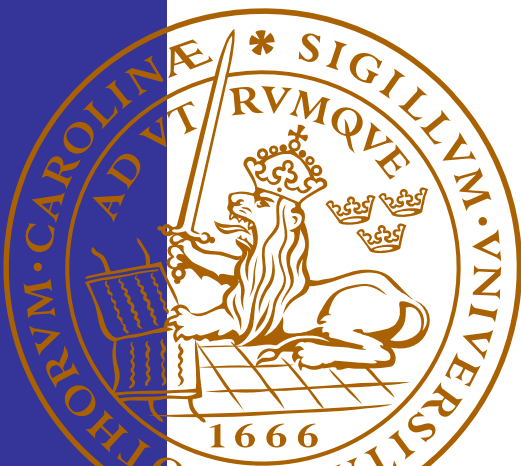


Beräkning av byggnaders energiprestanda med anledning av energideklarationerna

Ulf Aronsson

Examensarbete

Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Universitet/LTH
Box 118, 221 00 Lund, Sverige



Beräkning av byggnaders energiprestanda med anledning av energideklarationerna

Ulf Aronsson

Mars 2006

Föreliggande examensarbete har genomförts vid Avd för Energihushållning, Inst för Energivetenskaper, Lunds Tekniska Högskola samt vid EVU Energi och VVS Utveckling AB. Jesper Olausson på EVU samt Mikael Näslund på LTH har varit handledare medan Lennart Thörnqvist har varit examinator på LTH.

Examensarbete

ISRN LUTMDN/TMHP--06/5091--SE

© Ulf Aronsson

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.vok.lth.se/~eep

Sammanfattning

Europaparlamentet antog i december 2002 ett direktiv om byggnaders energiprestanda. Direktivet kräver att byggnader skall energideklareras, alltså undersökas och dokumenteras ur ett energiprestandaperspektiv. Direktivet har hittills resulterat i två svenska delbetänkanden samt ett slutbetänkande. Dessa tre skrifter kommer att ligga till grund för den svenska lagen om energideklarationer. Enligt SOU 2005:67 skall energiprestandan beräknas för samtliga småhus och nybyggda hus. För flerbostadshus och byggnader med lokaler skall energiprestandan beräknas då det inte finns några uppgifter på byggnadens energianvändning.

Eftersom byggnaders energiprestanda är en central del av energideklarationerna ägnas det en utförlig analys av olika energiflöden ut ur och in i en byggnad. Infallsvinkeln i analysen av byggnaders energibalans är att betrakta en byggnad som ett öppet termodynamiskt system med klimatskalet som systemgräns. Ett termodynamiskt öppet system kan utbyta värme med omgivningen genom ledning, strålning, konvektion och massutbyte. Det som skiljer ett öppet och ett slutet termodynamiskt system är att ett slutet system inte tillåts ha något massutbyte med omgivningen.

EVU Energi och VVS Utveckling AB vill veta om energideklarationer kan vara ett område som de kan börja arbeta med eftersom det kommer att skapa en ny marknad för energikonsulter. De vill även införskaffa ett beräkningsprogram vilket de kan använda för att beräkna byggnaders energiprestanda dels i sitt nuvarande arbete, dels i ett eventuellt framtida arbete med energideklarationer. Rapporten innehåller en beskrivning av en energiinventering med EVU och en jämförelse mellan det tänkta arbetssättet i energideklarationerna och EVU:s arbetssätt. EVU utför energiinventeringar av byggnader för att fastställa hur energibalansen ser ut och undersöka möjligheterna till energihushållningsåtgärder. EVU:s energiinventeringar är mer fokuserade på byggnadens värmesystem och mindre på dess klimatskal än vad energideklarationerna kommer att vara.

Rapporten innehåller även ett beräkningsexempel. Föremålet för beräkningsexemplet är en 1 ½ plansvilla belägen i Östra Göinge kommun i norra Skåne. Villans uppvärmningssystem består av en kombination av en luftvärmepump, en vedkamin och direktverkande el.

För att kunna beräkna byggnaders energiprestanda har ett beräkningsprogram utvecklats. Programmet är utvecklat i Java för att kunna användas på flera plattformar. Syftet med programmet är att utifrån givna samband för termodynamik och värmeöverföring skapa ett beräkningsverktyg för att bestämma en byggnads energiprestanda. Programmet är avsett att klara de krav och önskemål som ställs på beräkningsprogram enligt de svenska betänkandena och remissvaren på dessa. Programmet är tänkt att användas till alla typer av byggnader som inte har komfortkyla installerad.

De slutsatser som dras i rapporten är att EG-direktivet är bra och leder säkert till en minskad energianvändning i Europa. Den svenska tolkningen av det är åtminstone hittills dålig och tenderar att skapa en stor byråkratisk verkningslös organisation. Vidare så är beräkningsprogrammet som har skapats i detta examensarbete ett bra verktyg för att beräkna byggnaders energiprestanda. EVU bör inte satsa på energideklarationer om lagen blir sådan att de företag som skall utföra energideklarationer måste vara ackrediterade. Om det inte krävs en ackreditering kan emellertid energideklarationerna vara ett sätt för EVU att få ett större utbyte av sin akademiska nivå.

Summary

The European Parliament accepted in December of 2002 a directive about energy indicators of buildings. The directive states that buildings should be investigated and certificated from an energy perspective. The directive has so far resulted in three Swedish reports. These three texts should result in a Swedish legislation about energy certifications of buildings. According to SOU 2005:67 should the energy performance of all small buildings and all new buildings be calculated, for other buildings should the energy performance be measured.

Energy-performance of buildings is an essential part of the energy certificates. Therefore this report contains a detailed analysis of heat flow of buildings. The building is considered to be an open thermodynamic system. The differences between an open and closed system is that mass is allowed to pass the system-border in an open system.

“EVU Energi och VVS Utveckling AB” wants to know if the energy certificates are something for them to work with. They even want to get an energy performance calculation program for buildings. They will use the program in their present work as well in eventual future work with energy certifications. This report contains a description of an energy investigation with EVU. A comparison between the supposed workmanship in the energy certifications and the workmanship in EVU:s energy investigation is made. EVU is more focused on the heat system and less on the building itself than the energy certifications.

The report also contains a calculation example that determines the energy performance of a building. The building is located in northeast of Skåne. The heating system consists of an air heat pump, a fireplace and electricity.

A calculation software has been developed so that a buildings energy performance could be calculated more easily than with hand calculations. The software is developed in Java and is considered to live up to the demands on calculation software that is specified in the directive. All buildings energy performance besides buildings with air-conditions are able to be calculated.

The conclusions that are made in the report are that the European Parliaments energy directive is a good thing that most likely is going to reduce the use of energy in the European Union. The Swedish reports about the directive tend to make a bureaucratic organisation with low efficiency. The calculation software that is a result of this work is a useful tool to calculate buildings energy performance. Depending on how the guidelines are stated the energy directive might be a profitable market for EVU.

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	1
1.3 Syfte	1
1.4 Metodik	1
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Reservationer	2
1.7 Disposition	2
2 Värmeenergibalans för byggnader	3
2.1 Värmeöverföringsmekanismer	4
2.1.1 Värmeledning	4
2.1.2 Konvektion	6
2.1.3 Strålning	7
2.2 Beräkning av värmegenomgångstalet	9
2.2.1 Inverkan av luftspalter	11
2.2.2 Värmetransport till marken	12
2.2.3 Tröghet	13
2.2.4 Köldbryggor	14
2.2.5 Fönster	16
2.3 Energiutbyte genom masstransport	18
2.3.1 Avdunstning och kondensation	21
2.4 Inre värmegenerering	22
2.5 Bortförande av överskottsvärme	23
2.6 Beräkning av värmeenergibehovet	24
3 Energideklarationer	29
3.1 Europaparlamentets direktiv	29
3.1.1 Energiprestanda	29
3.1.2 Värmepannor och luftkonditionering	30
3.1.3 Olika typer av byggnader	31
3.1.4 Certifiering	32
3.2 Energidirektivet översatt till svenska förhållanden	32
3.2.1 Energiprestanda	33
3.2.2 Energideklaration av olika typer av byggnader	37
3.2.3 Komfortkyla och värmepannor	42
3.2.4 Utvecklingsbehov	43
3.2.5 Inledningsfasen	44
3.2.6 Energideklarationens resultat	44
3.2.7 Energiexperterna som utför energideklarationer	47
3.2.8 Register och organisation	49
4 Fältstudie av en energiinventering med EVU	51
4.1 Kommentarer	54
5 Beräkningsexempel för ett småhus	57
5.1 Beräkning av värmeavgivning för olika delar av byggnaden	58
5.2 Beräkning av värmeavgivning genom ventilationen	63
5.3 Beräkning av uppvärmningsbehov	64
6 Beräkningsprogram	67
6.1 Programmering	67
6.1.1 Grafik	67

6.2 Programdesign	68
6.2.1 Detaljerad beräkning	70
6.2.2 Förenklad beräkning	72
7 Diskussion och slutsats	73
8 Källförteckning	77

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Europaparlamentet antog i december 2002 ett direktiv om byggnaders energiprestanda. Direktivet kräver att byggnader skall energideklareras, alltså undersökas och dokumenteras ur ett energiprestandaperspektiv. Direktivet har resulterat i två svenska delbetänkanden samt ett slutbetänkande. Dessa fyra skrifter kommer att ligga till grund för den svenska lagen om energideklarationer. Rapporten tar upp alla ingående delar i direktivet och betänkandena, fokus ligger emellertid på byggnaders energiprestanda.

EVU Energi och VVS Utveckling AB vill veta om energideklarationer kan vara ett område som de kan börja arbeta med eftersom det kommer att skapa en ny marknad för energikonsulter. De vill även införskaffa ett beräkningsprogram vilket de kan använda för att beräkna byggnaders energiprestanda dels i sitt nuvarande arbete, dels i ett eventuellt framtida arbete med energideklarationer.

1.2 Problembeskrivning

Rapporten avser att undersöka och om möjligt besvara frågeställningarna:

- Hur skall införandet av energideklarationer i Sverige gå till?
- Hur sker värmeenergitransporter genom klimatskalet på en byggnad?
- Kan EVU Energi och VVS Utveckling AB utföra energideklarationer?

1.3 Syfte

Syftet med arbetet är att analysera olika skrifter vilka behandlar energidirektivet och utifrån dessa beskriva hur införandet av energideklarationer i Sverige kommer att gå till. Vidare så syftar arbetet att studera de energiflöden som sker i byggnader och beskriva dessa ifrån grundläggande fysikaliska samband och även presentera praktiskt tillämpbara beräkningsmetoder. Resultatet av dessa två delområden skall bli ett beräkningsprogram som kan användas för att göra energiprestandaberäkningar i samband med energideklarationer.

1.4 Metodik

Metodiken är att först göra en djupdykning i tillgänglig litteratur om energideklarationer. För att få en djupare förståelse för innehållet i dessa görs en genomgång av litteratur som behandlar värmetransport, därefter undersöks hur värmetransporten ser ut speciellt för byggnader. De två ovan nämnda områdena resulterar i ett avsnitt vardera i rapporten. För att få fram ändamålsenliga illustrationer vilka på ett bra sätt förklarar de energiflöden som beskrivs i texten skapas en skalenlig 3D-modell av ett småhus i CAD. Ur denna 3D-modell lyfts det sedan ut bilder på de olika värmefflöden som texten behandlar. I ett avsnitt där energiprestandan för ett småhus beräknas används teorin om värmetransport i byggnader. Detta ger en naturlig återkoppling som berättar om teorin är fullständig eller om den behöver kompletteras. Rapporten

innehåller även en fältstudie av en energiinventering med EVU där deras inventeringsförfarande studeras, nedtecknas och jämförs med det förmodade energideklarationsförfarandet. Då beräkningsprogrammet utvecklas är metodiken att vara kreativ och finna lösningar på problem som uppstår under tiden då programmet växer fram genom empiri, litteratursökning och sökning på Internet. Programmeringen försvåras av att det inte finns någon handledning på ämnet att tillgå. Detta är dock utvecklande eftersom det när lösningen på ett problem söks ofta dyker upp lösningar på andra.

1.5 Avgränsningar

Rapporten avgränsas till att endast studera hur införandet av energideklarationer skall gå till i Sverige, övriga EU-länder ignoreras. Beräkningsprogrammet behandlar endast byggnader som saknar komfortkyla.

1.6 Reservationer

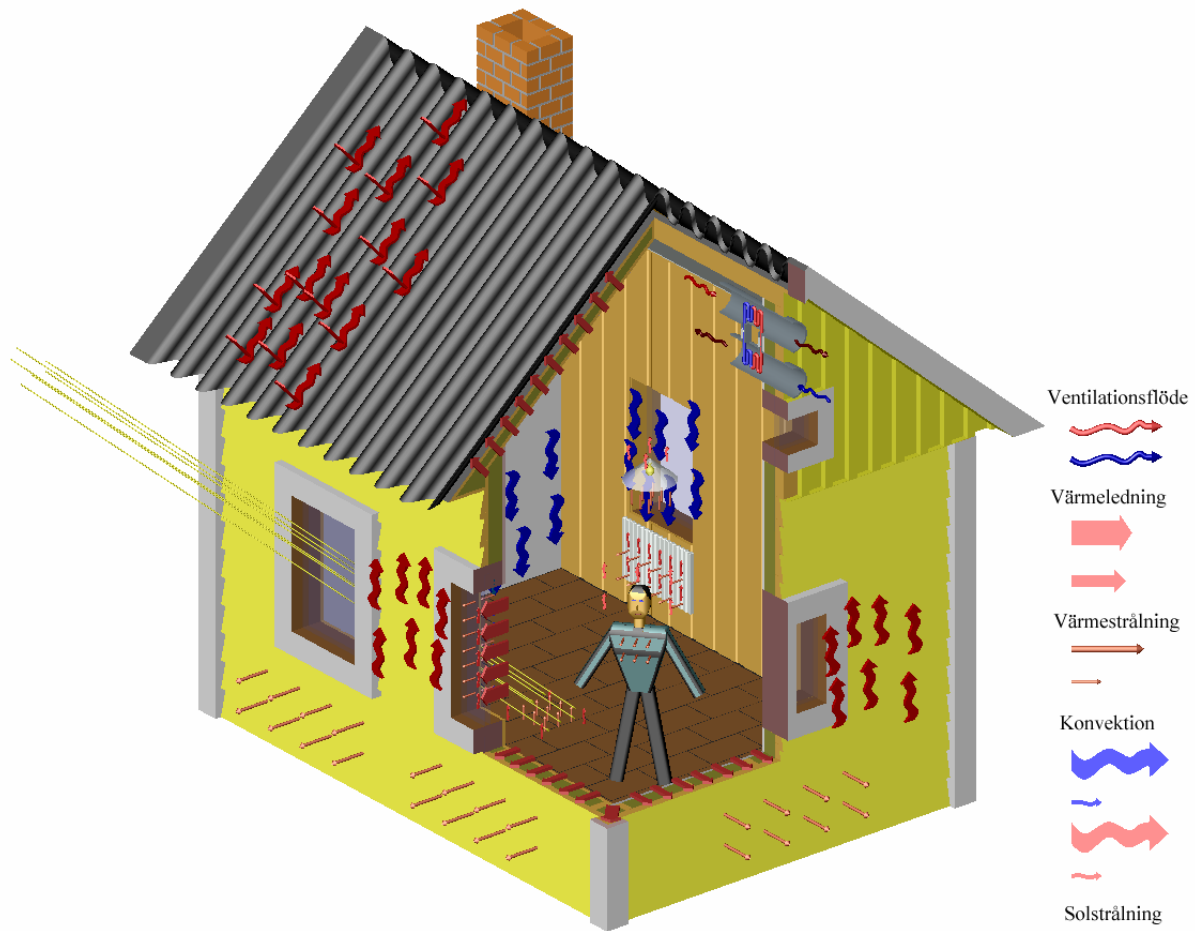
Om ett färdigt lagförslag presenteras innan rapporten är färdigskriven så ignoreras det. Teorin om energideklarationer baseras endast på EG-direktivet om byggnaders energiprestanda, tre olika svenska betänkanden som behandlar hur detta skall anpassas efter svenska förhållanden samt remissvar på dessa.

1.7 Disposition

Upplägget i rapporten är sådant att först presenteras ett avsnitt om värmeenergibalans för byggnader. I nästkommande avsnitt studeras energideklarationer, därefter presenteras fältstudien av en energiinventering med EVU. Sedan behandlas ett beräkningsexempel av ett småhus energiprestanda. I avsnittet därefter beskrivs beräkningsprogrammet. Slutligen presenteras en slutsats.

2 Värmeenergibalans för byggnader

Eftersom byggnaders energiprestanda är en central del av energideklarationerna ägnas det här en utförlig analys av olika energiflöden ut ur och in i en byggnad. Syftet med kapitlet är att utifrån grundläggande fysikaliska samband klargöra hur olika energiflöden kan beräknas. Det presenteras dels de mest grundläggande sambanden, dels förenklade samband som används vid praktiska beräkningar. Målet med kapitlet är att ge ökad förståelse för olika begrepp i kapitlet om energideklarationer samt att ge lämpliga algoritmer till ett beräkningsprogram för byggnaders energiprestanda. Infallsvinkeln i analysen av byggnaders energibalans är att betrakta en byggnad som ett öppet termodynamiskt system. Systemgränsen kan antingen sättas till klimatskalets insida eller dess utsida. Med klimatskal avses byggnadens ytterväggar, tak och golv, kort sagt den del av byggnaden som kommer i kontakt med omgivningen, se figur 2.1.



Figur 2.1. Värmeöverföringsmekanismer i en byggnad [eget material].

Den enda skillnaden som kan uppkomma mellan fallet då insidan kontra utsidan väljs som systemgräns är då det sker en värmegenerering i själva väggen, vilken kan bero på resistans i elledningar eller värmeutbyte med vattenledningsrör. Om den lilla skillnaden ignoreras så är det emellertid samma mängd energi som passerar klimatskalets in- och utsida. Anledningen till att det här diskuteras var systemgränsen skall dras är att den systemgräns som tar med hela byggnaden är klimatskalets utsida men i energideklarationerna kommer sannolikt klimatskalets insida att användas som gräns [1], se avsnitt 3.3.1 ”Energiprestanda”. Analysen

kommer därför att ignorera eventuella värmekällor och sänkor i klimatskalet och avser endast att utreda värmetransporten ut ur och in i byggnaden. Systemgränsen sägs vara själva klimatskalet.

Ett termodynamiskt öppet system kan utbyta värme med omgivningen genom ledning, strålning, konvektion och massutbyte [4]. Se figur 2.1. Det som skiljer ett öppet och ett slutet termodynamiskt system är att ett slutet system inte tillåts ha något massutbyte med omgivningen [4].

Resultatet av energianalysen skall vara en metod att bestämma ett värmegenomgångstal U [W/m^2K] för klimatskalet, ett strålningsutbyte genom fönster, och en energitransport p.g.a. massutbyte med omgivningen främst genom ventilationen. Värmegenomgångstalet skall i sin tur bestå i en kombination av ledning, strålning och konvektion.

2.1 Värmeöverföringsmekanismer

2.1.1 Värmeledning

Värmeledning är värmetransport i ett material som beror på att energi överförs mellan intilliggande molekyler. Värmeledning sker överallt där det finns en temperaturskillnad i ett material. I en oändligt bred och hög vägg sker värmeledning endast i en dimension, alltså parallellt med väggens normal. Tredimensionell värmeledning sker emellertid överallt i byggnader eftersom det i varje vägg finns en viss inverkan av randeffekter. Om till exempel en lampa är placerad mitt på en vägg så kommer värme att ledas in i väggen och spridas ut i tre dimensioner, se ekvation 2.1. Randeffekter uppstår även intill fönster, tak och golv. En faktor som påverkar dessa randeffekter är hur bjälklagen är infästa i ytterväggarna. De kan antingen vara infästa i det yttersta skalet eller i en bärande innervägg med isolering utanför infästningen [3].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \left\{ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right\} + \frac{Q'}{\rho c}$$

$$\lambda = \text{värmekonduktivitet} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

$$\rho = \text{densitet} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$c = \text{värmekapacitivet} \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

$$Q' = \text{intern värmegenerering} [W]$$

$$t = \text{tid} [s]$$

$$T = \text{temperatur} [K]$$

Ekvation 2.1. Den allmänna värmeledningsekvationen för isotropa material med konstant värmekonduktivitet [5].

Ekvation 2.1 löses enklast med hjälp av numeriska metoder. Ekvationslösning med numeriska metoder tillämpas då den exakta analytiska lösningen är svår att få fram. Vid analytisk ekvationslösning ger givna värden på de ingående variablerna ett givet svar, vid numerisk ekvationslösning används serieutvecklingar som konvergerar mot lösningen då en räknevariabel går mot oändligheten.

Först identifieras de gällande randvillkoren. De kan bestå av en känd temperatur vid en rand eller ett känt värmefflöde över systemgränsen. För en byggnad kan till exempel ett randvillkor vara att klimatskärmens insida har en konstant temperatur, eller att klimatskärmen inom ett begränsat område tillförs ett konstant värmefflöde, bakom ett element etcetera. Randvillkoren kan även bestå i en kombination av en känd temperaturfördelning och ett känt värmefflöde. Därefter homogeniseras randvillkoren. Är det till exempel känt att temperaturen är 20°C vid en väggyta så dras det av 20°C från temperaturfördelningen. Sedan ansätts det en lämplig serie. Är temperaturen känd vid båda ränderna i en riktning så ansätts en sinusserie i den riktningen. Är värmefflödet känt ansätts istället en cosinusserie. Detta beror på att $\sin(0^{\circ})=0$ vilket stämmer bra överens med de homogena randvillkoren för temperaturen. Eftersom värmefflödet beror av derivatan på temperaturen, se ekvation 2.2, så passar det alltså bättre med en cosinusserie där. Nästa steg är att sätta in den antagna serien i differentialekvationen och ur det fås en serie som konvergerar mot den verkliga temperaturfördelningen. Slutligen återställs den felaktighet som tillförs då randvillkoren homogeniseras. [25]

$$q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \quad q_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \quad q_z = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z}$$

Ekvation 2.2. Värmeledning i x, y och z riktning [5].

Beräkningar av värmefflöden genom klimatskalet med ekvation 2.1 blir omfattande. Rent praktiskt så krävs det datorprogram som använder sig av finita elementmetoden vid analys av tredimensionella värmefflöden. Om inte en alltför djupgående analys skall göras kan emellertid endimensionell värmeledning tillämpas för klimatskalet. I praktiken får då värmeledningsekvationen utseendet enligt ekvation 2.3, vilken är en följd av ekvation 2.1 och 2.2, som avser ett stationärt endimensionellt fall utan intern värmegenerering.

$$q = \frac{\lambda}{d}(T_1 - T_2)$$

T_1 =temperatur på insidan av klimatskalet [K]

T_2 =temperatur på utsidan av klimatskalet [K]

d =klimatskalets tjocklek [m]

Ekvation 2.3. Stationär endimensionell värmeledning [3].

Ekvation 2.3 ger att temperaturfördelningen inne i klimatskalet är linjär. Ett klimatskal består ofta av flera skikt med olika värmekonduktivitet vilket gör att temperaturfördelningen då är sammansatt av ett antal linjära funktioner, en funktion för varje material. Värmekonduktiviteten för några vanliga material finns i tabell 2.1.

Material	Värmekonduktivitet λ [W/mK]
Stål	60
Rostfritt stål	20
Aluminium	200
Natursten	2,4-3,6
Betong, vinkelrätt mot armering	1,7
Betong, parallellt med armering	1,7-6,0
Lättballastbetong	0,65
Lättklinkerbetong	0,42-0,80
Lättbetong	0,10
Cementbruk eller kalkcementbruk	1,0
Sandfyllning	0,40
Tegel eller betonghålblock	0,60
Mineralull	0,04
Trä eller spånskivor	0,14
Gipsskivor	0,22
Plywood	0,13
PVC-plast	0,16
Luft	0,026
Vatten	0,6
Is	1,7

Tabell 2.1. Värmekonduktivitet för några vanliga material [3].

2.1.2 Konvektion

Konvektion uppkommer när en fast kropp har ett värmeutbyte med en fluid i rörelse [5]. En fluid är ett medium som deformeras kontinuerligt vid en godtyckligt liten skjuvbelastning [4]. Värmetransporten i fluiden sker genom en kombination av ledning och strömning. Det finns två olika typer av konvektion, naturlig konvektion och forcerad konvektion. Vid naturlig konvektion sker fluidens rörelse genom att det uppstår skillnader i densitet då temperaturen ändras. För byggnader består fluiden av luft. Då det sker ett värmeutbyte ut ur en byggnad bildas det en neråtgående luftström på insidan och en uppåtgående luftström på utsidan av ytterväggen. Vid forcerad konvektion har fluiden en påtvingad rörelse [5]. Värmeutbytet p.g.a. konvektion beräknas enligt ekvation 2.4.

$$q_k = \alpha_k \cdot (T_0 - T_1)$$

$$q_k = \text{värmeutbyte p.g.a. konvektion}$$

$$\alpha_k = \text{värmeöverföringskoefficient p.g.a. konvektion}$$

$$T_1 = \text{yttemperatur}$$

$$T_0 = \text{lufttemperatur}$$

Ekvation 2.4. Värmeutbyte p.g.a. konvektion [3].

Värmeöverföringskoefficienten α_k beror dels på vad det är för material i ytan som utsätts för konvektion dels på vilken orientering ytan har, vertikal eller horisontell etc. Vid forcerad konvektion kommer vindhastigheten in som en väsentlig parameter [5]. Att bestämma α_k är

därför ganska vanskligt. I [3] finns ett antal empiriska samband som gäller för byggnader nedtecknade där α_k bestäms för olika typer av vindförhållanden se ekvation 2.5.

För luftström parallell med ytan.

$$\alpha_k = 6 + 4 \cdot u \quad u \leq 5 \text{ m/s}$$

$$\alpha_k = 7,41 \cdot u^{0,78} \quad u \geq 5 \text{ m/s}$$

För lovartsida

$$\alpha_k = 5 + 4,5u - 0,14u^2 \quad u \leq 10 \text{ m/s}$$

För läsida

$$\alpha_k = 5 + 1,5u$$

$$u = \text{vindhastighet} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

För naturlig konvektion vid klimatskalets insida.

$$\alpha_k = 2 \cdot (T_i - T_0)^{1/4}$$

$$T_i = \text{lufitemperatur}$$

$$T_0 = \text{yttemperatur}$$

För konvektion vid golv som är kallare än luften eller tak som är varmare än luften.

$$0,3 \leq \alpha_k \leq 0,8$$

Ekvation 2.5. Empiriska samband för värmeöverföringskoefficienten vid konvektion [3].

2.1.3 Strålning

Viktiga strålningsparametrar för en yta är absorptans, reflektans, transmittans och emittans. Den infallande strålningen kan antingen absorberas av ytan, reflekteras ut från ytan eller transmittas genom ytan, se ekvation 2.6 [5]. Mängden strålning som absorberas är den totala mängden strålning gånger absorptansen, analogi för reflektans och transmittans. En yta emitterar också termisk strålning om den har en temperatur skild från den absoluta nollpunkten, se ekvation 2.7. Termisk strålning har våglängdsintervallet $10^{-7} - 10^{-4}$ m, medan synligt ljus återfinns i intervallet $3,9 \cdot 10^{-7} - 7,8 \cdot 10^{-7}$ m. Den termiska strålningen blir kortvågigare ju varmare den strålände ytan är. Från en yta med temperaturen 20 °C finns strålningens våglängd i intervallet $3,4 \cdot 10^{-6} - 1,7 \cdot 10^{-4}$ m och medelvåglängden är $14 \cdot 10^{-6}$ meter [5]. Emittansen sätts i byggtekniska tillämpningar lika med absorptansen [3].

$$1 = \alpha + \rho + \tau$$

$$\alpha = \text{absorptans}$$

$$\rho = \text{transmittans}$$

$$\tau = \text{reflektans}$$

Ekvation 2.6. Samband mellan strålningsparametrar [5].

Strålning kommer i byggnadssammanhang in som en parameter dels vid direkt strålningsutbyte genom klimatskalet, dels vid strålningsutbyte mellan dess yta och omgivningen. Strålningsutbyte genom klimatskalet sker genom ytor som har en transmittans skild från noll vil-

ket för en byggnad i praktiken endast innefattar fönster i väggar och tak [3]. Fönsterglas har en transmittans som är 0,65-0,90 för synligt ljus, se tabell 2.7, medan den är nästan noll för den oftast långvågigare värmestrålningen [3]. Detta innebär att fönster släpper in solljus utan att släppa ut värmestrålning, se avsnitt 2.4 ”Inre värmegenerering”. Absorptans och reflektans är liksom transmittans våglängdsberoende. För solstrålning gäller att intensiteten vid jordytan är maximalt ca 1090 [W/m²] vid strålning mot en yta som har en normal parallell med solstrålarna [3]. Enkel trigonometri ger att en yta som är vinklad med vinkeln φ i förhållande till strålningen får en strålningsintensitet som är $1090 \cdot \cos(\varphi)$.

I Sverige är den maximala strålningsintensiteten 800-900 [W/m²] mot byggnadsfasader korriberat för infallsvinkeln [3]. Detta innebär alltså att en byggnad får ta emot upp till 900 [W/m²] en klar dag då solen står högt. Strålningen som träffar ett fönster kommer att ge vårt öppna termodynamiska system ett energitillskott på merparten av sitt effektbelopp. Den del som träffar väggar och tak kommer att värma upp ytan med effekten $900 \cdot \alpha$ [W/m²] där α är absorptansen för fasad- eller takytan. Denna uppvärmning kommer sedan att antingen ledas in i byggnaden eller avges genom konvektion till luften, värmestrålningen ut från väggen kommer också att öka. Hur som helst så kommer solstrålningen mot väggen att bidra med ett energitillskott till byggnaden, dock betydligt mindre per areaenhet än den del som träffar fönstren.

Den totala instrålade energimängden mot horisontella ytor är 1000 [kWh/m² och år] i Malmö, 980 [kWh/m² och år] i Stockholm och 870 [kWh/m² och år] i Kiruna [26]. Ungefär 60 % av energimängden strålar in under perioden september till maj enligt tabell i [26]. Solinstrålningen har en lägre infallsvinkel mot fasad i öst- och västläge än i sydläge. Den totala instrålningen är dock högre i sydläge. I [29] finns det ett diagram över solinstrålning mot vertikala fasader i olika riktningar. Ur diagrammet går det att plocka ut värden månadsvis, se tabell 2.2.

