

UMEÅ UNIVERSITET

INSTITUTIONEN FÖR TILLÄMPAD FYSIK OCH ELEKTRONIK

ENERGIEFFEKTIVISERING I BYGGNADER, 15 HP

Energianalys av ett timmerhus med IDA ICE

*Albin Andreasson, Henrik Näslund och Joakim
Näsström*

handlett av
Prof. Tomas OLOFSSON

6 juni 2016

Sammanfattning

Ett nybyggt 108 m² stort timmerhus med 20 cm tjockt timmer simulerades i mjukvaran IDA ICE för att se huruvida det uppfyller energikraven i Boverkets byggregler för småhus. Indata till mjukvaran som inte var givna av husbyggaren Östanbäck Timmerhus valdes utifrån en litteraturstudie samt Boverkets schabloner. Utifrån dessa inställningar undersöktes även påverkan från luftläckage, fasadriktning samt luftvärmväxlare. Simuleringarna visar att husets specifika energianvändning landar på 57,1 kWh/år, m² med en modern bergvärmepump (SCOP=4). Därmed uppfylls Boverkets krav på 75 kWh/år, m² vilket gäller för eluppvärmda småhus. Luftläckaget påverkar den specifika energianvändningen med ca 1,5 kWh/år, m² för varje l/s, m² vilket innebär att Boverkets krav uppfylls även om huset skulle vara dåligt tätat. Den syd-västra riktningen på husets sida med störst glasyta ger obetydligt högre energianvändning jämfört med en riktning åt söder. Om huset skulle vridas rakt norrut ökar den specifika energianvändningen med drygt 3,5 kWh/år, m² vilket ligger helt inom Boverkets ramar. En luftvärmväxlare med 85 % temperaturverkningsgrad beräknas sänka den specifika energianvändningen med 1287 kWh/år eller 11,8 kWh/år, m². Simuleringarna visar att det är fullt möjligt att bygga ett timmerhus som uppfyller energikraven i BBR utan väggisolering, förutsatt att en effektiv bergvärmepump i kombination med god takisolering används.

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Problemställning	2
2 Regelverk och terminologi	3
2.1 Förklaring av byggnadsfysikaliska termer	3
2.2 BBR	4
3 Val av indata	5
3.1 Husets konstruktion	5
3.2 Uppvärmning	5
3.3 Hushållsel	6
3.4 Ventilation	7
3.5 Luftläckage	7
3.6 Personvärme	8
3.7 Tappvarmvatten	8
3.8 Beräkning av U-värde på takdelar	9
3.9 Indata för köldbryggor	9
3.10 Luftvärmväxlare	10
4 Utförande	11
4.1 Uppbyggnad av modell	11
4.2 Simuleringar	12
4.2.1 Simulering av standardhus	12
4.2.2 Simulering av täthet	12
4.2.3 Simulering av väderstreck	13
4.2.4 Simulering av luftvärmväxlare	13
5 Resultat	14
5.1 Standardhuset	14
5.2 Byggnadens Täthet	15
5.3 Väderstreck	16
5.4 Luftvärmväxlare	17
6 Diskussion och slutsats	18
Referenser	21
Bilaga A Fasadritning	I
Bilaga B Planritning	II

1. Inledning

Timring är en över tusen år gammal konstruktionsteknik som använts i Norden ända sedan vikingatiden. Detta var tidigare det naturliga valet att bygga hus på då husen var relativt billiga att bygga om man hade tillgång till skog vilket man ofta hade. Husen var mycket hållbara och kunde monteras ner för att antingen flyttas eller för att återanvända timret i nya byggen. I takt med att sågverken kraftigt expanderade i slutet av 1800-talet tog virkessågningen över och regelhus blev ett billigare och mindre fysiskt krävande byggalternativ vilket gjorde att byggen av timmerhus avstannade. Först efter 1950-talet började timmerhusen återigen bli allt vanligare, men då främst som mindre villor och fritidshus[1].

Idag står timmerhusen inför nya hot då hårdare krav ställs på energihushållning vilket ökar det ekonomiska motståndet som idag finns med att bygga timmerhus. För att klara kraven räcker det i de flesta fallen med att tilläggsisolera innerväggarna vilket gör att man tappar den fina timmerväggen på insidan samtidigt som man tappar timrets värmelagringskapacitet. I övriga fall kan det krävas att man använder dubbel timmervägg med mellanliggande isolering. Dessa åtgärder som krävs ökar priset på timmerhuset och gör det idag till en väldigt dyr konstruktion[2].

Förutom transmissionsförluster lider ofta timmerhus av stor ofrivillig ventilation som också bidrar till ökad energiåtgång[3]. Beroende på hur väl timring och andra detaljer är utförda kan helt olika värden för läckage erhållas.

I den här rapporten undersöks energihushållningen hos ett timrat enplanshus i Sälen med hjälp av mjukvaran IDA ICE. Husets luftläckage och riktning varieras för att se hur energianvändningen förändras och om huset har vad som krävs för att klara kraven i de nuvarande byggreglerna. Potentialen för en värmeväxlare undersöks även.

1.1 Syfte

Syftet med projektet är att uppskatta hur stor den årliga energianvändningen är för ett timmerhus placerat i Sälen. Bygglovsritningar samt vissa konstruktionsdetaljer tillhandahålls av hustillverkaren Östanbäck Timmerhus. Resul-

tatet jämförs med kraven som finns i Boverkets byggregler för att se om huset kan godkännas som permanentboende.

1.2 Problemställning

- Hur stor är den årliga energianvändningen för huset i dess standardutförande?
- Klarar huset av Boverkets byggregler för ett permanentboende gällande energihushållningen?
- Hur påverkas energianvändningen av luftläckaget?
- Hur påverkas energianvändningen om huset ställs i ett annat väderstreck?
- Hur påverkas energianvändningen vid installation av en luftvärmväxlare?

