta	0,109
Golv	0	?	krypgrund	0
Golv total	124			
Vägg timmer	7,1	200		0,595
Vägg med extra isolering	145,5	200+100?	timmer + iso	0,246
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	152,6			
Fönster	26,40			1,20
Dörrar	3,80			1,00
Glas yta s	7,84			
Glas yta n	3,36			
Glas yta ö	3,6			
Glas yta v	6,32			
Antal boende	2	personer		
Luftläckage	1,57	l/s,m ²		
Ventilation	0,35	l/s,m ²	FTX	
Mark	0			
Omslutande area	446,8	m ²	Värme källa	Berg- värmepump
A temp	211	m ²	Värme dist.	
Volym	620	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 9

Sammanställning byggnad		Hus 9		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	38	250	min ull	0,147
Golv zon 0-1	0	0	0	0
Golv zon 1-6	0	0	0	0
Golv	31,5	195	min ull	0,2
Golv total	31,5			
Vägg timmer	73,14	200		0,595
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	73,14			
Fönster	9,36			1,60
Dörrar	2,10			1,00
Glas yta s	3,264			
Glas yta n	0			
Glas yta ö	2,112			
Glas yta v	2,112			
Antal boende	0,5	personer		
Luftläckage	1,2	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	F våt+kök vid behov	
Mark	-			
Omslutande area	154,1	m ²	Värme källa	direktverkande el
A temp	65,3	m ²	Värme dist.	elradiator
Volym	198	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 10

Sammanställning byggnad		Hus 10		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	105	290	lösull	0,14
Golv zon 0-1	36,8	250	cellplast	0,127
Golv zon 1-6	58	250	cellplast	0,101
Golv	0	0	0	0
Golv total	95			
Vägg timmer	100	200		0,595
Vägg med extra isolering	44	200+100	timmer+isolering	0,23
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	144			
Fönster	24,5			1,30
Dörrar	5,5			1,00
Glas yta s	6,9			
Glas yta n	4,8			
Glas yta ö	3,2			
Glas yta v	4,6			
Antal boende	2	personer		
Luftläckage	1,28	l/s,m ²		
Ventilation	0,25	l/s,m ²	självdreg	
Mark	morän			
Omslutande area	414,095	m ²	Värme källa	vattenmantlad kakelugn
A temp	190	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	514	m ³	Värme ack.	tank

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 11

Sammanställning byggnad		Hus 11		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	88	350	lös mineral ull	0,113
Golv zon 0-1	34,1	0	0	0,111
Golv zon 1-6	38,2	300	platta eps	0,091
Golv	0	0	0	0
Golv total	72,3			
Vägg timmer	95,815	175		0,67
Vägg med extra isolering	13	175+100 ?	timmer+isolering	0,257
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	108,815			
Fönster	12,20			1,20
Dörrar	2,31			1,00
Glas yta s	5,12			
Glas yta n	1,04			
Glas yta ö	1,52			
Glas yta v	0			
Antal boende	1,25	personer		
Luftläckage	3,9	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	F kok+bad	
Mark	morän			
Omslutande area	283,625	m ²	Värme källa	el panna
A temp	97,7	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	240	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 2: Indatablankett- Hus 12

Sammanställning byggnad		Hus 12		
Byggnadsdel	Area (m ²)	d (mm)	Isolering	U-värde
Tak	135,2	500	cellulosafiber	0,088
Golv zon 0-1	74,7	300	cellplast	0,091
Golv zon 1-6	60,5	300	cellplast	0,111
Golv	0	0	0	0
Golv total	135,2			
Vägg timmer	218,5	190		0,623
Vägg med extra isolering	0	0	0	0
Vägg	0	0	0	0
Vägg total	218,5			
Fönster	59,08			1,10
Dörrar	7,77			0,74
Glas yta s	22,273			
Glas yta n	10			
Glas yta ö	10,347			
Glas yta v	8,76			
Antal boende	2	personer		
Luftläckage	1,17	l/s,m ²		
Ventilation	0	l/s,m ²	F våt+kök vid behov	
Mark	?			
Omslutande area	555,75	m ²	Värme källa	Jord- värmepump
A temp	216,4	m ²	Värme dist.	golvvärme
Volym	591	m ³	Värme ack.	0,00

Bilaga 3: Mätning av ved

Uppgradering av traditionellt byggsystem

Delprojekt 1

Energihushållning och timmerhus

Henrik Janols

1. Definition och mätanvisning av bränsle

För att kunna räkna ut hur mycket energi som utvinns av att elda med ved eller pellets är det mycket viktigt att vara tydlig i enheter och beräkningsförutsättningar. Tar vi ved som ett exempel motsvarar en kubikmeter fast mått under bark ($m^3 \text{fub}$) ungefär två kubikmeter kapad, kluven och travad ved i vedboden. Det är alltså mycket viktigt att reda ut vilken slags kubikmeter man pratar om för att våra beräkningar skall bli tillförlitliga.

1.1 Ved

Användning av ved i kamin eller panna skall rapporteras in till oss två gånger per månad.

För att kunna beräkna den förbrukade fasta mängden ved, d.v.s. den fasta mängden ved utan hålrum, är det noga att ni anger hur ni räknat Er vedförbrukning. I stora drag brukar man antingen räkna ved som kubikmeter travat mått eller som kubikmeter stjälp mått. Nedan kan ni se exempel på obarkad travad ved i figur 1 och obarkad stjälp ved i figur 2.