[kWh/m ²]			
	S	O / V	N
Jan.	50,37	11,899	4,38
Feb.	75,19	26,28	7,3
Mars	107,31	55,115	13,14
April	106,945	82,125	24,09
Maj	104,025	107,675	42,34
Juni	94,9	113,15	54,75
Juli	94,9	106,58	47,45
Aug.	101,47	88,33	29,2
Sept	110,23	65,7	17,52
Okt.	91,98	38,325	9,855
Nov.	55,48	16,06	3,65
Dec.	38,325	9,125	2,92
Totalt	1031,125	720,364	256,595

Tabell 2.2. Solinstrålning mot vertikala fasader i Malmö i olika vädersträck, uppdelat per månad [29].

En yta emitterar strålning enligt Stefan Boltzmanns lag, se ekvation 2.7.

$$q = \varepsilon \cdot \sigma_s \cdot T^4$$

q = den emitterade strålningsintensiteten $\left[\frac{W}{m^2} \right]$

ε = emittansen

σ_s = Stefan Boltzmanns konstant = $5,67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$

T = temperaturen $[K]$

Ekvation 2.7. Stefan Boltzmanns lag [5].

Med hjälp av ekvation 2.7 kan det totala strålningsutbytet mellan klimatskalet och dess omgivning på ut- och insidan beräknas. Detta görs genom att det antas vara samma temperatur på samtliga innerväggar som lufttemperaturen i rummet. Om det sker ett värmefflöde genom väggen så har ytterväggens insida inte samma temperatur som luften i rummet. Detta gör att det kommer att ske ett netto strålningsutbyte mellan innerväggarna i rummet och ytterväggens insida. Den strålning som avges av ytterväggens insida kommer delvis att absorberas av innerväggarna och delvis att reflekteras tillbaka. Innerväggarna kommer i sin tur att skicka ut strålning mot ytterväggens insida som kommer att ta upp en del av den strålningen och reflektera resten. Det kan tyckas besvärligt att avgöra exakt hur det här strålningsutbytet kommer att ske men en enkel approximation är att utbytet fungerar som ett utbyte mellan två oändligt breda och höga väggar. Denna approximation duger i vissa fall också på utsidan. Även om det på utsidan inte är så mycket väggar i närheten så finns det alltid stora ytor med vilka det sker ett strålningsutbyte. Strålningsutbytet blir då enligt ekvation 2.8, vilken är en följd av ekvation 2.7. [3]

$$q_s = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot \sigma_s \cdot (T_0^4 - T_1^4)}{1 - (1 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_1)}$$

Ekvation 2.8. Strålningsutbyte mellan två parallella ytor med oändlig utbredning. Index 1 avser yta 1, index 0 avser yta 0 [3].

2.2 Beräkning av värmegenomgångstalet

För att kunna lägga ihop bidragen från konvektion, strålning och ledning till ett värmegenomgångstal behövs ett samband som tar hänsyn till de olika energitransportmekanismerna. Resultatet skall vara en faktor, ett U-värde, som visar att det vid en viss skillnad mellan ute- och innetemperatur sker ett visst värmefflöde genom väggen eller taket. Detta sker praktiskt genom att ett värmemotstånd R $[m^2K/W]$ räknas ut för varje delmekanism, sedan summeras de olika motstånden och ger det totala värmegenomgångstalet, se ekvation 2.9.

$$U = \frac{1}{R' + \sum_{k=1}^n R_k + R''}$$

$$U = \text{värmegenomgångstalet} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$R_k = \text{värmemotstånd väggmaterial på index } k \text{ inifrån} \left[m^2 K/W \right]$$

$n =$ antalet lager väggen består av

$$R' = \text{värmeövergångsmotstånd på insidan} \left[m^2 K/W \right]$$

$$R'' = \text{värmeövergångsmotstånd på utsidan} \left[m^2 K/W \right]$$

Ekvation 2.9. Samband mellan värmegenomgångstal och värmemotståndskoefficient [3].

De olika värmemotstånden räknas ut enligt nedan, se ekvation 2.10.

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

$$R_{sk} = \frac{1}{\alpha_s \cdot \alpha_k}$$

$$R_l = \text{värmemotstånd p.g.a. ledning} \left[m^2 K/W \right]$$

$$R_{sk} = \text{värmeövergångsmotstånd p.g.a. strålning och konvektion} \left[m^2 K/W \right]$$

$$\alpha_s = \text{värmeövergångskoefficient vid ytan m.a.p. strålning} \left[W/K \right]$$

$$\alpha_k = \text{värmeövergångskoefficient vid ytan m.a.p. konvektion} \left[W/K \right]$$

Ekvation 2.10. Värmemotstånd.

För att kunna få in strålningsenergin bidrag i det totala värmegenomgångstalet måste alltså α_s bestämmas. Ekvation 2.8 ger sambandet i ekvation 2.11.

$$q_s = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot \sigma_s \cdot (T_0^4 - T_1^4)}{1 - (1 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_1)} = \alpha_s (T_0 - T_1)$$

$$\Rightarrow \alpha_s = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot \sigma_s \cdot (T_0^4 - T_1^4)}{(1 - (1 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_1))(T_0 - T_1)} \approx \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot \sigma_s \cdot T_m^3}{(1 - (1 - \varepsilon_0)(1 - \varepsilon_1))}$$

$$T_m = \frac{(T_0 + T_1)}{2}$$

Ekvation 2.11. Värmeövergångskoefficienten vid strålning.

Nu kan det totala värmeflödet bestämmas med hjälp av ett linjärt samband som beror av temperaturskillnaden mellan klimatskalets in- och utsida. Detta samband är förenklat i många avseenden men för byggnader ger det en god approximation bl.a. tack vare att de inte utsätts för speciellt stora temperaturdifferenser. Ekvationen för strålning är förenklad och eftersom den beror av $(T_0^4 - T_1^4)$ så ger den snabbt ett större utslag ju större temperaturdifferensen är. Även om det kan skilja över 50°C mellan ute- och innetemperatur på vintern så är inte temperaturskillnaden mellan klimatskalets insida och innetemperaturen respektive utsidan och ute-

temperaturen så stor. Detta beror på att det största värmemotståndet uppkommer p.g.a. ledning, förutsatt att klimatskalet är isolerat.

$$q = U \cdot (T' - T'')$$

$$T' = \text{innetemperatur [K]}$$

$$T'' = \text{utetemperatur [K]}$$

Ekvation 2.12. Värmefflöde genom klimatskalet [3].

För att kunna bestämma U behövs, enligt tidigare resonemang, värmekonduktiviteten för de olika skikten i väggen bestämmas. λ -värden för vanliga byggnadsmaterial finns tabellerade. Något besvärligare är dock att bestämma värmeövergångsmotstånd på in- och utsidan eftersom de beror på flera olika faktorer. Om en analys av värmefflöden genom klimatskalet över hela uppvärmningssäsongen skall göras så kan emellertid medelvärden på dessa användas enligt Boverket. Swedisol, ett isoleringsföretag, anger praktiskt tillämpbara värden på värmeövergångsmotstånd, se figur 2.2. Värdena på värmeövergångsmotstånd från Swedisol används här på inrådan av Lars-Erik Harderup, universitetslektor i byggnadsfysik vid LTH, [23].

$$\begin{array}{ll} \text{Väggar:} & R' = 0,13 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad R'' = 0,04 \text{ [m}^2\text{K/W]} \\ \text{Tak:} & R' = 0,10 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad R'' = 0,04 \text{ [m}^2\text{K/W]} \\ \text{Golv:} & R' = 0,17 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad R'' = 0,04 \text{ [m}^2\text{K/W]} \end{array}$$

Figur 2.2. Medelvärden på värmeövergångsmotstånd enligt [22].

2.2.1 Inverkan av luftspalter

Om klimatskalet innehåller en luftspalt så är ovanstående teori otillräcklig för att bestämma ett korrekt värmegenomgångstal. Detta beror på att det inte går att betrakta luftspalten som ett stelt luftlager och beräkna ett värmemotstånd endast med avseende på värmekonduktiviteten. Inverkan av strålning och konvektion kommer nämligen in för luftspalten. Konvektionen i luftspalten kommer inte heller att bete sig på samma sätt som för in- och utsidan av klimatskalet. Vid den kalla begränsningsytan kommer luften att strömma nedåt och vid den varma ytan kommer det att bildas en uppåtgående luftström. Beroende på hur bred luftspalten är kommer de båda luftströmmarna att störa varandra olika mycket [5]. Det är också väsentligt om luftspalten är ventilerad eller ej. De flesta luftspalter är ventilerade i någon mån om de inte är hermetiskt tillslutna, som till exempel vissa typer av fönster [3].

Om en luftspalt är fullständigt ventilerad så bidrar inte själva luftspalten med något ökat värmemotstånd. Det samma gäller för den del av väggen som ligger utanför luftspalten. Klimatskalet får emellertid samma värmeövergångsmotstånd på utsidan som på insidan om det finns en fullständigt ventilerad luftspalt ytterst [22]. Värmeövergångsmotståndet är i vanliga fall högre på insidan än på utsidan, se figur 2.2, vilket medför att även en fullständigt ventilerad luftspalt bidrar till ett minskat värmefflöde genom klimatskalet. Enligt [3] bör en luftspalt endast betraktas som ventilerad om den avsiktligt är försedd med ventiler, vilket det oftast är i fasader. Boverket har tabellerat värden på värmemotstånd för icke ventilerade luftspalter enligt nedan, se tabell 2.3.

Luftspaltens tjocklek [mm]	5	10	20	50-100
Värmemotstånd R [m²K/W]	0,11	0,14	0,16	0,17

Tabell 2.3. Värmemotstånd för ej ventilerade luftspalter [3].

För ventilerade luftspalter är det ofta svårt att veta hur mycket ventileringen påverkar värmemotståndet. Det är svårt att beräkna detta även med mer djupgående metoder. Därför finns det tabellerade värden för värmemotstånd vilka anger ungefärliga värden på värmemotståndet för olika fasadbeklädnader inklusive bakomliggande luftspalt, se tabell 2.4.

Typ av ventilerat skikt	Värmemotstånd R [m ² K/W]
Fasadskikt av plåt eller betong	0,10
Fasadskikt av trä eller tegel	0,20
Ventilerat yttertak av plåt	0,15
Ventilerat yttertak av panel + papp	0,25
Ventilerat yttertak av takpannor på undertak	0,30

Tabell 2.4. Värmemotstånd för olika fasadbeklädnader inklusive luftspalt [3].

Ett ouppvärmigt ventilerat vindsutrymme är en typ av luftspalt med varierande tjocklek. Enligt den svenska standarden SS-EN ISO 6946 kan ett sådant vindsutrymme inklusive yttertak, exklusive värmeövergångsmotstånd på utsidan bidra med ett värmemotstånd på mellan 0,06 och 0,30 [m²K/W] [22]. Krypgrund kan också betraktas som en luftspalt. Enligt [23] kan krypgrunder oftast betraktas som fullständigt ventilerade och bidrar därmed inte till något värmemotstånd. Däremot blir värmeövergångstalet i taket på krypgrunden det samma som värmeövergångstalet på golvet över krypgrunden enligt tidigare resonemang.

2.2.2 Värmetransport till marken

Värmetransporten från en byggnad till marken är ett långsamt förlopp. Det är svårt att göra noggranna beräkningar på hur stort värmeflödet är. Ofta är inte marksammansättningen känd. Markens fukttinnehåll som varierar med tiden påverkar också värmeflödet.

Värmetransporten ut ur byggnaden sker med en fördröjning i förhållande till temperaturdifferensen mellan ute- och inneluften. En köldknäpp kan resultera i att värmeflödet ut ur byggnaden är som störst en månad senare. Hur lång fördröjningen är varierar med jordarten, källargolvets djup och hur stor markarea byggnaden upptar. I Boverkets byggregler finns det tabellerat praktiskt tillämpbara värden på värmemotståndet, se tabell 2.5. Om det finns ett dräneringsskikt på minst 150 mm runt byggnaden har detta enligt [3] ett värmemotstånd på 0,20 [m²K/W]. [3]

Jordart	Värmemotstånd R [m ² K/W]							
	Källarvägg: Avstånd i m under markytan			Golv på mark: Avstånd i m från yttervägg			Källargolv: Avstånd i m från yttervägg	
	0-1	1-2	>2	0-1	1-6	>6	0-6	>6
Lera, dränerad sand eller dränerat grus. λ ca 1,4	0,50	1,70	3,40	1,00	3,40	4,40	3,40	4,40
Silt, ickedränerad sand eller grus, morän. λ ca 2,3	0,35	1,10	2,20	0,70	2,20	2,70	2,20	2,70
Sprängsten. λ ca 3	0,30	0,90	1,80	0,60	1,80	2,20	1,80	2,20
Berg. λ ca 3,5	0,25	0,70	1,40	0,50	1,40	1,80	1,40	1,80

Tabell 2.5. Värmemotstånd för olika markskikt [3].

2.2.3 Tröghet

Då det sker en förändring i utomhustemperaturen skall det enligt ekvation 2.12 ske en förändring i värmeflödet genom klimatskalet. Detta sker emellertid inte omedelbart eftersom byggnaders värmebalans har en inbyggd tröghet. Denna tröghet beror på att alla material har en värmekapacitet. Klimatskalet och inre konstruktionselement innehåller alltså värmeenergi vilket gör att svaret på temperaturförändringen blir fördröjt. Värmeinnehållet är proportionellt mot produkten av densiteten och värmekapacitivet för en given volym och temperatur. I tabell 2.6 går det att utläsa att betong har en hög sådan produkt jämfört med gips, trä och mineralull. Detta gör att betonghus är värmetrögare än till exempel träbyggnader. Värmetrögheten hos en byggnad gör det enklare att reglera inomhustemperaturen, tillfälliga effektöverskott lagras i byggnadsstommen och avges sedan vid effektunderskott. Detta gör att värmetröga byggnader kan tillnyttogöra sig solenergi i större utsträckning än andra byggnader. [3]

Material	ρ [kg/m ³]	c [J/kg·K]	$\rho \cdot c$ [kJ/K·m ³]
Betong	2300	900	2070
Tegel	1500	800	1200
Lättbetong	500	1000	500
Stål	7800	500	3900
Trä	500	1500	750
Gips	900	800	720
Mineralull	15-150	800	12-120
Vatten	1000	4200	4200
Is	917	2200	2017,4
Luft	1,2	1000	1,2

Tabell 2.6. Densitet och värmekapacitet för några vanliga material [3].

Klimatskalets olika skikt har en temperatur som är ett medelvärde av temperaturen på skiktets begränsningsytor. Innerväggarna håller emellertid samma temperatur som inomhusluften. Det specifika värmeinnehållet för klimatskalet är därmed mindre än för innerväggarna.

En byggnads inre temperatur förändras enligt ekvation 2.13 vid en given förändring av utomhustemperaturen. Tidskonstanten τ_b anger den tid det tar för inomhustemperaturen att uppnå

63 % av en förändring av utomhustemperaturen om ingen värme tillförs. τ_b är i storleksordningen 28-80 timmar för äldre hus, för nyare byggnader är τ_b högre. Tidskonstanter på upp till 5 dygn är inte ovanliga för välisolerade och täta byggnader med värmeåtervinning på ventilationen [6].

$$\tau_b = \frac{\sum_{l=1}^k m_l \cdot c_l}{q_{vent} \cdot \dot{V} + \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{j=1}^m \Psi_j}$$

$$\Delta T_{inne} = \Delta T_{ute} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_b}} \right)$$

τ_b = tidskonstant [s]

t = tid [s]

$\sum_{l=1}^k m_l \cdot c_l$ = summan av byggnadens olika delars värmekapacitet [J/ K]

U = värmegenomgångstal [W/ m²K]

A = area [m²]

Ψ = värmegenomgång genom köldbryggor [W/K]

q_{vent} = värmetransport via ventilationen [J/m³K]

\dot{V} = volymflöde [m³/s]

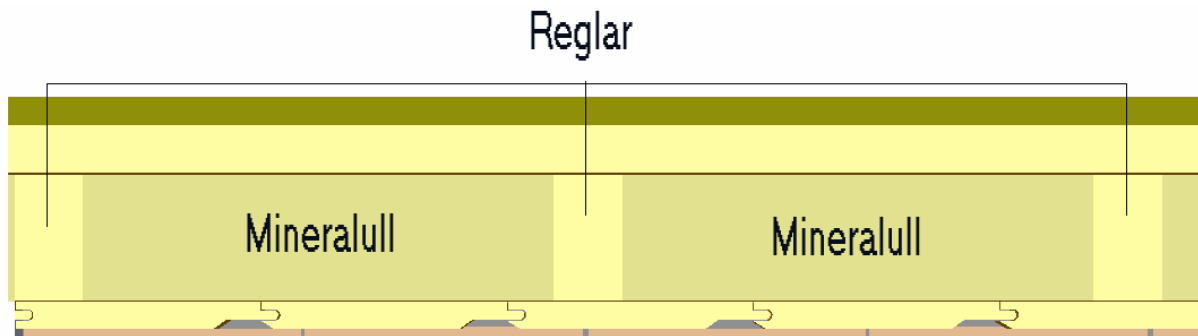
Ekvation 2.13. Inomhustemperaturens svar på en förändrad utomhustemperatur [6],[18].

Det har betydelse för värmetrögheten hur klimatskalets olika skikt ligger i förhållande till varandra. Byggnadsskikt som ligger utanför isoleringsskiktet skall inte räknas med i summan av värmekapaciteten i ekvation 2.13. En betongbyggnad som är utvändigt isolerad har en stor värmetröghet eftersom betongskiktet då har en temperatur som är lik inomhustemperaturen. Det största temperaturfallet sker nämligen över isoleringsskiktet. En betongbyggnad som är invändigt isolerad har en klart lägre värmetröghet. Sten- och betongbyggnader som skall gå snabbt att värmas upp isoleras därmed lämpligen invändigt medan byggnader som skall hålla en konstant temperatur helst isoleras utvändigt. [3]

2.2.4 Köldbryggor

Då klimatskalet lokalt är sämre isolerat kommer värmeflödet där att öka. I dagligt tal kallas detta för en köldbrygga. Köldbryggor uppkommer bl.a. i hörn på byggnader, vid fönster och där isoleringsskiktet inte är sammanhängande på grund av bjälkar i väggar och tak. Vid sådana lokala skillnader i värmegenomgångstal sker värmeledning i tre dimensioner vilket gör beräkningar av värmeutbytet genom klimatskalet komplicerade. Det ökade värmeflödet vid köldbryggor beräknas med hjälp av ekvation 2.1.

Ett vanligt förekommande fall där det enkelt går att beräkna värmeflödet genom ett byggnadselement med köldbryggor är väggar och tak bestående av regler varvat med isolering, se figur 2.3. Varje regel blir en köldbrygga eftersom den har en större värmeledningsförmåga än den mellanliggande isoleringen, se figur 2.4. Beräkningarna går enligt [3] till så att värmegenomgångstalet för hela klimatskalet inklusive det sammansatta konstruktionselementet räknas ut på två sätt. Sedan slås resultaten ihop till ett värmegenomgångstal. Sammanslagningen av de båda metoderna sker först på slutet. Om ett värmemotstånd för konstruktionselementet räknas ut enligt varje metod och sedan ett medelvärde av dessa används vid fortsatta beräkningar ger det inte samma resultat. [3]



Figur 2.3. Vegg innehållande skikt sammansatt av reglar varvat med mineralull [eget material].

De två olika tillvägagångssätten räknar båda med att det inte sker något värmeutbyte mellan de olika delarna av det sammansatta konstruktionselementet, värme flöde sker då endast parallellt med klimatskalets normal. I den första metoden förutsätts det att värme flödet sker på samma sätt även i övriga skikt av klimatskalet. Värmegenomgångstalet räknas ut för klimatskalet dels då det sammansatta skiktet ges reglarnas värmekonduktivitet och dels då det ges isoleringens värmekonduktivitet, sedan viktas de olika värmegenomgångstalen med deras andel av den totala väggytan, se ekvation 2.14.

$$U_1 = \alpha \cdot U_{isolering} + \beta \cdot U_{regel}$$

α = isoleringens andel av ytan

β = reglarnas andel av ytan

Ekvation 2.14. Värmegenomgångstal för ett sammansatt konstruktionselement då övriga skikt av klimatskalet har oändligt värmemotstånd i sid- och höjddled [3].

Den andra metoden förutsätter att det inte är något värmemotstånd alls tvärs normalen i övriga skikt av klimatskalet. Då kan värmemotståndet för det sammansatta konstruktionselementet beräknas ut med hjälp av ekvation 2.15.

$$R_2 = \frac{d}{\alpha \cdot \lambda_{isolering} + \beta \cdot \lambda_{regel}}$$

Ekvation 2.15. Värmemotstånd för ett sammansatt konstruktionselement då övriga skikt av klimatskalet saknar värmemotstånd i sid- och höjddled [3].

R_2 ger insatt i ekvation 2.9 U_2 . Klimatskalets totala värmegenomgångstal blir enligt ekvation 2.16 [3]. För praktisk tillämpning av ekvation 2.16 se avsnitt 5.1.

$$U = \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2}$$

Ekvation 2.16. Värmegenomgångstal för ett sammansatt konstruktionselement sammanvägt av två olika metoder. I metod ett förutsätts övriga skikt av klimatskalet ha oändligt värmemotstånd i sid- och höjddled, i metod två är motsvarande värmemotstånd noll [3].

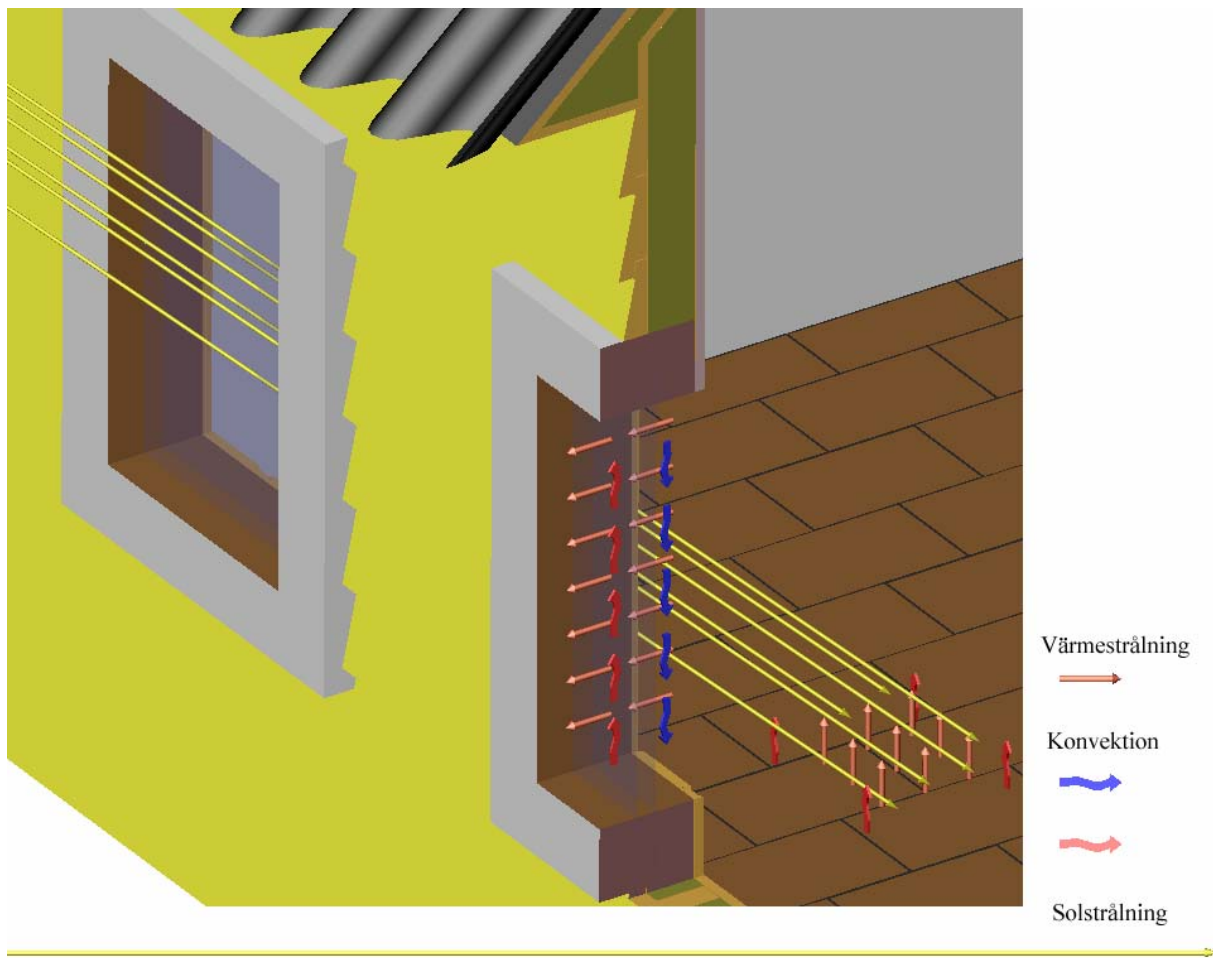


Figur 2.4. Delvis frosttäckt husfasad med ojämnt värmegenomgångstal [eget material].

2.2.5 Fönster

Inverkan av fönster i klimatskalet är stor. Energibalansen påverkas i olika riktning vid olika väderförhållanden. Vid solsken bidrar fönstren med ett effekttillskott, upp till $900 \cdot \tau$ W per m^2 , se avsnitt 2.1.3 ”Strålning” och figur 2.5. Då uttemperaturen är lägre än innetemperaturen bidrar fönster till ett ökat värmefflöde ut ur byggnaden på grund av lägre värmemotstånd än övriga delar av klimatskalet, se figur 2.5. I nya byggnader förekommer det ofta stora glasytor vilket är dåligt ut energihushållningssynpunkt.

Byggnader med stora glasytor har ett större kylbehov under sommarhalvåret och ett större värmebehov under vinterhalvåret än byggnader med normalstora fönster. Detta sammantaget gör att de här byggnaderna kan få en energianvändning som är mer än dubbelt så hög som andra nybyggen [14]. De beräkningsmodeller som används idag missbedömer inverkan av stora glasytor vilket gör att den höga energianvändningen ibland kommer som en överraskning [14].



Figur 2.5. Värmetransport genom fönster [eget material].

Inverkan av fönster i en byggnads energibalans är oftast inte önskvärd på grund av att solinstrålningen i hög grad kommer vid fel tidpunkt. Fönstret fungerar som en stor köldbrygga när det är kallt ute och som ett värmeelement när det är soligt. I fallet då fönstret fungerar som en köldbrygga är det inte bara själva glasytan som avses utan även regelverket runt denna. Se figur 2.4 där det är frostfritt ca 30 cm nedanför och 20 cm vid sidan av glastrutan.

Ett fönsters värmemotstånd består i ett värmeövergångstal på insidan, ett antal glasskivor, en eller flera luftspalter och ett värmeövergångstal på utsidan. Glasskivornas inverkan är emellertid försumbar. Däremot får ett fönster ändå högre värmemotstånd om det består av flera glastrutor med mellanliggande luftspalter, se tabell 2.7. Detta beror på att flera tunna luftspalter har ett högre värmegenomgångstal än en bred, se tabell 2.3. Värmegenomgångstalet genom fönster minskar i vissa fall genom att luften mellan glasskivorna byts ut mot argon eller krypton vilket ökar luftspaltens värmemotstånd, se tabell 2.7. Glasrutorna kan även täckas med ett lågmissionsskikt som gör att den upptagna och avgivna strålningen minskar. Detta kan leda till en halvering av värmegenomgångstalet. Sådana skikt kan dock även påverka transmittansen negativt [3].

Fönstertyp/ åtgärd	U-värde[W/m ² K]			Dagsljus transmittans	Solenergi transmittans
	Luft	Argon	Krypton		
Tvåglas					
Två klarglas	2,9	2,7	2,6	0,82	0,76
Byte av innerglaset till LE-glas	1,9	-	-	0,75	0,71
Ny ytterbåge med LE-glas	1,8	-	-	0,75	0,67
Ersätta båda glasen med isolerruta med LE-glas	1,8	1,4	1,2	0,77	0,66
Ersätta båda glasen med isolerruta med LE-solskyddsglas	1,6	1,2	0,9	0,68	0,35
En tredje ram på befintlig båge med klarglas	1,8	-	-	0,74	0,68
En tredje ram på befintlig båge med LE-glas	1,3	-	-	0,69	0,63
Ny isolerruta på innerbågen med klarglas	1,8	1,7	1,7	0,74	0,68
Ny isolerruta på innerbågen med LE-glas	1,3	1,1	0,9	0,70	0,59
Treglas					
Tre klarglas	1,9	1,8	1,7	0,74	0,68
Byte av ytterglaset till LE-glas	1,3	-	-	0,69	0,61
Byte av inre isolerruta till ny med LE-glas	1,3	1,1	0,9	0,70	0,59
Byte av alla glas till ny isolerruta med ett LE-glas	1,4	1,1	0,9	0,70	0,59
Byte av alla glas till ny isolerruta med två LE-glas	1,1	0,9	0,8	0,65	0,52
Byte av alla glas till ny isolerruta med LE-solskyddsglas	1,2	1,0	0,8	0,62	0,32
Byte av alla glas till ny isolerruta med två LE-glas varav ett solskyddsglas	1,0	0,9	0,8	0,57	0,30

Tabell 2.7. U-värden och transmittans för olika typer av fönster. LE-glas står för lågemissionsglas [15].

2.3 Energiutbyte genom masstransport

Då en byggnad betraktas som ett termodynamiskt öppet system måste masstransporten över systemgränsen utredas. Byggnader kan utbyta massa med omgivningen på en rad olika sätt. En vanlig händelse som tillför massa är då en människa går in genom entrén och tillför på så sätt också värmeenergi då kroppstemperaturen överstiger rumstemperaturen, se avsnitt 2.4 ”Inre värmegenerering”.