2. Regelverk och terminologi

Denna rapport kommer att behandla en del enheter och även om ambitionen har varit att använda vanligt förekommande enheter och terminologi finns det vissa saker som bör tydliggöras för att korrekt tolka regelverk och resultat.

2.1 Förklaring av byggnadsfysikaliska termer

Både luftläckage och ventilation mäts ofta i l/s, m². Värdena är dock inte jämförbara då de först och främst gäller för olika ytor. Luftläckaget är kopplat till klimatskärmens yta medan ventilationen gäller boytan. I vissa av Boverkets kravformuleringar används begreppet A_{temp} vilket är boyta tempererad högre än 10°C. I följande simuleringar är all boyta över 10°C och A_{temp} har bara skrivits när Boverket citerats. Medan ventilationsflödet gäller vid normala boendeförhållanden så är luftläckaget uppmätt genom att först trycksätta huset med ett övertryck på 50 Pa, sedan vänds processen så att ett undertryck på 50 Pa skapas, ett medelvärde på luftläckaget tas sedan av dessa två. Då luftläckage och ventilation nämns i fortsättningen kommer det vara enligt ovan nämnda sätt.

Det verkliga luftläckaget är högst beroende av hur trycket ser ut i och utanpå huset vilket avgörs av rådande vindförhållanden. IDA ICE tar hänsyn till detta och låter en välja mellan vinddata för olika platser men vid andra energiberäkningar för hus används ofta ett schablonvärde som säger att luftläckaget är 4 % av det uppmätta värdet vid 50 Pa tryckskillnad[4].

Energianvändning är rapportens mest återkommande term, den används enligt definitionen i BBR som lyder:

”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.”

Notera att hushållsenergi inte ingår i energianvändningen även om den bidrar till uppvärmning.

2.2 BBR

Boverket är en myndighet för samhällsplanering, stadsutveckling, byggande och boende. När en byggnad uppförs eller ändras i Sverige ska Boverkets byggregler (BBR) följas. BBR är en samling av föreskrifter och allmänna råd som bland annat innehåller krav kring utformning, bärförmåga, brandskydd och energihushållning.

Till energihushållningen ingår krav på husets energianvändning, genomsnittliga U-värde och lufttäthet. För eluppvärmda hus finns även en maximal eleffekt. Fritidshus är dock friskrivna från vissa regler och för dessa typer av hus har Boverket inget krav på energihushållning. Detta betyder att byggnader som klassas som fritidshus får förbruka obegränsat med energi för dess uppvärmning och de har inget krav på det genomsnittliga U-värdet för de omslutande byggnadsdelarna.

Reglerna skiljer sig beroende på typen av hus, uppvärmningssätt samt inom vilken klimatzon som huset befinner sig. Aktuellt för den här rapporten är regelverket kring småhus i klimatzon II med elvärme vars energikrav går att se nedan i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Energikrav för småhus med elvärme som uppvärmningssätt[5].

	Specifik energianvändning [kWh/m ² A _{temp} , år]	Genomsnittligt U-värde [W/m ² K]	Maximal eleffekt [kW] ¹
Zon I	95	0,4	5,5
Zon II	75	0,4	5
Zon III	55	0,4	4,5
Zon IV	50	0,4	4,5

¹ Tillägg får göras med $0,035(A_{temp}-130)$ vid $A_{temp} > 130$ m²

Värt att uppmärksamma är avsaknaden av konkreta krav på lufttätheten. Med dagens utformning av BBR är kravet på lufttäthet formulerat som följer:

”Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.”

Ett undantag är småhus och lokaler under 50 m² A_{temp}. Luftläckaget hos dessa måste understiga 0,6 l/s, m² samtidigt som kravet på specifik energianvändning helt har slopats[5]. För timmerhus innebär det en stor utmaning då de ofta läcker betydligt mer[3].

3. Val av indata

För att uppskatta energianvändningen används mjukvaran IDA ICE. Modellen som byggs upp i IDA ICE är högst beroende av den indata som sätts in. Kända indata har använts i största möjliga grad men i vissa fall som t.ex. användning av hushållsel har antaganden krävts, i de fallen har schablonvärden från Boverket använts i första hand. Boverkets schabloner används i många andra studier och kan ses som någon slags standard.

3.1 Husets konstruktion

Huset som simulerats står på en platta på mark med 300 mm markisolering. Timringen är gjord med 20 cm tjocka furustockar som utan någon ytterligare isolering bygger upp väggarna. I huset finns en entré, en hall, tre sovrum, ett badrum med bastu, en enkel toalett samt en storstuga kombinerad med kök som fungerar som uppehållsrum. Taket är isolerat med 415 och 315 mm ekofiber i entrén respektive övriga huset. Skillnaden kommer från ryggåstaket som finns i större delen av huset. Fasta och öppningsbara fönster används med U-värden på 1,1 respektive 1,2 W/m²K. Samtliga av ovan nämnda detaljer kring husets konstruktion har erhållits från Östanbäcks Timmerhus samt bygglovsritningarna till fasaden och planlösningen som finns att se i bilaga A och B. Materialdatan som använts presenteras i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Använda isolerande material.

