



FEBY

Kravspecifikation för

Passivhus

Version 2009

Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus

Juni 2009

Kompletterad oktober 2009

LTH rapport EBD-R--09/25

IVL rapport nr A1592

ATON rapport 0902

FORUM FÖR
ENERGIEFFEKTIVA
BYGGNADER

Förord

Styrgruppen för Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus har givit *Forum för Energieffektiva Byggnader* (benämnt FEBY i texten nedan) i uppdrag att tillsammans med branschen ta fram en lämplig kravspecifikation för såväl Passivhus som Minienergihus i Sverige. Förslaget var att man skulle utgå från tyska Passivhuskrav men utveckla dem för svenska förhållanden och också ta intryck av de Passivhusprojekt som genomförts i Sverige.

Föreliggande dokument är en frivillig kravspecifikation för Passivhus som har utarbetats av FEBY. Dokumentet är framtaget av en teknikgrupp bestående av följande personer:

- Martin Erlandsson, IVL Svenska Miljöinstitutet (redaktör)
- Svein Ruud, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Eje Sandberg, ATON Teknik Konsult
- Maria Wall, Bengt Hellström, Ulla Janson, Lunds Tekniska Högskola
- Hans Eek, Passivhuscentrum
- Åsa Wahlström, CIT Energy Management

Kravspecifikationen har varit på en remiss bland nationell expertis 2009. Första definitionerna på Passivhus och Minienergihus togs fram inom ramen för Energimyndighetens program av FEBY:s teknikgrupp 2007. Synpunkter från praktisk användning av kravspecifikationerna gav en första revidering våren 2008 som främst avsåg olika förtydliganden. Vidare infördes en förklaring för val av metod för dimensionerande vintertemperatur och skillnaden mot nu gällande standard klargjordes. Nu genomförd revidering är mer omfattande och avser främst metodik för beräkning och formulering av krav på köpt energi som nu även omfattar olika energikvalitéer och styr därmed mot en mer uthållig resurshushållning. En bakgrund till resurshushållning, dvs värdering av olika energiformer finns beskriven i en separat rapport ”Bedömning av resurseffektiva byggnader: Faktorer för olika energiformer och energislag”¹. Effektkrav och rekommenderade energikrav följer samma systemgräns som BBR 16 (BFS 2008:20), där såväl ”driftsel som övrig fastighetsel” ingår i energianvändningen. Vidare har det tidigare förslaget till separat kravspecifikation för enklare lokaler av typen skolor och förskolor slagits samman med kravspecifikationen för bostäder. Orsaken är att skillnaderna i övergripande krav visade sig vara relativt små. Kravspecifikationen avser inte sport och idrottshallar.

Klassning som Passivhus

För att använda begreppet ’Passivhus’ för en byggnad så krävs att ett antal grundläggande krav för denna typ av byggnad skall uppfyllas. På så sätt kvalitetssäkras innebörden av byggkonceptet i marknadsföring och kommunikation inom bygg- och förvaltningsprocessen.

I avsaknad av ett certifieringssystem så skall följande språkbruk användas i marknadskommunikativa syften. Om kraven enligt detta dokument följs och uppfylls så skall följande begrepp användas i marknadskommunikation:

- ”Projekterad för Passivhus enligt FEBY”, respektive
- ”Verifierat Passivhus enligt FEBY”

I det sistnämnda fallet så skall underlag finnas som styrker att kraven uppfyllts av byggnaden i drift och göras tillgängligt vid förfrågan. Anvisningar för verifiering i båda fallen finns utarbetade i en FEBY-rapport². Om dessa krav uppfylls så kan dessa begrepp användas för att beskriva den aktuella byggnadens prestanda för kommunikation och i marknadsföring. I sådana fall bör även referens till version av detta dokument göras så att innebörden av begreppen blir klara.

¹ Erlandsson, M: Bedömning av resurseffektiva byggnader: Faktorer för olika energiformer och energislag. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), juli 2009.

² Sandberg, E: Mätning och verifiering. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), juli 2009.

1 Kravspecifikation för Passivhus i Sverige

1.1 Passivhus

Kraven på *Passivhus* syftar till att minimera behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning i byggnader, så att erforderlig termisk komfort i byggnaden kan erhållas på ett rationellt sätt. Kravspecifikationen utgår ifrån den funktionella definitionen av Passivhus, dvs att värmebehovet ska klaras med en distribution av värme via hygienluftsflödet³. Detta behov uttrycks som ett effektbehov vid dimensionerande utetemperatur, se vidare under Energibehov. Luftburen värme är därför en möjlighet men inte ett krav för ett Passivhus, då värmen kan tillföras även via konventionella värmesystem.

Byggnadsutformningen ska tillse att ställda innemiljökrav och fuktskydd uppfylls och för bostadsbyggnader ska inte komfortkyla behövas vid nyproduktion.

Krav:

Utöver de krav som anges här gäller minst krav enligt Boverkets Byggregler, för närvarande BBR 16 (BFS 2008:20).

Passivhus är en definition på lågenergihus som syftar till att ha betydligt bättre prestanda än nybyggnadskraven enligt BBR 16 (BFS 2008:20).

Även resurseffektivitet, dvs hur olika energiformers kvalitet från ett resurshushållningsperspektiv kan beaktas tas upp i kriteriedokumentet. Krav på resurseffektivitet kan hanteras genom att krav på levererad energi ställs för att,

- begränsa den totala användningen av köpt energi, dvs för driftsel, varmvatten, och värme
- gynna energiformer av lågvärdig kvalitet, exempelvis fjärrvärme i förhållande till köpt el.