Övriga vanliga massutbyten med omgivningen är vatten och luft. Vatten tillförs dels som vanligt dricksvatten dels som fjärrvärmevatten för de byggnader som har den typen av uppvärmning. Temperaturen på vattnet är oftast skild från rumstemperaturen vilket gör att det påverkar byggnadens värmebalans, se ekvation 2.17. Färskvatten har en temperatur på i storleksordningen 10 °C. För fjärrvärmevatten är temperaturen på framledningen 65 °C som lägst och varierar med utomhustemperaturen [8].

$$q_{H_2O} = 4,2 \cdot (T_1 - T_2) \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$$

Ekvation 2.17. Vattnets påverkan på energibalansen. Vattnets specifika värmekapacitet är temperaturberoende. Här används ett medelvärde [7].

Luftväxling med omgivningen sker genom olika typer av ventilation. Huvudtyperna av ventilation är självdrags-, frånlufts- samt till- och frånluftsventilation [2].

$$C_p = 1,004 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad \rho = 1,29 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{vid } 273\text{K} \approx 0^\circ \text{C}$$

$$C_p = 1,005 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad \rho = 1,18 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{vid } 300\text{K} \approx 27^\circ \text{C}$$

vid atmosfärstryck

Figur 2.6. Specifik värmekapacitet och densitet för torr luft vid 300 K respektive 273 K [7].

Luft har en specifik värmekapacitet och en densitet vid olika temperaturer enligt figur 2.6. Om sedan det faktum att luft innehåller vattenånga tas med så tillkommer den specifika värmekapacititeten och densiteten för vattenångan. Ur ångtabell för vattenånga i [7] kan utläsas relevanta data, vilka ger värmekapacitet och densitet för vattenånga enligt ekvation 2.18, där det förutsätts att vattenånga beter sig som en ideal gas. Anledningen till att den specifika värmekapaciteten för luft och vattenånga anges vid två olika temperaturer är för att dels belysa att variationen med temperaturen är ganska liten, dels för att få ett relevant medelvärde.

$$C = \frac{h_{g@5^\circ \text{C}} - h_{g@0,01^\circ \text{C}}}{\Delta T} = \frac{2519,8 - 2510,6}{4,99} = 1,84 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad \text{vid } T \approx 2,5^\circ \text{C}$$

$$C = \frac{h_{g@30^\circ \text{C}} - h_{g@25^\circ \text{C}}}{\Delta T} = \frac{2556,3 - 2547,2}{5} = 1,82 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \quad \text{vid } T = 27,5^\circ \text{C}$$

$$\rho = \frac{1}{V_g} \cdot \frac{p_{atm}}{p_{sat}} = \frac{1}{206,14} \cdot \frac{101,3}{0,6113} = 0,804 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{vid } T = 0,01^\circ \text{C}$$

$$h_{g@T^\circ \text{C}} = \text{entalpi för ångan vid temperaturen } T \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$V_g = \text{volymitet} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$p_{sat} = \text{mättnadstrycket} \left[\text{kPa} \right]$$

$$p_{atm} = \text{atmosfärstrycket} \left[\text{kPa} \right]$$

Ekvation 2.18. Specifik värmekapacitet och densitet för vattenånga. Data från tabell A4 i [7].

Värdena för luft och vattenånga kan sedan läggas ihop till en gemensam ekvation för fuktig luft, se ekvation 2.19. I ekvation 2.19 anges ventilationens påverkan på energibalansen på tre olika sätt dels per kubikmeter, dels per kg och dels per kg torr luft.

$$q_{vent} = \left((1-x) \left(1,29 \frac{1,005 + 1,004}{2} \right) + x \left(0,80 \frac{1,84 + 1,82}{2} \right) \right) \frac{273,15 \cdot 2}{T_2 + T_1} (T_2 - T_1)$$

$$= ((1-x)1,30 + 1,46 \cdot x) \frac{546,30}{T_2 + T_1} (T_2 - T_1) \left[\frac{kJ}{m^3} \right]$$

$T_1 = inomhustemperatur$

$T_2 = utomhustemperatur$

$x = \text{\AA}nghalt$

värmeflödet kan också uttryckas per kg

$$q_{vent} = ((1-x) \cdot 1,005 + 1,83x) \cdot (T_2 - T_1) \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$q_{vent} = (1,005 + 1,83x) \cdot (T_2 - T_1) \left[\frac{kJ}{kg, torr luft} \right]$$

Ekvation 2.19. Energipåverkan av ventilationen.

Ånghalten i luften varierar över året. Ur tabell i [3] går det att läsa ut och räkna fram att medelånghalten över året i södra Sverige är ca 0,005. Boverket har ställt upp krav på ventilationen i olika typer av lokaler. Enligt dem krävs det att minst hälften av luften byts ut varje timme för bostäder, 0,35 [l/m²s] [19]. Detta för att uppnå en tillfredsställande luftkvalitet med avseende på luftföroreningar och fukt. I lokaler som kontor, varuhus och vårdhem krävs det 2-2,5 luftväxlingar per timme (h⁻¹) främst för att ventileras bort överskottsvärme. I klassrum är ventilationsbehovet 3-5 h⁻¹, i laboratorier och operationssalar är det 5-10 h⁻¹. I storkök krävs det hela 20-30 h⁻¹. [6]

Det handlar om stora energiflöden som transporteras över systemgränsen med ventilationen. I storkök finns det ett stort värmeöverskott, så ventilationen är där delvis nyttig för värmebalansen. I laboratorier och operationssalar finns det emellertid inte ett värmeöverskott på samma sätt. I ett laboratorium med en takhöjd på 2,5 m där det görs tio luftombyten per timme kan det på vintern krävas ett effektbehov på över 360W per kvadratmeter för att kompensera för ventilationen se ekvation 2.20. I ekvation 2.20 är det antaget en ånghalt på 0,00063 vilket är mättnadsånghalt vid -20 °C [3], en temperatur på 20 °C inne och -20 °C ute.

$$\frac{h \cdot n}{t} \cdot ((1-x)1,30 + 1,46 \cdot x) \frac{546,30}{T_2 + T_1} (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10}{3600} \cdot ((1 - 0,00063) \cdot 1,30 + 1,47 \cdot 0,00063) \frac{546,30}{253,15 + 293,15} \cdot (293,15 - 253,15) = 0,361 \left[\frac{kW}{m^2} \right]$$

$h = \text{takhöjd} [m]$

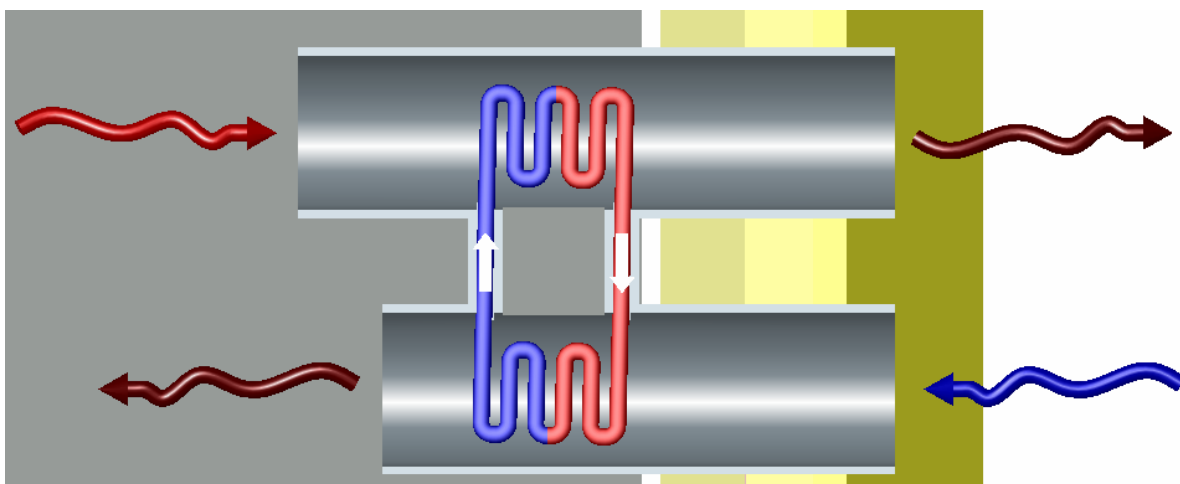
$\frac{n}{t} = \text{antal luftombyten per sekund}$

Ekvation 2.20. Beräknat värmebehov per kvadratmeter för att kompensera ventilationen vid 20 °C innetemperatur, -20 °C utetemperatur, ånghalt på 0,00063 och tio luftombyten per timme.

För att kombinera en god luftkvalitet med ett energieffektivt uppvärmningssystem är det fördelaktigt om värmeenergin i frånluften kan återvinnas [2]. Tidigare var det lagstadgat att återvinna värmen i ventilationen men i mitten på 1990-talet slopades den lagen för byggnader anslutna till fjärrvärmenätet. Detta har medfört att energianvändningen i nybyggda flerbostadshus har ökat eftersom de flesta flerbostadshus är anslutna till fjärrvärmenätet [13]. Ett

sätt att återvinna värme är att kyla ner frånluften med en värmepump, ett annat är att låta frånluften gå i en värmväxlare med tilluften. I fallet då en värmepump används kan den utvunna värmeenergin användas till att värma upp tappvarmvatten eller användas till att värma upp byggnaden [6]. En fördel med att använda en värmepump för värmeåtervinningen är att den även kan användas för att kyla tilluften då det behövs.

Det finns två huvudtyper av värmväxlare med avseende på hur värmeöverföringen sker. Då värme överförs genom en värmväxlande yta är det fråga om rekuperativ värmväxling, se figur 2.7. Då det värmväxlande materialet ömsom värms upp av den varma fluiden och ömsom kyls av den kalla fluiden heter det regenerativ värmväxling. Roterande värmväxlare, som är av regenerativ typ, kan nå en återvinningsgrad på 85 %. Värmväxlare som använder sig av värmebatterier där det strömmar vätska och alltså är av rekuperativ typ når en maximal återvinningsgrad på 60 %. Plattvärmväxlare som också är av rekuperativ typ når som mest en återvinningsgrad på 70 %.



Figur 2.7. Principiell uppbyggnad av ventilationsystem med värmväxlare av rekuperativ typ [eget material].

2.3.1 Avdunstning och kondensation

En annan typ av värmetransport med hjälp av massutbyte med omgivningen är då vatten genomgår en fasomvandling på själva systemgränsen. Då vattnet kondenseras frigörs det värmeenergi och när det förångas åtgår det värmeenergi. Ett effektivt sätt att transportera värme från en yta är att låta vatten avdunsta från den. På motsvarande sätt kan en yta värmas upp effektivt då ånga kondenseras på den. I byggnadssammanhang är detta önskat värmeöverföringsmekanismer. Av olika skäl är det ofördelaktigt då fukt kommer i kontakt med väggar och tak. Fenomenet existerar emellertid.

Kondensation sker främst på morgnar då lufttemperaturen är låg, den relativa luftfuktigheten hög och dagg faller ut på klimatskärmens utsida. Denna kondensation bidrar då med ett energitillskott till byggnaden och värmeflödet ut ur densamma minskar. Avdunstning sker då en fuktig fasad eller takyta torkar genom ett energitillskott inifrån, uppvärmning av solen eller med vindens hjälp. Ytan kyls på detta sätt av och värmeflödet ut ur byggnaden ökar. Mängden energi som åtgår för att avdunsta ett kilo vatten är densamma som frigörs då ett kilo vatten kondenseras. Vattens ångbildningsentalpi är 2501,3 [kJ/kg] vid 0,01 °C och 2454,1 [kJ/kg] vid 20 °C vid gällande mättnadstryck [7]. Detta är som synes stora energimängder. För att värma upp vatten från noll grader till kokpunkten åtgår det ca 430 [kJ/kg]. Det krävs

alltså över fem gånger så mycket energi att fasomvandla vatten som att upphetta det hundra grader. Vid 100°C och atmosfärstryck är ångbildningsentalpin för vatten $2257,0$ [kJ/kg] [7].

Avdunstning kan kyla av klimatskärmens utsida till luftens våta temperatur, vilken är mindre än den vanliga lufttemperaturen. Ytterligare avkylning är inte möjlig eftersom luften inte kan ta emot mer vatten då den har nått sin våta temperatur. Den våta temperaturen beror på den relativa luftfuktigheten och är lägre ju torrare luften är. Den våta temperaturen bestäms genom att en termometer omlindas av en fuktig trasa. Temperaturen sjunker då i takt med att vatten avdunstar. När jämvikt infinner sig visar termometern den våta temperaturen. Den våta temperaturen kan även utläsas ur Mollierdiagram vid en given relativ fuktighet. I tabell 2.8 återfinns några våta temperaturer hämtade ur Mollierdiagram i [9].

Torr temperatur	Våt temperatur vid en relativ luftfuktighet på 20 %	Våt temperatur vid en relativ luftfuktighet på 40 %	Våt temperatur vid en relativ luftfuktighet på 80 %
10°C	-	6°C	9°C
15°C	7°C	9°C	$13,5^{\circ}\text{C}$
20°C	10°C	$12,5^{\circ}\text{C}$	$17,5^{\circ}\text{C}$

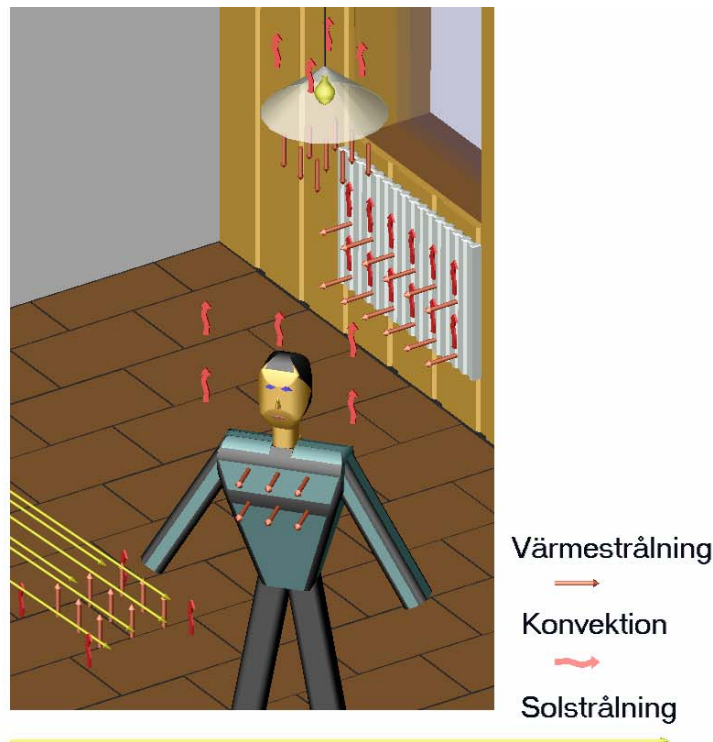
Tabell 2.8. Våta temperaturer. Värden hämtade ur Mollierdiagram i [9].

2.4 Inre värmegenerering

Inre värmegenerering sker i en byggnad då energi förs över systemgränsen i andra former än ren värme och sedan omvandlas till värme inne i byggnaden. Så är fallet för samtliga uppvärmningssystem utom fjärrvärme. Om byggnaden uppvärms med olja, ved, pellets, flis, kol eller gas så tillförs energin som kemisk energi. Värmeenergin skapas sedan då materialen förbränns. Förbränningsverkningsgraden varierar för olika bränslen och panntyper. Hur mycket av värmen som stannar i byggnaden är också varierande. Rökgaserna lämnar byggnaden vid en högre temperatur än rumstemperaturen vilket innebär värmeförluster.

Kemisk energi omvandlas till värmeenergi även i människokroppen, se figur 2.8. En person i vila producerar ungefär 60 [W/m² kroppsytta] i värmeenergi. För kontorsarbete är den producerade värmeeffekten 70 - 80 [W/m² kroppsytta]. Effekten ökar sedan med ökad aktivitetsnivå. Vid tungt arbete t.ex. skogsarbete kan värmeeffekten uppgå till 400 [W/m² kroppsytta]. [9]

Värmeavgivningen från människokroppen sker med strålning, konvektion, avdunstning och ledning. Bidraget från ledning är emellertid litet. Vid en kall omgivning sker den mesta värmetransporten genom strålning och konvektion. Då rumstemperaturen ökar minskar emellertid möjligheterna för de båda värmeöverföringsmekanismerna eftersom de endast beror på temperaturskillnaden. Kroppen kompenserar då detta genom att svettas mer och ökar på så sätt avdunstningen [9].



Figur 2.8. Internvärmeproduktion [eget material].

En människa på 70 kg och 170 cm har en begränsningsarea på ca 1,8 m² [9]. Det innebär att det på ett kontor produceras ca 135 W värmeenergi per person, se ekvation 2.21. Det är viktigt att ha i åtanke att den interna värmegenereringen p.g.a. att personer vistas i byggnader varierar över dygnet. Annars kan värmesystemet bli feldimensionerat [2].

$$\frac{70 + 80}{2} \cdot 1,8 = 135 \left[\frac{W}{person} \right]$$

Ekvation 2.21. Producerad värmeeffekt per kontorsarbetande person.

Det mesta av all el som används ombildas till slut till värme, se figur 2.8. För fastigheter i allmänhet talas det om två olika typer av elektrisk energi. Fastighetsel till fasta installationer såsom fläktar och pumpar samt el till uppvärmning. För bostäder tillkommer det hushållsel som används av elektriska apparater i hushållet [3]. Solinstrålning genom fönster leder också i själva verket inre värmegenerering. Detta eftersom energin kommer in i byggnaden främst som kortvågig strålning och omvandlas inne i byggnaden till värmeenergi [2].

Storleken på den interna värmegenereringen kan vara ganska svår att uppskatta. I [18] ställs det upp ungefärliga värden på olika bidrag till den interna genereringen för lägenheter och småhus. Värmeproduktionen från personer per år och hushåll är enligt dem 500-3 000 kWh, 1 500-3 000 kWh från hushållsel och 1 000-3 000 kWh från solinstrålning. Den totala interna värmeenergiproduktionen från ovanstående bidrag blir då mellan 3 000 och 9 000 kWh/år.

2.5 Bortförande av överskottsvärme

Trots att byggnader i allmänhet kräver en ansenlig mängd värmeenergi per år så förbrukar dess kylsystem samtidigt mycket energi. Det är främst kommersiella byggnader som har ett kylbehov. Bostäder har på svenska breddgrader oftast inget värmeöverskott. Överskottsvärme

kan avlägsnas på två olika sätt. Ett sätt är att se till så att tilluften är kallare än frånluften. Det andra är att kyla bort överskottsvärmen direkt inne i byggnaden med hjälp av luftkonditionering eller fjärrkyla etcetera [2]. Energibalansen för byggnaden fungerar på samma sätt när det gäller fjärrkyla som fjärrvärme, se ekvation 2.17. När det gäller luftkonditionering alltså kylning med hjälp av kylmaskiner avger byggnaden mer värmeenergi än vad som tas från inomhusluften. Detta beror på att det åtgår elektrisk energi för att bortföra värme från rummen, den elektriska energin omvandlas också till värme. Relationen mellan bortförd värmeeffekt och tillförd elektrisk effekt ger köldfaktorn, se ekvation 2.22. [2]

$$COP_2 = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{W}}$$

$$COP_2 = \text{köldfaktor [-]}$$

$$\dot{Q}_2 = \text{bortförd värmeeffekt [W]}$$

$$\dot{W} = \text{tillfört elektriskt arbete [W]}$$

Ekvation 2.22. Köldfaktor för en kylmaskin [2].

Då kylning sker genom att tilluften är kallare än frånluften kan det antingen utnyttjas att temperaturen är lägre utomhus än inomhus om så är fallet. Eller så kan tilluften kylas med hjälp av någon av ovan nämnda kylmetoder.

2.6 Beräkning av värmeenergibehovet

Byggnader värms upp främst genom det konventionella värmesystemet. Ett värmetillskott kommer emellertid även från andra källor än det vanliga värmesystemet, gratisvärme. Gratisvärme avser inte att värmen inte kostar något, eftersom den bland annat består av hushålls- och fastighetsel, utan att värmen genereras som en biprodukt av något annat, se avsnitt 2.4 ”Inre värmegenerering”. Eftersom gratisvärmen ibland är större än byggnadens uppvärmningsbehov så uppstår det vid de tillfällena ett överskott på värme.

Då energibehovet från det vanliga värmesystemet skall beräknas dras gratisvärmen ifrån. Detta görs genom att en gränstemperatur på utomhusluften då gratisvärmen precis räcker till för att värma upp byggnaden beräknas, se ekvation 2.23. Sedan beräknas byggnadens uppvärmningsbehov utifrån gränstemperaturen. Uppvärmningsbehovet illustreras av det grå området i diagram 2.1.

$$T_g = T_{inne} - \frac{q_{gratis}}{(W_{trans} + W_{vent})}$$

$$W_{trans} = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{j=1}^m \Psi$$

$$W_{vent} = q_{vent} \cdot \dot{V}$$

T_g =gränstemperatur [K]
 q_{gratis} =gratisvärme [W]
 A =arean [m²]
 Ψ =värmegenomgång genom köldbryggor [W/K]
 q_{vent} =värmetransport via ventilationen [J/m³K]
 \dot{V} =volymflöde [m³/s]
 W_{trans} =transmissionens förluster [W/K]
 W_{vent} =ventilationsförluster [W/K]

Ekvation 2.23. Gränstemperatur.

En grov uppskattning av en byggnads värmeenergiebehov kan göras enligt ekvation 2.24 där differensen mellan gräns- och årsmedeltemperaturen används som en konstant temperaturskillnad över hela året.

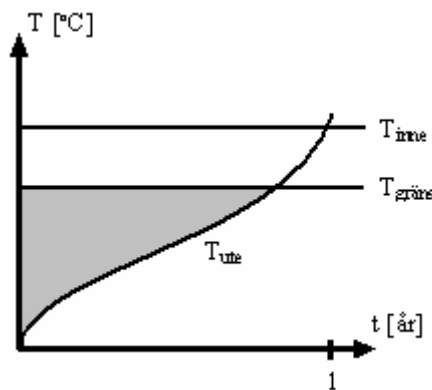


Diagram 2.1. Varaktighetsdiagram [eget material].

Metoden enligt ekvation 2.24 ger stora fel då skillnaden mellan gräns- och årsmedeltemperaturen är liten eftersom det kylbehov som uppstår då gränstemperaturen är lägre än utetemperaturen ses som ett minskat totalt värmebehov. Extremfallet då årsmedeltemperaturen är lika med gränstemperaturen ger att det inte finns något värmebehov trots att det då gör det under precis halva året.

$$Q_{behov} = (W_{trans} + W_{vent}) \cdot (T_g - T_{um}) \cdot 8760$$

$$Q_{behov} = \text{värmeenergiebehov [Wh/år]}$$

$$T_{um} = \text{årsmedeltemperatur [K]}$$

$$8760 = \text{antal timmar på ett år}$$

Ekvation 2.24. Värmeenergiebehov för en byggnad, beräknat utifrån normalårstemperaturen [18].

För att kunna beräkna en byggnads värmeenergiebehov noggrannare så krävs det att skillnaden mellan gräns- och utomhustemperaturen som funktion av tiden är känd. En metod för att uppskatta inverkan av denna temperaturskillnad är gradtimmemetoden [18]. Värmeenergiebehovet beräknas med gradtimmemetoden enligt ekvation 2.25 vilken ger ett tillförlitligare värde än ekvation 2.24.

$$G_t = \int_{\text{år}} (T_g - T_{ute})(t) dt$$

$$Q_{behov} = (W_{trans} + W_{vent}) \cdot G_t$$

$$G_t = \text{gradtimmar [Kh]}$$

Ekvation 2.25. Värmeenergibehov för en byggnad, beräknat med gradtimmemetoden [18].

I tabell 2.9 Finns det uppgifter på gradtimmar för olika gräns- och normalårstemperaturer. Normalårstemperatur avser inte årsmedeltemperatur utan utomhustemperaturens årsmedianvärde, med andra ord den temperatur som delar normalårets temperaturer mitt itu. Normalårstemperaturen och årsmedeltemperaturen skiljer sig emellertid inte så mycket åt, se tabell 2.11 [18]. Tabell 2.10 visar normalårstemperaturen för några orter i Sverige.

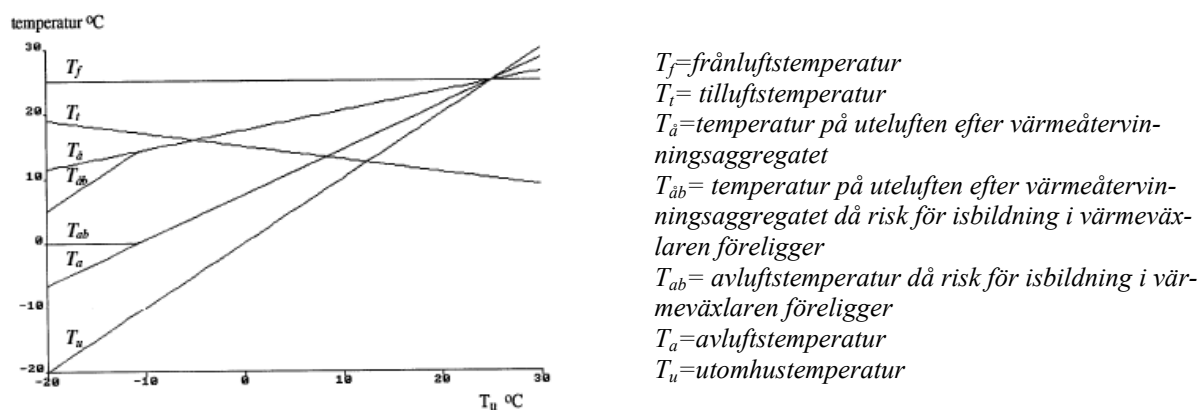
T _g [°C]	T _{un} [°C]	G _t [h]										
		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
25		238900	229400	220300	211200	202000	192900	184000	174900	165600	156800	147300
24		230100	220600	211600	202500	192300	184200	175300	166300	157000	148300	138700
23		221400	211900	202900	193800	184600	175600	166700	157700	148500	139800	130300
22		212750	203200	194300	185200	176000	167000	158200	149200	140000	131300	121900
21		204100	194600	185700	176600	167500	158600	149700	140800	131600	123000	113600
20		195500	186100	177200	168100	159000	150100	141300	132400	123300	114800	105500
19		187000	177600	168700	159700	150600	141800	133000	124200	115200	106700	97600
18		178500	169200	160300	151300	142300	133600	124900	116100	107200	98900	90000
17		170100	160800	152000	143100	134100	125400	116800	108200	99500	91400	82700
16		161700	152500	143800	135000	126100	117500	109000	100500	92000	84200	75700
15		153500	144300	135700	127000	118200	109700	101400	93200	84900	77200	69000
14		145400	136300	127700	119200	110500	102300	94100	86100	78000	70600	62700
13		137400	128400	120000	111500	103100	95000	87100	79300	71500	64300	56600
12		129600	120800	112400	104200	96000	88000	80300	72700	65200	58200	50900
11		121900	113300	105100	97000	89000	81400	73900	66500	59300	52500	45400
10		114500	106000	98000	90100	82400	74900	67700	60600	53600	47100	40300
9		107200	99000	91200	83500	76000	68800	61800	54900	48200	42000	35500
8		100200	92200	84600	77200	69900	62900	56200	49600	43200	37100	31100
7		93500	85800	78300	71100	64100	57400	50800	44500	38400	32600	26900
6		87000	79500	72300	65300	58500	52000	45800	39700	33900	28400	23000
5		80750	73500	66500	59700	53200	47000	41000	35200	29700	24500	19500

Tabell 2.9. Gradtimmar vid olika gräns- och normalårstemperaturer [18].

Ort	Normalårstemperatur T _{un} [°C]
Malmö	8,0
Växjö	6,5
Kalmar	7,0
Göteborg	7,9
Karlstad	5,9
Örebro	5,9
Stockholm	6,6
Östersund	2,7
Umeå	3,4
Luleå	3,0
Kiruna	-1,2

Tabell 2.10. Normalårstemperaturer för några orter i Sverige [18].

Då en byggnads uppvärmning helt eller främst sker genom ventilationen blir beräkningarna av energibehovet lite annorlunda. Det ventilationssystem som är dominerande för den typen av byggnader är FTX-system, alltså ett från- och tilluftsystem med värmeåtervinning. Kommerciella byggnader och andra byggnader med lokaler har ofta denna typ av uppvärmning, se avsnitt 3.2.2 "Energideklaration av olika typer av byggnader". Temperaturerna i ett FTX-system varierar med utomhustemperaturen, se figur 2.9.



Figur 2.9. Temperaturer i ventilationssystem [18].

Inomhustemperaturen och därmed frånluftstemperaturen hålls relativt konstant. För att kompensera för de ökade transmissionsförlusterna måste tilluftstemperaturen öka då utomhustemperaturen sjunker.

Värmeenergin som återvinns ur frånluften räcker inte alltid till att värma tilluften. Därför placeras ofta ett värmebatteri på tilluften efter värmeåtervinningen. Efter värmeväxlaren blir frånluften avluft och dess temperatur sjunker med utomhustemperaturen tack vare ökad avkylning i värmeväxlaren. [18]

För att undvika isbildning i värmeväxlaren bör inte avluftstemperaturen bli för låg. Därför begränsas ofta avluftstemperaturen nedåt då risk för detta föreligger, vilket leder till minskad temperaturåtervinningsgrad, se ekvation 2.26. Då tilluftstemperaturen sjunker under utomhustemperatur efter värmeväxlaren, T_a , uppstår ett kylbehov. Byggnader med FTX-ventilationssystem har därmed ett behov av komfortkyla i större utsträckning än andra byggnader. Ett sätt att undvika att behov av kylning uppstår i onödan är att koppla en del av flödet förbi värmeväxlaren. Kylning sker rent praktiskt genom att det placeras en kylanläggning i anslutning till värmebatteriet. Ekvation 2.26 visar funktioner för relevanta temperaturer i ett FTX-ventilationssystem.