Material	ρ [kg/m ³]	λ [W/m ³]	C_p [J/kg K]
Furu [6]	500	0,14	1 600
Betong [6]	2 300	1,7	1 000
Ekofiber, snedtak [7]	45	0,04	1 850
Markisolering [8]	40	0,035	1 450

3.2 Uppvärmning

Husets uppvärmningssystem består av en bergvärmepump som förser huset med tappvarmvatten och golvvärme. För att avgöra hur mycket elenergi som bergvärmepumpen förbrukar används årsvärmefaktorn, SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance). Energimyndigheten gjorde år 2014 tester på 10 olika bergvärmepumpar[9], testerna utfördes i en labbmiljö som var uppställd

enligt en europeisk standard för kallt klimat med en årsmedeltemperatur på sex grader. Årsvärmefaktorn beräknades då teoretiskt fram för två hus med olika energianvändningar, 24 200 kWh och 34 300 kWh, varav 4 200 kWh uppskattades gå till värmning av varmvatten.

Testerna visade på att årsvärmefaktorn för värmepumparna var något högre för huset med det högre energibehovet. Detta förklarades bero på att värmepumparna var överdimensionerade för huset med det lägre energibehovet då effekten på värmepumparna var lika för båda husen. Det är därför viktigt att man använder en rätt dimensionerad bergvärmepump.

Resultatet för tre av de tio värmepumparna, den med högst, median respektive lägst SCOP-värde, visas i tabell 3.2. Då huset i fråga har ett energibehov mest likt det i rapporten som motsvarar 24 200 kWh/år, är ett rimligt SCOP-värde att använda i simuleringarna 4,0.

Tabell 3.2: SCOP-värde för tre av de tio värmepumparna från testerna utförda av Energimyndigheten[9]. Värmepump 1, 2 respektive 3 är tagna så att de motsvarar den värmepump med bäst, median respektive sämsta SCOP-värde.

	Energibehov	
	24 200 kWh/år Årsvärmefaktor (SCOP)	34 300 kWh/år Årsvärmefaktor (SCOP)
Värmepump 1	4,7	5,0
Värmepump 2	4,0	4,4
Värmepump 3	3,2	3,5

3.3 Hushållsel

Vid simulering av en byggnads energianvändning måste hänsyn tas till uppvärmning från den använda hushållselen. Denna användning sker i hushållets elektriska apparater som kyl, frys, spis, TV, belysning och dylikt.

Boverkets rekommenderade standardvärden vid energiberäkning av hushållsel i småhus är 2 500 kWh + 800 kWh/år, person. I denna simulering antas att det är två vuxna och två barn som permanentboende i byggnaden, detta leder till en hushållsförbrukning på 5 700 kWh/år. Delas detta energibehov med antalet timmar per år fås en medeleffekt på 650 W, detta värde kommer sättas in i modellen. All denna energi går dock inte att tillgodoräkna pga. att delar av energin går bort genom strålning

och ventilering. Enligt Boverket kan man anta att 70 % av hushållselen nyttiggörs i form av fri värme[10].

3.4 Ventilation

Idag kräver BBR att ventilationssystem ska utformas för ett lägsta uteluftsflöde motsvarande $0,35 \text{ l/s, m}^2$. Detta flöde måste hållas då någon vistas i bostaden, men under tider då bostaden står tom är det tillåtet att sänka uteluftsflödet ändå ner till $0,1 \text{ l/s, m}^2$ med hjälp av närvaro- och behovsstyrning[5].

Huset som undersöks saknar de senare nämnda funktionerna och är endast utrustad med en frånluftsfläkt med det konstanta flödet $0,35 \text{ l/s, m}^2$.

3.5 Luftläckage

Då timmerhus ofta används som fritidshus är de i regel helt friskrivna från krav på både luftläckage och energianvändning. Tillsammans med de naturliga svårigheterna att få en tät timring är detta troligtvis en av de större anledningarna till att timmerhus ofta läcker mer än andra byggnadstyper. I de flesta husen är luftläckaget helt okänt men det finns forskning gjord på området och i en rapport[3] till ett projekt utfört av FST (Föreningen Svenska Timmerhus) där 12 timmerhus under ett år observerats med avseende på dess energihushållning kan man läsa:

”Lufttäthetsprovningsarna visar att ett realistiskt läckagetal för ett timmerhus sannolikt är $1,2 \text{ l/s, m}^2$ 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.”

Resultaten på de undersökta husen visar dock stora skillnader mellan olika hus i fråga om täthet trots att samtliga har byggts av tillverkare som innehar FST's q-märkning. q-märkningen innebär att tillverkaren har genomgått en utbildning och åtagit sig att följa vissa kvalitetsnormer som FST har utformat[11]–[13]. Av 11 uppmätta hus hade endast tre ett uppmätt läckage under $1,57 \text{ l/s, m}^2$ och överlag finns en mycket stor skillnad bland mätningarna vilket kan ses i tabell 3.3 på nästa sida.

Tabell 3.3: Uppmätt luftläckage i de tolv olika husen. Hus 9 var omätbart för båda mätkonsulter[3].

Hus nr	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Läckage [l/s, m ²] Mätkonsult 1	2,8	3,8			1,1			1,57	0,81	3,9	
Läckage [l/s, m ²] Mätkonsult 2			1,67	2,28		2,44	4,42		1,28		1,17

Noterbart är att inget hus är i närheten av att klara kravet på 0,6 l/s, m² gällande småhus under 50 m² A_{temp}.

I simuleringarna har olika värden valts för luftläckage från 0,6 upp till 6 l/s, m² för att motsvara allt från väldigt täta till väldigt otäta timmerhus där 1,2 l/s, m² valdes som standardvärde.

3.6 Personvärme

Den värme som alstras från de personer som vistas i byggnaden är också något man måste ta hänsyn till vid simulering av energianvändning. Boverkets rekommenderade indata för personvärme är ett medelvärde på 80 W per person och en närvarotid på 14 timmar per dygn och person[10]. I detta fall med fyra personer leder det till en total personvärme på 320 W. Denna effekt antas vara den som nyttiggörs i byggnaden och har tillsammans med närvarotiden satts in i IDA ICE.