1.2 Energieffektiviseringstrappan⁴

I ett energieffektiviseringsperspektiv är följande turordning att rekommendera för den som ska bygga, dvs *byggaren* kan:

- 1) Optimera själva byggnadens prestanda
- 2) Optimera byggnaden i ett energisystemperspektiv

Därefter kan *brukaren*:

- 3) Optimera driften av installerade system i byggnaden och påverka/ändra oönskat brukarbeteende
- 4) Välja (om möjligt) den energileverantör som erbjuder de ur miljösynpunkt bästa energivarorna, exempelvis miljömärkta eller ursprungsmärkta energikällor från förnybara och flödande resurser, spillvärme eller avfall.

Rubricerad kravspecifikation riktar sig till byggaren, dvs omfattar punkt 1 och 2 ovan.

³ Dr. Wolfgang Feist (2005): First Steps: What Can be a Passive House in Your Region with Your Climate? Passive House Institute, Darmstadt. Available at: http://www.passiv.de/07_eng/FirstSteps/First_F.htm

⁴ Erlandsson M, Lindholm T (2009). Erlandsson M, Lindholm T (2009): Klassningssystem för fastigheter och dess inverkan på fjärrvärme. Publicerad i rapporten "Energieffektiv bebyggelse och fjärrvärme i framtiden", Nyström I m.fl, Programmet Fjärrsyn, Svensk Fjärrvärme, 2009

2 Effekt- och energibehov

2.1 Uppvärmning

Effektbehov för värme vid dimensionerande utetemperatur⁵.

Krav

Effektkrav bostäder och lokaler:

$$\text{zon III} \quad P_{max} = 10 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}^6$$

$$\text{zon II} \quad P_{max} = 11 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$$

$$\text{zon I} \quad P_{max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$$

Effektkrav för mindre en- och tvåfamiljshus < 200 m²/bostad:

$$\text{zon III} \quad P_{max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$$

$$\text{zon II} \quad P_{max} = 13 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$$

$$\text{zon I} \quad P_{max} = 14 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$$

Råd

Ventilationssystemet bör ha en ventilationsvärmväxling som vid dimensionerande utetemperatur reducerar ventilationens systemförluster med minst 70 % jämfört med ett rent frånluftssystem utan värmeåtervinning. Högre värden kan krävas, främst i zon I och zon II.

2.2 Varmvatten

Råd

För att minska energibehovet rekommenderas att:

- betalningsincitament genom fördelningsmätning finns
- resurseffektiva ettgreppsblandare installeras

2.3 Fastighetsel

Råd

Ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst 1,5 kW/(m³/s).

Fastighetselen för småhus bör normalt vara mindre än 5 kWh/m²A_{temp+garage} och för flerbostadshus och utbildningslokaler (skolor och förskolor) mindre än 10 kWh/m²A_{temp+garage}.

⁵ Effektkravet avser utgående effekt på värmedistributionssystemet, inte t.ex. ingående eleffekt till en värmepump.

⁶ Se Beräkningsanvisningar, Allmänna förutsättningar, på sidan 7.

3 Köpt energi

Viktad köpt⁷ energi

Maximalt tillförd viktad energi, E_{viktad} , är givet som summan av köpt/levererad energi, $E_{köpt}$, med hänsyn till dess kvalitet med hjälp av energiformsfaktorer, e [-], enligt nedan:

$$E_{viktad} = \sum (e_{el} \cdot E_{el} + e_{fv} \cdot E_{fv} + e_{bp} \cdot E_{bp} + e_{s,v} \cdot E_{s,v}) \leq E_{krav} \quad \text{kWh}_{viktad}/\text{m}^2 A_{temp+garage} \quad \text{ekv. 1}$$

E_{el}, e_{el}	levererad elenergi, respektive energiformsfaktorn för el
E_{fv}, e_{fv}	levererad fjärrvärme, respektive energiformsfaktorn för fjärrvärme
E_{bp}, e_{bp}	levererad energi i form av värmeverdet i ett biobränsle, respektive energiformsfaktorn för biobränsle
$E_{s,v}, e_{s,v}$	levererad sol- och vindenergi, respektive energiformsfaktorn för sol- och vindenergi

Lokalt förankrade energiformsfaktorer kan tas fram för olika klimatzoner, bostadstyper, lokala fjärrvärmenät osv. Notera att kravnivån är beroende på val av energiformsfaktorerna, vilket måste beaktas vid precisering av kravet, E_{krav} , i ekvation 1.

Krav

Krav på köpt energi enligt Boverkets Byggregler, för närvarande BBR 16 (BFS 2008:20), ska alltid uppfyllas.

Råd

I brist på lokalt förankrade energiformsfaktorer och så länge nationell konsensus kring generella viktningfaktorer saknas rekommenderas att tillämpa energiformsfaktorer som överensstämmer med viktning för södra regionen enligt BBR 16 (BFS 2008:20)⁸, dvs använda följande värden för ekvation 1: $e_{el}=2$, $e_{fv}=e_{bp}=1$ och $e_{s,v}=0$, samt begränsa köpt energi för bostäder och lokaler med följande nivå på viktad energi, E_{viktad} :

zon III	$E_{viktad} \leq 60 \text{ kWh}_{viktad}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$
zon II	$E_{viktad} \leq 64 \text{ kWh}_{viktad}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$
zon I	$E_{viktad} \leq 68 \text{ kWh}_{viktad}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$