Temperaturverkningsgrad

$$v = \frac{T_{\dot{a}} - T_u}{T_f - T_u}$$

v = temperaturverkningsgraden [-]

frånluftstemperaturen som funktion av utomhustemperaturen

$$T_f = T_{f0} + g_f \cdot T_u$$

tilluftstemperaturen som funktion av utomhustemperaturen

$$T_t = T_{t0} + g_t \cdot T_u$$

uteluftenstemperarens temperatur efter värmväxlaren

$$T_{\dot{a}} = v \cdot T_{f0} + (1 - v + v \cdot g_f) \cdot T_u$$

uteluftenstemperarens temperatur efter värmväxlaren

då den begränsas p.g.a. frostrisk

$$T_{\dot{a}b} = T_f + T_u - T_{ab}$$

Ekvation 2.26. Funktioner för olika temperaturer i ett TFX-ventilationssystem [18].

Eftersom inomhustemperaturen tillåts variera med utomhustemperaturen så kommer även gränstemperaturen att göra detta. I fallet då hela flödet går igenom värmväxlaren blir gränstemperaturen enligt ekvation 2.27. Ekvation 2.27 saknar term för gratis värme, den kommer emellertid med ändå eftersom skillnaden mellan till- och frånluftstemperaturen är beroende av mängden gratisvärme.

$$T_g = \frac{T_{t0} - v \cdot T_{f0}}{1 - v - g_t + v \cdot g_f}$$

Ekvation 2.27. Gränstemperatur i en byggnad med FTX-ventilationssystem [18].

Tabell 2.11 visar samband mellan normalårstemperatur och årsmedeltemperatur [18].

T_{un} [°C]	-2,00	-1,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
T_{um} [°C]	-2,27	-1,19	-0,16	0,89	1,95	2,98	4,00	5,04	6,12	7,12	8,23

Tabell 2.11. Samband mellan normalårstemperatur T_{un} och årsmedeltemperatur T_{um} [18].

3 Energideklarationer

Europas byggnadsbestånd skall undersökas med avseende på energianvändning. Det här kapitlet har för avsikt att utreda hur detta skall gå till i Sverige. Här ges först en text om EG-direktivet som ligger till grund för det hela. Därefter undersöks de delar som skall ligga som grund för den svenska lagen. Dessa delar består i tre olika betänkanden från miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet samt remissvar på dessa.

3.1 Europaparlamentets direktiv

Europaparlamentet antog i december 2002 ett direktiv om byggnaders energiprestanda, *2002/91/EG*, [11]. I direktivet sätts det en rad krav på de olika medlemsstaterna. Dessa krav har alla direkt eller indirekt med byggnaders energiprestanda att göra. Direktivet ger samtidigt medlemsstaterna möjlighet att själva utarbeta hur kraven skall uppfyllas. Bakgrunden till direktivet är att Europaparlamentet vill sänka energianvändningen inom EU genom att arbeta mot bättre energiprestanda för byggnader.

Direktivet ses som ett sätt att gemensamt sträva efter en ökad miljömedvetenhet vilket fanns med som en punkt i fördraget om upprättandet av Europeiska gemenskapen. Målsättningen är att naturresurserna skall utnyttjas mer förståndigt så att den totala energianvändningen och CO₂-utsläppen minskar. Det fastslås också i direktivet att Kyotoprotokollet bör finnas med i åtanke när medlemsländerna tillämpar direktivet. EU-parlamentet anser att efterfrågan av olika energislag skall styras med hjälp av direktivet om byggnaders energiprestanda.

Resultatet av energidirektivet skall vara att det upprättas ett energicertifieringssystem där byggnader energicertifieras enligt direktivets uppställda ramar. De enskilda länderna inom de Europeiska gemenskaperna ges sedan rätt att bestämma vilka juridiska påföljder certifikaten skall ha. Energicertifikaten skall upprättas när en byggnad byggs, säljs eller hyrs ut, certifikatet skall då komma den presumtive köparen eller hyresgästen tillhanda. Giltighetstiden sätts till högst tio år. Det primära budskapet på certifikaten skall enligt direktivet vara byggnadens energiprestanda och vilka rättsliga effekter det har. Certifikaten skall även innehålla referensvärden på energianvändningen för liknande byggnader där det går att utläsa om byggnaden är energieffektiv eller inte. Rekommendationer på hur energihushållningsförbättringar kan genomföras kostnadseffektivt skall även finnas med.

Medlemsstaterna skall stifta lagar vilka gör att energidirektivet uppfylls senast den 4 januari 2006. Om det råder brist på kvalificerade experter i de enskilda medlemsstaterna så kan de enligt direktivet få uppskov med inrättandet av energicertifikat, inspektion av värmepannor och inspektion av luftkonditionering fram till 2009. Orsaken till detta skall dock vara välmotiverad och EU-kommissionen skall i så fall ha en tidsplan för inrättandet tillhanda.

3.1.1 Energiprestanda

Direktivet definierar energiprestanda som den mängd fastighetsanknuten energi en byggnad använder, vilket innebär energi till uppvärmning, vattenuppvärmning, kylning, ventilation och belysning etcetera. Denna energimängd kan vara beräknad eller uppmätt faktisk användning. Energimängden skall dock avse ett normalt brukande. Vid beräkning skall hänsyn tas till vär-

meisolerings, byggnadens placering ur ett klimatperspektiv, solinstrålning, uppvärmningssystem, ventilation, byggnadens utformning samt inverkan av intilliggande byggnader. Hänsyn skall även tas till luftkonditionering, inbyggda belysningsanläggningar och varmvattensystem. Energiprestandan får enligt direktivet även innehålla en CO₂-indikator men detta är inget krav.

Beräkningsmetodikerna bör enligt direktivet vara flexibla så att tekniska framsteg snabbt kan mötas upp med en förändrad och hårdare syn på energiprestandan. Beräkningsförfarandet skall uppdateras minst vartannat år. Kraven på god energiprestanda bör också uppdateras regelbundet, minst vart femte år.

Bostads- och tjänstesektorn står för över 40 % av den totala energianvändningen inom EU. Merparten av denna energi används i byggnader. Denna sektor expanderar vilket gör att även energiåtgången och CO₂-utsläppen kommer att öka om ingen åtgärd förhindrar detta. Det europeiska rådet ställde i september 1993 upp ett direktiv om begränsning av koldioxidutsläpp, 93/76/EEG, vilket ställer krav på medlemsstaterna att öka energieffektiviteten i byggnadssektorn. Detta direktiv har nu enligt [11] börjat visa resultat men för att det ska nå ett djupare genomslag så krävs det ytterligare instrument. Det finns även stora skillnader mellan hur långt de olika medlemsstaterna har nått i detta arbete.

Vid beräkning av byggnaders energiprestanda skall en metod användas som tar med i bedömningen var byggnaden är belägen. Vidare så skall byggnadens värmeisolerings- och vilken energislag som används tas med i beräkningarna. CO₂-neutrala energikällor är att föredra. Solenergi, andra förnyelsebara energikällor, el från kraftvärme, fjärrvärme, fjärrkyla och naturligt ljus skall därmed betraktas som positivt vid certifiering enligt direktivet. Experterna som genomför bedömningen av byggnaders energiprestanda skall vara oberoende och verka för att den samlade energianvändningen sjunker. Kompetenskravet säkerställs genom att de är auktoriserade eller motsvarande. Experterna tillåts i direktivet vara anställda inom såväl offentliga organ som privata företag.

3.1.2 Värmepannor och luftkonditionering

Vid inspektion av värmepannor ges medlemsstaterna i energidirektivet två olika alternativ som här betecknas A och B. Alternativ A är det mest precisa av dem båda och där ställs det upp skilda krav för olika effektstorlekar på pannor. Bland annat så skall pannor med en effekt på 20-100 kW besiktigas regelbundet, pannor på över 100 kW skall besiktigas vartannat år, för gaspannor sätts emellertid gränsen till vart fjärde år. Det anges inte i direktivet vilken effekt som avses, om det är brännareffekt eller värmeeffekt. För pannor med en effekt på mindre än 20 kW ställs det inte upp några riktlinjer. I alternativ A står det att riktlinjer för hur hantering av pannor som är äldre än 15 år skall ställas upp av de enskilda medlemsstaterna. Där skall bland annat pannans effektivitet och möjlighet till utbyte bedömas. I alternativ B lämpas ansvaret över till de olika medlemsstaterna att själva ställa upp riktlinjer för hur värmepannor skall inspekteras. Medlemsstaterna skall se till att användare av pannor får råd om utbytesmöjligheter. Resultatet av alternativ B skall dock motsvara resultatet av alternativ A. Om alternativ B väljs så skall landet rapportera in till kommissionen vartannat år hur väl resultatet överensstämmer med alternativ A.

Installationer för uppvärmning och komfortkyla skall enligt direktivet utformas så att de håller med energin. Dyliga installationer skall även vara anpassade efter de lokala klimatförhållandena och hänsyn skall tas till krav på inomhusklimat och kostnadseffektivitet.

Luftkonditioneringar skall enligt direktivet inspekteras med jämna mellanrum om de har en nominell kyleffekt på över 12 kW. Effektiviteten skall då bedömas och kylanläggningens storlek skall jämföras med byggnadens kylbehov. Inspektionens resultat blir råd till användaren om eventuella förbättringar såsom utbyte till alternativa lösningar.

I Sydeuropa finns det idag ett problem med effekttoppar i elnäten varma dagar på grund av luftkonditionering. Energicertifikaten bör enligt direktivet ses som ett verktyg för att minska dessa toppar. Detta sker enklast genom att åtgärder som avser sänka inomhustemperaturen utan att använda luftkonditionering bedöms som positiva vid certifieringen. Värme- och kylsystem bör i allmänhet ses över regelbundet och bytas ut eller optimeras om detta bedöms som lönsamt. Medvetenheten hos gemene man ökar om kostnader för värme, kyla, varmvatten och elektricitet inte bakas in i hyran utan kommer på separat faktura. Den ökade medvetenheten ger sedan automatiskt en energibesparing. [11]

3.1.3 Olika typer av byggnader

Vid uppförandet av nya byggnader ställs det extra höga krav eftersom det där ges större möjlighet att anpassa värmesystemet efter de lokala förhållandena [11]. De enskilda staterna bör enligt direktivet utreda vilka energihushållningsåtgärder vid nybyggnation som är lämpliga efter deras förhållanden. I den bedömningen bör det tas med att det finns obeprövad teknik som behöver kvalitetssäkras. Nya byggnader är speciellt viktiga eftersom de påverkar energi-användningen för lång tid framåt. Vid större renoveringar och ombyggnationer bör även värme- och ventilationssystemen ses över för att om möjligt införa energihushållningsåtgärder. Dessa åtgärder skall dock enligt direktivet gå att införa utan att byggnadens funktion avsevärt försämras och energibesparingen skall göra den extra investeringen lönsam inom en rimlig tid. Då byggnader större än 1000 m² genomgår en större renovering skall det enligt direktivet om möjligt säkerställas att de uppfyller minimikraven gällande energiprestanda. I bedömningen om det är möjligt att uppnå gällande minimikrav skall hänsyn tas till tekniska och funktionella aspekter.

Vid uppförandet av nya byggnader som är större än 1000 m² skall det utredas om alternativa uppvärmningssystem, som kraftvärme, bioenergibaserad värme, fjärrvärme eller värmepumpar, är möjliga att använda. I den bedömningen skall enligt direktivet såväl ekonomiska som tekniska och miljömässiga aspekter tas med. Olika typer av byggnader har skilda krav på inomhusklimatet och bör därför bedömas olika ur ett energiperspektiv. Vissa typer av byggnader omfattas inte av direktivet. Det rör sig bland annat om byggnader som har kulturhistoriska värden, tillfälliga byggnader som skall användas mindre än två år, bostadshus som är bebodda mindre än fyra månader per år och industribyggnader. Slutligen utelämnas fristående byggnader med en golvyta på mindre än 50 m². De enskilda medlemsstaterna ges även här frihet att själva bestämma vilka byggnader som skall innefattas av direktivet. Ovanstående byggnadstyper får tas med men måste inte inkluderas.

3.1.4 Certifiering

Certifiering av byggnader skall enligt direktivet åtföljas av uppmuntrande åtgärder som får till följd att energiprestandan för byggnaden förbättras. Certifikatet skall beskriva byggnadens nuvarande energianvändning på ett så bra sätt som möjligt. Offentliga statliga och kommunala byggnader bör enligt direktivet ha en bra energiprestanda för att visa samhället att de tar sitt ansvar. Energicertifikaten skall enligt direktivet anslås tydligt i entrén till byggnader större än 1 000 m² som inhyser offentliga myndigheter. På certifikaten skall det finnas uppgift om den faktiska temperaturen och rekommenderad inomhustemperatur så att vem som helst kan se om det finns möjlighet till energibesparing. Detta bör sedan leda till ökad medvetenhet hos allmänheten med påföljande energieffektivisering. [11]

Målet med energidirektivet bestäms gemensamt för alla medlemsstaterna. Ramarna för beräkningsmetodikerna är därmed desamma för hela unionen. Detaljerna får emellertid sedan staterna utveckla var för sig. Staterna ges även möjlighet att ha skilda metoder regionalt. Varje land skall enligt direktivet sätta upp minimikrav på energiprestandan var för sig. Dessa krav får variera för olika typer av byggnader. Byggnader bör delas in i kategorierna enfamiljshus, flerfamiljshus, kontor, utbildningsanstalter, sjukhus, hotell och restauranger, idrottsanläggningar, byggnader för parti- och detaljhandel samt andra typer av energikrävande byggnader enligt direktivet.

3.2 Energidirektivet översatt till svenska förhållanden

SOU 2005:67, [1], statens offentliga utredning nummer 67, år 2005, är ett slutbetänkande av utredningen om byggnaders energiprestanda. Slutbetänkandet bygger på delbetänkandena SOU 2004:78, [10], och SOU 2004:109, [12]. Efter beaktande av inkomna remissvar kommer sedermera SOU 2005:67, SOU 2004:78 och SOU 2004:109 att leda fram till en proposition som riksdagen har att ta ställning till. Det senare delbetänkandet och slutbetänkandet är utformade av Bengt Nyman som har fått uppdraget av regeringen att utreda hur 2002/91/EG, [11], skall uppfyllas i Sverige.

För att inte energicertifikat skall blandas ihop med el-certifikat bestäms det i [12] att den svenska benämningen på energicertifikaten skall vara energideklarationer. Vidare konstateras det i [12] att Sverige måste ändra sin lagstiftning med anledning av [11] eftersom det i dag inte finns någon lag om energideklarationer.

En energideklaration skall enligt [12] utföras när en byggnad säljs eller hyrs ut om det inte redan finns en aktuell deklaration. Den presumtive köparen eller hyresintressenten skall ha energideklarationen tillhanda innan affären så att den kan tas med i bedömningen av byggnaden. Detta gäller även om delar av byggnaden säljs eller hyrs ut. För offentliga byggnader med en area större än 1000 m² gäller dock enligt [11] att en energideklaration skall uppföras oavsett om den säljs, hyrs ut eller inte. I [12] översätts det till att byggnader, vilka enligt fastighetstaxeringslagen, räknas som specialbyggnader. Med detta menas att byggnader vilka har ett allmännyttigt ändamål och därmed är skattebefriade. Detta innefattar byggnader som sjukhus, museer, skolor förvaltningsbyggnader, domstolar, bibliotek och idrottsanläggningar.

För att säkerställa att lagen om energideklarationer efterlevs krävs det enligt [12] någon form av bestraffning mot de byggnadsägare som inte utför en energideklaration då detta enligt lagen skall göras. Denna bestraffning föreslås bestå av böter i samma storleksordning som kostnaden är för att utföra en energideklaration. Rent konkret så knyts beloppet till prisbasbeloppet.

pet enligt lagen om allmän försäkring. För småhus föreslås beloppet bli 10 % och för övriga byggnader 25 % av prisbasbeloppet. 2004 innebar detta knappt 4 000 kr för småhus och knappt 10 000 kr för övriga byggnader.

SOU 2004:109 fastslår att giltighetstiden för de svenska energideklarationerna skall sättas till tio år, vilket är maxgränsen enligt [11]. Motiveringen till detta är att ändringar av klimatskal och energiinstallationer har en livslängd som överstiger den maximala tiden, vilket gör att tätare intervall mellan deklarationerna oftast inte tillför något. Det påpekas dock att det kan finnas fall då det är lämpligt med en kortare giltighetstid.

Boverket poängterar i sitt yttrande om SOU 2005:67, [17], att det är viktigt att energideklarationsystemet inte ignorerar väsentliga egenskaper hos byggnaden. Detta kan nämligen leda till att föreslagna energihushållningsåtgärder försämrar inomhusmiljön eller leder till fuktproblem.

3.2.1 Energiförbrukning

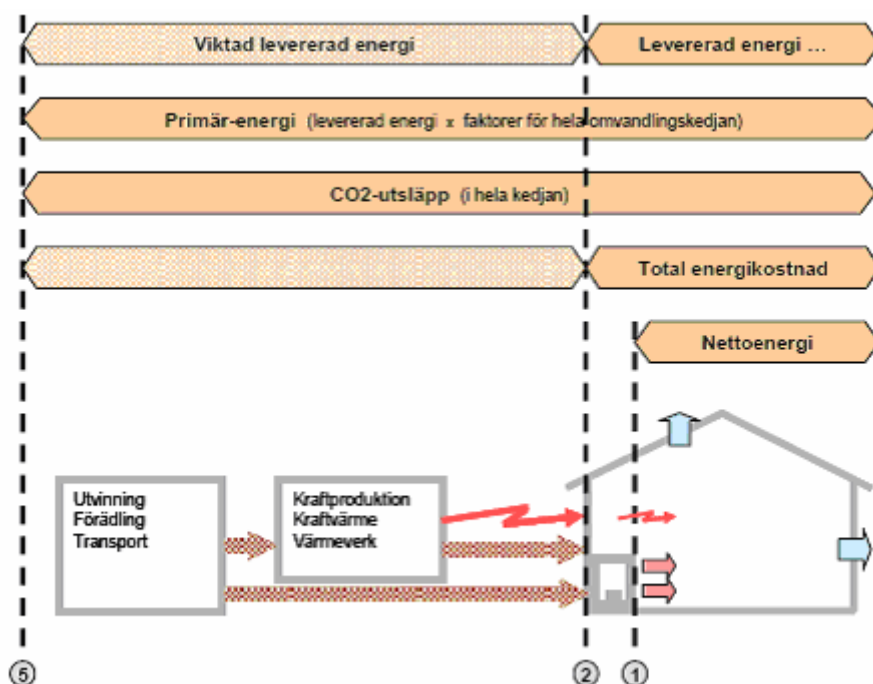
Enligt [1] bör energiförbrukning definieras som energianvändning per areaenhet. Förbrukningsmåtten skall vara detsamma för befintliga som för nya byggnader. I SOU 2005:67 fastslås det vidare i enlighet med 2002/91/EG att energiförbrukningsmåtten kan grundas på såväl beräknade som uppmätta värden. Det europeiska standardiseringsorganet CEN har lämnat ett förslag på standarder vilka ska underlätta för de olika medlemsstaterna i EU att införa energidirektivet. I SOU 2005:67 hänvisas det till dessa standarder och det fastslås att Sverige skall använda sig av CEN:s standarder i stor utsträckning.

Systemgränsen

För att kunna bestämma vilken energianvändning en byggnad har måste det först definieras vilken typ av energi det är fråga om. Det måste bestämmas var systemgränsen för energianvändningen skall dras, se figur 3.1. Enligt CEN skall de olika energislagen som används i en byggnad vägas ihop till ett värde. Olika energislag kan dock viktas med olika faktorer som är ett eller större. Detta får till följd att en byggnad förbrukar dels en total levererad energimängd, dels en viktad energimängd. Dessa energimängder sammanslaget blir den primära energianvändningen. Den primära energianvändningen tar hänsyn till utvinnings- och transportförluster. Enligt [1] låter CEN de olika länderna själva bestämma hur olika energislag skall viktas. Koldioxidindikatorn skall enligt CEN beräknas på hela kedjan från utvinning till slutanvändare, kort sagt på den primära energimängden. Även här får medlemsstaterna själva utarbeta viktningsfaktorer för de olika energislagen.

Enligt Boverket bör Sverige använda sig av en tredje typ av energimått nämligen nettoenergi, vilken är den energi en byggnad använder om det inte finns några förluster i de inre systemen. Detta innebär alltså en snävare systemgränsdragning än levererad energi och primärenergi. Se figur 3.1. Nettoenergimåttet gör det enklare att jämföra byggnader med varandra oberoende av uppvärmningssystem. I [1] fastslås det att detta kan vara ett bra mått även om det inte finns med i CEN:s standard. I SOU 2005:67 diskuteras det kring olika sätt att ange energianvändningen per m². Primär energi, energikostnad, nettoenergi och levererad energi per m² är de olika möjligheterna som anges. Detta innebär samtidigt tre olika systemgränsdragningar,

energikostnad och levererad energi har samma systemgräns, nämligen byggnadens klimatskal, se figur 3.1.



Figur 3.1. Förenklad översikt över de olika energimåten [1].

Primärenergi och energikostnad ger enligt [1] ett svårgreppbart mått där det inte framgår tillräckligt tydligt vilka vinster det blir om en energihushållningsåtgärd genomförs. Nettoenergi-måttet har den nackdelen att det saknar internationell förankring. Slutsatsen blir att levererad energimängd per m² är lämpligast för Sveriges del. Systemgränsen bör alltså dras vid byggnadens klimatskal och storheten för prestandamåttet bör vara energi. Om och i så fall hur de olika energislagen skall viktas överlämnar SOU 2005:67 till Boverket och Energimyndigheten att bestämma.

Boverket menar i sitt yttrande om [1] att en viktning av olika energislag är olämplig eftersom det ur ett energihushållningsperspektiv endast är intressant hur mycket energi byggnaden använder. Det är enligt [17] även komplicerat att ta fram lämpliga viktningfaktorer.

Viktning av energislag

En viktning av energislag kan göras på olika sätt. En frågeställning som ställs i [1] är om samma energislag skall viktas olika beroende på ursprunget. Vilket ju är en väsentlig fråga, olika fjärrvärmeverk är till exempel olika miljövänliga. Men den enskilde konsumenten kan ju inte välja ett miljövänligt fjärrvärmeverk framför ett mindre miljövänligt. Det kommer då säkert att upplevas som orättvist om fjärrvärmeenergi viktas olika beroende på energislaget som genererar värmen. Liknande problem kan uppkomma vid olika viktning av el, med den skillnaden att konsumenten i viss mån kan påverka var elen kommer ifrån. Det är emellertid trots allt så att om en viktning skall bli riktig ur ett miljöpåverkande perspektiv så skall hänsyn även tas till ursprunget.

Energiprestandans innehåll

När systemgränsen för energiprestandan är definierad är det dags att bestämma vilka delar av en byggnads energianvändning som skall tas med. Det måste bland annat fastställas vilka delar av elanvändningen som skall ingå. Det är inte fastställt 2002/91/EG hur elanvändningen skall tas med i energiprestandabegreppet. SOU 2005:67 bedömer att det är nödvändigt att definitionen på detta är olika beroende på vilken typ av byggnad det rör sig om. Det är emellertid ändå fördelaktigt om de olika definitionerna är så lika som möjligt. Då kan nämligen olika byggnadstyper jämföras med varandra i viss utsträckning. Definitionen bör enligt [1] också vara sådan att det går att jämföra beräknade värden för till exempel nya byggnader med uppmätta värden.

Beträffande småhus menar [1] att prestandamåttet skall innefatta uppvärmning, varmvatten, komfortkyla, och hushållsenergi vid normal användning. Hushållsenergi innebär här i praktiken all energi som inte ingår i de tre preciserade områdena. För flerbostadshus skall prestandamåttet bestå i uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel. Att inte hushållsenergi ingår beror på att det i flerbostadshus ofta inte går att avgöra hur mycket hushållsel som används i varje enskild lägenhet. Dessa siffror är nämligen inget som fastighetsägaren har någon rätt till. För byggnader med lokaler föreslår [1] att uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla, fastighetsel och verksamhetsanknuten energi skall ingå i prestandamåttet. Den verksamhetsanknutna energin kan i vissa fall vara så omfattande att det inte finns något behov av ett separat värmesystem. Behovet av komfortkyla är enligt [1] mer påtagligt för byggnader med lokaler än för bostäder, se även avsnitt 2.6 ”Beräkning av värmeenergibehovet”. Enligt Boverkets remissvar, [17], skall inte hushålls- och verksamhetsel ingå i energiprestandabegreppet eftersom de inte är nödvändiga för att upprätthålla en byggnads egenskaper.

I [1] åläggs det Boverket att i samråd med Energimyndigheten utarbeta lämpliga referensvärden för energiprestanda. Olika typer av byggnader skall ha skilda referensvärden. Referensvärdena skall enligt [1] dels bestå i energiprestanda för liknande byggnader, dels i energiprestanda om föreslagna energihushållningsåtgärder utförs och dels i energiprestanda för nybyggnadsstandard. Energiprestandan för byggnader kan i inledningsskedet bygga på beräknade värden från SCB:s eller annan energistatistik. Senare när energideklarationsförfarandet kommit igång kan referensvärdena baseras på medelvärden från andra energideklarationer. En annan väg att gå är enligt [1] att bygga alla referensvärden utifrån beräknade värden. Referensvärdena för nybyggnadsstandard kommer alltid att behöva räknas fram. I sitt yttrande om [1] menar Boverket att byggnader skall delas in i tre kategorier god, medel eller dålig ur energihushållningssynpunkt.

Energiprestandans area

För att få en slutgiltig energiprestandadefinition måste det definieras vilken area den skall baseras på. Enligt CEN skall arean bestå av den temperaturreglerade arean, alltså utrymmen som värms eller kyls för att uppnå önskad temperatur [1]. Detta innefattar alla utrymmen i byggnader utom ouppvärmda vindsvåningar, ouppvärmda källare och garage. Arean i en byggnad kan sedan anges på olika sett. I svensk standard finns begreppen bruttoarea som baseras på byggnadens utvändiga mått, bruksarea som består i klimatskalets innermått bortsett från tjocka innerväggar och nettoarea vilken är rummens sammantagna innerytor.

SOU 2005:67 anser att ett nytt areabegrepp skall användas för energideklarationerna nämligen byggnadens area mätt fram till klimatskärmens insida. Arean skall endast innefatta utrymmen som är avsedda att värmas till över 10°C. Garagearean bör enligt [1] inte ingå i energideklarationer även om det rör sig om varmgarage. Anledningen till detta är att det kunde ha blivit ett billigt sätt att skenbart minska energiåtgången per m². Det är nämligen betydligt billigare att värma upp ett stort varmgarage till 10°C än att värma upp övriga delar av fastigheter till rumstemperatur. Boverket är i sitt yttrande om [1] övergripande överens med denna areadefinition.

Anledningen till att ett nytt areabegrepp införs är att det i de fall när inte areauppgift på en byggnad finns enkelt skall gå att mäta på en ritning och beräkna arean. Areamåttet får enligt [1] även beräknas utifrån byggnadens yttermått med en enkel subtraktion där klimatskalets area dras ifrån. Byggnader med en area på mindre än 50 m² är undantagna kravet på energideklaration i [11] och [12] men enligt [1] bör detta inte gälla komplementbyggnader till flerbostadshus som tvättstugor etcetera. För småhus blir det nya areabegreppet lika med boyta plus biyta enligt areor i fastighetstaxeringen, för övriga fastigheter krävs beräkning och eller mätning.

Beräkning av energiprestanda

För att få fram ett relevant energiprestandamått så kommer det att krävas beräkningar eller uppmätta värden på energianvändningen. För befintliga byggnader går det bra att bestämma energiprestandamåttet med båda metoderna. I fallet med nya byggnader kommer emellertid all energianvändning att behöva beräknas eftersom det där inte finns några mätdata att använda. Vid beräkning av energiprestanda kan metodiken beroende på var ambitionsnivån läggs bli helt olika. Från att bestå av enkla överslagsberäkningar med papper och penna till att innefatta en fullständig energianalys enligt ekvation 2.1, där i så fall program som använder finita elementmetoden krävs, se avsnitt 2.1 "Värmeledning". I SOU 2005:67 ställs det inte upp preciserade krav på beräkningsmetodiken och program för detta utan uppdraget att utreda detta överlämnas till Boverket. Det fastslås dock i [1] att de krav som ställs upp i [11], se stycke 3.1 "Europaparlamentets direktiv", om beräkningsmetodiken skall tillämpas i Sverige.

För att beräkningar skall vara meningsfulla krävs det emellertid att hänsyn tas till de olika värmeöverföringsmekanismerna i avsnitt 2. Däremot känns det spontant helt meningslöst att räkna med dynamiska förlopp eftersom detta komplicerar beräkningarna många gånger om. Den vinsten som nås i noggrannhet om dynamik införs i systemet tappas förmodligen direkt på grund av felaktiga antaganden. Däremot kan det vara lämpligt att införa en slags semidynamik då året delas in i diskreta steg, sedan kan det räknas fram stationära lösningar för varje steg. Beräkningar med gradtimmemetoden fungerar enligt den principen med skillnaden att istället för att en rad stationära lösningar beräknas så sammanfattas alla dellösningar i en lösning som beräknas utifrån en tabell med gradtimmar, se tabell 2.9. Antalet gradtimmar i tabellen beror dels av byggnadens värmeförluster genom transmission och ventilation dels av normalårtemperaturen där byggnaden är belägen, se avsnitt 2.6 "Beräkning av värmeenergibehovet".

Teorin i avsnitt 2 lämnar också en del valfrihet i noggrannheten för stationära lösningar. Generellt kan det sägas att det inte är lämpligt att använda sig av mer grundläggande matematiska samband än att det kan säkerställas att alla ingående antaganden och teorier håller samma noggrannhet. Det är till exempel meningslöst att försöka bestämma emittansen för klimatskalets utsida med flera decimaler och sedan räkna med grovt avrundade utomhustemperaturer.

Indata för energiprestanda

I [1] anges en rad områden där det behöver fastställas schabloner och viktningsfaktorer bland annat för att fastställa resultatet av olika energihushållningsåtgärder. Vidare fastslås det i [1] att behovet av indata är hårt knutet till vilken mjukvara som används för beräkningarna. Det kommer enligt [1] också att krävas en mindre mängd indata för beräkningar av energiåtgången i byggnader med bostäder än för byggnader med lokaler. I tabell 3.1 listas indata som kan krävas för att beräkna energiprestandan för byggnader med lokaler.