3.7 Tappvarmvatten

Det varmvatten som används som tappvatten i dusch och dylikt är också något som måste tas hänsyn till vid energisimuleringar. Detta vatten värms upp från ingående temperatur till cirka 60 °C, ett riktvärde för uppvärmning av tappvarmvatten är då 55 kWh/m³. Boverkets rekommenderade standardvärde för tappvarmvatten i småhus är 16 m³ per person och år[10], vilket i detta fall leder till en total tappvarmvattenanvändning på 64 m³/år. Denna användning kommer dock inte påverka uppvärmningen av huset då tappvarmvattnet inte antas bidra med någon fri värme då denna energi vanligtvis spolas ned i avloppet relativt omgående efter dess användning.

3.8 Beräkning av U-värde på takdelar

Då modellen i IDA ICE skapades behövde hänsyn tas till takets träandel då takstolarna har en sämre isoleringsförmåga än isoleringen däremellan. Eftersom IDA ICE inte hanterar träandelar i konstruktioner på ett tillfredsställande sätt, handberäknades därför dessa U-värden för de olika takdelarna. Detta beräknades med ekvation 3.1[14], där α -värdet är andelen isolering vilket antogs vara 90 % och β -värdet är andelen trä vilket antogs till 10 %.

$$U = \alpha_{\text{iso}} \frac{\lambda_{\text{iso}}}{d_{\text{iso}}} + \beta_{\text{takstol}} \frac{\lambda_{\text{takstol}}}{d_{\text{takstol}}}. \quad (3.1)$$

Resultatet av dessa beräkningar blev att plattaket och ryggåstaket fick U-värden på 0,120 respektive 0,159 W/m²K, taken konstrueras sedan i modellen efter dessa värden. Notera att vid dessa beräkningar användes samma tjocklek på takstolarna som isoleringen.

3.9 Indata för köldbryggor

För inställningar av köldbryggor i modellen användes värden från ett examensarbete som analyserade timmerhus. I denna rapport beräknades Ψ -värden fram för olika köldbryggor i en timmerkonstruktion[15]. Resultat från beräkningarna i nämnda rapport visas i tabell 3.4

Tabell 3.4: Ψ -värden för de olika köldbryggorna[15].

Köldbrygga	[W/mK]
Grund - Yttervägg	0,014
Tak - Yttervägg	0,040
Ytterhörn	0,056
Fönster och dörrar	0,018

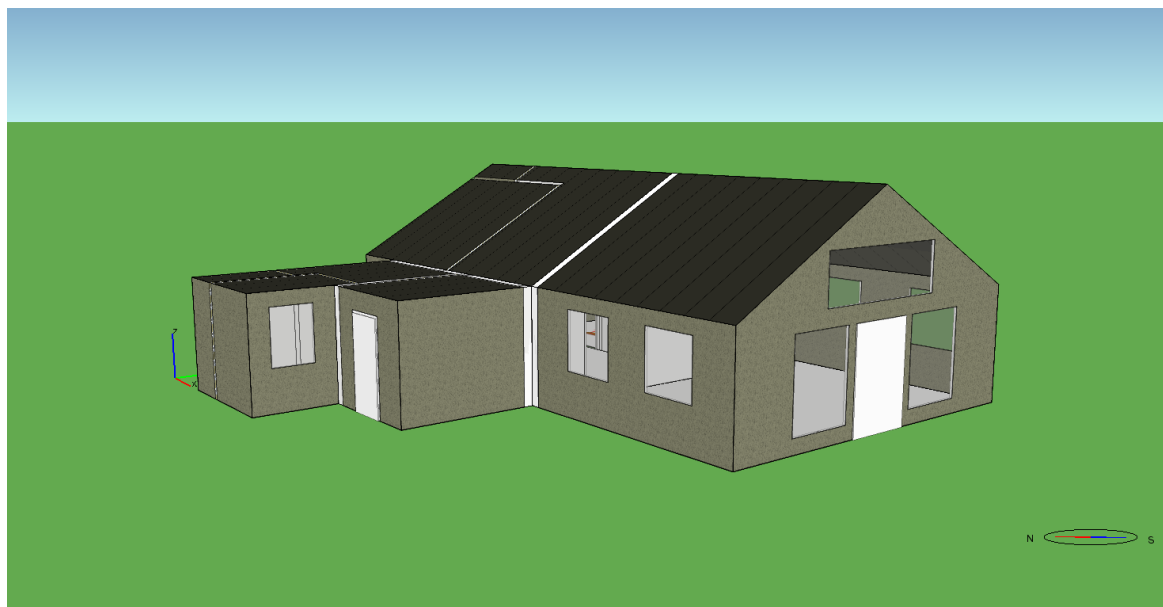
3.10 Luftvärmväxlare

En luftvärmväxlare återvinner energin i den varma frånluften för att värma upp den kalla tilluften, på så sätt minskar energianvändningen för hushållet. Vid nybyggnation av bostadshus kan en installation av ett ordentligt ventilationssystem inklusive luftvärmväxlare vara en väg för att få ett energieffektivt hushåll. Då detta simulerades antogs en högpresterande värmväxlare med temperaturverkningsgrad på 85 %.

4. Utförande

4.1 Uppbyggnad av modell

Det första som utfördes i IDA ICE var att rita upp huset inklusive fönster och dörrar med hjälp av de ritningar som finns i bilaga A och B. De olika byggnadsdelarnas egenskaper ställdes in enligt sektion 3.1. Resultatet av detta syns i figur 4.1. Fasaden med stora glaspartier är ursprungligen riktad mot sydväst för att sedan roteras för att undersöka hur husets riktning påverkar energianvändningen.



Figur 4.1: 3D-modell av byggnaden exklusive tjocklek på byggnadsdelar.