Alternativt kan följande förenklade rekommendation för köpt oviktad energi användas för energiförsörjningsmässigt *renodlade* systemlösningar för bostäder, skolor och förskolor⁹:

zon III	$E_{köpt} \leq 50 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för icke elvärmade byggnader
	$E_{köpt} \leq 30 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för elvärmade byggnader
zon II	$E_{köpt} \leq 54 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för icke elvärmade byggnader
	$E_{köpt} \leq 32 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för elvärmade byggnader
zon I	$E_{köpt} \leq 58 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för icke elvärmade byggnader
	$E_{köpt} \leq 34 \text{ kWh}_{köpt}/\text{m}^2 A_{temp+garage}$	för elvärmade byggnader

⁷ Med köpt energi avses egentligen levererad energi till byggnaden, även från t.ex. undercentral inom fastigheten, men inte egen genererad energi från vindelgenerator, solceller eller solvärmearläggning inom fastigheten.

⁸ BBR 16 tillämpar följande energiformsfaktorer enligt ekv. 1 för eluppvärmda hus zon I-III $e_{s,v}=0$ och för el gäller $e_{el}=1,6$ för zon I, $e_{el}=1,7$ för zon I, $e_{el}=2$ zon III. Dessa faktorer är framräknade genom att dividera krav för icke-eluppvärmda hus med krav för eluppvärmda hus.

⁹ Dessa nivåer är framräknade genom att anta $10 \text{ kWh}/\text{m}^2$ fastighetsel, vilket motsvarar att rådet för fastighetsel följs.

4 Tillkommande krav för Passivhus som Nollenergihus

Krav

Utöver kraven för Passivhus så ska summan använd energi vara mindre än eller lika med summan producerad energi under ett år. Vid användning av viktade energiformsfaktorer måste för varje energiform samma viktningsfaktor användas både för använd och producerad energi.

5 Innemiljökrav

5.1 Ljud

Krav

Ljud från ventilationssystemet skall klara minst ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67 och i undervisningsrum klara minst ljudklass B, enligt SS 02 52 68.

5.2 Termisk komfort

Krav

Tillufttemperatur efter eftervärmare ska uppgå till högst 52 grader i respektive tilluftsdon när tilluftssystemet används som värmebärare.

Råd

Innetemperatur under perioden april – september bör inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet (eller den mest utsatta delen i byggnaden)¹⁰. Vid större glasade partier bör operativ temperatur vid DUT beräknas för att säkra en bra termisk komfort. Även val av lågt U-värde på fönster har då betydelse.

¹⁰ En handberäkningsmetod (solareafaktorn) som kan vara användbar för att analysera olika konstruktionslösningar beskrivs på sid 15.

6 Övriga byggnadskrav

6.1 Luftläckning

Krav

Uppmätt luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,30 l/s m² vid en tryckdifferens på 50 Pa (dvs medelvärde av över och undertryck), enligt SS-EN 13829 eller enligt förenklade metoder beskrivna i denna standard.

6.2 Fönster

Krav

Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier ska vara högst 0,90 W/m² K.¹¹ U-värden skall vara mätt av ackrediterat provningslaboratorium enligt standard SS-EN ISO 12567-1 för ett representativt fönster exempelvis 12x12 M, dvs inklusive karm, båge och glas¹². För övriga storlekar på glaspartier kan beräkningar göras enligt SS-EN ISO 10077-1.

6.3 Mätning

Krav

För att i efterhand kunna verifiera byggnadens energitekniska egenskaper ska energianvändningen på minst månadsbasis kunna avläsas för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi var för sig. Notera att i fastighetsel ingår inte el till tvättstuga. Större delposter av hushållsel och fastighetsel som inte används innanför klimatskalet bör kunna mätas separat (el till extern avisning, belysning av gångstigar, motorvärmarruttag, etc) då dessa inte ger spillvärme. Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.

Råd

Ventilationsaggregat i flerbostadshus och lokaler bör vara försedda med fasta mätuttag för luftflöden (alternativt styrparameter och flödeskonstant för fläktar med inbyggd flödesreglering), uttag för temperaturmätning av tilluft utan störning av eftervärmare, samt metod för funktionskontroll av eventuellt by-pass spjäll.

För verifiering av effektkrav, se anvisningar i separat metodrapport¹³.

¹¹ Ambitionen är att vid en senare revidering av kriterierna höja kravet på fönsters U-värde till 0.8 W/m² K.

¹² Motsvarar samma metod som används för svensk energiklassning av fönster.

¹³ Sandberg, E: Mätning och verifiering. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), juli 2009.

7 Beräkningsanvisningar

7.1 Allmänna förutsättningar

- A_{temp} Med A_{temp} avses i dokumentet golvarean i ”...temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida (m²)”, dvs på så sätt som den är definierad i BBR 16 (BFS 2008:20). Inga avdrag för snedtak skall göras så som görs vid mätning av bruksarean (BOA). Det bör observeras att t.ex. vindsplacerade förrådsutrymmen som finns inom klimatskalet ingår i A_{temp} endast om de är aktivt temperaturreglerade.
- $A_{temp+garage}$ A_{temp} enligt ovan samt golvarean för garage innanför klimatskärmen. Detta är den totala area som effektförluster och energianvändning fördelas på. Hela denna area skall ingå vid effekt- och energiberäkningar.¹⁴
- Olika verksamhet För byggnader som innehåller både bostäder och lokaler viktas kraven i proportion till golvarean, bostadsarean (BOA) respektive lokalarean (LOA) (BFS 2008:20). Om kravdokument saknas för den aktuella lokaltypen/verksamheten gäller kraven för bostäder tills vidare.
- Gruppbyggnad För grupp av byggnader med gemensam central för värme eller varmvatten, kan kraven tillämpas på medelvärdet för de ingående byggnaderna om dessa varierar inom intervallet +/- 10%.
- Klimatzoner Motsvarar klimatzon enligt BBR 16 (BFS 2008:20)

¹⁴ Detta innebär beräkningsmässigt en väsentlig förenkling, men i praktiken ingen lättnad, jämfört med beräkning enligt BBR 16. Visserligen får man dividera effekt och energi med en större area, men å andra sidan måste man räkna med en högre innetemperatur även för garaget.