Figur 1: Exempel på travad ved, m^3t



Figur 2: Exempel på stjälp ved, m^3s

Ved anges därför ofta enligt något av nedanstående två alternativ:

- m^3t = kubikmeter travat mått; den yttre volymen av en vedtrave
- m^3s = kubikmeter stjälp mått; den yttre volymen inklusive hålrum

Utöver eldad volym påverkas även utvunnen energi av bland annat **vedens träslag, ålder och fuktighet**. För att underlätta våra beräkningar vill vi därför att ni besvarar några frågor på nästkommande sida.

1.2 Pellets

Pellets köps till största delen per viktenhet och då ofta angivet i kilogram (kg). Vi ser därför helst att ni meddelar oss hur många **kg** ni förbrukat två gånger per månad, men skulle det underlätta att rapportera detta i **m³** går även detta bra. Ett tips är att utgå från hur många säckar pellets, med känd vikt, som gått åt när ni beräknar åtgången.

1.3 Blankett – Mätning av ved

Fråga:	Svar:	Notering:
Hur kommer du/ni att mäta Er ved?		<i>m³t = kubikmeter travat mått m³s = kubikmeter stjälpt mått</i>
Vilket träslag eldar ni huvudsakligen med?		<i>Björk, gran, tall, al, asp mm</i>
Använder du/ni flera olika träslag, försök då att uppskatta andel för respektive träslag?		<i>T.ex. 60 % björk, 40 % gran</i>
Hur gammal är veden som du/ni använder?		<i>Torktid!</i>
Hur har veden förvarats innan den eldas?		<i>I vedbod, under presenning, oskyddat etc.</i>
Beskriv med egna ord hur arbetet med veden går till?		<i>Från träd till dess att veden stoppas in i pannan.</i>

Svar på blanketten skickas per mail till hjl@du.se eller med snigelpost till:
Henrik Janols, Högskolan Dalarna, 781 88 Borlänge.

Tack för din medverkan!

Bilaga 4: Vedanvändning

Sammanfattning av svarsblankett i bilaga 3 för hus som använder ved som primär eller sekundär energikälla.

Hus 2

Mått:	Stjälpt (m ³ s)
Träslag och andel:	90 % björk 10% gran, asp, al

Hus 3

Mått:	Travat (m ³ t)
Träslag och andel:	95 % tall 5 % björk/gran

Hus 4

Mått:	Travat (m ³ t)
Träslag och andel:	100 % tall

Hus 7

Mått:	Travat (m ³ t)
Träslag och andel:	67 % björk 20 % tall 3 % gran

Hus 10

Mått	Travat (m ³ t)
Träslag och andel:	80 % björk 20 % gran

Bilaga 5: Checklista för energihushållningsberäkning vid bygglov för timmerhus som permanentbostad

I boverkets byggregler BBR kapitel 9 anges energihushållningskrav vid nybyggnad. Kraven uttrycks som specifik energianvändning. Nedan följer ett utdrag ur regelverket.

<i>Byggnadens specifika energianvändning:</i>	Byggnadens energianvändning fördelat på A_{temp} ut-tryckt i kWh/m ² och år. Hushållsenergi inräknas inte. Inte heller verksamhetsenergi som används utöver byggnadens grundläggande verksamhetsanpassade krav på värme, varmvatten och ventilation.
<i>A_{temp}:</i>	Arean av samtliga våningsplan för temperatur-reglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokal-byggnad än garage, inräknas inte.
<i>Klimatzon I:</i>	Norrbottnens, Västerbottens och Jämtlands län.
<i>Klimatzon II:</i>	Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.
<i>Klimatzon III:</i>	Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län.

Bostäder ska vara utformade så att

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) högst uppgår till de värden som anges i tabell 9:2a och 9:2b. (BFS 2008:20).

Tabell 9:2a Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A_{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

Tabell 9:2b Bostäder med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värme-genomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

För ett timmerhus med väggar utan extra isolering blir värmeförlusten genom väggarna relativt stor och detta behöver kompenseras av åtgärder som minskar energianvändningen. Sådana åtgärder kan vara låga U-värden på andra byggnadsdelar, effektiv värmeåtervinning på ventilationen och värmesystem baserade på värmepump. En stor golvyta i förhållande till väggytan ger också en lägre specifik energianvändning.

Ett timmerhus med 200 mm tjocka timmerväggar utan extra isolering kan oftast godkännas med nedanstående utformning:

- 400 mm isolering i vindsbjälklag
- 300 mm isolering i grundkonstruktionen
- Fönster med U-värde kring 1,0
- Värmepump för uppvärmning
- Mekanisk ventilation med värmeåtervinning

Vid uppvärmning med bibränsle och/eller enklare ventilation utan värmeåtervinning krävs effektiv husvolym dvs tvåplanshus eller att delar av väggarna är tilläggsisolerade.

För att kunna kontrollera om en byggnad uppfyller kraven i BBR behövs nedanstående information om byggnaden:

- Byggnadsort
- Planritning med vädersträck
- Tak, vägg och golvytors storlek
- Fönsters och dörrars placering och storlek
- Uppgift om uppvärmd golvyta
- Uppgifter om uppvärmningssystem
- Uppgifter om ventilationssystem
- Material och dimensioner för takkonstruktion/vindsbjälklag
- Material och dimensioner för väggkonstruktion
- Material och dimensioner för grundläggning/golvbjälklag
- U-värde för fönster och dörrar