Betongplattans tjocklek antogs vara 1 dm med ett 25 mm tjock furugolv ovanpå. Den stora delen av huset; storstugan, sovrum 1, 2 och 3 samt WC, har ryggåstak. Entré-delen, bastu och WC/dusch har ett plant isolerings-skikt. Ytterdörrarnas och altandörrens U-värden antogs till 0,78 respektive 1,1 W/m²K. Taken konstruerades så de får de U-värden som beräknades i sektion 3.8.

Väderdata för Sälen finns inte i IDA ICE, därför valdes Särna istället då det ligger nära Sälen och även tillhör fjällvärlden precis som Sälen. Semi-exponerat vindläge valdes för modellen. Effekten på hushållselen sattes till konstant 650 W fördelat över de olika rummen i byggnaden, dock med en

nyttiggörandegrad på 70 %. Värmeeffekten till följd av personvärme sattes till 320 W fördelat över rummen mellan klockan 18:00 till 08:00, alltså 14 timmar per dygn. Tappvarmvattenanvändningen sattes till 16 m³ per person och år vilket motsvarar 44 l per person och dag.

Då huset i fråga har bergvärme ställdes elektrisk uppvärmning in med ett SCOP-värde på 4 enligt sektion 3.2. Ventilationen ställdes in till 0,35 l/s, m² d.v.s totalt 38 l/s för hela huset, detta flöde fördelas som frånluft i storstuga samt toaletter och tilluft i sovrummen samt storstuga.

Luftläckaget valdes till 1,2 l/s, m² enligt sektion 3.5. Luftläckaget ändrades sedan från 0,6 till 6 l/s, m² med en steglängd på 0,6 l/s, m² för att undersöka hur husets täthet påverkar energianvändningen. Värden på förluster via köldbryggor sattes in i modellen enligt sektion 3.9

4.2 Simuleringar

Totalt utfördes 17 olika simuleringar, dessa delades upp i fyra grupper för att kunna svara på de frågeställningar som ställts.

4.2.1 Simulering av standardhus

Standardhuset är den modell som har alla parametrar inställda enligt de rekommenderade värdena som finns beskrivna i sektionen val av indata och uppbyggt enligt beskrivningen i föregående sektion. Denna modell representerar huset som byggts och resultatet från simuleringen som gjordes med denna modell användes för att se om huset skulle klara kraven för ett bostadshus som ställs av BBR. Modellen ligger även till grund för de övriga simuleringarna som gjorts.

4.2.2 Simulering av täthet

För att undersöka hur stor inverkan värdet på luftläckaget har på energianvändningen genomfördes tio simuleringar med standardhuset som grund där enbart värdet på luftläckaget ändrades medan de övriga parametrarna hölls konstanta. Luftläckaget ändrades inom intervallet 0,6 - 6,0 l/s, m², i steg om 0,6 l/s, m².

4.2.3 Simulering av väderstreck

För att undersöka hur riktningen av huset påverkar energianvändningen kördes fem ytterligare simuleringar där huset roterades mot olika väderstreck. Standardhuset har glasfasaden riktad mot sydväst. I detta steg behölls alla inställningar från standardhuset förutom riktningen. I de olika simuleringarna riktades glasfasaden mot norr, öst, sydöst, söder samt väst.

4.2.4 Simulering av luftvärmväxlare

För att undersöka vad energianvändningen blir vid en installation av en luftvärmväxlare med en temperaturverkningsgrad på 85 % kördes en simulering med detta som inställning. Övriga inställningar var samma som i fallet med standardhuset.

5. Resultat

I denna del presenteras utförliga resultat för de olika simuleringarna. Först för standardhuset där energianvändningen, det genomsnittliga U-värdet samt den maximala effekten presenteras. Effekterna på energianvändningen från luftläckaget, husets riktning samt användande av luftvärmväxlare tas sedan upp med standardhuset som referens.

5.1 Standardhuset

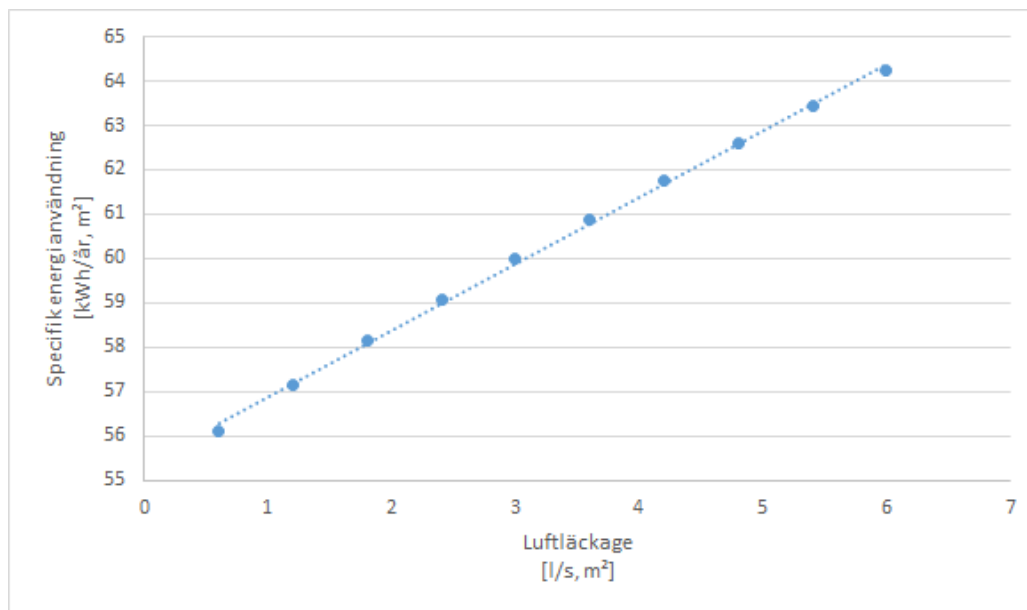
Standardhusets genomsnittliga U-värde beräknades i IDA ICE till 0,36 W/m²K och energianvändningen uppgår till 6 177 kWh/år, av detta står uppvärmning och tappvarmvatten tillsammans för 5 605 kWh/år. Då bergvärmepumpen som används har ett SCOP på 4,0 motsvarar det 22 419 kWh/år i ren värmeenergi. Fastighetsenergin som består av el till fläktar utgör 572 kWh/år av energianvändningen. Den specifika energianvändningen blir 57,1 kWh/år, m² som därmed klarar kravet på 75 kWh/år, m² i BBR. Den maximala effekten uppgår till 3,3 kW, alltså uppnås kravet i BBR på maximalt 5 kW. En sammanfattning av resultatet finns att se i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Energiprestanda för standardhuset.