Byggnadsdata	Tekniska system	Användning
<ul style="list-style-type: none">• Areor fasader, tak, fönster, portar, källare etc.• Solskydd• Typ av fönster• Isolering (U-värden)• Köldbryggor• Täthet• Belägenhet	<ul style="list-style-type: none">• Ventilationssystem tilluft, frånluft, självdrag, hybrider• Värmesystem Värmepanna, radiatorer, luftvärmare etc.• Kylsystem Kylbatterier, kylmaskiner, kylbafflar etc.• Belysning• Maskiner och apparater, datorer, kyldiskar, spisar etc.	<ul style="list-style-type: none">• Drifftider för ventilation• Drifftider för maskiner och apparater• Drifftider för belysning• Personer• Driftstrategier för värme och kyla• Driftstrategi för solskydd• Temperaturkrav i byggnaden• Krav på luftflöden i byggnaden

Tabell 3.1. Exempel på indata som behövs vid beräkning av energiprestanda för byggnader med lokaler [1].

En energideklaration som baseras på beräknad energiprestanda kommer att kräva en större mängd indata än en energideklaration som baseras på uppmätta värden. I CEN:s standardförslag föreslås det emellertid att uppmätta värden i vissa fall skall förklaras med beräknade värden vilket gör att framtagandet av energideklarationerna kan bli lika omfattande då uppmätta värden används. [1]

[17] anser att det behöver fastställas svenska standarder i SIS i enlighet med CEN gällande indata för energideklarationer. Det påpekas dock att det för småhus redan finns en bra mall med indata i Konsumentverkets program ”energikalkyl” som går att finna på webbplatsen konsumentverket.se.

3.2.2 Energideklaration av olika typer av byggnader

Energideklarationsförfarandet skall enligt [11] skilja sig mellan olika byggnadstyper. Direktivet ger medlemsstaterna möjlighet att utelämna vissa typer av byggnader från certifieringskravet, se avsnitt 3.1.3. SOU 2004:109 anser att de byggnadstyperna bör utelämnas. Det ges dock ett förbehåll för byggnader med kulturhistoriska värden vilka [12] menar inte automatiskt skall utelämnas. Byggnadsägaren skall istället få ansöka om att avstå energideklarering. I [1] lämnas förslag på tillvägagångssätt för småhus, flerbostadshus, byggnader med lokaler, byggnader med både bostäder och lokaler och nya byggnader. Det som skiljer sig mellan byggnadstyperna är om energiprestandan skall baseras på uppmätta värden eller beräkningar, vad som skall ingå i energiprestandan och vilka indata som krävs.

Energideklarationer skall innehålla förslag på energihushållningsåtgärder. Ett sätt att minska energianvändningen är att minska ventilationen. Problemet med detta är att det samtidigt försämrar inomhusklimatet. SOU 2005:67 fastställer därför att det är viktigt att alla förslag på energihushållningsåtgärder för samtliga typer av byggnader skall vara sådana att de inte uppenbart försämrar inomhusmiljön. Boverket får i uppdrag att utarbeta råd över hur samspelet mellan energihushållning och ett bra inomhusklimat fungerar. Råden skall även innefatta varsamhetskrav i kulturhistoriskt viktiga byggnader, framtagandet av varsamhetskraven sker i samarbete med Riksantikvarieämbetet. Boverket konstaterar i [17] att detta är en mycket omfattande uppgift.

Idag har vi i Sverige en lag om obligatorisk ventilationskontroll. Eftersom en byggnads energibalans är hårt knuten till ventilationen, se avsnitt 2.3, ”Energiutbyte genom masstransport”, så kommer ventilationen även få en central roll i energideklarationerna [1]. CEN:s förslag på standarder har använt det svenska OVK-besiktningarna som modell för standarden gällande ventilationskontroll. Förfarandet i de nuvarande kontrollbesiktningarna går därför i stor utsträckning att använda även i energideklarationsförfarandet. Det behöver emellertid kompletteras på en del punkter främst gällande temperaturåtervinningsgraden. [1], [10]

För att det inte skall utföras ett dubbelt arbete med ventilationsbesiktningar föreslår SOU 2005:67 att OVK-besiktningarna skall samköras med energideklarationerna. Idag är besiktningensintervall för ventilationen 2 år för daghem, skolor, vårdlokaler och dylikt, eftersom tio är jämnt delbart med två så föreslås det intervallet vara oförändrat. För flerbostadshus, kontorsbyggnader med från- och tilluftsventilation föreslås intervallet ändras från tre till fem år. För flerbostadshus och kontorsbyggnader med frånluftsventilation menar [1] att intervallet bör ändras från nuvarande sex till fem år. Flerbostadshus och kontorslokaler med självdragsventilation har idag besiktningensintervall på 9 år, detta föreslås ändras till tio år. För småhus med från- och tilluftsventilation som inte har någon periodisk besiktning menar SOU 2005:67 att det inte heller skall införas någon sådan. SOU 2005:67 fastslår dock att en noggrann analys hur inomhusklimatet påverkas av intervalländringarna måste göras innan de kan genomföras. [1]

Detta förslag innebär att OVK-besiktningarna kommer att se annorlunda ut vart tionde år. Det är upp till fastighetsägaren att beställa besiktningar med olika specifikationer beroende på om det samtidigt skall utföras en energideklaration. De som idag utför kontrollbesiktningar av ventilationen bör kunna komplettera sina kunskaper så att de även kan upprätta en hel energideklaration [1]. Boverket skriver i [17] att det är onödigt att införa nya OVK-intervall, de menar istället att energideklarationstillfällena kan anpassas efter OVK-besiktningarna. Det är ju inget som säger att en byggnad inte får energideklareras vart 9:e år. I SOU 2004:78, [10], som har till uppgift att utreda byggnadsdeklarationer med avseende på energi, ventilation och radon, diskuteras det kring möjligheten att samköra uppgifter om energiprestanda, ventilation och radonhalt i en och samma deklARATION.

Småhus

Med småhus avses en- och tvåfamiljshus. Energideklarationerna är avsedda att ge ett mått på hur en specifik byggnads energianvändning ser ut. En presumtiv köpare eller hyresintressent skall med hjälp av energideklarationer av olika småhus kunna bedöma hur kostnadsbilden för energin kommer att se ut. En villas energianvändning skiljer sig ganska mycket beroende på vem som bor där. Eftersom värmeflödet genom klimatskalet är proportionellt mot temperatur-

skillnaden mellan ut- och insida så är rumstemperaturen en viktig faktor. Se ekvation 2.12 och 2.19. Varmvattenförbrukningen skiljer sig också beroende på levnadsvanor hos dem som bor i fastigheten. Det är därför enligt [1] olämpligt att basera energiprestandamåttet för småhus på uppmätta värden.

Småhus värms upp med ved i större omfattning än övriga fastigheter. Energiåtgången vid vedeldning är mer svårdefinierad än vid andra bränslen. Villaägaren vet kanske ungefär hur många kubikmeter ved som går åt varje vinter men sällan exakt. Massan och energiinnehållet hos en kubikmeter ved är också varierande. I SOU 2005:67 lämnas förslaget att energiprestandan hos småhus skall beräknas fram. Beräkningen skall avse levererad energimängd vid ett normalt brukande, se avsnitt 5 ”Beräkningsexempel för ett småhus”. [1] fastslår att beräkningarna kan ge betydande fel om felaktiga antagande görs och att det i en del fall hade varit bättre att använda uppmätta värden som indata. Sammantaget är det emellertid ändå bättre att beräkna energiprestandan. En energideklaration ska enligt målsättning i [12] gå att genomföra på 4-6 timmar. För att detta skall vara möjligt så krävs det att småhusägaren tar fram relevanta data inför expertens besiktning [1].

Boverket menar i sitt yttrande om [1] att energiprestandan skall baseras på uppmätta värden för alla typer av byggnader. De går därmed emot slutbetänkandet på den punkten. Boverket anser vidare att normalårskorrigerering bör tillämpas och att det i en del fall kan behöva korrigeras för onormal varmvattenförbrukning. Det kan emellertid enligt Boverket ändå finnas ett behov av beräkningsprogram i samband med energideklarationer i vissa fall. Det gäller främst när det utförs djupgående analyser av olika energihushållningsåtgärder. Boverket anser dock att det inte är statens ansvar att se till att sådana program utvecklas.

Flerbostadshus

Med flerbostadshus avses byggnader som endast är avsedda för bostäder och rymmer tre lägenheter eller fler. Fördelen med flerbostadshus jämfört med småhus är att det statistiska underlaget slås ut på flera familjer. Detta gör att uppmätta värden på energianvändning inte blir lika beroende av vilka som bor där. Oftast är det en del familjer som slösar med varmvattnet och andra som snålar etcetera. Därför föreslås det i SOU 2005:67 att om det finns uppmätta värden på användningen av värme och varmvatten så skall de användas i första hand. Helst skall mätdata medelvärdesbildas över en treårsperiod. I det fall när det inte finns statistik tre år tillbaka används det senaste årets. Uppmätta värden på värmeåtgång måste sedan normalårkorrigeras. I en del fall kommer det emellertid enligt [1] att krävas beräkningar även för flerbostadshus eftersom det inte alltid finns tillförlitliga mätdata.

Energiprestandan baseras enligt tidigare resonemang på den levererade energimängden till byggnaden. Den fastighetsanknutna elektriciteten består enligt [1] i el till tvättstuga, utebelysning, garage, fläktar för grundventilation i lägenheter och elvärme som matas ifrån lägenheterna. El till vitvaror tas här inte med i fastighetselen eftersom uppgifter på användning ofta är knapphändig. Däremot så skall det noteras i energideklarationen om det finns eldriven golvvärme eller eldrivna handdukstorkar. Eluppvärmda badrumsgolv kan använda 1500-2000 [kWh] per lägenhet. [1]

Energihushållningsåtgärder bör enligt [1] föreslås utifrån vad som rimligen kan leda till någon besparing. Gällande byggnader med nyrenoverade klimatskal bör det till exempel inte läggas ned tid på att analysera om det går att nå ytterligare energibesparingar genom att modifiera klimatskalet. Detta är nämligen sannolikt inte lönsamt. Gällande självdragsventilation finns

det inte heller några energihushållningsvinster att göra. SOU 2005:67 bedömer att den största risken för fel vid energiprestandabestämningen för flerbostadshus ligger vid bestämning av den ingående arean eftersom energianvändningen baseras på uppmätta värden.

Hus i trångbodda områden kan enligt SOU 2005:67 ha fyra till fem boende per lägenhet. Riksgenomsnittet ligger på 1,65 boende per lägenhet. Detta gör att varmvattenförbrukningen kan ligga 30-40 [kWh/m²] högre i trångbodda områden jämfört med genomsnittet. Därmed kan det enligt [1] i sådana områden vara lämpligt att använda schabloner för varmvattenförbrukningen.

Det som däremot inte nämns i [1] är att energianvändning för uppvärmning kommer att vara över 1000 kWh/lägenhet och år lägre i trångbodda områden, Se ekvation 3.1. Detta på grund av värmeavgivning från människorna, se avsnitt 2.4 ”Inre värmegenerering”.

$$Q = P_{70kg\ pers} \cdot k \cdot (n_{trångbodd} - n_{medel}) \cdot t = 0,135 \cdot 0,8 \cdot (5 - 1,65) \cdot 250 \cdot 12 = 1085,4 \left[\frac{kWh}{år} \right]$$

$P_{70kg\ pers}$ = effekten som en person på 70 kg producerar [W] (Se stycke 2.4)

k = korrektionsfaktor som kompenserar för att medelvikten sannolikt ligger under 70 kg

$n_{trångbodd}$ = antalet personer i trångbodda hushåll

n_{medel} = antalet personer i ett hushåll i medeltal

t = tiden [h]

Ekvation 3.1. Skillnaden i avgiven värmeenergi, mellan trångbodda och normala lägenheter, p.g.a. att det vistas människor i hushållet. Det är antaget att det finns ett värmebehov 250 dagar om året och att personerna vistas inomhus 12 timmar om dygnet.

Byggnader med lokaler

För byggnader med lokaler bör energiprestandamåttet enligt SOU 2005:67 bestå i uppmätta värden på energianvändningen i de fall där tillförlitliga mätdata finns. Finns det ingen statistik tillgänglig beräknas energiprestandan med för detta avsett beräkningsprogram. Uppmätta data på energi till uppvärmning skall i vanlig ordning normalårskorrigeras. Verksamhetsenergin kan dock baseras på schabloner om det inte finns uppmätta data. Fastighetsägaren har normalt inte tillgång till hyresgästernas elanvändning. SOU 2005:67 ser emellertid ingen anledning till att de inte skulle vilja dela med sig av den informationen eftersom de bara har att vinna på att det införs energihushållningsåtgärder i fastigheten. [1] föreslår ändå att Boverket i samråd med Energimyndigheten utarbetar schabloner för verksamhetsanknuten energi, vilka skall tillämpas i fall då det inte går att ta reda på denna energi på annat sätt.

I [1] görs den bedömningen att besiktningen av byggnader med lokaler i samband med energideklarationer kommer att bli omfattande, se avsnitt 2.6 ”Beräkning av värmeenergibehovet”. Därför läggs förslaget att en klassificering av byggnaderna, där de indelas i olika kategorier, skall ske på frivillig basis. Klassificeringen skall enligt [1] baseras på:

- Förekomsten av energi- och miljöledningssystem
- Energianvändningen i byggnaden
- Årlig energieffektivisering
- Förekomsten av system för uppföljning av inomhusmiljön

Efter klassificeringen kan sedan energideklarationen utföras och den kommer att bli olika omfattande beroende på hur byggnaden är klassificerad. Det är ingen poäng att lägga ner stor möda på att leta energihushållningsmöjligheter i en byggnad där det enligt klassificeringen redan har gjorts ett sådant arbete. Data för klassificeringen och deklARATIONEN kan enligt [1] plockas fram av byggnadsägaren själv om denne så önskar. Energiexperten som utför deklARATIONEN kontrollerar sedan att värdena är rimliga. SOU 2005:67 gör bedömningen att de minst resurskrävande besiktningarna skall gå att genomföra på 1-2 dagar, medan de mer tidskrävande kommer att ta ett antal dagar.

När en byggnadsägare beställer en energideklARATION skall experten som ska utföra uppdraget erbjuda sig att ta fram förslag på skraddarsydda energihushållningsåtgärder. Dessa åtgärder skall vara kostnadseffektiva och anpassade efter lokala förhållanden. [1]

Byggnader med både bostäder och lokaler

För byggnader med både bostäder och lokaler bör enligt [1] varje del besiktigas enligt reglerna för denna. Energiprestandan skall alltså baseras på uppmätta data om sådana finns, annars utförs beräkningar. Energianvändningen för uppvärmning av byggnaden normalårs korrigeras. Om lokalarean överstiger 100 m² och utgör mer än 20% av den totala arean bör energideklARATIONERNA enligt SOU 2005:67 utföras av experter som är certifierade för att besiktiga byggnader med lokaler.

Nya byggnader

En energideklARATION för nya byggnader skall upprättas i samband med att det görs en bygganmälan. Energiprestandan för byggnaden bestäms helt och hållet med hjälp av beräkningar för alla typer av nya byggnader eftersom det inte finns några mätdata att gå på. Giltighetstiden bör enligt [1] vara mindre än de tio år som gäller för befintliga byggnader. För småhus och flerbostadshus föreslås giltighetstiden till två år efter byggnadens färdigställande och för byggnader med övervägande lokaler sätts denna tid till fem år. Tanken är att byggnadernas energisystem skall få lite tid på sig att bli intrimmade så att en relevant energideklARATION kan upprättas. Byggnader med lokaler bedöms behöva en längre intrimningsperiod, därav den längre giltighetstiden. [1] fastslår att en mall med indata för energideklARATION av nya byggnader behöver utarbetas.

Förslaget om energideklARATIONER i SOU 2005:67 stämmer väl överens med Boverkets förslag om reviderade byggregler, BBR, med den skillnaden att Boverket vill att energianvändningen skall verifieras med mätningar då byggnaden är färdigställd. Boverket skriver också i sitt yttrande om [1], [17], att energideklARATIONER av nya byggnader bör ske först efter att byggnaden är färdig och baseras på uppmätta värden. Detta skall ske senast två år efter byggnadens färdigställande. Verifiering av energiprestanda innan byggnaden är färdig skall ske i enlighet BBR [17].

Ansvarig för att en energideklARATION utförs vid nybyggnad är enligt [1] byggherren. Vidare skall energideklARATIONEN utföras av en certifierad energiexpert som samtidigt kan fungera som kvalitetsansvarig. Experten skall korrigera de energiberäkningar som görs i projekteringen om så är nödvändigt och föra en dialog med byggherren så att byggnaden kan bli energisnålare om möjligt.

3.2.3 Komfortkyla och värmepannor

I 2002/91/EG ställs det upp krav gällande komfortkyla och värmepannor. Dessa krav beaktas av [12]. I vissa delar av Europa leder användande av komfortkyla till rejäla effekttoppar sommartid. SOU 2004:109 konstaterar att komfortkyla inte är ett så omfattande problem i Sverige som i övriga Europa. Sverige är emellertid tvunget att följa kravet om besiktning av anläggningar med en effekt på över 12 kW vilket främst berör kontorsbyggnader. SOU 2004:109 gör den tolkningen av 2002/91/EG att endast kylanläggningar av traditionell typ vilka består i en kompressordriven kylprocess skall innefattas av besiktningsskravet. Kompressordrivna kylanläggningar som används för någon industriell process skall inte heller innefattas utan endast anläggningar vars syfte är att göra inomhustemperaturen behaglig skall besiktigas.

Naturvårdsverket har idag föreskrifter om inspektion av kylmaskiner som innehåller mer än 3 kg av vissa köldmedier. Dessa inspektioner skall utföras av personer anställda på ackrediterade företag. Kravet på besiktning i [11] gäller oberoende av köldmedium och en anläggning kan ha en effekt på över 12 kW och innehålla mindre än 3 kg köldmedium. Naturvårdsverkets föreskrifter räcker därmed inte för att uppfylla direktivet. [12] menar att besiktningen av kylanläggningar skall ske i samband med energideklareringen och innefatta bedömning av effektiviteten och anläggningens storlek i förhållande till kylbehovet. Detta kräver enligt [12] en djupgående analys av byggnadens energibalans. Ett register skall efterhand byggas upp och innefatta alla kylanläggningar som innefattas av besiktningsskravet. Detta register skall vara en del av energideklarationsregistret, se avsnitt 3.2.8.

Gällande direktivets krav om besiktning av värmepannor bör Sverige enligt [12] gå på det andra alternativet med rådgivning om utbytesmöjligheter av pannor, se avsnitt 3.1.2. Denna bedömning görs eftersom det svenska pannbeståndet är ganska åldersstiget och möjligheterna till energieffektivisering är inte så stor i de befintliga pannorna. Enligt [11] innefattas endast pannor med en nominell effekt på över 20 kW av kravet på besiktning. I [12] görs den tolkningen att den nominella effekten avser brännareffekten och inte den effektangivelse som står instansad på pannans märkplåt vilken är högre. Därmed så konstateras det att de flesta vanliga villapannor inte berörs av kravet på besiktning eftersom deras brännareffekt är mindre än 20 kW.

En bedömning av pannorna görs i samband med energideklarationen och eventuellt så rekommenderas en pannkontroll. SOU 2004:109 fastslår att bedömningen skall resultera indata till byggnadens energiberäkning gällande verkningsgrad samt spillvärmeeffekt. Underlag för effektivisering av panncentralen och konvertering till miljövänligare uppvärmning skall också framkomma vid bedömningen. Energiexperten skall även ge byggnadsägaren ekonomisk information om olika typer av konverteringar. Energimyndigheten får i uppdrag av [12] att i samråd med Boverket ta fram material för rådgivning om pannor, pannkontroll och konverteringsalternativ. De skall utarbeta utbildningsmaterial och kompetenskrav för rådgivarna. De får även i uppdrag att ta fram besiktningssprotokoll och beräkningshjälpmedel för pannrådgivning.

3.2.4 Utvecklingsbehov

Innan utförandet av energideklarationer kan inledas är det en del arbete som återstår. 2002/91/EG satte upp kravet att energicertifieringsförfarandet, som det kallas där, skulle inledas i januari 2006. Det kommer inte Sverige att klara av. Det står klart när detta skrivs, november 2005. Propositionen som skall leda till en lag om detta är ännu inte färdig. Det troliga är att lagen om energideklarationer träder i kraft vid halvårsskiftet, 1 juli, 2006. SOU 2005:67 utelämnar detaljer inom flera väsentliga områden, detaljer som förvisso kanske inte alla behöver vara med i lagen, men som krävs för att det praktiska utförandet skall vara möjligt.

SOU 2005:67 fastslår att det finns ett utvecklingsbehov inom en rad områden. Det krävs ett testförfarande om hur väl den i slutbetänkandet förslagna metodiken fungerar. Det måste undersökas och fastslås vilka beräkningsprogram som skall tillåtas för beräkning av energiprestanda. En handbok att använda vid energideklarationer måste tas fram, experterna som utför deklARATIONERNA måste ha ett underlag att falla tillbaka på. Relevanta referensvärden för samtliga typer av byggnader måste fastslås. Schablonvärden för byggnader med lokalers verksamhetsenergi måste bestämmas. En beräkningsmodell att använda i inledningsfasen måste utarbetas, se avsnitt 3.2.5, ”Inledningsfasen”. En databas med kostnader för olika energihushållningsåtgärder behöver utarbetas. Det finns ett behov av en nationell lista med teknisk livslängd för produkter och material som används vid energibesparingar.

Gällande ventilationen är det så att energiförluster i förslaget på standarder från CEN baseras på luftflödet och temperaturdifferensen mellan ut- och insidan. Det är emellertid inte alltid möjligt att mäta upp flödet vid självdragsventilation vilket gör att det behöver tas fram ett beräkningsunderlag med vilket det är möjligt att få fram ett troligt flöde, beräkningsunderlaget bör enligt [1] sedan verifieras med datasimuleringar. Det behöver dessutom plockas fram schablonvärden för reglersystem i flerbostadshusens värmesystem. Schabloner för olika typer av hushållens varmvattenförbrukning måste tas fram. Slutligen fastslår [1] att ett utredningsarbete om fastighets- och hushållsel är nödvändigt.

Boverket går emot [1] på så gott som samtliga punkter. Boverket anser nämligen att energiprestandamåttet alltid skall baseras på uppmätta värden. Vidare anser de att ett förenklat förfarande i inledningsfasen är onödigt. Schabloner över verksamhetsenergin behöver inte heller tas fram eftersom den enligt dem inte skall ingå i energiprestandan. En databas med kostnader för olika energihushållningsåtgärder är enligt Boverket inte ändamålsenligt på grund av att det är kostsamt att underhålla en sådan databas.

3.2.5 Inledningsfasen

SOU 2005:67 fastslår att det under perioden 2006-2008 kommer att vara ett stort tryck på dem som utför energideklarationer. Detta på grund av att det i inledningsskedet kommer att råda brist på experter samtidigt som det kommer att vara ett extra stort behov av energideklarationer. Därför föreslås det i [1] att det skall gå att utföra energideklarationer enligt ett förenklat förfarande under de två första åren. Enligt SOU 2005:67 byter 60 000 småhus ägare varje år och därmed behövs det där göras 60 000 energideklarationer. Vidare så sker det en nybyggnation på 10 000-15 000 småhus om året. Det finns 135 000 flerbostadshus i Sverige och det räcker med att en av lägenheterna i huset byter hyresgäst för att det skall krävas en energideklaration [1]. Därför antages det att 125 000 av flerbostadshusen kommer att behöva deklarerar. Gällande byggnader med lokaler för offentlig verksamhet görs bedömningen att merparten av de 55 000-80000 som finns i landet behöver deklarerar i inledningsskedet. Övriga byggnader med lokaler är ca 60 000 till antalet och ungefär hälften av dem byter ut någon hyresgäst varje år.

Förslaget om förenklat förfarande i inledningsfasen gäller byggnadskategorierna flerbostadshus och byggnader med lokaler för offentlig verksamhet som har en area större än 1000 m² eftersom deklareringsstrycket bedöms som störst inom de kategorierna. Det förenklade förfarandet föreslås baseras på att byggnadsägaren skickar in alla nödvändiga uppgifter om byggnaden och dess energianvändning. Sedan utför energiexperten en deklareration företrädesvis utan att besöka byggnaden. Energinvändningsmålet bör enligt [1] bestämmas med lika god noggrannhet som för riktiga energideklarationer. Däremot skall de förenklade deklarerationerna inte ge några skraddarsyddna förslag på energihushållningsåtgärder. Istället föreslås att en lista med allmängiltiga åtgärder skickas med.

Enligt Boverkets yttrande om SOU 2005:67 bör det inte införas ett förenklat förfarande i inledningsfasen. Det tillför bara extra byråkrati och komplicerar införandet. Istället menar de att energideklareringsystemet skall införas successivt efter tillgång på experter i början.

3.2.6 Energideklareringsresultat

Resultatet av energideklareringserna skall enligt SOU 2005:67 bland annat vara ett anslag att sätta upp i entrén för alla byggnader utom småhus. Se figur 3.2. Enligt [17] bör det inte vara ett krav att sätta upp anslag i entrén i fler byggnadskategorier än vad som anges i [11]. Detta innebär alla byggnader större än 1 000 m² som inhyser offentliga myndigheter.

Vidare skall deklareringserna bestå i ett antal informationssidor. Det första bladet bland informationssidorna bör vara en kopia av anslaget. SOU 2005:67 menar enligt tidigare resonemang att huvudmålet på anslaget bör vara byggnadens energiprestanda vilken skall vara normalårskorrigerad och eventuellt viktad. Prestandan anges på en linjär skala. På skalan skall det även finnas referensvärden för andra liknande byggnader så att det snabbt går att se om byggnaden är energieffektiv eller inte. Liknande byggnadernas energiprestanda bör enligt [1] anges som median samt undre och övre kvartil. Vidare så skall det finnas ett värde på energiprestandan hos nybyggnadsstandard. Det bör även finnas ett mått på energiprestandan efter föreslagna energihushållningsåtgärder för att visa på vilken effekt de får. Alla de ovan nämnda måtten bör enligt SOU 2005:67 finnas med på samma skala.

Om energiprestandan anges som viktad på den linjära skalan, se figur 3.2, så bör den även finnas med som oviktad på anslaget som slås upp i entrén. Denna skall enligt [1] delas upp i sina beståndsdelar till exempel värme och el. Referensvärden för den oviktade energiprestandan efter föreslagna energihushållningsåtgärder bör också finnas med.

Energideklarationer skall förutom ett rent energiprestandamått innehålla en del annan information. SOU 2005:67 fastslår att en CO₂-indikator för hela kedjan från utvinning till leverans bör finnas med så snart det finns en utarbetad metod för att beräkna en sådan. Det skrivs också att ett nettoenergimått kan tillföra väsentlig information eftersom det ger ett direkt mått på hur bra en byggnad är på att hushålla med energin. Vidare så skall det även finnas information om storleken på den uppvärmda arean och byggåret för fastigheten.

Boverket skriver i sitt yttrande om [1] att energiprestandamåttet endast skall bestå av levererad energi per m², ej viktad. Vidare menar [17] att en CO₂-indikator, ett nettoenergimått inte bör finnas med. De måtten är nämligen inte relevanta för en byggnads energihushållningsegenskaper. Gällande referensvärden för energianvändningen menar [17] att byggnaderna skall delas in i tre kategorier god, medel och dålig ur energihushållningssynpunkt. Boverket anser nämligen att det är svårt att uppnå en högre upplösning än så åtminstone i inledningskedet. Rent illustrativt kan detta bestå i en färgad cirkel som beskriver byggnadens energieffektivitet, grön för god, gul för medel och röd för dålig.

Anslaget skall dessutom innehålla information om vad byggnaden har för värme- och kylanläggningar. Det skall framgå vad det är för typ av energideklaration, ordinarie, förenklad eller nybyggnadsdeklaration. Uppgift på giltighetstiden skall där även finnas med. De föreslagna energihushållningsåtgärderna skall också stå på anslaget enligt [1]. Vidare skall det finnas kontaktuppgifter till firman som är ansvarig för deklARATIONEN. Dessutom skall expertens namn stå med.

Ett problem som kan uppstå gällande energideklarationer är att anslaget som sätts upp i entrén blir inaktuellt så fort som energihushållningsåtgärder införs. Det är inte rimligt att ett prospekt skall sitta i entrén på en byggnad i tio år där det står förslag på energihushållningsåtgärder som kanske genomfördes direkt efter deklARATIONEN.

De i energideklarationerna medföljande informationsbladen skall enligt [1] innehålla utförligare information än anslaget. Där skall finnas information om vilka indata som deklARATIONEN är baserad på. Här är det viktigt att fastighetsägaren själv kan kontrollera om det har använts rätt värden. Det skall även framgå vilka beräkningsmodeller som har använts. Har det använts schabloner så skall det stå. Består byggnaden av både bostäder och lokaler så skall det anges hur stor del av byggnaden som är lokaler och metoder för att beräkna energiprestandan skall anges för både bostads- och lokaldelen. Vidare skall fläktsystemet beskrivas, typ av fläktar och om det finns återvinning av värmen i ventilationen skall anges. Om det finns ett kylsystem skall det framgå vilken typ det rör sig om och vilken effekt det har.

Klimatskärmen skall även beskrivas, om det förekommer dåligt isolerade partier eller läckage så skall det framgå. För föreslagna energihushållningsåtgärder skall det enligt [1] finnas ekonomiska kalkyler så att återbetalningstiden framgår.

Kontrollen över att energianslagen sitter uppsatta i entrén på de byggnader där de enligt lagen skall sitta föreslår [12] att den lokala byggnadsnämnden skall ansvara för.