7.2 Beräkning av effektkravet

7.2.1 Allmänt

Effektbehovet beräknas som summan av byggnadens värmeförluster via transmission och ventilation vid dimensionerande utetemperatur, efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme, se specificering nedan för olika byggnadstyper. I detta förlusttal ingår även ventilationens¹⁵ värmeeffektörluster. Vådringsbeteendet antas ge försumbara förluster vid DUT₂₀ liksom solinstrålning antas ge ett försumbart bidrag. Effektberäkningen ska ske vid:

- en dimensionerande innetemperatur på 20°C.
- en dimensionerande vinterutetemperatur¹⁶ bestämd enligt svensk standard SS 024310¹⁷ (se bilaga 1) med avseende på DUT₂₀, och med hjälp av beräkning av tidskonstanten enligt ekvationen nedan, se även hjälptabell i bilaga 1. För byggnad med högre tidskonstant än 300 timmar, ska ändå DUT₂₀ för 300 timmar väljas. Detta för att inte varaktigheten i en period vid DUT₂₀ ska bli orimligt lång.

Läsanvisning

Beräkningen ska ske enligt följande ekvationer eller med färdiga beräkningsstöd anpassade för denna kalkyl, som t.ex. programmet Energihuskalkyl¹⁸. De som använder andra programvaror kan få stöd av följande anvisningar.

$$P_{max} = P_{byggnad} \quad [\text{W/m}^2 A_{temp}]$$

$$P_{byggnad} = ((\Sigma (U_j \cdot A_j) + \Sigma (l_k \cdot \Psi_k) + (q_{läck} + q_{vent} \cdot (1 - v)) \cdot \rho \cdot c) \cdot (20 - DUT_{20}) + \Sigma (U_m \cdot A_m) \cdot (20 - T_{mark}) - P_{intern}) / A_{temp}$$

där

$\Sigma (U_j \cdot A_j)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, A_j , mot uppvärmd luft, [W/K], dock exklusive $U_m \cdot A_m$.
$\Sigma (U_m \cdot A_m)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan mark, A_m och markens temperatur T_{mark} mot uppvärmd luft, [W/K].
$\Sigma (l_k \cdot \Psi_k)$	värmeeffektörluster pga av linjära köldbryggor, [W/K]

¹⁵ Dimensionering av ventilationssystem baseras på den extrema utetemperaturen när tilluftstemperaturen är dimensionerande, t.ex. för deplacerade don i lokaler. Detta ska ej förväxlas med värmedimensionering för passivhus. Lägsta tilluftstemperatur för aktuellt don och placering ska alltid beaktas, men är inte en aktuell fråga om luftvärmesystem väljs.

¹⁶ DUT₂₀ skiljer sig ifrån DVUT, så som den definieras i BBR 16 (BFS 2008:20), dvs som om ett medelvärde för *n-day mean design temperature* och *hourly mean design temperature*. DVUT enligt denna definition finns framtagna för 1,2,3 och 4 dygn i EN ISO 15927-5:2005 T1:2007. DUT₂₀ ger ett konservativt värde (kallare temperaturer) i förhållande till DVUT (enligt ovanstående referenser) för tidskonstanter < 100 timmar och bedöms ge ett något positivt värde för därutöver längre tidskonstanter. Med andra ord DVUT enligt BBR 16 i förhållande till DUT₂₀ gynnar byggnader med korta tidskonstanter och missgynnar något byggnader med långa tidskonstanter (dvs tyngre byggnader). I BBR 16:s supplement för kapitel 9 (februari 2009) hänvisas till en ny kommande uppdatering av svensk standard SS-EN ISO 15927-5 som kan användas (dvs inget krav) för DVUT, men där uppgifter saknas för långa tidskonstanter (> 96 timmar) och därför inte tillämplig här.

¹⁷ Denna standard ska tolkas så att man accepterar att rumstemperaturen ska kunna sjunka med högst tre grader vid sådana extrema utetemperaturer som infaller högst en gång på 20 år.

¹⁸ Fritt användningsbar i demo-version på www.energihuskalkyl.se.

$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	värmeeffektförbrukning pga. luftläckning $q_{läck}$ [l/s], luftens densitet ρ och värmekapacitet c [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d$	värmeeffektförbrukning pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, v , densitet, ρ , värmekapacitet, c , och relativ drifttid, d [W/K]
T_{mark}	marktemperaturen, bestäms enligt bilaga 2.
P_{intern}	intern spillvärme, se specificering nedan för olika byggnadstyper.

Systemverkningsgraden ska inte bara ta hänsyn till aggregatets temperaturverkningsgrad utan även till värmeförluster i kanaler, avfrostningsmetodik och obalans i luftflöden (normalt inställt på 90–95 procent tilluft i system för flera lägenheter).