U-värde	0,36	W/m ² K
Energianvändning	6 177	kWh/år
Uppvärmning	4 668	kWh/år
Tappvarmvatten	937	kWh/år
Fastighetsel	572	kWh/år
Specifik energianvändning	57,1	kWh/år, m ²
Max effekt	3,3	kW

5.2 Byggnadens Täthet

De simuleringar som utfördes visar på att energianvändningen ökar linjärt med ökat luftläckage. Resultatet av simuleringarna kan ses i figur 5.1.



Figur 5.1: Husets specifika energianvändning för olika värden på luftläckage.

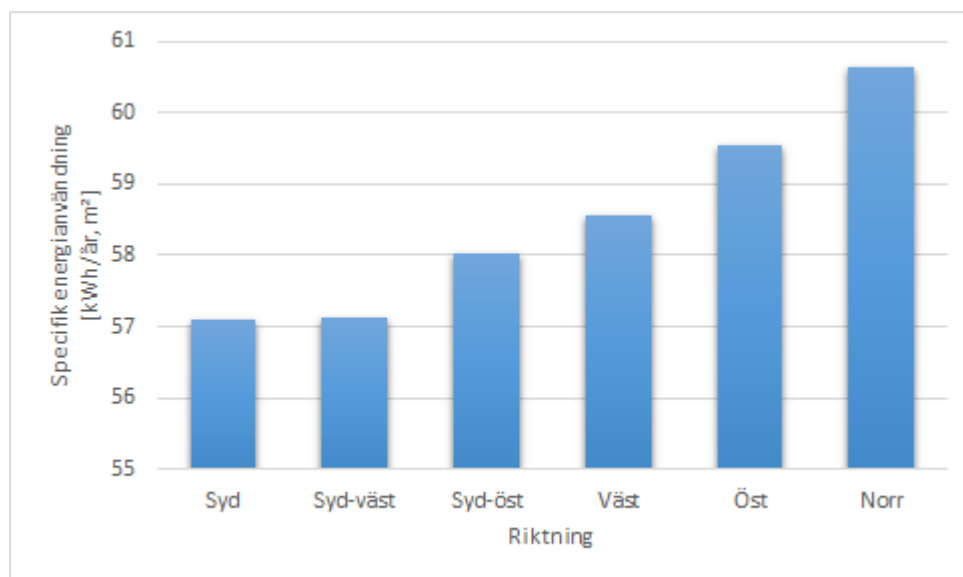
Lutningen på linjen i figuren är 1,5 och visar att för varje extra $1/s, m^2$ i luftläckage ökar den specifika energianvändningen med $1,5 \text{ kWh/år, m}^2$. Energinvändningen ökar med ca 2,6 procent för varje ökad $1/s, m^2$ vilket blir runt 160 kWh/år . Förändringen kan ses i tabell 5.2 på nästa sida. Man ser också att även vid mycket höga värden på luftläckaget klarar huset BBR:s krav på 75 kWh/år, m^2 angående den specifika energianvändningen för huset.

Tabell 5.2: Byggnadens energianvändning vid olika värden på luftläckaget.

Luftläckage [l/s, m ²]	Energianvändning [kWh/år]
0,6	6 066
1,2	6 177
1,8	6 285
2,4	6 387
3,0	6 486
3,6	6 582
4,2	6 675
4,8	6 768
5,4	6 858
6,0	6 945

5.3 Väderstreck

Simuleringarna visar att den specifika energianvändningen blir lägst med de stora glasytorna i storstugan mot söder. Jämfört med den verkliga sydvästliga riktningen är dock vinsten försumbar (0,05 %). Skulle huset däremot riktas mot något annat väderstreck blir skillnaden mer påtaglig vilket kan ses i figur 5.2.



Figur 5.2: Specifik energianvändning vid olika riktningar på huset.

Med huset vänt mot norr kan man vänta sig en ökad specifik energianvändning på drygt 3,5 kWh/år, m².

5.4 Luftvärmväxlare

Med en luftvärmväxlare kan en energibesparing på 1 287 kWh/år göras vilket leder till en specifik energianvändning på 45,3 kWh/år, m². Detta motsvarar en sänkning på 21 %.

6. Diskussion och slutsats

Resultatet från simuleringarna visar att energianvändningen för huset under ett år är 6 177 kWh. Den specifika energianvändningen är 57,1 kWh/år, m² och visar att huset klarar kravet i BBR med en marginal på 18 kWh/år, m² vilket ses som ett bra resultat för ett timmerhus utan väggisolering.