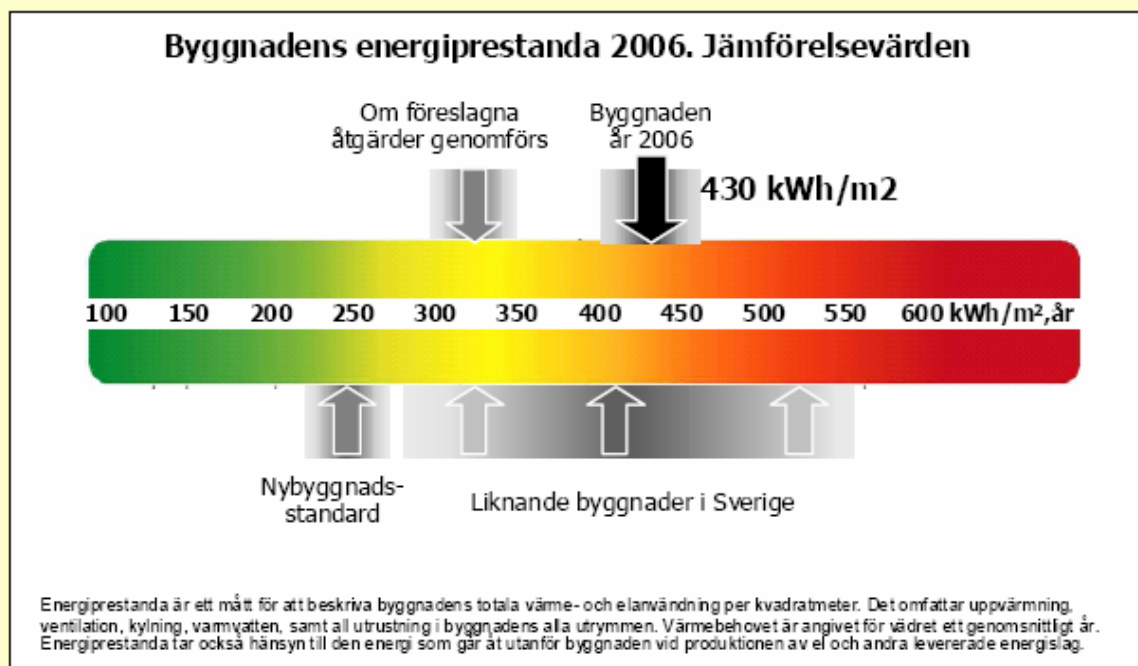
ENERGIDEKLARATION

Byggnadens adress: Gröna gatan 52-56 Fastighetsbeteckning: Heden 5:16

Byggnads-nr: LMV 341280. Ägarens byggnadsbeteckning: A 12-76

Ägare: Fastighets AB Ängen, org-nr 551122-33. Telefon 012-345678

Byggår 1965. Uppvärmd area: 5.060 m² Byggnadskategori: Kontorsbyggnad.



Levererad energi ej viktad	År 2006 normalårs- korrigerat	Om föreslagna åtgärder genomförs
Fjärrvärme	125 kWh/m ²	110 kWh/m ²
El	135 kWh/m ²	100 kWh/m ²

CO ₂ -utsläpp	
Denna byggnad år 2006	90 kg/m ² ,år
Liknande byggnader i Sverige	85 kg/m ² ,år
<small>Dessa beräkningar görs för alla utsläpp i kedjan av energianvändning och energiproduktion, inklusive elproduktion, bränsleutvinning, värmeproduktion, samt utsläpp från egen panna där sådan finns</small>	

Värme- och kylsystem
Fjärrvärme
Ventilation med till- och frånluft
Kylning med centrala kylaggregat

Förslag till åtgärder
Byt till energieffektiv fast belysning på Plan 3-4
Injustera luftflödena, anpassa ventilationens driftstider
Montera solavskärmning på fasaden mot gatan

Utfärdad av: ABC besiktningskonsult, Storgatan 15, 432 10 Karlsholma. Telefon 012-987654

Ansvarig expert: Per Jansson

Datum 2006-05-25. Deklaration typ L1. Energideklaration nr 100456-7

Detta är en sammanfattning av energideklarationen. Den fullständiga energideklarationen finns hos fastighetsägaren, och kan också erhållas via Boverket, telefon 0455-35 30 00

Figur 3.2. Förslag på utseende på anslag att sätta upp i entrén på alla byggnader utom småhus efter utförd energideklaration [1].

3.2.7 Energiexperterna som utför energideklarationer

Det är enligt [11] viktigt att experterna som utför energideklarationer är opartiska för att inte trovärdigheten skall undergrävas. SOU 2005:67 föreslår att endast certifierade energiexperter vilka är anställda på ackrediterade företag skall få utföra energideklarationer. Enligt SOU 2005:67 skall även större byggnadsförvaltningar kunna bli ackrediterade även om det gör att oberoendet inte kan garanteras. [1] menar att ackrediteringen och certifieringen utgör en kvalitetssäkring som fastställer att deklARATIONERNA utförs på rätt sätt.

Myndigheten som utför ackrediteringar i Sverige heter SWEDAC, [16], och enligt dem så innebär en ackreditering en kostnad på ungefär 10 000 kr [1]. Det kommer sedan att krävas en årlig kontroll av de ackrediterade företagen vilket innebär en kostnad på ca 10 000 kr varje år. Till kostnaderna för de ackrediterade företagen kommer också att upprätta och upprätthålla kvalitetsmanualer samt att certifiera minst en expert som skall utföra deklARATIONERNA. En årlig kostnad krävs även för att kontrollera expertens kompetens. Då ett företag blir ackrediterat kommer enligt [1] följande att utföras:

- En granskning av företagets kvalitetsmanual med en återkoppling till företaget av de kravmoment som inte är uppfyllda.
- En bedömning på plats av företaget vilket resulterar i en rapport som går igenom med representanter på företaget.
- Granskning av korrigerade åtgärder med anledning av avvikelser.
- Slutligen utfärdas ett ackrediteringsbeslut som gör företaget till ett kontrollorgan.

Den årliga kontrollen skall sedan säkerställa att kraven fortfarande efterlevs.

SOU 2004:109 och SOU 2005:67 föreslår att personer anställda av ackrediterade företag skall genomgå ett certifieringsförfarande innan de får upprätta energideklarationer. Enligt [12] skall det dock räcka med att en person per företag skall certifieras för att företaget skall få utföra energideklarationer. Det är dock enligt [12] inte lämpligt att antalet medarbetare till den certifierade experten som tillåts utföra deklARATIONERNA överstiger 10-15 stycken.

Enligt [17] är det onödigt att de företag som utför energideklarationer skall vara ackrediterade. De menar att det är tillräckligt att experterna som utför energideklARATIONERNA certifieras av ackrediterade kontrollorgan. De hänvisar till att det fungerar på liknade sätt för annan personcertifiering inom byggområdet. Vidare så poängterar Boverket att det är skillnad mellan företag som utför besiktningar av hissar och företag som utför energideklarationer. Företag som utför hissbesiktningar skall vara ackrediterade. I fallet med hissar är människoliv i fara vid en felaktig besiktning, så är inte fallet vid energideklARATIONERNA.

Certifieringen skall bedöma och testa grundläggande utbildning, yrkeserfarenhet och teknisk kompetens. Enligt [1] och [12] skall certifieringen gälla två behörighetsnivåer. Nivå ett ger experten behörighet att energideklARERNA byggnader med bostäder. För behörighet att utföra energideklARATIONERNA av byggnader med lokaler krävas ytterligare certifiering. I SOU 2004:109 föreslås det att utbildningen av energiexperter bör omfatta en till två veckor utöver självstudier för vardera behörighetsnivå.

Certifieringen bör enligt [1] ställa upp krav på expertens kompetens gällande klimatskal. Där bör experten ha kunskap om värmeförluster, vad de beror på och vilka åtgärder som är lämpliga för att minska dessa. Experten bör även känna till vilka problem det kan bli med inomhusmiljön om fel åtgärder utförs. Expertens kunskaper om ventilation bör enligt [1] innefatta kännedom om skillnaden mellan olika typer av ventilationssystem. Vilka typer av energihushållningsåtgärder som är möjliga och hur dessa påverkar inomhusklimatet. Kunskaperna gällande varmvattensystem bör innefatta vetskap om åtgärder för att minska förbrukningen samt hur antalet personer i hushållet påverkar densamma. Experten skall även känna till vilka risker det finns, då det är en felaktig temperatur i varmvattensystemet, som legionella och skällning. [1]

Gällande värmesystemet skall experten ha kunskaper om olika typer av system. Experten skall kunna ge förslag på lämplig konvertering av värmesystem och på så sätt öka energieffektiviteten, kännedom om förnyelsebara energikällor är också ett krav. Det är enligt [1] även viktigt att experten har kunskap om värmeproduktion i flerbostadshus och eller byggnader med lokaler. Experten måste även känna till reglertekniska aspekter inom byggnader, hur temperaturen i en byggnad regleras med värme- och ventilationssystem. Experten skall också ha kunskaper om hushålls- och fastighetsel och kunna se vilka energibesparingsmöjligheter det finns. Slutligen så måste experten som utför energideklarationer enligt SOU 2005:67 ha kännedom om vilka lagar och regler som rör byggnader med kulturhistoriska värden.

Ovan nämnda kompetenskrav gäller för båda behörighetsnivåerna av experter. För experter som skall deklarerat byggnader med lokaler tillkommer kompetenskrav inom bland annat kylsystem.

SOU 2005:67 ger Boverket i uppdrag att utarbeta en handbok som kan användas till utbildning inför certifiering. Handboken skall även användas som hjälpmedel vid upprättande av energideklarationerna. Boverket får dessutom i uppdrag att utfärda föreskrifter som fastställer krav på grundutbildning och yrkeserfarenhet för energiexperterna. Boverket har som utgångspunkt i [17] att inte plocka fram någon handbok utan endast göra detta om inte branschen själv gör utvecklar en sådan.

Olika kompetenskrav bör enligt [1] gälla för byggnader med bostäder respektive byggnader med lokaler. [1] ger förslag på krav på grundutbildning och yrkeserfarenhet enligt nedan.

- Civilingenjör, 2-4 års yrkeserfarenhet varav minst ett år inom energieffektivisering.
- Högskoleingenjör 120 poäng, 2-5 års yrkeserfarenhet varav minst två år inom energieffektivisering.
- Ingenjörsutbildning vid tidigare tre- eller fyraårigt tekniskt gymnasium, 3-7 års yrkeserfarenhet varav minst två år inom energieffektivisering.
- Annan likvärdig utbildning, 7 års yrkeserfarenhet varav minst två år inom energieffektivisering.

Förslaget på kompetenskrav gäller för en energiexpert som utför energideklarationer av byggnader med lokaler.

Boverket föreslår i sitt yttrande om [1] att ytterligare en nivå på kompetenskrav skall införas. De menar att det på personer som besiktigar småhus inte behöver ställas lika höga kompetenskrav som på personer som besiktigar flerbostadshus. De föreslår att personer som utför

jordabalksbesiktningar av småhus vid försäljning i dag också skall tillåtas utföra energideklARATIONER, efter att de har certifierats.

3.2.8 Register och organisation

Enligt delbetänkandet, [12], skall Boverket fungera som samordnande aktör i organisationen omkring energideklARATIONERNA. Till sin hjälp bör de uppföra ett råd med representanter ifrån olika delar av samhället. Enligt delbetänkandet bör Energimyndigheten, Formas (forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande), Konsumentverket, byggherreföretag, fastighetsföretag, besiktningsföretag, mäklarfirmor och boendeorganisationer finnas med i rådet. Rådet skall ansvara för organisationen med energideklARATIONER och besluta i frågor om denna.

För att samla information om utförda energideklARATIONER föreslår [1] att det skapas en databas för detta. SOU 2004:78, [10], pekar på fördelar med att ha ett elektroniskt register och menar att det är den lämpligaste formen för ett byggnadsdeklARATIONERREGISTER. Boverket och byggnadsnämnden i varje kommun får på så sätt möjlighet att kontrollera att deklARATIONERSPLIKTEN fullföljs. Boverket föreslås av SOU 2005:67 bli ansvarig registermyndighet och blir därmed skyldig att underrätta andra myndigheter att energideklARATIONER har utförts och registrerats. Energimyndigheten kommer att ha nytta av informationen i databasen. De ansvarar nämligen för den samlade energistatistiken i Sverige och behöver därmed data om energianvändningen i byggnadsbeståndet.

Vidare så kommer hela eller delar av databasen att kunna användas i forskningssyfte av universitet och högskolor. SOU 2005:67 föreslår att databasen även skall användas vid uppförandet av nya energideklARATIONER, grunddata om byggnaden hämtas från registret och deklARATIONERFÖRFARANDET går på så sätt smidigare. Ett register över utförda energideklARATIONER kan enligt [1] även användas för kvalitetsuppföljning. Ett väldokumenterat register möjliggör jämförelser mellan olika deklARATIONER och kvalitetsmissar kan upptäckas. SWEDAC kan sedan använda sig av informationen om kvaliteten vid sin årliga kontroll av de ackrediterade företagen som utför energideklARATIONERNA.

SOU 2005:67 föreslår att registret skall baseras på grunddata från lantmäteriverkets fastighetsregisters byggnadsdel. Uppgifter om byggnadsbeteckning, byggnadstyp, area och adress hämtas från fastighetsregistret och förs in i energideklARATIONERREGISTER. I fastighetsregistrets byggnadsdel har varje byggnad ett unikt identitetsnummer som följer byggnaden genom hela dess livstid oavsett ombyggnader och dylikt. Detta nummer är därmed även lämpligt att använda i energideklARATIONERREGISTER.

Boverket skall, enligt [1]:s förslag, som registermyndighet ensam ansvara för införande och bortförande av data från energideklARATIONERREGISTER. De kan emellertid medge andra myndigheter och personer direktåtkomst till databasen. SOU 2005:67 menar att Energimyndigheten, Statistiska centralbyrån och certifierade energiexperter skall medges sådan åtkomst. Även byggnadsägare vilka innehar ett större byggnadsbestånd föreslås ges tillträde till de delar av registret som rör deras byggnader. För att byggnadsnämnden skall kunna kontrollera att byggnadsägare har utfört en energideklARATION i samband med att kontroll av att energianslaget finns uppsatt föreslås de i [12] få tillträde till registret.

Då en byggnad genomgår en energideklARATION för första gången kan energiexperten hämta grunddata om byggnaden från registret. Efter deklARATIONEN förs alla relevanta data in i re-

registret. Vid nästa deklARATIONstillfälle innehåller registret därmed betydligt mer information vilket gör att deklARATIONerna går smidigare och blir mindre tidskrävande.

Eftersom Boverket skall sköta kontrollen över att energideklARATIONerna utförs föreslår [1] att de får tillgång till relevanta data ur fastighetsregistret. Med detta avses data om när en byggnad genomgår ett ägarbyte eller byter hyresgäst. På så sätt kan Boverket följa upp om det i enlighet med lagen har utförts en energideklARATION.

SOU 2005:67 ger Boverket i uppdrag att upprätta en webbplats med information om energideklARATIONer. På webbplatsen skall det även finnas information om lämpliga energihushållningsåtgärder. Byggnadsägare kan på så sätt förbereda sig inför energideklARATIONen genom att läsa på och samtidigt se vilka brister den egna byggnaden har. På webbplatsen skall det även finnas information om vilket stöd samhället ger till olika energieffektiviseringsåtgärder.

Arbetsinsatsen för att uppföra energideklARATIONsregistret bedöms [1] till tio fulltidssysselsatta personer i 1,5 år. Detta innebär en arbetskostnad på ungefär 10 Mkr. Vidare bedöms [1] att datautrustning för ungefär 5 Mkr behöver köpas in vilket sammantaget innebär en initial kostnad på ca 15 Mkr. Den årliga driftkostnaden bedöms till 5-10 Mkr.

Boverket stöder i stort förslaget med ett centralt register. Det framgår av [17].

4 Fältstudie av en energiinventering med EVU

Kapitlet syftar till att beskriva inventeringsförfarandet och göra en jämförelse mellan det tänkta arbetssättet i energideklarationerna och EVU:s arbetssätt. Här utförs även en kort analys över vad EVU måste ändra i sitt arbetssätt för att kunna utföra energideklarationer. EVU är främst ett VVS-företag men de har även OVK-behörighet. Deras huvudsakliga affärsområde är kontroll och injustering av byggnaders värme-, ventilation- och varmvattensystem. De erbjuder bland annat kunderna webbaserade lösningar för övervakning av värme och ventilationssystem. I sådana system är det möjligt att ändra flöden och temperaturer från EVU:s kontor även om den övervakade byggnaden är belägen på annan ort. EVU har elva anställda varav sju i Lund. De flesta av EVU:s medarbetare är högskoleingenjörer. [34]

EVU utför energiinventeringar av byggnader för att fastställa hur energibalansen ser ut och undersöka vilka möjligheter till energihushållningsåtgärder det finns. Den här fältstudien utspelar sig på Davidhallstorg 10 i Malmö, se figur 4.1, den 19 dec 2005. Energikonsulten som utför energibesiktningen är Jesper Olausson, [27], vilken arbetar som driftingenjör på EVU. Utomhustemperaturen var strax under 0 °C vid besiktningstillfället.



Figur 4.1. Davidhallstorg 10 i Malmö [eget material].

Fastigheten är en tegelbyggnad från 1930-talet med två trappuppgångar, fyra våningar, källare och ouppvärmad vind. Byggnaden används främst som flerbostadshus med 17 lägenheter men inhyser även fyra mindre affärslokaler. Den totala uppvärmda arean är på 1785 m². Uppvärmningen av fastigheten och dess varmvatten sker med fjärrvärme. Ventilationen är av självdragstyp. Fastighetsägaren anser att fjärrvärmeanvändningen är för hög och har därför kontaktat EVU och gett dem uppdraget att utreda om det finns några lämpliga energihushållningsåtgärder. Fjärrvärmeanvändningen i byggnaden är på strax under 200 kWh/m².

Inventeringen gick till så att mätningar utfördes i tre representativa lägenheter och en av affärslokalerna. Det som mättes i lägenheterna och affärslokalen var temperaturen i samtliga rum och flöden i samtliga ventilationskanaler. Dessutom uppmättes ytemperaturer runt fön-

ter, i hörnor mellan två ytterväggar och i skarvar mellan golv och ytterväggar. Yttertemperaturerna uppmättes med en IR-termometer. En IR-termometer mäter våglängden på den infraröda strålningen som en yta utstrålar och räknar om det till en temperatur. Lufttemperaturerna uppmättes med en digital termometer av konventionell typ. Ungefärlig medeltemperatur för vardera lokal noterades och eventuella avvikelser från denna i enskilda rum nedtecknades.

Mätningarna av yttertemperaturer syftade till att upptäcka brister i klimatskalet som till exempel hål eller stora köldbryggor. Ventilationsflödena mättes upp med en varmtrådsätare i form av en strut som placerades framför ventilationskanalens öppning så att all ventilationsluft passerade genom struten, se figur 4.2. Varmtrådsmätning går generellt till så att en tunn tråd med temperaturberoende resistans hettas upp med en given effekt, luftflödet kyls sedan av tråden. En mätning av trådens resistans ger hur mycket tråden har kylts av och därmed även hur stor hastighet luftflödet har, vilken i kombination med kanalens tvärsnittsarea ger flödet.



Figur 4.2. Mätning av ventilationsflöde på Davidhallstorg 10, mätaren visar flödet 12,7 l/s [eget material].

Vid inventeringen noterades byggnadens fönstertyp. Vidare så undersöktes värmecentralen noggrant. Temperaturer, tryck, flöden i olika ledningar och fabrikat på olika ingående installationer noterades. Det fanns fast monterade termometrar på fjärrvärmevattnets och radiatorkretsens till- och frånledningar, varmvattenledningen, varmvattnets cirkulationsledning samt på en mellanledning mellan värmväxlarna för varm- och varmvattnet. Manometer och flödesmätare fanns endast monterad på fjärrvärmevattnet. Manometern kunde användas både för att mäta trycket på till- och frånledningen.

Byggnaden har ett ganska ålderstiget värmesystem med undermåligt isolerade rör och dåliga ventiler. Det fanns inga termostater på radiatorerna i lägenheterna och ventilerna var i vissa fall inte reglerbara då de hade fastnat. Radiatorventilerna gick inte att justera. Injusterbara ventiler går att ställa in så att det inte går att öppna dem mer än vad som krävs för att nå önskad inomhustemperatur.

Ventilationsflödena var ganska låga trots att det var kallt vid tidpunkten för inventeringen. Självdragsventilation fungerar bäst då det är kallt ute eftersom de termiska stigningarna är

proportionella mot differensen mellan utom- och inomhustemperaturen. I en av lägenheterna gick det först inte att mäta upp något flöde i frånluftskanalerna eftersom samtliga kanaler var stängda. Efter att ha öppnat en kanal, den enda som gick att öppna, mättes det upp ett flöde på 4 l/s vilket utslaget på lägenhetens area blir 0,05 l/m²s. I en annan lägenhet där ventilationen fungerade bättre uppmättes 0,3 l/m²s fördelat på tre kanaler vilket inte är så långt ifrån Boverkets rekommendationer på 0,35 l/m²s, se avsnitt 2.3 ”Energiutbyte genom masstransport”.



Figur 4.3. Värmeväxlare på David Hallstorg 10 för fjärrvärme till både varm- och varmvatten [eget material].

Temperaturerna i de olika lokalerna var ganska jämna och var 20 °C i affärslokalen samt mellan 21 °C och 22 °C i lägenheterna. Ett element i en av lägenheterna var täckt av ett kylskåp vilket är förkastlig av två skäl. Dels så blir inte kylskåpets kondensor avkyld i den utsträckning det är tänkt vilket gör att kompressorn får gå oftare, dels förhindrar kylskåpet att värme-flödet från elementet kommer ut i lägenheten. I affärslokalen var konvektorn framför skylt-fönstret inbyggd vilket medförde att det var ganska kallt runt fönstret, mellan 10 °C och 12 °C. Vidare så var tilluftskanalen blockerad i affärslokalen. Byggnaden har fönster av en typ med två vanliga klarglas som är kittade.

Värmecentralen var i ganska gott skick. Inga tecken på att värmeväxlaren inte fungerade som den skulle gick att finna. Däremot kan ett byte av värmeväxlare med tillhörande reglering medföra att värmesystemet blir mer lättreglerat. Ventilerna i värmecentralen var inte injusterbara. Ett byte till reglerventiler gör att det går att ställa in flödena i centralen. Termometrarna på radiatorkretsens returledning och varmvattnets cirkulationsledning visade felaktiga värden. Det noterades efter mätning av rörets yttemperatur.

De möjliga energihushållningsåtgärder som finns för byggnaden är utbyte av fönster, utbyte av radiatorventiler och ventiler i värmecentralen. Isoleringen av värme- och varmvattenrör bör även bättras på. Ett byte till fönster med lägre U-värde resulterar i att det sker ett mindre värme-flöde ut ur byggnaden. Ett byte till injusteringsbara ventiler på värmekretsen gör så att en jämn temperatur i samtliga delar av byggnaden kan säkerställas vilket medför en lägre energi-

användning. Om det är för varmt i någon lägenhet så tenderar hyresgästerna ha fönstren öppna oftare vilket leder till värmeförluster. Elementen bör även förses med termostater.

4.1 Kommentarer

Min bedömning är att EVU:s arbetssätt vid inventering är ganska likartat med arbetssättet i energideklarationsförfarandet men behöver förändras på en del punkter. Vid inventeringsförfarandet görs en systematisk genomgång av byggnaden då eventuella fel och brister i klimatskal, ventilation och värmesystem sökes. Beställaren av inventeringen väljer ut representativa lägenheter eller lägenheter där hyresgästerna har klagat på någonting. Det säkerställer att de brister som finns förmodligen uppdagas. I SOU 2005:67 föreslås det att energideklarationer skall kunna samköras med OVK vilket inte är något problem, eftersom EVU har personal med OVK-behörighet.

EVU:s arbetssätt är troligen mer fokuserat på värmesystemet än var det kommer att vara i energideklarationsförfarandet. Anledningen till detta är att EVU:s främsta kompetensområde är byggnadens värmesystem. De ser även energiinventeringarna som ett sätt att sälja in fler tjänster, ofta följs en energiinventering upp med injustering av byggnadens värmesystem. Eftersom EVU inte har någon möjlighet att byta ut fönster eller att tilläggsisolera byggnader så har dessa bitar en lägre prioritet vid inventeringarna.

En av de brister som finns i EVU:s arbetssätt är att elanvändningen ignoreras. I SOU 2005:67 står det att byggnadens elanvändningen skall tas med i energideklarationerna dels som hushållsel dels som fastighetsel, se avsnitt 3.2.2 ”Energideklaration av olika typer av byggnader”. Klimatskalets sammansättning ägnas inte heller någon undersökning. Hur noga klimatskalet skall undersökas då en energideklaration utförs är inte klart än men i de fall då energi-användning skall beräknas bedömer jag att en undersökning av klimatskalets sammansättning bör göras. Det är därmed inte sagt att det går att utreda hur klimatskalet är sammansatt men det går i alla fall att mäta hur tjockt det är vilket är väsentligt då värmegenomgångstalet beräknas.

I de svenska betänkandena om energidirektivet diskuteras det kring pannkontroll, se avsnitt 3.2.3 ”Komfortkyla och värmepannor”. Vid energideklarationerna skall det göras en bedömning om pannan behöver genomgå en pannkontroll eller inte. EVU har idag ingen sådan kompetens. I avsnitt 3.2.3 diskuteras det även kring komfortkyla. Komfortkylningsanläggningar med en effekt på över 12 kW skall undersökas och bedömas till effektivitet och kyleffekt i förhållande till kylbehoven. Byggnaden på Davidhallstorg 10 i Malmö har ingen komfortkyla installerad. Komfortkyla beaktas emellertid vid EVU:s energiinventeringar om sådan finns enligt EVU:s hemsida, se [34]. Huruvida EVU:s kompetens om komfortkyla är tillräcklig eller ej är svårt att säga innan lagen om energideklarationer är färdigskriven. Min gissning är att de kan behöva vidareutbildning inom området. För att en bedömning av om en komfortkylningsanläggning är rätt dimensionerad eller inte krävs att en noggrann energibalansanalys för byggnaden görs. Solinstrålningens bidrag är här ytterst väsentligt.

Arbetsättet i EVU:s energiinventeringar och arbetssättet i energideklarationerna skiljer sig alltså en del åt. För att kunna utföra energideklarationer så behöver EVU troligen öka sin kunskap om pannor och anläggningar för komfortkyla. Detta är emellertid inte det mest centrala i energideklarationerna. Komfortkylningsanläggningar kommer till exempel främst att behöva undersökas för byggnader med lokaler. Enligt SOU 2005 skall det finnas två nivåer på energideklarationer, en för byggnader med bostäder och en högre nivå för byggnader med lokaler.

EVU skulle troligen därmed kunna utföra energideklarationer av byggnader med bostäder utan att vidareutbilda sig inom komfortkyla. Bedömning av om pannor skall genomgå pannkontroll eller inte kommer troligen inte att kräva en alltför djupgående kunskap. Det är vid själva pannkontrollen den verkliga expertkompetensen kommer in och pannkontroll skall inte utföras i samband med själva energideklarationen.

Det är nog undersökningen av klimatskalet som skiljer sig mest åt mellan EVU:s energiinventeringar och energideklarationerna. Klimatskalet är nog därmed det område där EVU framförallt måste öka sin kompetens. Klimatskalet är direkt avgörande för en byggnads energiprestanda och kommer därför att vara en central del av energideklarationerna. Om råd för fönsterbyte och tilläggsisolering skall ges så krävs det bland annat kunskap om de fuktproblem som kan uppstå om arbetet utförs på fel sätt.

5 Beräkningsexempel för ett småhus

Föremålet för beräkningsexemplet är en 1 ½ plans villa belägen i Östra Göinge kommun i norra Skåne, se figur 5.1. Villan är från början en sommarstuga byggd på 1960-talet som sedan har byggts till i omgångar. Årsmedeltemperaturen för Osby, närmsta väderstation, är enligt Gunnar Berglund på SMHI, [28], 6,5°C. Interpolation i tabell 2.11 ger att normalårstemperaturen är 6,38°C.

Villans uppvärmningssystem består av en kombination av en luftvärmepump, en vedkamin och direktverkande el. Byggnadens bottenvåning är uppdelad i tre sektioner, se tabell 5.1 för specifikation. Villan har även en källare och en övervåning med mått enligt tabell 5.1.

Byggnadsdel	Bottenvåning:1	Bottenvåning:2	Vinkelbyggnad	Källare	Ovanvåning	Σ [m ²]
Längd [m]	9,00	4,80	7,90	4,80	13,90	-
Bredd [m]	5,50	3,40	3,50	3,40	3,60	-
Takhöjd [m]	2,25	2,25	2,12	2,30	2,20	-
Golvarea [m ²]	49,50	16,32	27,65	16,32	50,04	159,83
Golvarea mot mark [m ²]	-	-	-	16,32	-	16,32
Golvarea mot kryppgrund [m ²]	49,5	-	27,65	-	-	77,15
Golvarea mot fri luft [m ²]	-	-	-	-	8,25	8,25
Väggarea mot friluft [m ²]	40,02	22,33	36,70	12,26	7,50	118,81
Väggarea mot mark [m ²]	-	-	-	28,80	-	28,80
Takarea mot fri luft [m ²]	-	-	-	-	108,56	108,56
Takarea mot ouppvärmad vind [m ²]	-	-	27,65	-	-	27,65
Yta 2-glasfönster [m ²]	1,72	1,52	-	0,86	-	4,10
Yta 3-glasfönster [m ²]	3,91	-	2,62	-	2,35	8,88
Fönsteryta i sydläge [m ²]	3,91	-	1,75	-	1,18	6,84
Fönsteryta i väst- eller östläge [m ²]	1,72	-	0,87	0,43	-	3,02
Ytterdörrar [m ²]	1,60	-	1,60	-	-	3,20
Klimatskal [m ²]	102,38	23,85	98,84	58,67	127,84	401,72
Byggnadsdel under	kryppgrund	källare	kryppgrund	Fast mark	8,25 m ² över fri luft	
Byggnadsdel över	ovanvåning	ovanvåning	ouppvärmad vind	bottenvåning	-	

Tabell 5.1. Byggnadsdata för 1 ½ plans villa [eget material].

Den totala golvarean är på 159,83 m² beräknat från klimatskalets insida enligt avsnitt 3.2.1 ”Energiprestanda”. Klimatskalets area är 401,72 m² och består av nio olika kategorier. De olika kategorierna är golv mot mark, golv mot kryppgrund, golv mot fri luft, vägg mot mark, vägg mot fri luft, tak mot ouppvärmad vind, tak mot fri luft, 2-glasfönster, 3-glasfönster och ytterdörrar, se tabell 5.1.