Luftläckningen, $q_{läck}$, för ett FTX-system beräknas med hänsyn till byggnadens läge och ventilationens balansering, enligt följande ekvation baserat på EN ISO 13790:200

$$q_{läck} = q_{50} \cdot e / (1 + f/e ((q_{sup} - q_{ex}) / q_{50})^2) \text{ där}$$

$q_{sup} - q_{ex}$ är luftöverskottet mellan tilluft, q_{sup} , och frånluft, q_{ex} , [l/s]

q_{50} är läckflödet vid 50 Pa tryckskillnad mellan inne och ute [l/s].

e och f är vindskyddskoefficienter enligt tabell 3.

Tabell 3 Vindskyddskoefficienter enligt EN ISO 13790:2004.

Vindskyddskoefficienter e och f		
Koefficient e för avskärmningsklass	Flera sidor exponerade	En sida exponerad
Ingen avskärmning. Öppet landskap eller höga byggnader i staden	0,10	0,03
Måttlig avskärmning. Förortsmiljö, landskap med träd och andra byggnader	0,07	0,02
Kraftig avskärmning. Byggnad i skog eller med genomsnittshöjd i city	0,04	0,01
Koefficient f	15	20

Tidskonstanten måste beräknas för att bestämma effektbehovet och är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på en hastig temperaturförändring utomhus eller avbrott i värmeförseln. Tidskonstanten används här för att bestämma dimensionerande vinterutetemperatur enligt DUT_{20} (se bilaga 1) och beräknas enligt nedan:

$$\tau_b = \frac{\sum (m_i \cdot c_i)}{\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \psi_k) + \rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d + \rho \cdot c \cdot q_{läck}} \quad [s]$$

där

$\sum (m_i \cdot c_i)$ byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskiktet, inklusive inneväggar och bjälklag upp till 10 cm [J/K]

$\Sigma (U_j \cdot A_j)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, A_j , mot uppvärmd luft, [W/K]
$\Sigma (l_k \cdot \Psi_k)$	värmeeffektörluster pga av linjära köldbryggor, [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d$	värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, v , och relativ driftstid, d , [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	värmeeffektörluster pga. luftläckning, [W/K]

I projekteringskedet kan följande schablon användas för att uppskatta tidskonstanten för en byggnad enligt nedan:

Lätt byggnad: 80 h (lätt konstruktion och kryppgrund)
Halvlätt byggnad: 150 h (lätt konstruktion, betongplatta på mark)
Halvtung byggnad: 300 h (tung konstruktion, bjälklag av betong, lätta utfackningsväggar)

7.2.2 Bostäder

Maximalt avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning ska högst uppgå till värde enligt i avsnitt 2.1 angivet effektkrav, beräknat enligt allmänna förutsättningar i avsnitt 7.2.1 och förutsatt att;

- vid beräkningen får spillvärme (P_{intern}) från apparater och personer på max 4 W/m² bostadsarea (BOA) inkluderas.

7.2.3 Skolor och förskolor

Maximalt avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning beräknat vid två driftsfall ska högst uppgå till värde enligt i avsnitt 2.1 angivet effektkrav, beräknat enligt allmänna förutsättningar i avsnitt 7.2.1 och förutsatt;

- **vid driftsfall 1** (när byggnaden inte är i användning):
 - avstängt uteluftsflöde
 - areaspesifik spillvärme (P_{intern}) från apparater på maximalt 0,5 W/m² lokalarea (LOA) inkluderas.
- **vid driftsfall 2** (i användning och vid):
 - minsta uteluftsflöde vid maximal personlast
 - areaspesifik spillvärme (P_{intern}) från apparater på maximalt 5 W/m² lokalarea (LOA) inkluderas.
 - personspecifik spillvärme (P_{intern}) från personer på maximalt 70 W/person

Observera att en tidskonstant och en DUT_{20} gäller för driftsfall 1, samt att en annan tidskonstant och en annan DUT_{20} gäller för driftsfall 2.

För driftsfall 1 (avstängt uteluftsflöde) sätts $q_{vent} = 0$ och för driftsfall 2 (maximalt uteluftsflöde) sätts relativ driftstid $d=1$ och $q_{vent} = 0,35 \cdot A_{temp} + 7 \cdot n_{max}$ (liter/s), där n_{max} är maximalt projekterat antal personer i byggnaden.

7.3 Beräkning av energibehov

7.3.1 Allmänt

Energianvändningen är i projekteringskedet ett **prognosvärde** på köpt energi för hela byggnadens **energianvändning exklusive verksamhetsenergi**, dvs varmvatten, värme och driftsel (pumpar, fläktar etc.) samt övrig fastighetsel (allmänbelysning, hissar osv). Samma systemgränser tillämpas som i Boverkets Byggregler BBR 16 (BFS 2008:20). Verkligen energianvändning följs upp på samma sätt som krävs i BBR 16.

Energibehovet beräknas som summan av byggnadens köpta energi för uppvärmning, varmvatten och driftsel. Beräkningen kan ske med dynamiska beräkningshjälpmedel som hanterar in- och utlagring av energi i byggnadsstommen, med beräkningshjälpmedel som med en ”utility factor” begränsar byggnadens användning av tillgänglig energi (ISO EN 13790) eller för bostäder med webprogrammet Energihuskalkyl, där följande schabloner ligger inlagda. Energikalkylen ska ta hänsyn till såväl solenergi, som spillvärme från verksamhet (personer) och apparater.

Maximalt årligen köpt energi beräknas enligt nedan givna anvisningar och förutsätter;
□ för byggnadsorten aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 22°C.