Den maximala effekten på 3,3 kW klarar utan problem dagens krav på 5 kW. Annat är det med det genomsnittliga U-värdet som mäter hela 0,36 W/m²K vilket knappt understiger kravet på 0,4 W/m²K. Något som upptäcktes vid simuleringarna är att det är tack vare takets utformning som huset klarar detta krav. Taket är husets bäst isolerande skikt och då det är ett ryggåstak upptas en stor yttandel vilket sänker det genomsnittliga U-värdet så att det kravet lättare uppfylls. Här ger BBR dubbla budskap då ett vanligt plant innertak hade minskat energianvändningen men försämrat det genomsnittliga U-värdet.

Större luftläckage ökar energianvändningen men utan att komma i närheten av de 75 kWh/år, m² som BBR kräver. Simuleringarna visar att varje extra l/s, m² endast ger en ökad elförbrukning på ca 160 kWh/år. Värt att trycka på är dock att det är just ökad elförbrukning, den värme som går förlorad är större med en faktor 4 tack vare värmepumpen. Värdet på luftläckaget för standardhuset valdes till 1,2 l/s, m² då detta angavs som ett realistiskt värde på flödet av FST. Man kan dock se från resultatet av deras undersökning att endast tre av totalt tolv hus hade ett uppmätt värde under 1,57 l/s, m². Man kan då reflektera kring om 1,2 l/s, m² verkligen är ett realistiskt värde på luftläckaget. De simuleringar som kördes för att undersöka hur luftläckaget påverkar energianvändningen täcker ett brett spann och tar med värden på luftläckaget som är både mindre och större än de värden som uppmättes i undersökningen och visar att luftläckaget inte påverkar energianvändningen markant.

Simuleringarna med olika riktningar visar att huset redan är så gott som optimerat i det avseendet. Skulle det dock finnas en anledning till att rotera huset åt den minst gynnsamma riktningen, norr, kan man vänta sig en ökad energianvändning på drygt 3,5 kWh/år, m².

Simuleringen med luftvärmväxlare visar att energianvändningen sänks med 1 287 kWh eller 21 %. Att installera en luftvärmväxlare för att sänka energianvändningen är en bra metod om man vill bevara timmerhusets

estetik då denna inte påverkas märkvärt. Den värmeväxlare som användes för simuleringen hade dock en verkningsgrad på 85 % vilket får ses som ett högt värde.

De värden som sattes för köldbryggor togs från ett examensarbete skrivet av Hugo Fröjd. Hur bra dessa värden stämmer överens med verkligheten är osäkert och bör ifrågasättas. I de simuleringar som kördes gjordes observationen att köldbryggorna utgjorde en mindre del av den totala värmetransporten genom byggnaden. I detta fall användes små värden på Ψ och det kan mycket väl vara så att dessa värden är större i verkligheten vilket därmed ökar husets energianvändning. Simuleringen av standardhuset visar att det finns en god marginal till kravet i BBR för den specifika energianvändningen och även för större värden på Ψ bör huset klara sig. Något som kan bli problematiskt är kravet för det genomsnittliga U-värdet. Köldbryggorna ökar U-värdet och som simuleringarna visar ligger det genomsnittliga U-värdet redan nu nära kravet på 0,4 W/m²K.

SCOP-värdet för bergvärmepumpen antogs vara 4,0 vilket gällde för ett hus med energibehovet 24 200 kWh/år varav tappvarmvatten stod för 4 200 kWh. Huset som simulerades har ett lägre energibehov samt ett lägre behov av tappvarmvatten vilket borde påverka detta värde. I undersökningen som gjordes av energimyndigheten påstod de att SCOP-värdet för huset med det lägre energibehovet var mindre på grund av överdimensionerad bergvärmepump. Om bergvärmepumpen är rätt dimensionerad bör SCOP-värdet vara större än 4,0.

Vad gäller uppbyggnaden av modellen finns det vissa anmärkningar. På den sydvästra fasaden ska det egentligen vara ett triangulärt fönster ovanför dörren men då det inte går att konstruera sådana i IDA ICE konstruerades istället ett rektangulärt fönster med samma area. Detta bör inte påverka resultatet märkbart.

Huset har egentligen ett frånluftssystem men i modellen användes ett från- och tilluftssystem av den anledningen att det är mycket lättare att ställa in i IDA ICE. Detta får som följd att elanvändningen för fläktar och husets energianvändning ökar. Storleken på felkällan är dock liten och kan ses som en ytterligare säkerhet för att huset faktiskt klarar energikraven.

Något som inte tagits med i simuleringarna är det faktum att huset har en kamin vilket skulle kunna vara en bidragande uppvärmningskälla. Kaminen har inte tagits med av anledningen att bergvärmepumpen är dimensionerad för att klara all uppvärmning medan kaminen endast ses som en mysfaktor.