Golvet mot kryppgrund består av 2,5 cm trä på vardera sidan om ett träbjälklag med 12,5·5 cm bjälkar reglat med 60 cm centrumavstånd och mineralull mellan reglarna. Överst ligger det en plastmatta. Golvet mot fast mark, källargolvet, är av betong med plastmatta överst, i övrigt är sammansättningen okänd. Efter samtal med byggnadsexpert Gert Lindahl, [21], antas golvet bestå av 15 cm solid betong utan någon isolering. Enligt Gert var det nämligen det vanligaste sättet att bygga källargolv på 70-talet då källaren är byggd. Golvet mot fri luft består av ett utsprång över en altan, se figur 5.1. Dess sammansättning är densamma som golvet över kryppgrunden.



Figur 5.1. Villan som är föremål för beräkningsexemplet, sedd från SSV [eget material].

Väggen mot fri luft består dels av källarvägg i betong dels av vägg sammansatt av trä och mineralull. Källarväggen är 27 cm tjock med 2,0 cm träpanel innerst och betong ytterst, dess exakta sammansättningen är okänd men efter diskussion med Gert Lindahl antas den inte innehålla någon isolering. Övrig väggyta mot fri luft består bitvis 2,0 cm spånskiva och bitvis 2,0 cm träpanel invändigt. Sedan kommer ett träbjälklag med 12,5·5 cm bjälkar reglat med 60 cm centrumavstånd och mineralull mellan reglarna. Ytterst är det 2,5 cm träpanel.

Taket mot den uppvärmda vinden består av 2,0 cm träpanel innanför ett likadant bjälklag som i väggarna. Utanför det är det 2,5 cm trä. Taket mot friluft har liknande sammansättning förutom att det är spånskiva invändigt, ytterst så är det tjärpapp med korrugerad aluminiumplåt utanpå.

Byggnaden har två ytterdörrar. Deras uppbyggnad är okänd men approximeras som 6 cm trä. Huset har totalt 16 st fönster, varav 7 stycken 2-glas med kittade klarglas och 9 stycken 3-glas av isolermodell med lågemissionsglas. Marksammansättningen kring byggnaden är morän av varierande grovlek. Huset är ventilerat med självdragsventilation, flödet antages vara 0,20 [l/m²s] efter samtal med ventilationsexpert Torbjörn Zaar, [20].

5.1 Beräkning av värmeavgivning för olika delar av byggnaden

U-värdesberäkningarna baseras på teorin i avsnitt 2 "Värmeenergibalans för byggnader". Värdena på värmekonduktivitet är hämtade ur tabell 2.1, Värmeövergångstalen på in- och utsidan kommer från figur 2.2. Inledningsvis beräknas byggnadens specifika uppvärmningsbehov och därefter används ortens klimat för att bestämma byggnadens energiprestanda.

De sammansatta väggarnas U-värde beräknas enligt ekvation 2.16. Transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23. Isoleringen upptar 92% av ytan och reglarna upptar därmed 8%. I tabell 2.1 kan noteras att spånskiva och trä har samma värmekonduktivitet därför anges i följande formler värmekonduktiviteten på trä även där det är spånskiva.

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \left(\alpha \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\lambda_{isolering}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R''} + \beta \frac{1}{R' + \frac{d_{170}}{\lambda_{trä}} + R''} \right) \\
 &= \left(0,92 \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,125}{0,04} + \frac{0,025}{0,14} + 0,04} + 0,08 \frac{1}{0,13 + \frac{0,17}{0,14} + 0,04} \right) = 0,312186 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \\
 U_2 &= \left(\frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\alpha \cdot \lambda_{isolering} + \beta \cdot \lambda_{trä}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R''} \right) \\
 &= \left(\frac{1}{0,13 + \frac{0,020}{0,14} + \frac{0,125}{0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,14} + \frac{0,025}{0,14} + 0,04} \right) = 0,323039 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \\
 U_{väggar, \text{friluft}} &= \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2} = \frac{2 \cdot 0,312186 \cdot 0,323039}{0,312186 + 0,323039} = 0,317520 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \\
 W_{trans, \text{väggar, friluft}} &= U \cdot A = 0,317520 \cdot 106,55 = 33,83 \left[\frac{W}{K} \right]
 \end{aligned}$$

U-värdet för källarväggen som angränsar till fri luft beräknas enligt ekvation 2.9. Transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23.

$$\begin{aligned}
 U_{källarvägg} &= \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{250}}{\lambda_{betong}} + R''} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{1,7} + 0,04} = 2,17 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \\
 W_{trans, \text{källarvägg}} &= U \cdot A = 2,17 \cdot 12,26 = 26,65 \left[\frac{W}{K} \right]
 \end{aligned}$$

Källarväggen som angränsar mot mark kommer att hamna i två olika kategorier enligt tabell 2.5. Källargolvet ligger totalt 1,5 m under markytan. Enligt tabell 2.5 bidrar den intilliggande moränen med ett värmemotstånd på 0,35 för den första metern källarvägg och 1,10 för den sista halvmetern. U-värdet beräknas enligt ekvation 2.9 och transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23.

$$U_{\text{källarvägg, mark,1}} = \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{250}}{\lambda_{\text{betong}}} + R_{\text{mark}} + R''} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{1,7} + 0,35 + 0,04} = 1,234696 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{\text{trans, källarvägg, mark,1}} = 1,234696 \cdot 28,80 \cdot \frac{1}{1,5} = 23,71 \left[\frac{W}{K} \right]$$

$$U_{\text{källarvägg, mark,2}} = \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{250}}{\lambda_{\text{betong}}} + R_{\text{mark}} + R''} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{1,7} + 1,10 + 0,04} = 0,641060 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{\text{trans, källarvägg, mark,2}} = U \cdot A = 0,641060 \cdot 28,80 \cdot \frac{0,5}{1,5} = 6,15 \left[\frac{W}{K} \right]$$

Ekvation 5.3. Värmeavgivning genom källarväggen som angränsar mot mark.

U-värdet för taket beräknas liksom tidigare enligt ekvation 2.16 och transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23. Värmemotståndet för tjärpappen bortses från eftersom det är ett tunt skikt. Värdet på värmemotståndet för skiktet med korrugerad aluminiumplåt är hämtat från tabell 2.4.

$$U_1 = \left(\alpha \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{125}}{\lambda_{\text{isoler}}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + R_{\text{plåt}} + R''} + \beta \frac{1}{R' + \frac{d_{170}}{\lambda_{\text{trä}}} + R_{\text{plåt}} + R''} \right)$$

$$= \left(0,92 \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,125}{0,04} + \frac{0,025}{0,14} + 0,15 + 0,04} + 0,08 \frac{1}{0,13 + \frac{0,17}{0,14} + 0,15 + 0,04} \right) = 0,296405 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_2 = \left(\frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{125}}{\alpha \cdot \lambda_{\text{isoler}} + \beta \cdot \lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + R_{\text{plåt}} + R''} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,125}{0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,14} + \frac{0,025}{0,14} + 0,15 + 0,04} \right) = 0,308110 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{\text{tak}} = \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2} = \frac{2 \cdot 0,296405 \cdot 0,308110}{0,296405 + 0,308110} = 0,302144 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{\text{trans, tak}} = U \cdot A = 0,302144 \cdot 108,56 = 32,80 \left[\frac{W}{K} \right]$$

För källargolvet kommer den intilliggande moränen att bidra med ett värmemotstånd på 2,20 enligt tabell 2.5. U-värdet beräknas enligt ekvation 2.9, transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23. Den invändiga plastmattans värmemotstånd bortses det ifrån eftersom det är ett så tunt skikt.

$$U_{käll\ arg\ olv} = \frac{1}{R' + \frac{d_{150}}{\lambda_{betong}} + R_{mark} + R''} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,15}{1,7} + 2,20 + 0,04} = 0,406796 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{trans, käll\ arg\ olv} = U \cdot A = 0,406796 \cdot 16,32 = 6,64 \left[\frac{W}{K} \right]$$

För värmeförlust mot kryppgrunden används samma värmemotstånd på insidan som på utsidan enligt teorin i avsnitt 2.2.1 ”Inverkan av luftspalter”. Värmemotståndet för plastmattan invändigt bortses ifrån eftersom det är ett tunt skikt. U-värdet beräknas enligt ekvation 2.16 och transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23.

$$U_1 = \left(\alpha \frac{1}{R' + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\lambda_{isoler}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R'} + \beta \frac{1}{R' + \frac{d_{175}}{\lambda_{trä}} + R'} \right)$$

$$= \left(0,92 \frac{1}{0,17 + \frac{0,025}{0,14} + \frac{0,125}{0,04} + \frac{0,025}{0,14} + 0,17} + 0,08 \frac{1}{0,17 + \frac{0,175}{0,14} + 0,17} \right) = 0,291017$$

$$U_2 = \left(\frac{1}{R' + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\alpha \cdot \lambda_{isoler} + \beta \cdot \lambda_{trä}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R'} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{0,17 + \frac{0,025}{0,14} + \frac{0,125}{0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,14} + \frac{0,025}{0,14} + 0,17} \right) = 0,302910$$

$$U_{kryppgrund} = \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2} = \frac{2 \cdot 0,291017 \cdot 0,302910}{0,291017 + 0,302910} = 0,296845 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{trans, kryppgrund} = U \cdot A = 0,296845 \cdot 77,15 = 22,90 \left[\frac{W}{K} \right]$$

U-värdet för fönterytorerna är hämtade ur tabell 2.7.

$$U_{2-glas} = 2,9 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{3-glas} = 1,4 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{trans, 2-glas} = U \cdot A = 2,9 \cdot 4,10 = 11,89 \left[\frac{W}{K} \right]$$

$$W_{trans, 3-glas} = U \cdot A = 1,4 \cdot 8,88 = 12,43 \left[\frac{W}{K} \right]$$

U-värdet för ytterdörrarna beräknas med ekvation 2.9. Transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23 och värdena blir:

$$U_{\text{ytterdörrar}} = \frac{1}{R' + \frac{d_{60}}{\lambda_{\text{trä}}} + R''} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,06}{0,14} + 0,04} = 1,670644 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{\text{trans, ytterdörrar}} = U \cdot A = 1,670644 \cdot 3,20 = 5,34 \left[\frac{W}{K} \right]$$

U-värdet för golvytan mot fri luft beräknas på samma sätt som för golvytan över kryppgrund förutom att det används ett annat värmeövergångstal på utsidan i enlighet med figur 2.2. Transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23.

$$U_1 = \left(\alpha \frac{1}{R' + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{125}}{\lambda_{\text{isoler}}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + R''} + \beta \frac{1}{R' + \frac{d_{175}}{\lambda_{\text{trä}}} + R''} \right)$$

$$= \left(0,92 \frac{1}{0,17 + \frac{0,025}{0,14} + \frac{0,125}{0,04} + \frac{0,025}{0,14} + 0,04} + 0,08 \frac{1}{0,17 + \frac{0,175}{0,14} + 0,04} \right) = 0,303972$$

$$U_2 = \left(\frac{1}{R' + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{125}}{\alpha \cdot \lambda_{\text{isoler}} + \beta \cdot \lambda_{\text{trä}}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{\text{trä}}} + R''} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{0,17 + \frac{0,025}{0,14} + \frac{0,125}{0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,14} + \frac{0,025}{0,14} + 0,04} \right) = 0,315327$$

$$U_{\text{golv, fri luft}} = \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2} = \frac{2 \cdot 0,303972 \cdot 0,315327}{0,303972 + 0,315327} = 0,309545 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$W_{\text{trans, golv, fri luft}} = U \cdot A = 0,309545 \cdot 8,25 = 2,55 \left[\frac{W}{K} \right]$$

Vid U-värdesberäkning för tak som angränsar mot uppvärmd vind kan ett värmemotstånd på mellan 0,06 och 0,30 [m²K/W] användas enligt avsnitt 2.2.1 ”Inverkan av luftspalter”. Efter som den uppvärmda vinden i detta fall är liten med en takhöjd på ungefär en meter väljs här ett värde i nedre kanten av intervallet nämligen 0,1 [m²K/W]. U-värdet beräknas med hjälp av ekvation 2.9. Transmissionsförlusterna beräknas enligt ekvation 2.23 och följande värden fås:

$$\begin{aligned}
U_1 &= \left(\alpha \frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\lambda_{isoler}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R_{vind} + R''} + \beta \frac{1}{R' + \frac{d_{170}}{\lambda_{trä}} + R_{vind} + R''} \right) \\
&= \left(0,92 \frac{1}{0,10 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,125}{0,04} + \frac{0,025}{0,14} + 0,10 + 0,04} + 0,08 \frac{1}{0,10 + \frac{0,17}{0,14} + 0,10 + 0,04} \right) = 0,304573 \\
U_2 &= \left(\frac{1}{R' + \frac{d_{20}}{\lambda_{trä}} + \frac{d_{125}}{\alpha \cdot \lambda_{isoler} + \beta \cdot \lambda_{trä}} + \frac{d_{25}}{\lambda_{trä}} + R_{vind} + R''} \right) \\
&= \left(\frac{1}{0,10 + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,125}{0,92 \cdot 0,04 + 0,08 \cdot 0,14} + \frac{0,025}{0,14} + 0,10 + 0,04} \right) = 0,315896 \\
U_{tak} &= \frac{2 \cdot U_1 \cdot U_2}{U_1 + U_2} = \frac{2 \cdot 0,304573 \cdot 0,315896}{0,304573 + 0,315896} = 0,310132 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \\
W_{trans,tak} &= U \cdot A = 0,310132 \cdot 27,65 = 8,58 \left[\frac{W}{K} \right]
\end{aligned}$$

5.2 Beräkning av värmeavgivning genom ventilationen

De totala värmeförlusterna genom ventilationen räknas ut med ekvation 2.19. Utomhustemperaturen sätts till 6 °C och inomhustemperaturen sätts till 21°C. Felet blir litet om temperaturen väljs ett par grader fel. Ånghalten sätts till 0,005 vilket är medelånghalten i södra Sverige enligt avsnitt 2.3 ”Energiutbyte genom masstransport”.

$$\begin{aligned}
q_{vent} &= ((1-x)1,30 + 1,46 \cdot x) \frac{546,30}{T_2 + T_1} (T_2 - T_1) \left[\frac{kJ}{m^3} \right] \\
&\Rightarrow ((1-0,005)1,30 + 1,46 \cdot 0,005) \frac{546,30}{294,15 + 279,15} = 1,239538 \left[\frac{kJ}{m^3 K} \right] \\
q_{vent,per K} &= 1,239538 \cdot A_{tot} \cdot \dot{V} = 1,239538 e3 \cdot 159,83 \cdot 0,2 e-3 = 39,62 \left[\frac{W}{K} \right] \\
\dot{V} &= \text{volymflödet} \left[\frac{m^3}{m^2 s} \right]
\end{aligned}$$

5.3 Beräkning av uppvärmningsbehov

För att det totala uppvärmningsbehovet skall kunna beräknas summeras värmeavgivningen som funktion av skillnaden mellan inom- och utomhustemperaturen. Enligt tabell 5.2 avger byggnaden drygt 233 [W/K].

	Σ [m ²]	U-värde [W/m ² K]	Värmeförlust [W/K]	Total värmeförlust [W/K]
Golvyta mot mark	16,32	0,407	6,640	
Golvyta mot kryppgrund	77,15	0,300	22,900	
Golvyta mot fri luft	8,25	0,310	2,550	
Väggyta mot friluft	106,55	0,318	33,832	
Källarvägg mot friluft	12,26	2,170	26,650	
Väggyta mot mark 1	19,20	1,235	23,710	
Väggyta mot mark 2	9,60	0,641	6,150	
Takyta mot fri luft	108,56	0,300	32,800	
Takyta mot ouppvärmad vind	27,65	0,316	8,580	
Yta 2-glasfönster	4,10	2,900	11,890	
Yta 3-glasfönster	8,88	1,400	12,430	
Ytterdörrar	3,20	1,670	5,340	
Ventilation			39,62	233,092

Tabell 5.2. Summering av värmeavgivning.

Vid beräkning av gratisenergin enligt avsnitt 2.6 behövs värden på personvärme, hushållsel och solinstrålning. Eftersom energideklarationerna inte skall vara brukarberoende enligt avsnitt 3.2.2 så används här ett schablonbelopp på personvärme. Värmeproduktionen från personer per år och hushåll är enligt avsnitt 2.4 mellan 500 och 3 000 kWh här används därför medelvärdet 1750 kWh. För hushållsel är motsvarande siffra 1 500-3 000 kWh, byggnaden har två frysar och två kylskåp vilket är energikrävande apparater. Därför används här den högre siffran 3000 kWh per år.

Inverkan av solinstrålning kommer dels som uppvärmning av fasaden, dels som instrålning genom fönster. Inverkan av den solenergi som träffar fasaden är svår att uppskatta därför försummas den. Under sommaren är uppvärmningsbehovet obefintligt och därför bortses det här ifrån den instrålade energimängden under perioden mitten av maj till mitten av september. Enligt tabell 2.2 är den instrålade energimängden 633 kWh/m² från mitten av september till mitten av maj mot fasad i sydläge, 326 kWh/m² i öst- och västläge och 95 kWh/m² i norrläge. Byggnaden har 6,84 m² fönsteryta i söderläge, 3,02 m² i öst- eller västläge och 3,12 m² i norrläge. Fönstren i söderläge är treglasfönster med en transmittans på 0,59 enligt tabell 2.7. Av fönstren i öst- och västläge är 2,27 m² tvåglasfönster med en transmittans på 0,76. Resten, 0,75 m², är treglasfönster. Fönstren som gränsar mot norr består till 1,83 m² av tvåglasfönster och till 1,29 m² av treglasfönster. 3,91 m² av fönsterytan i söderläge är placerade under ett utsprång, se figur 5.1. Detta gör att uppskattningsvis hälften av solinstrålningen genom den ytan faller bort. Den totala inverkan av solinstrålningen under uppvärmningssäsongen blir då följande:

$$\begin{aligned}
Q_{sol,korr} &= Q_{sol} \cdot k_{uppvärmningssäsong} \cdot \{k_s \cdot \tau_{treglas} (k_{utsprång} \cdot A_{utsprång} + (A_{syd} - A_{utsprång})) \\
&+ k_{v,\bar{o}} \cdot (\tau_{tvåglas} \cdot A_{v,\bar{o},tvåglas} + \tau_{treglas} \cdot A_{v,\bar{o},treglas})\} \\
&= 633 \cdot 0,59 \cdot (0,5 \cdot 3,91 + (6,84 - 3,91)) + 326 \cdot (0,76 \cdot 2,27 + 0,59 \cdot 0,75) + 95 \cdot (0,76 \cdot 1,83 + 1,29 \cdot 0,59) \\
&= 2735,50 \left[kWh / uppvärmningssäsong \right]
\end{aligned}$$

Den totala gratiseffekten beräknas med personvärme och hushållsel på årsbasis och solinstrålning från av september till mitten av maj. Anledningen till att denna särskiljning görs är att personvärmen och hushållselen är årstidsberoende medan solinstrålningen är större på sommaren då det inte finns något uppvärmningsbehov.

$$\begin{aligned}
q_{gratis} &= 1000 \cdot \left(\frac{Q_{hushållsel} + Q_{personvärme}}{8760} + \frac{Q_{sol,korr}}{8760 \cdot \frac{8}{12}} \right) \\
&= 1000 \cdot \left(\frac{3000 + 1750}{8760} + \frac{2735,50}{5840} \right) = 1010,64 [W]
\end{aligned}$$

Med hjälp av gratisvärmen kan sedan gränstemperaturen för byggnaden beräknas enligt ekvation 2.23 till.

$$\begin{aligned}
T_g &= T_{inne} - \frac{q_{gratis}}{(W_{trans} + W_{vent})} = 21 - \frac{1010,64}{233,09} = 16,66 [^{\circ}C] \\
W_{trans} &= \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{j=1}^m \psi_j \\
W_{vent} &= q_{vent} \cdot \dot{V}
\end{aligned}$$

Interpolation i tabell 2.9 med gränstemperaturen 16,66°C och normalårstemperaturen 6,38°C ger sedan att antalet gradtimmar för byggnaden är 93 910,76 Kh. Det totala uppvärmningsbehovet beräknas med hjälp av ekvation 2.25, se ekvation 5.15 där även specifikt uppvärmningsbehov och specifik hushållselsanvändning beräknas.

$$\begin{aligned}
Q_{behov} &= (W_{trans} + W_{vent}) \cdot G_t = 233,09 \cdot 93910,76 = 21889659,05 [Wh] \\
&= 21889,66 [kWh] \\
q_{behov} &= \frac{Q_{behov}}{A_{tempererad}} = \frac{21889,66}{159,83} = 136,96 [kWh/m^2] \\
q_{hushållsel} &= \frac{Q_{hushållsel}}{A_{tempererad}} = \frac{3000}{159,83} = 18,77 [kWh/m^2] \\
q_{köpt energi} &= q_{behov} + q_{hushållsel} = 136,96 + 18,77 = 155,73 [kWh/m^2]
\end{aligned}$$

Den framräknade energimängden är nettoenergi i enlighet med resonemanget i avsnitt 3.2.1 ”Energiprestanda”. Här tas emellertid inte varmvattenanvändningen med.

6 Beräkningsprogram

För att kunna beräkna byggnaders energiprestanda på ett smidigare sätt än i beräkningsexemplet i avsnitt 5 har ett beräkningsprogram utvecklats. Programmet är utvecklat i Java, ett plattformsoberoende programmeringsspråk. Syftet med programmet är att utifrån teorin i avsnitt 2 "Värmeenergibalans för byggnader" skapa ett beräkningsverktyg för att bestämma en byggnads energiprestanda. Programmet är anpassat för att leva upp till de krav som ställs på beräkningsprogram i avsnitt 3.2 "Energidirektivet översatt till svenska förhållanden". Enligt SOU 2005:67 skall energiprestandan beräknas för samtliga småhus och nybyggda hus. För flerbostadshus och byggnader med lokaler skall energiprestandan beräknas då det inte finns några uppgifter på byggnadens energianvändning. Programmet är tänkt att användas till alla typer av byggnader som inte har komfortkyla installerad.

6.1 Programmering

Java är ett objektorienterat högnivåprogrammeringsspråk. I objektorienterad programmering skapas objekt av olika typer vilka det sedan utförs operationer på. Ett objekt kan bestå av ett heltal, ett fönster, en textrad eller i stort sett vad som helst. I Java används klasser för att definiera objekt. Alla objekt är så kallade underklasser till klassen "object". När ett program byggs upp i Java används standardklasser som ingår i Javas klasspaket, till dessa standardklasser skapas skräddarsydda underklasser för att leva upp till de önskade kraven på programmet. Standardklasserna i Java är allmänt skrivna så att de skall kunna användas till så skilda uppgifter som möjligt. [31],[32]

För att det skall gå att spara beräkningar så har det skapats ett nytt filformat *.en vilket är skräddarsytt för ändamålet. Den förenklade och detaljerade beräkningen sparas i samma fil.

6.1.1 Grafik

Vid uppbyggnad av grafik i Java används klasspaketen "Awt" och "Swing". "Swing" är en vidareutveckling av "Awt" men många funktioner i "Awt" finns inte med i "Swing" vilket gör att klasspaketen kompletterar varandra. Klasser som finns med i "Awt" men som har förbättrats i "Swing" får där prefixet "J". [32]

Alla klasser i "Swing" och "Awt" är underklasser till klasserna "Component" och "JComponent". Underklasserna till "Component" och "JComponent" består av två huvudgrupper, behållarkomponenter och funktionskomponenter. Behållarkomponenterna har till enda uppgift att förvara funktionskomponenter. Behållarkomponenter är indelade i två kategorier fönster som kan visas direkt på skärmen kallade "Top-level windows", huvudfönster, och behållare som används för att skapa önskat utseende inuti huvudfönstret. [31], [32]

I beräkningsprogrammet har klassen "JFrame" använts som huvudfönster. Inuti huvudfönstret har en "ScrollPane" placerats vilken gör att det skapas rullningslistor ifall inte allt innehåll ryms i fönstret. All grafik inuti i ytan med rullningslistor har skapats med klassen "Container" vilket är huvudklassen till alla behållarkomponenter. Totalt består programmet av ett hundratal komponenter av klassen "Container". För varje "Container" skapas det en "Layout" vilken berättar på vilket sätt komponenterna inuti behållaren skall placeras. I Java finns det flera oli-

ka klasser av typen "Layout", de två typer av "Layout" som har använts för beräkningsprogrammet är "GridLayout" och "BorderLayout". "GridLayout" består av ett rutnät med ett antal rader och kolumner som specificeras då den initieras, rutorna i rutnätet har samma storlek. "BorderLayout" består av fem rutor, "NORTH", "WEST", "EAST", "SOUTH" och "CENTER" som ändrar storlek beroende på hur mycket som placeras i respektive ruta. [31]

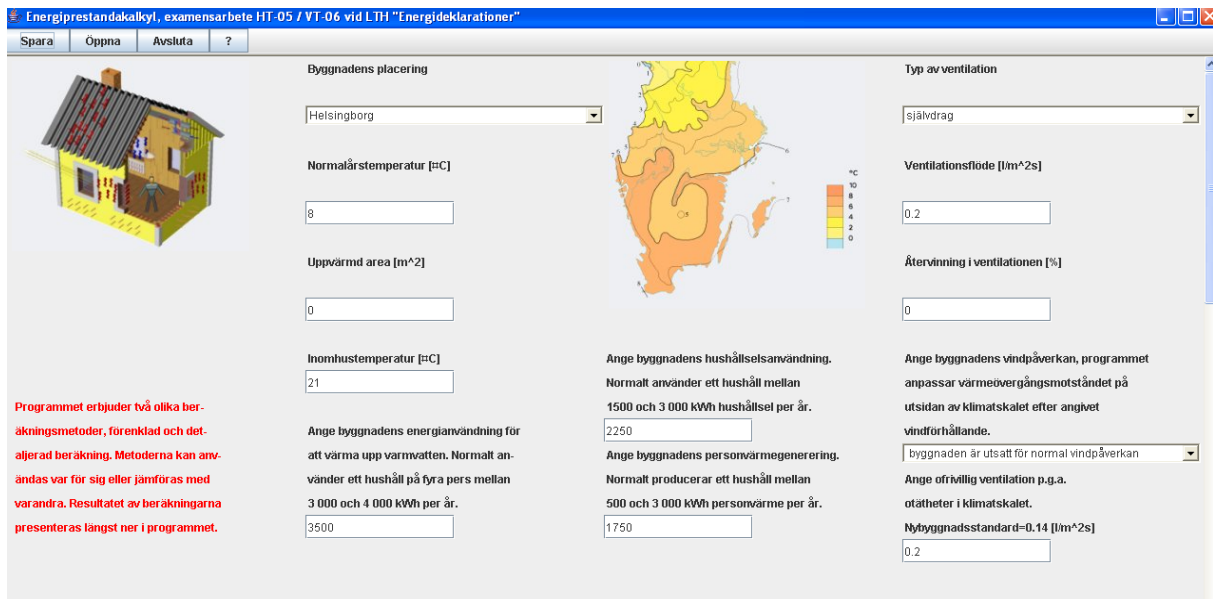
De olika huvudsakliga funktionskomponenter som har använts i programmet är "JPanel", "Canvas", "JLabel", "JTextField", "JTextArea", "Choice", "JMenuBar", "JRadioButton" och "JButton". "JPanel" används endast som huvudklass till en egenhändigt skriven klass, "Bild-Panel", vilken används till att visa bilder i formaten "*.jpg" och "*.gif". "Canvas" används också endast som huvudklass till en egenhändigt skriven klass, "line", vilken används för att rita ut linjer av ett speciellt utseende på skärmen. Klassen "JLabel" används för att skriva ut text på skärmen som inte kan ändras av användaren, det går endast att skriva ut en textrad på en "JLabel". "JTextField" används som textruta där användaren matar in olika uppgifter om byggnaden. Totalt innehåller programmet 114 stycken "JTextField", användaren behöver dock fylla i långt ifrån alla dessa för att göra en beräkning. Det går endast att mata in eller skriva ut en textrad på enkomponent av klassen "JTextField". Klassen "JTextArea" används på två ställen i programmet dels för att presentera en informationstext om programmet dels för att presentera resultatet av beräkningen. På en "JTextArea" går det att skriva ut ett obegränsat antal textrader. [33]

Klassen "Choice" består av en rullgardinsmeny där användaren kan välja ett alternativ bland flera. "JMenuBar" är en klass som knyts till ett fönster och används för att placera ut komponenter högst upp i ramen på fönstret. Klassen "JRadioButton" är en klass som består av en rund knapp som kan vara på eller av. I programmet används även en "ButtonGroup" vilken gör att endast en "JRadioButton" kan vara på åt gången. "JButton" består av en rektangulär knapp som användaren kan klicka på med musen när en beräkning skall utföras. [33]

För att svara på åtgärder som användaren gör används inre klasser, kort sagt klasser som skrivs inuti själva huvudklassen. Varje funktionskomponent som skall vara aktiv knyts till en egen inre klass. Klasserna som knyts till objekt av klassen "JButton" skall vara underklasser till "ActionListener" medan "Choice"-objekt knyts till underklasser till "ItemListener". Från en inre klass kan referenser på olika objekt i huvudklassen ändras, detta går inte att göra från yttre klasser. [33]

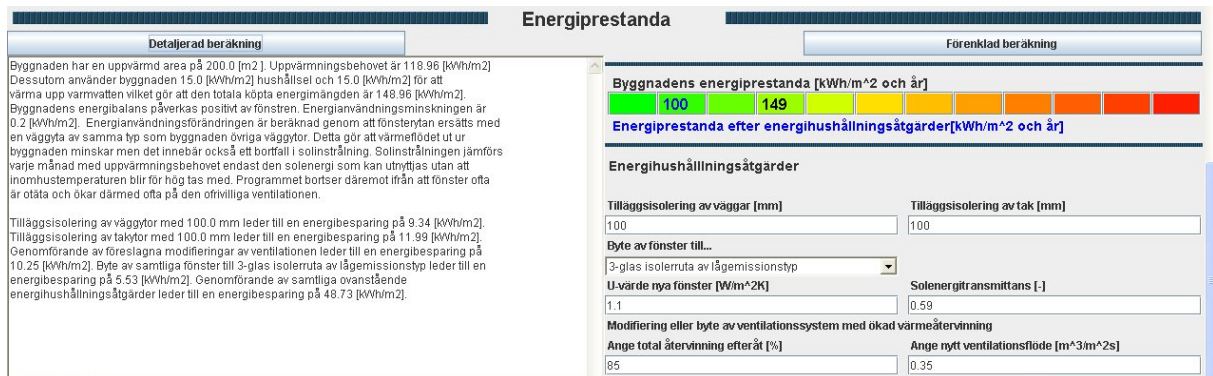
6.2 Programdesign

Programmets upplägg är sådant att användaren erbjuds två olika beräkningsalternativ, förenklad och detaljerad beräkning. De båda alternativen delar dock en rad funktionskomponenter. Överst i programmet är det en ruta som delas av de två metoderna, se figur 6.1. Användaren anger där bland annat var byggnaden ligger, uppgifter om ventilation, inomhustemperatur, vindförhållanden, hushållsel- och varmvattenanvändning. Tre av komponenterna är här aktiva, då en ort väljs ges ortens normalårstemperatur etc. Om inte önskad ort finns med i rullgardinsmenyn så kan användaren få fram ungefärlig normalårstemperatur med hjälp av en karta över södra halvan av Sverige. Då typ av ventilation väljs ges ett förslag på ventilationsflöde och återvinning i ventilationen. Slutligen så anpassas den ofrivilliga ventilationen av valt vindförhållande.