Andel spillvärme från el som kan återvinnas när värmebehov finns, kan utgå från följande generella antaganden:

- Pumpar, 100%.
- Fläktar i tilluften, 100%
- Fläktar i frånluften: 80% om motor före växlare, annars 0%.
- Belysning inne i byggnaden, 100%
- Ackumulator uppskattas till 100% för placering innanför klimatskalet
- Spillvärme från varmvattencirkulation (VVC) uppskattas till 100% för ledningar som är dragna inom klimatskalet.

Notera: Solfångare, vindkraftverk värmepumpar, pannor etc, placeras var som helst på den till byggnaden hörande fastigheten. I begreppet köpt energi ingår förluster i undercentraler, kulvertar mm från och med anslutningspunkten¹⁹

Råd: A-klassade vitvaror och lågenergibelysning bör användas. Vidare bör även användningen hushållsel och verksamhetsel i övrigt begränsas, dels för att begränsa den totala energianvändningen, men också för att undvika övertemperaturer och minska behovet av komfortkyla.

7.3.2 Bostäder

Följande typdata används vid kalkylering. Vid mätuppföljning korrigeras dessa mot verkliga data så att uppmätt energi kan normaliseras mot dessa typvärden.

Personvärme

För beteenderelaterade indata för såväl småhus som flerbostadshus kan följande värden användas i projekteringskedet:

Personantal = BOA/41 [personer]

¹⁹ Förtydligande februari 2009 av BBR 16 (BFS 2008:20), personlig kommunikation med Peter Johansson, Boverket, Dnr: 1271-525/2009.

För bedömning av avgivning av värme som dygnsmedel i bostäder från personer ska följande värde användas: 47 W/person

Varmvatten

För beräkning av årlig varmvattenanvändning, V_{VV} , ska följande ekvation användas:

$$V_{VV} = 18 \text{ m}^3/\text{person} \quad [\text{m}^3]$$

För beräkning av årsenergi för varmvatten ska följande ekvation användas:

$$E_{VV} = V_{VV} \cdot 55/A_{temp} \quad [\text{kWh}/\text{m}^2]$$

Med betalningsincitament genom fördelningsmätning antas den personbaserade varmvattenvolymen bli 20% lägre.

Med energieffektiva blandare antas den personbaserade varmvattenvolymen bli 20% lägre, eller 36% lägre i kombination med fördelningsmätning.

Med energieffektiva menas blandare av ettgreppstyp med:

- en inbyggd flödesbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskat flöde utöver normalflöde.
- en inbyggd temperaturbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskad temperatur utöver komforttemperatur, alternativt att armaturen har ett kallt mittläge.
- Därutöver ska duschblandare ha en termostatfunktion.

För lokalfastigheter kan beröringsfri blandare vara ett acceptabelt alternativ

För produktionssystem vars prestanda varierar under året och därmed påverkar köpt energi för produktion av varmvatten kan följande proportionerlig fördelning av varmvattenvolymflödet under året användas:

Tabell 4 Månadsvis fördelning av tappvarmvattenflöden²⁰

jan	feb	mars	april	Maj	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
1,13	1,16	1,13	1,09	0,89	0,84	0,71	0,74	0,94	1,09	1,13	1,15

Spillvärme från apparater

Hushållsel för en nyproducerad energieffektiv byggnad med energieffektiva hushållsapparater (minst A+ för kyl och frys), beräknas enligt följande schabloner. I dessa ingår inte el till fläktar, pumpar eller belysning på fasad eller i trädgård och inte heller till motorvärmare:

- Flerbostadshus: 1040 kWh/(år, hushåll) + 300 kWh/(år, person)
- Småhus: 1400 kWh/(år, hushåll) + 400 kWh/(år, person)

Hushållselens proportionella fördelning under året kan antas enligt följande:

Tabell 5 Månadsvis fördelning av hushållsel.²¹

jan	feb	mars	april	Maj	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
1,25	1,22	1,15	1	0,88	0,78	0,73	0,75	0,83	1	1,16	1,25

²⁰ Aronsson Stefan Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov Institutionen för installationsteknik, dokument D35:1996, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

²¹ Eje Sandberg, Metodrapport - Underlag till kriteriedokument. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), juli 2009.

För en lågenergibyggning innebär detta att elanvändningen och därmed spillvärmens ökar med ca 15% i snitt under uppvärmningssäsongen.

Schabloner för driftsel kan inte lämnas på generell nivå då detta varierar mycket mellan olika byggnader.

Hur mycket spillvärme från hushållsel som kan tillgodogöras när värmebehov föreligger påverkas av forceringsluftflöde i evakuerande spiskåpa och systemval. Följande värden på spillvärme från hushållsel används när värmebehov finns:

- Vid användning av evakuerande fläktar för kökskåpan (som ej passerar värmeåtervinningsaggregat), 80%²². Talet avser värme från hushållsel, inte från fläkten.
- Vid användning av fläktar för kökskåpan där evakueringen är kopplad till värmeåtervinning, 85%.

Matosevakivering

Drifttid för evakuering i spiskåpefläktar kan sättas till 30 min/dygn.

Forceringsluftflöde och val av systemtyp avgör hur mycket värme av detta som återvinns/förloras.

Reglerförluster

Värmesystemets reglerförmåga att skapa önskat inneklimat är inte idealt utan ger ”förluster” i form av övertemperaturer som de boende vädrar bort. Följande schablonvärden rekommenderas för olika reglersystems verkningsgrad

- Ej samordnad värmestyrning²³, 0,8
- Utetemperaturstyrning, 0,84
- Innetemperaturstyrd mekanisk regulator, 0,93
- Innetemperaturstyrd elektrisk regulator, 0,98

Vädring

Vädring antas huvudsakligen vara en innetemperaturberoende parameter, dvs en konsekvens av reglersystemets förmåga att skapa önskat inneklimat. Värmeregleringens ”förluster” ingår enligt ovan. Vädringsluftflödet ansätts därför till 0, så att inte denna förlust dubbelräknas.