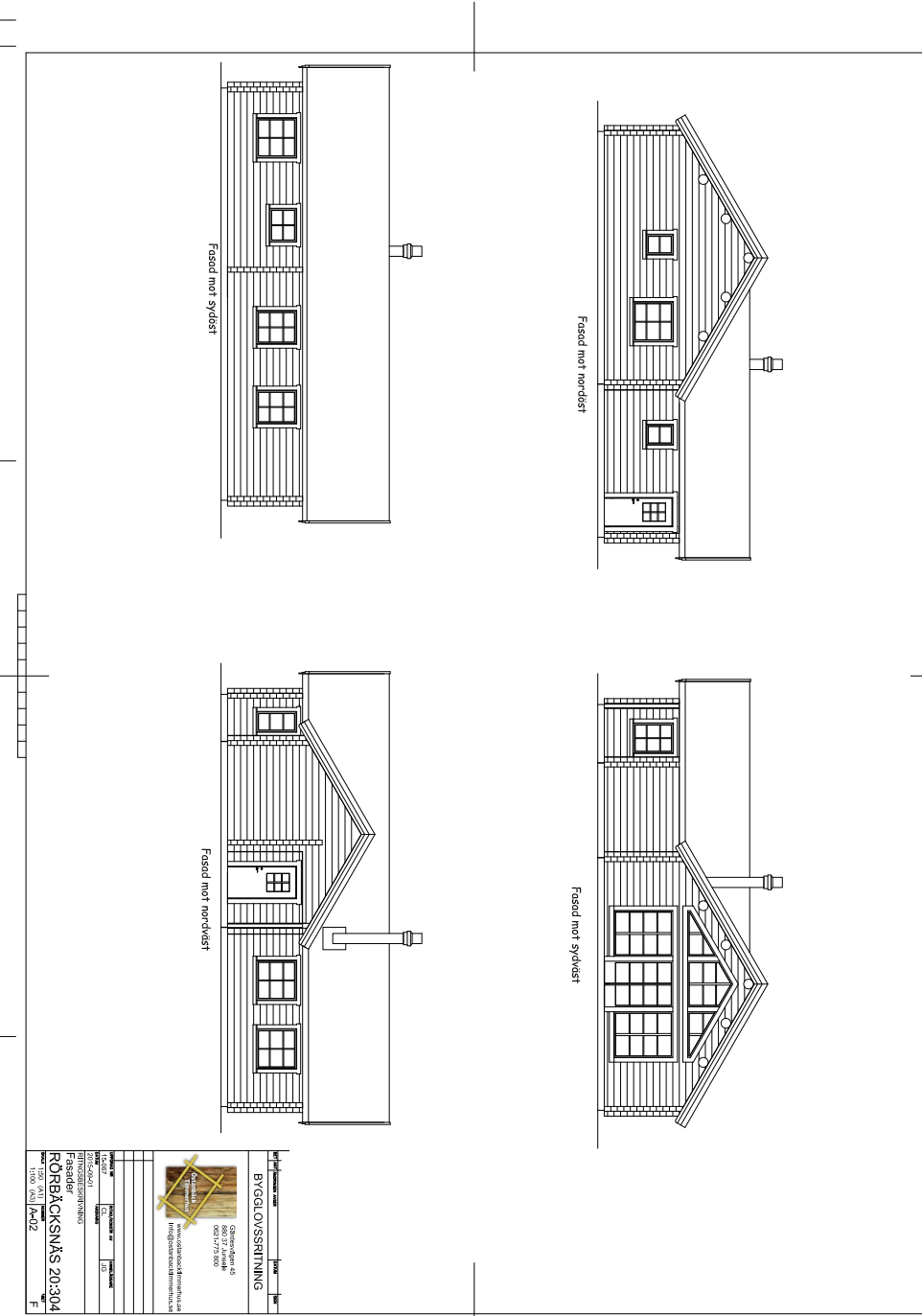
Även om standardhuset utan problem klarar kraven i BBR bör man vara försiktig med att kalla timmerhus energieffektiva. Bergvärmepumpen är en avgörande del i att få ner energianvändningen och hade någon typ av bioenergi använts för uppvärmning hade energianvändningen för golvvärme och tappvarmvatten mer än fyrdubblats och den specifika energianvändningen skulle landat över 200 kWh/år, m² vilket inte är i närheten av kravet på 110 kWh/år, m² som gäller i det fallet.

Det simulerade standardhuset visar att det är fullt möjligt att klara kraven i BBR med ett åretruntboende i form av ett timmerhus utan väggisolering, förutsatt att en värmepump med högt SCOP används tillsammans med väl tilltagen takisolering.

Referenser

- [1] timmerhus.se, *Om timmerhus*. URL: <http://timmerhus.se/om-timmerhus/>.
- [2] A. Ädling, "Timmerhusets historia och framtid, en studie av timmerhusets energianvändning", examensarb., Högskolan i Gävle, 2008.
- [3] "Uppgradering av traditionellt byggsystem, delprojekt 1: Produktutveckling - timmerhus och energihushållning", Avdelningen för byggt teknik, tekn. rapport, 2010.
- [4] *Enorm*, Equa Simulation AB, Sundbyberg, 2009.
- [5] Boverket, "Regelsamling för byggande, bbr", Boverket, tekn. rapport, 2015.
- [6] P. G. Burström, *Byggnadsmaterial*. Studentlitteratur, 2007.
- [7] *Byggvarudeklaration*, <http://www.ekofiber.se/ekofiber-wordpress/wp-content/uploads/CE-svenska-med-markering1.pdf>, 2010.
- [8] S. standard institute, "Byggmaterial och produkter – fukt- och värmetekniska egenskaper – tabeller med beräkningsvärden och metoder för bestämning av termiska egenskaper för deklarerat resp. beräkning (iso 10456:2007)", tekn. rapport, 2008.
- [9] E. Testlab, *Bergvärmepumpar*, 2014. URL: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/bergvarmepumpar/bergvarmepumpar/>.
- [10] Boverket, "Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. en sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten.", Boverket, tekn. rapport, 2007.
- [11] F. S. Timmerhus, *Q-märkning*, maj 2016. URL: <http://www.svenskatimmerhus.com/Pdf/q-markning.pdf>.
- [12] —, "Kvalitetsnormer för fst:s handtimrande hustillverkare", Föreningen Svenska Timmerhus, tekn. rapport, 2010.
- [13] —, "Kvalitetsnormer för fst:s industriellt producerade timmerhus", Föreningen Svenska Timmerhus, tekn. rapport, 2010.
- [14] K. Sandin, *Praktisk byggnadsfysik*. Studentlitteratur, 2010.
- [15] H. Fröjd, "Energianalys av timmerhus", examensarb., Högskolan i Jönköping, 2012.

Bilaga A. Fasadrättning



Bilaga B. Planritning