Figur 6.1. Utseende på översta rutan i programmet.

De båda beräkningsmetoderna delar även den nedersta rutan i programmet där resultatet presenteras, se figur 6.2. Den nedersta rutan innehåller två knappar, en för detaljerad beräkning och en för förenklad beräkning. Vidare så finns där en skala där byggnadens energiprestanda presenteras. Under skalan finns det möjlighet att fylla i olika energihushållningsåtgärder. De möjliga åtgärderna som erbjuds är tilläggsisolering av väggar och tak av valfri tjocklek, byte av fönster till valfri modell och modifiering av ventilationen. Rullgardinsmenyn där fönstertyp anges är aktiv, förslag på U-värde och solenergitransmittans ges för vardera fönstertyp.



Figur 6.2. Utseende på nedersta rutan i programmet.

Resultatet av energihushållningsåtgärderna presenteras dels på skalan ovanför dels i en informationsruta bredvid. Texten som presenteras i informationsrutan är enligt följande för småhuset i beräkningsexemplet i avsnitt 5:

”Byggnaden har en uppvärmd area på 159,83 [m²]. Uppvärmningsbehovet är 141,07 [kWh/m²]. Dessutom använder byggnaden 18,77 [kWh/m²] hushållsel och 18,77 [kWh/m²] för att värma upp varmvatten vilket gör att den totala köpta energimängden är 178,61 [kWh/m²]. Byggnadens energibalans påverkas positivt av fönstren. Energianvändningsminskningen är 0,08 [kWh/m²]. Energianvändningsförändringen är beräknad genom att fönstertytan ersätts med en väggyta av samma typ som byggnaden övriga väggytor. Detta gör att värmeflödet ut ur byggnaden minskar men det innebär också ett bortfall i solinstrålning. Solinstrålningen jämförs varje månad med uppvärmningsbehovet. Endast den solenergi som kan utnytt-

jas utan att inomhustemperaturen blir för hög tas med. Programmet bortser däremot ifrån att fönster ofta är otäta och ökar därmed ofta på den ofrivilliga ventilationen.

Tilläggsisolering av väggytor med 50,0 mm leder till en energibesparing på 7,5 [kWh/m²]. Tilläggsisolering av takytor med 160,0 mm leder till en energibesparing på 18,73 [kWh/m²]. Genomförande av föreslagna modifieringar av ventilationen leder till en energibesparing på 7,13 [kWh/m²]. Byte av samtliga fönster till 3-glas isolerruta av lågemissionstyp leder till en energibesparing på 6,92 [kWh/m²]. Genomförande av samtliga ovanstående energihushållningsåtgärder leder till en energibesparing på 54,89 [kWh/ m²].”

Texten är tänkt att kopieras ut från programmet och användas som informationstext i energideklarationen. När användaren trycker på någon av beräkningsknapparna genomförs totalt sex beräkningar av byggnadens energiprestanda, energiprestandan i nuläget och energiprestandan efter vardera energihushållningsåtgärd. Samtliga beräkningar grundar sig på samma metodik som beräkningsexemplet i avsnitt 5. Först beräknas det totala energiflödet ut ur byggnaden som funktion av temperaturdifferensen mellan ut- och insida av klimatskalet. Därefter beräknas en gränstemperatur som anger den utomhustemperatur vilken utgör gränsen för om det finns ett uppvärmningsbehov eller inte. Sedan plockas antalet gradtimmar ut ur en tabell med hjälp av tvådimensionell interpolation. Slutligen multipliceras gradtimmarna med värmeflödet som funktion av temperaturskillnad vilket ger uppvärmningsbehovet i Wh.

Programmet ger inte exakt samma energiprestanda som beräkningen för hand. Detta beror på att i handberäkningen antas solinstrålningen komma byggnaden till godo åtta månader om året medan programmet räknar ut hur mycket solenergin byggnaden kan nyttogöra varje månad.

6.2.1 Detaljerad beräkning

I den detaljerade beräkningen ges användaren möjlighet att i detalj beskriva sammansättningen av klimatskalets olika ytor, se figur 6.3. Upplägget är sådant att två typer av vägg-, golv- och takytor kan anges. Först anger användaren vad det är för typ av yta till exempel vägg mot fri luft, vägg med ventilerat fasadskikt av tegel, golv mot kryppgrund, golv mot mark eller tak mot ouppvärmad vind. Totalt innehåller programmet tre sorters väggytor, sex sorters takytor och sju sorters golvytor. Varje yta tillåts innehålla fyra skikt. När användaren anger ett skikt väljs material i en rullgardinsmeny och skiktets tjocklek anges i en textruta bredvid. För de ytor som innehåller ett ventilerat fasadskikt skall detta skikt inte specificeras till tjocklek eftersom denna är oväsentlig. Istället anges vad det är för typ av ventilerat skikt som ytan gränsar mot då typen av yta specificeras i den första rullgardinsmenyn, till exempel väggyta med ventilerat fasadskikt av trä. Resultatet av inmatningen är ytans U-värde.

Specifikation av väggytor		Innehåll lager 3		Tjocklek lager 3 [mm]	
1. Typ av väggyta	Area [m ²]	Innehåll lager 4	Tjocklek lager 4 [mm]	U-värde [W/m ² K]	
vägg mot fri luft	106.55	trä / spånskiva	25	kallyttera 1	0.317
Innehåll lager 1	Tjocklek lager 1 [mm]	Innehåll lager 3	Tjocklek lager 4 [mm]		
trä / spånskiva	20	trä / spånskiva	0		
Innehåll lager 2	Tjocklek lager 2 [mm]				
mineralull och regler	125				

Figur 6.3. Utseende på inmatningsfält för olika ytor av klimatskalet.

Då samtliga tak- golv- och väggytor är specificerade möts användaren av en ruta där uppgifter om byggnadens källare kan matas in, se figur 6.4. Där anges den totala golvytan, den totala väggytan, hur stor andel av väggytan som ligger under marken, vad det är för marksamman-

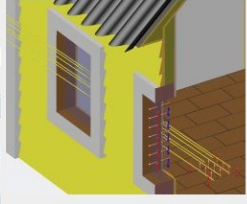
sättning och vilken sammansättning golvet och väggarna har. Varje yta tillåts innehålla fyra skikt. Resultatet presenteras som tre olika U-värden, för golv, vägg mot mark och vägg mot friluft.

Källare		Andel av källarväggen under markytan [%]		Marksammansättning
Källarens väggarea [m ²]	Källarens golvarea [m ²]	70		ej dränerad sand, grus eller morän
41.06	16.32			
Källarvägg innehåll lager 1	Källarvägg tjocklek lager 1 [mm]	Källargolv innehåll lager 1	Källargolv tjocklek lager 1 [mm]	
betong	250	betong	150	
Källarvägg innehåll lager 2	Källarvägg tjocklek lager 2 [mm]	Källargolv innehåll lager 2	Källargolv tjocklek lager 2 [mm]	
trä / spånskiva	20	trä / spånskiva	0	
Källarvägg innehåll lager 3	Källarvägg tjocklek lager 3 [mm]	Källargolv innehåll lager 3	Källargolv tjocklek lager 3 [mm]	
trä / spånskiva	0	trä / spånskiva	0	
Källarvägg innehåll lager 4	Källarvägg tjocklek lager 4 [mm]	Källargolv innehåll lager 4	Källargolv tjocklek lager 4 [mm]	
betong	0	trä / spånskiva	0	
U-värde källarvägg mot mark [W/m ² K]		U-värde källarvägg mot luft [W/m ² K]		U-värde källargolv [W/m ² K]
0.873		2.174		0.4
kalkylera				

Figur 6.4. Utseende på fält för inmatning av uppgifter om byggnadens källare.

Nästa ruta är till för att bestämma byggnadens fönsterytor, se figur 6.5. Byggnaden tillåts ha två olika typer av fönster vilka väljs i en rullgardinsmeny. Programmet ger ett förslag på U-värde och solenergitransmittans utifrån vald typ av fönster, dessa värden kan dock ändras av användaren om så önskas. Sedan anges hur stor andel av vardera fönsteryta som är riktad åt olika vädersträck. Programmet presenterar sedan total årlig solinstrålning genom de olika ytorna. Vid energiprestandaberäkningen tas dock endast med så mycket instrålad energi som kan komma byggnaden till godo utan att inomhustemperaturen ökar. Uppvärmningsbehovet jämförs varje månad med den tillgängliga solinstrålningen för att bestämma den tillgodogjorda energin.


Fönster		Fönstertyp 1		Fönstertyp 2		Årlig solinstrålning yta 1 [kWh]	Årlig solinstrålning yta 2 [kWh]	Total Årlig solinstrålning [kWh]
Fönstertyp 1	2-glas, klarglas	Fönstertyp 2	3-glas, 2-glas isolerruta med 1 extra klarglas					
Area fönstertyp 1 [m ²]	4.1	Area fönstertyp 2 [m ²]	8.88	U-värde [W/m ² K]	1.4	Solenergitransmittans [-]	0.59	
U-värde [W/m ² K]	2.9	Solenergitransmittans [-]	0.76	Del av fönsteryta 1 i skuggfritt sydläge [%]	0.0	Del av fönsteryta 2 i skuggfritt sydläge [%]	55	
Del av fönsteryta 1 i skuggfritt sydläge [%]	0.0	Del av fönsteryta 1 i skuggfritt sydost-/sydvästläge [%]	0.0	Del av fönsteryta 2 i skuggfritt sydost-/sydvästläge [%]	0.0	Del av fönsteryta 2 i skuggfritt öst-/västläge [%]	8	
Del av ytan i skuggfritt sydost-/sydvästläge [%]	0.0	Del av ytan i skuggfritt öst-/västläge [%]	55	Del av ytan i skuggfritt nordost-/nordvästläge [%]	0			kalkylera
Del av ytan i skuggfritt öst-/västläge [%]	55							2107.796
Del av ytan i skuggfritt nordost-/nordvästläge [%]	0							



Figur 6.5. Utseende på fält för inmatning av uppgifter om byggnadens fönster.

Nederst i den detaljerade beräkningen definieras byggnadens köldbryggor och ytterdörrar, se figur 6.6. Användaren ges möjlighet att mata in tre köldbryggor och tre typer av dörrar. I praktiken innehåller en byggnad ofta mer än tre köldbryggor, dessa kan dock med enkla överslagsberäkningar klumpas ihop. Därför bör det inte innebära någon begränsning att endast tre köldbryggor kan anges.

Övrigt			Byggnadens köldbryggor			Byggnadens ytterdörrar		
Längd [m]	Köldbrygga 1	W-värde [W/mK]	Area [m ²]	Dörryta 1	U-värde [W/m ² K]			
0		0	3.2		1.671			
Längd [m]	Köldbrygga 2	W-värde [W/mK]	Area [m ²]	Dörryta 2	U-värde [W/m ² K]			
0		0	0		0			
Längd [m]	Köldbrygga 3	W-värde [W/mK]	Area [m ²]	Dörryta 3	U-värde [W/m ² K]			
0		0	0		0			



Figur 6.6. Utseende på fält för inmatning av uppgifter om köldbryggor och ytterdörrar.

6.2.2 Förenklad beräkning

Den förenklade beräkningen består av en ruta där användaren med ett betydligt färre antal variabler än i den detaljerade beräkningen skall ange vad byggnadens klimatskal består av, se figur 6.7. Noggrannheten i den förenklade beräkningen är lika god som i den detaljerade, den snabbare inmatningen leder dock till en lägre flexibilitet. Vid upplägget av den förenklade beräkningen har fokus legat på att få en snabb inmatning utan att tappa i noggrannhet.

Figur 6.7. Utseende på fält för inmatning av uppgifter om byggnaden i den förenklade beräkningen.

Först anges formen på byggnaden sedd uppifrån, användaren ges här 19 olika alternativ varav åtta består av byggnader som har en eller två gavlar som angränsar till andra byggnader. Sedan anges typ av hus. Alternativen är tegelhus, betonghus, lättbetonghus, trähus eller betonghus med fasadtegel. Därefter anges byggåret på huset. Programmet ger ett förslag på isoleringstjocklek i väggar och tak utifrån när huset är byggt. Vad byggnaden har för takyta är nästa sak att ange. Här ges möjligheterna tak mot uppvärmd vind, uppvärmd vind med snedtak och platt tak mot friluft. Därefter anges vägg tjocklek, antal våningar och typ av golv. De olika golvtyper som finns med i programmet är golv mot kryppgrund, golv mot mark, golv mot uppvärmd källare och uppvärmd källare. Resterande inparametrar är takhöjd, typ av fönster och andel av fasadytan som är täckt av fönster. Då typ av fönster väljs ger programmet förslag på U-värde och solenergitransmittans.

Klimatskalets tak- och golvarea fås av den uppvärmda arean och antalet våningar. Vägarean beror av roten ur arean per våningsplan, takhöjden och formen på huset. Tack vare att programmet medger att byggnader kan ha gavlar som angränsar till andra byggnader så är det möjligt att dela upp en energiprestandaberäkning i flera. Detta kan vara nödvändigt om byggnaden har en komplex form eller när dess sammansättning inte är densamma över hela tvärsnittsarean. Detta inträffar till exempel då olika delar av byggnaden inte har samma antal våningar. Hushållsenergin och varmvattenanvändningen slås i sådana fall ut på de olika delarna av byggnaden i proportion till deras golvarea.

7 Diskussion och slutsats

I 1.2 "Problembeskrivning" ställs tre övergripande frågeställningar vilka rapporten avser att undersöka och om möjligt besvara enligt nedan:

- Hur skall införandet av energideklarationer i Sverige gå till?
- Hur sker värmeenergitransporter genom klimatskalet på en byggnad?
- Kan EVU Energi och VVS Utveckling AB utföra energideklarationer?

Rapporten behandlar sedan ämnen som rör dessa frågeställningar utan några större utsvängningar. Den första frågeställningen som rör införandet av energideklarationer i Sverige hade varit enklare att besvara om den färdiga propositionen hade inväntats. Reservationerna i inledningen av rapporten klargör emellertid att en eventuell sent inkommen proposition skall ignoreras. Detta innebär att endast informationen i EG-direktivet, de olika betänkandena från miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet samt remissvar på dessa får ligga till grund för tagna slutsatser.

EG-direktivet om byggnaders energiprestanda är en allmänt skriven, välformulerad text som på ett tydligt sätt verkar för att den totala energianvändningen inom unionen skall minska. De förslag som nämns känns genomtänkta och konstruktiva. Det faktum att direktivet är allmänt skrivet leder både till för- och nackdelar. En fördel är att de enskilda medlemsstaterna ges möjlighet att själva anpassa direktivet efter sina förhållanden. Energianvändningstopparna inträffar vid olika årtider i olika delar av Europa, heta sommandagar drar komfortkylanläggningar stora effekter i Medelhavsområdet medan det i Norden är som lägst elanvändning. På vintern är förhållandena omvända. Detta ställer olika krav på insatser i försök att minska på energianvändningen.

Nackdelar med allmänt skrivna texter är att det lämnar utrymme att fokusera på fel saker. Vissa saker borde ha varit tydligare definierade i direktivet, detta gäller bitar som är oberoende av var i Europa en byggnad är belägen. Energiprestanda bör definieras på samma sätt i samtliga medlemsstater för att förenkla jämförelser dem emellan. Det kan mycket väl bli så att det blir en entydig energiprestandadefinition inom unionen men det är inte säkert att det blir så eftersom de enskilda staterna kan göra olika tolkningar av direktivet. Om direktivet hade varit striktare formulerat så hade sådant kunnat undvikas. Detta hade i sin tur gjort att medlemstaterna kunde ha ägnat all kraft att göra något positivt av direktivet.

I de svenska betänkandena tycker jag att fokus förskjuts ifrån det som var den ursprungliga poängen med energidirektivet nämligen att minska på energianvändningen. Energihushållning finns med som en parameter i texterna men det är inte det som ägnas mest betoning på. I Boverkets betänkande om SOU 2005:67 är de kritiska på ett flertal punkter de tycker att slutbetänkandet är för strikt och ställer för höga krav inom de flesta områden. Boverkets remissvar har dock en stor miss som jag ser det, de vill inte att energiprestandan skall beräknas för småhus utan istället baseras på uppmätta värden. Detta gör att energiprestandan blir brukarberoende vilket tar bort en stor del av poängen med energideklarationerna. Det är byggnaderna som skall deklarerats och inte byggnaderna med sina nuvarande användare. I övrigt tycker jag att Boverkets synpunkter på slutbetänkandet överlag är konstruktiva.

Jag ser två uppenbara risker och en positiv sak med införandet av energideklarationer i Sverige. Så som de olika betänkandena är formulerade ser jag det som en stor risk att det hela blir en stor byråkrati. De som tvingas göra energideklarationer kommer sannolikt inte att se det

som något positivt om de inte kan spara pengar på det. För småhusägare kommer det säkert att ses som ett problem att det skall behöva utföras en energideklaration i samband med husförsäljningen. Detta kan faktiskt leda till en minskning i antalet småhus som ligger ute till försäljning eftersom folk drar sig för att låta sina hus energideklarerat. Följden av detta blir högre småhuspriser på en redan överhettad marknad.

Nästa risk är att energideklarationerna inte får någon större inverkan alls. Om den slutgiltiga lagen innehåller de olika betänkandenas fokusering på allt kring energianvändningsminskningen istället för på själva energianvändningsminskningen och samtidigt anammar Boverkets genomgående lägre krav så blir det en ganska lam lag.

Energideklarationernas införande kan emellertid även bli något positivt. Om det blir lagom höga krav och inte för byråkratiskt så kan det vara en stor vinst för presumtiva husköpare och hyresintressenter. En byggnads energiprestanda är intressant då en bostad skall införskaffas eftersom det påverkar ofta hushållsekonomin direkt eller indirekt för en lång tid framåt. För kommersiella aktörer kan energideklarationerna innebära att fler får upp ögonen för vilken besparingspotential det finns i att minska ner på energianvändningen. Om energideklarationerna tas emot positivt av de som tvingas utföra dem så kommer de sannolikt även att leda till en minskning av landets totala energianvändning, tas de emot negativt blir det sannolikt endast byråkrati av det.

Kapitel 2 "Värmeenergi-balans för byggnader" visar att värmetransport genom klimatskalet beror av en stor mängd parametrar. Grundläggande fysikaliska samband beskriver exakt hur olika värmetransportsmekanismer kan beräknas. Teorin för värmeledning, konvektion och strålning beskriver hur värmeflödet genom en fast kropp med olika fluidtemperatur på vardera sida kan beräknas. Problemet när det gäller byggnader är att det är så gott som alltid flera saker som är okända. Det är oftast inte känt vilken effekt olika randeffekter får, det är ofta inte känt hur tätt klimatskalet är på olika ställen. Vidare så är det väsentligt hur isoleringens kondition inuti klimatskalet är, detta är emellertid svårt att veta utan att öppna väggen. Ju osäkrare indata det finns desto generellare beräkningsmetoder bör tillämpas.

Beräkningsprogrammet som beskrivs i kapitel 6 använder sig av gradtimmesmetoden vilken ger en god uppskattning av en byggnads årliga energianvändning. Eftersom programmet är utvecklat för att leva upp till teorin i kapitel 2 så ger det ett korrekt resultat förutsatt att teorin i kapitel 2 är korrekt. Teorin om byggnaders energiprestanda som har använts är väl underbyggd med ett flertal olika källor vilket säkerställer att den lever upp till det som är gängse uppfattning om värmetransport inom byggnadsvetenskapen.

Programmet är även utvecklat för att leva upp till de krav som ställs på beräkningsprogram i de svenska betänkandena om EG-direktivet. Kraven är emellertid inte så precisa vilket gör att det är svårt att veta alla detaljer gällande vad beräkningsprogrammen skall klara av. Programmet som beskrivs i kapitel 6 är anpassat för att vara användarvänligt utan att tappa i noggrannhet vilket gör att det borde vara användbart i arbetet med energideklarationer oavsett vad kraven blir. I de fall där det är möjligt att använda den förenklade beräkningen så skall detta göras eftersom den ger en noggrann beräkning med en enkel inmatning. För de byggnader som inte har ett entydigt tvärsnitt över hela sin höjd eller har en komplex form blir det emellertid nödvändigt att mata in en detaljerad beräkning. Efter att ha gjort en beräkning för hand över småhuset i kapitel 5 står det klart att även den detaljerade beräkningen i programmet innebär en stor tidsbesparing jämfört med beräkningar för hand. Programmets möjlighet att spara beräkningar gör att det är enkelt att gå tillbaks och ändra ifall så önskas.

I avsnitt 2.2.5 "Fönster" står det att de beräkningsmodeller som används vid energiprestanda-beräkningar missbedömer inverkan av stora glasytor. Detta innebär i praktiken att de beräkningsmodellerna räknar med en för stor solinstrålning. De räknar med att all solenergi som strålar in genom fönstren kommer byggnaden tillgodo. Detta stämmer emellertid inte eftersom det under vissa delar av året finns mer "gratisvärme" än vad byggnaden kan tillgodogöra sig utan att rumstemperaturen blir för hög. Programmet vilket är utvecklat som en deluppgift i detta examensarbete jämför varje månads uppvärmningsbehov med den tillgängliga solenergin och tar bara med så mycket energi som kan tillgodogöras utan att rumstemperaturen stiger.

Allt detta sammantaget gör att jag tycker att programmet är ett bra verktyg då en byggnads energiprestanda skall beräknas.

Den sista frågeställningen huruvida EVU kan utföra energideklarationer är den svåraste att besvara eftersom det inte är klart vilka krav som skall ställas på dem som utför energideklarationer. EVU är en VVS-firma med kompetens inom ventilationsområdet. Inom VVS-branschen finns det gott om uppdrag att utföra. EVU är dock något överkvalificerade till flertalet jobb eftersom de flesta anställda har högskoleingenjörsexamen vilket ej är nödvändigt för att utföra flertalet av deras uppdrag såsom injustering av värmesystem. Detta gör att marginalerna kan bli för låga då det inte går att ta ut överpris för utförda uppdrag.

EVU kan därmed dra fördelar att söka sig mot nya marknader där utbildningsnivån generellt är högre. Det är emellertid inte säkert att det kommer att krävas högskoleutbildning för de som skall utföra energideklarationer. En högre utbildningsnivå borde dock kunna bidra till att minska tiderna med att uppföra dokument i samband med deklARATIONEN vilket ger bättre marginaler.

EVU har idag en utpräglad inriktning mot byggnadens värmesystem då de utför energiinventeringar. Om de ska utföra energideklarationer så blir de tvungna att införskaffa sig kompetens på byggnadsområdet. Detta kan delvis ske genom vidareutbildning av befintlig personal, delvis med nyanställningar. EVU har idag ett samarbete med byggnadsexpert Gert Lindahl, [21], vilket de skulle kunna dra nytta av om en satsning på energideklarationer görs. EVU behöver sannolikt även öka sin kompetens om pannor och komfortkylningsanläggningar för att kunna utföra energideklarationer. Den kompetensutveckling som EVU behöver genomgå för att kunna utföra energideklarationer är nog inte så stor att den kommer att vara avgörande för om det skall satsa på energideklarationerna eller inte.

En viktigare faktor för om jag tycker att det skall vara lönt för EVU skall satsa på energideklarationer eller inte är om kravet på att företag som utför energideklarationer skall vara ackrediterade eller inte. Personligen tycker jag att det är onödigt att företag skall vara ackrediterade. Jag håller med Boverket om att det räcker att energiexperterna är certifierade. Jag tror att en ackreditering ställer för höga krav på EVU:s nuvarande organisation. EVU är idag en specialiserad VVS-firma vilket de kan fortsätta att vara även om de gör en mindre satsning på energideklarationer men om de ackrediterar sig tror jag att de lämnar sin huvudsakliga inriktning för mycket. En ackreditering kräver att manualer och register upprätthålls som styrker att de kravs som ställs på företaget är uppfyllda. I SOU 2005:67 står det att det skall kosta ungefär 10 000 kr årligen att kontrollera att ackrediteringens krav upprätthålls. Detta är en liten summa i sammanhanget men interna kostnader med pappershantering kan enkelt kosta

mångdubbelt mer, särskilt som det i ett inledningsskede kommer att finnas en stor osäkerhet om vad som krävs.

De slutsatser som dras i rapporten är alltså att EG-direktivet är bra och leder säkert till en minskad energianvändning i Europa. Den svenska tolkningen av det är åtminstone hittills dålig och tenderar att skapa en stor byråkratisk verkningslös organisation. Vidare så är beräkningsprogrammet som har skapats i detta examensarbete ett bra verktyg för att beräkna byggnaders energiprestanda. EVU bör inte satsa på energideklarationer om en ackreditering krävs. Om det inte krävs en ackreditering kan det emellertid vara ett sätt att få ett större utbyte av sin akademiska nivå och höja sina marginaler.

8 Källförteckning

Utredningar

- [1] *SOU 2005:67 Energideklarationer*, Slutbetänkande av utredningen om byggnaders energiprestanda, oktober 2005, Bengt Nyman, Elanders Gotab AB
- [10] *SOU 2004:78 Byggnadsdeklarationer - Inomhusmiljö och energianvändning*, Delbetänkande av utredningen om byggnaders energiprestanda, juni 2004, Håkan Julius
- [11] *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda*, december 2002
- [12] *SOU 2004:109 Energideklarationer av byggnader*, Delbetänkande av utredningen om byggnaders energiprestanda, november 2004, Bengt Nyman, Edita Nordstedts tryckeri AB 2004
- [17] Boverkets yttrande om SOU 2005:67 Energideklarationer, oktober 2005, I Uusmann
- [19] Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar till och med 2005:17, Boverket, 2005

Böcker och kompendier

- [2] P. E. Nilsson, *Achieving the desired indoor climate*, Studentlitteratur, Lund 2003, ISBN 91-44-03235-8
- [3] K. Sandin, *Värme och fukt*, kompendium i byggnadsfysik, LTH Lund 1996
- [4] Y. A. Cengel, M. A. Boles, *Thermodynamics: an engineering approach 4:e upplagan*, McGraw-Hill Companies Inc, 2002
- [5] B. Sundén, *Kompendium i värmeöverföring*, LTH Lund januari 2004
- [6] C. Warfvinge, *Installationsteknik ak för v*, LTH Lund september 2001
- [7] C. Norberg, *Termodynamik- sammanfattningar m.m.*, kompendium, LTH Lund mars 2004
- [9] M. Bohgard, Arbetarskyddsnämnden, *Arbete-Människa-Teknik*, Arbetarskyddsnämnden, Stockholm 1997, ISBN 91-7522-414-3
- [24] C. Björk, P. Kallstenius, L. Reppen, *Så byggdes husen 1880-1980*, Formas förlag, Stockholm 2003, ISBN 91-540-4015-9
- [25] G. Sparr, A. Sparr, *Kontinuerliga system*, Studentlitteratur, Lund 2000, ISBN 91-44-01355-9
- [26] L. Andrén, *Solenergi praktiska tillämpningar i bebyggelse*, Svensk Byggtjänst, Stockholm 2001, ISBN 91-7332-967-3
- [29] L. E. Nevander, B Elmarsson, *Fukthandbok*, Svensk Byggtjänst, Stockholm 2001, ISBN 91-7332-716-6
- [30] K. Källblad, B. Adamson, *BKL-Metoden*, Liber tryck, Stockholm 1984, ISBN 91-540-4088-4
- [31] P. Holm, *Objektorienterad programmering och Java*, Studentlitteratur, Lund 2001, ISBN 91-44-01145-8
- [32] M. A. Weiss, *Data structures & problem solving using Java*, Addison Wesley Inc, USA 2002, ISBN 0-200-74835-5

Internet

2005-11-04 15.00

[8] www.svenskfjarrvarme.se/download/1117/FOU%202003%2083.pdf

2005-11-21 14.00

[15] http://www.mat.konsumentverket.se/Documents/energi/spara_energi/energieffektiva_fonder_marknadsoversikt_2003.pdf

2005-11-24 14.00

[16] [http://www.swedac.se/sdd/System.nsf/\(GUIview\)/index.html](http://www.swedac.se/sdd/System.nsf/(GUIview)/index.html)

2005-12-06 11.00

[18] <http://www.hvac.lth.se/pdf/varmebeh.pdf>

2005-12-19 09.30

[22] http://www.swedisol.se/site/files/isolerguiden/IG_bilagaA.pdf

2006-02-21 18.30

[33] <http://Java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/api/index.html>

2006-03-05 19.30

[34] <http://www.evu.se/>

Tidningsartiklar

[13] S. Strömkvist, *Skärpta regler ska göra hus energisnålare*, Sydsvenskan A6, 14 november 2005

[14] S. Strömkvist, *MKB:s hus de största energislukarna*, Sydsvenskan A7, 14 november 2005

Personer

[20] Torbjörn Zaar, driftingenjör på EVU Energi och VVS Utveckling AB, med OVK behörighet

[21] Gert Lindahl, Gert Lindahl kvalitetsbygge AB

[23] Lars-Erik Harderup, universitetslektor i byggnadsfysik vid LTH

[27] Jesper Olausson, driftingenjör på EVU Energi och VVS Utveckling AB

[28] Gunnar Berglund, SMHI:s kundtjänst