Komfortvärmegolv

Golvvärme som styrs utifrån värmebehovet kalkyleras utifrån dess påverkan på värmeförlusterna i kantzon och markförlust.

Komfortvärmegolv, där värmen regleras enbart mot golvets yttemperatur ökar värmeåtgången under icke uppvärmningsperioden i proportion till installerad effekt och reglermetod. Ett schablonvärde på 25 W/m² komfortvärmegolv kan vara en utgångspunkt för kalkylen.

Solvärmetillskott under uppvärmningssäsongen

Solvärmeinstrålningens värmetransmission påverkas av många faktorer. Olika beräkningsprogram hanterar detta på olika sätt men följande parametrar och anvisningar kan utgöra ett stöd. Dessa är också integrerade i beräkningsprogrammet Energihuskalkyl.

²² SVEBY använder schablonvärdet 70% spillvärme från hushållsel. 80% för passivhus motiveras med att värmeåtervinnningssystemen i byggnaden omfördelar överskottsvärme som t.ex. uppstår i kök.

²³ Exempelvis luftvärme + el-radiatorer i kombination.

Den effektiva soltransmissionsarean, A_e , beräknas för respektive vädersträck var för sig på följande sätt:

$$A_e = \text{Fönsterarea} \cdot \text{Glasandel} \cdot \text{g-värde} \cdot F_{\text{konstruktion}} \cdot F_{\text{glasning}} \cdot F_{\text{horisont}} \cdot F_{\text{solskydd}} \quad [\text{m}^2]$$

g-värde, är glasets solenergitransmittans. Typiskt g-värde är 0,5 – 0,6, men kan vara lägre om solskyddsglas väljs. Fönstrens area, glasandel och g-värde erhålls från leverantörsdata.

$F_{\text{konstruktion}}$, avser skuggning från egen byggnad (karm, båge, mm), även fasta solskydd eller utskjutande balkonger och takdelar som ger påtaglig skuggning vinterperioden. Skuggning via sidoavskärmning eller utskjutande tak kan uppskattas via hjälpmedel i rapporten Metoder för besiktning och beräkning²⁴. En skuggningsfaktor kan ha ett värde mellan 0 och 1. När faktorn är 0 är glaset helt skuggat. När faktorn är 1 sker ingen skuggning.

F_{glasning} , avser korrektion för lägre transmittans vid större infallsvinklar av solljuset

F_{horisont} , avser horisontalskuggning från kringliggande byggnader, berg, skog, mm.

F_{solskydd} avser rörliga solskydd som mellanliggande persienner eller utanpåliggande rörliga solskydd (manuella eller automatiserade).

Följande schabloner föreslås som defaultvärde för de olika skuggfaktorerna, såvida inte detaljerad analys genomförts:

- $F_{\text{konstruktion}}$: 0,9 för skuggning under uppvärmningssäsong²⁵
- F_{glasning} : 0,9
- F_{horisont} : 15 grader och i tät innerstad 30 grader.
För beräkningsprogram som inte hanterar horisontalavskärmning används istället en skuggningsfaktor 0,9 och för innerstaden en skuggningsfaktor på 0
- F_{solskydd} : om innanpåliggande gardiner: 0,93 och om mellanliggande solskydd finns: 0,85

²⁴Metoder för besiktning och beräkning. Energideklarering av byggnader. ATON Teknikkonsult AB, www.aton.se.

²⁵ Vid beräkning av övertemperaturer för sommarperioden ger fasta yttre solskydd helt andra skuggningsfaktorer.

7.3.3 Skolor och förskolor

Maximalt årligen köpt energi beräknas enligt följande förutsättningar;

- en dimensionerande innetemperatur på 22°C när byggnaden är i användning och en sänkning ned till som lägst 18°C när byggnaden inte är i användning.
- att byggnaden vid beräkningen antas vara ventilerad på ett sätt som minst uppfyller gällande myndighetskrav/råd vid nominellt ventilationsflöde, d v s vid den maximala projekterade personbelastningen. Inverkan av eventuell behovsstyrd ventilation medtas.
- att vid beräkningen får areaspecifik spillvärme från apparater på maximalt 5 W/m² lokalarea (LOA) och personspecifik spillvärme från personer på maximalt 70 W/person inkluderas. När byggnaden inte är i användning får ett medelvärde på spillvärme från apparater på maximalt 0,5 W/m² lokalarea (LOA) inkluderas. Därutöver får soltillskott medräknas, dock med rimliga antaganden utifrån antal och typ av fönster, typ av solavskärmningar, byggnadens utformning, placering etc. Överskottsvärme ska när byggnaden är i användning huvudsakligen antas bli bortvädrat och inte inlagrat i byggnadsstommen.
- en standardiserad användning av 38°C varmvatten på 0,5 m³/m² lokalarea (LOA) och år.

Mer detaljerade och generella beräkningsanvisningar, motsvarande de som ovan har angetts för bostäder, har inte tagits fram för skolor och förskolor. Detta får istället tas fram i varje enskilt fall. Användningen av varmvatten kan skilja ganska mycket mellan skolor och förskolor. Om lokalen inkluderar skolkök påverkas varmvattenförbrukning, ventilation och internlast. Detta måste tas särskild hänsyn till både när man ställer krav på energianvändningen och vid utvärderingen av den verkliga energianvändningen.

7.4 Beräkning av solvärmestillskott under sommarperioden

Solareafaktorn är ett godhetstal, som är enkelt att beräkna och som kan utgöra en indikator på risken för övertemperaturer under sommarperioden.

Solareafaktor (SA) definieras på följande sätt:

$$SA = (\text{Fönsterarea} \cdot \text{Glasandel} \cdot \Sigma g\text{-värde}) / A_{\text{temp}}$$

$$\Sigma g = g\text{-glas} \cdot F_{\text{konstruktion}} \cdot F_{\text{glas}} \cdot F_{\text{horisont}} \cdot F_{\text{solskydd}}$$

Skuggningsfaktorerna är i vissa fall förändrade jämfört med vinterfallet. Sommarsolen står högt och därför är F_{horisont} normalt noll för den mest utsatta delen. Även $F_{\text{konstruktion}}$ får andra värden för utstickande konstruktionsdelar som ger överhängsavskärmning. Värden för F_{solskydd} hämtas från solskyddsleverantören. I rapporten ”Mätning och verifiering” föreslås ett gränsvärde; ”om Solareafaktorn överstiger 4,8 % för den mest utsatta bostadsdelen (med fasadorientering väst-syd-öst och genomgående lägenhet), bör en separat inneklimatekalkyl genomföras som visar att ett bra inneklimate klaras. För en enkelsidig lägenhet anges lämpligt gränsvärde till 3,6 %. Dessa värden har ännu inte testats på bostadshus, varför halva detta värde kan vara en lämplig utgångspunkt. Värdet avser den mest solutsatta delen av byggnaden. Om kalkylen görs på hela byggnaden kan andra värden gälla.

Bilaga 1. DUT₂₀ enligt SS 02 43 10

Tabell 1 Dimensionerande temperatur på vintern. Värdena baseras på uppgifter enligt figur 2 och tabell 2 i SS 02 43 10.

	DUT ₂₀ [°C]	DUT ₂₀ [°C]	DUT ₂₀ [°C]
	80 timmar	150 timmar	300 timmar
Luleå	-25,6	-23,5	-20,6
Östersund	-24	-21,6	-18,2
Söderhamn	-18,9	-16,8	-13,8
Uppsala	-17,9	-15,9	-12,8
Karlstad	-19	-16,7	-13,1
Västerås	-17,5	-15	-11,7
Tullinge	-17	-14,9	-12
Stockholm	-16	-13,6	-10,5
Norrköping	-16,1	-14	-11,2
Linköping	-15,4	-13,1	-10
Såtenäs	-16,6	-14,4	-10,9
Karlsborg	-14,1	-12	-8,8
Kalmar	-13,5	-11,5	-8,5
Ronneby	-10,3	-8,6	-6,1
Ljungbyhed	-13	-10,9	-7,9
Torslanda (Göteborg)	-12,6	-10,9	-8,2
Ängelholm	-10,6	-8,7	-5,7
Säve	-13,4	-11,4	-8,3
Visby	-11,8	-9,8	-6,6
<i>Kristianstad</i>	<i>-12,5</i>	<i>-10,5</i>	<i>-7,3</i>
<i>Malmö</i>	<i>-11,7</i>	<i>-9,7</i>	<i>-6,5</i>

Kursivt: tillkommande orter ingår inte i SS 02 43 10.

Tabell 2 Dimensionerande marktemperatur, T_{mark} , för beräkning av maximala effektförluster för ett antal orter baserad på SS-EN ISO 13370:2007. Års- och januarivärden för luftmedeltemperaturen baseras på uppgifter från mätperioden 1930-61.²⁶

Effektiv marktemp.	Marktyp:		Lera	Sand	Berg
	T-år (°C)	T-jan (°C)	T_{mark} (°C)	T_{mark} (°C)	T_{mark} (°C)
Luleå	2,0	-10,0	-2,8	-4,6	-6,4
Östersund	2,7	-8,5	-1,8	-3,5	-5,1
Söderhamn	4,7	-5,4	0,7	-0,9	-2,4
Uppsala	5,7	-4,4	1,7	0,1	-1,4
Karlstad	5,9	-4,3	1,8	0,3	-1,2
Västerås	5,9	-4,1	1,9	0,4	-1,1
Tullinge	5,6	-4,0	1,8	0,3	-1,1
Barkarby	5,9	-3,8	2,0	0,6	-0,9
Bromma (Stockholm)	6,3	-3,5	2,4	0,9	-0,6
Skara	5,8	-3,3	2,2	0,8	-0,6
Norrköping	6,9	-3,0	2,9	1,5	0,0
Linköping	6,8	-2,9	2,9	1,5	0,0
Kalmar	7,0	-1,7	3,5	2,2	0,9
Ronneby	7,1	-1,5	3,7	2,4	1,1
Ljungbyhed	7,1	-1,5	3,7	2,4	1,1
Torslanda (Göteborg)	7,5	-1,4	3,9	2,6	1,3
Visby	7,2	-0,6	4,1	2,9	1,7
Sturup (Malmö)	8,0	-0,5	4,6	3,3	2,1

²⁶ Jämfört med tabellen för DUT₂₀, så saknas följande orter: Arlanda, Sätenäs (Lidköping), Karlsborg, Ängelholm och Säve (Göteborg), medan Skara tillkommit.



Ytterligare rapporter från Forum för energieffektiva byggande finns på
<http://www.energieffektivabyggnader.se/>