



Energirelaterade godhetstal för flerbostadshus

- Nyproduktion



Feb 2011

Eje Sandberg

ATON teknikonsult AB

Förord

Denna rapport har utarbetats på uppdrag av energimyndighetens beställargrupp BeBo (Beställargrupp för Bostäder).

Avstämningar för ett tidigare utkast har genomförts med en mindre arbetsgrupp som lämnat värdefulla synpunkter:

Kjell Berndtsson, Riksbyggen, projektombud

Jonas Tannerstad, Örebrobostäder

Niklas Jakobsson, Uppsalahem

Catarina Warfvinge, Bengt Dahlgren AB

Ulrika Jardfelt, SABO

Därefter har rapporten genomgått en revidering och komplettering. Rapporten har sammanställts av ATON Teknikkonsult AB, med Eje sandberg som projektansvarig.

Syftet med dessa godhetstal för flerbostadshus är att stötta byggherrar som önskar bygga med bättre prestanda än BBRs minimikrav. Rapporten avses publiceras på BeBos hemsida. Genom att fastställa rekommenderade ”godhetstal” för byggnaders och delsystems prestanda underlättar man för beställare och andra i branschen vid bland annat upphandlingar.

Motivet för BeBos del är att det idag saknas en sammanställning av energikrav för olika delsystem inom flerbostadshus.

Denna rapport är anpassad för nyproduktion. För ombyggnationsprojekt finns en anpassad motsvarande rapport. En hel del av materialet är dock gemensamt.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	4
2. Byggnadsnivå.....	5
2.1 Energirelaterade miljöparametrar.....	5
2.1.1 Termiskt klimat vintertid.....	5
2.1.2 Termiskt klimat sommartid.....	6
2.1.3 Luftkvalitet.....	6
2.1.4 Ljudmiljö.....	7
2.1.5 Fuktskydd.....	7
2.2 Specifik energianvändning.....	8
2.2.1 Energikrav paketerat på byggnadsnivå.....	9
2.2.2 Kontroll och uppföljning av energikrav.....	12
3. Systemnivå.....	13
3.1 Ventilationens värmeförluster.....	14
3.2 Klimatskalets värmeförluster.....	14
3.3 Värmedistribution - systemval.....	15
3.3.1 Luftvärmesystem.....	15
3.3.2 Radiatorsystem.....	16
3.3.3 Golvvärmesystem.....	16
4. Byggnads- och installationsdelar.....	17
4.1 Fönster och solskydd.....	17
4.2 Fönsterdörrar.....	19
4.3 Ventilationssystem.....	19
4.3.1 Övergripande funktionskrav för ventilationssystem.....	19
4.3.2 Kompletterande funktionskrav för ventilationssystem.....	23
4.4 Värmesystem - egenskaper.....	24
4.4.1 Värmereglering.....	24
4.4.2 Rörisolering.....	25
4.4.3 Fördelningsmätning värme.....	25
4.4.4 Pumpar i värmesystem.....	26
4.5. Tappvarmvatten.....	26
4.5.1 Krav på tappvattenblandare.....	26
4.5.2 Fördelningsmätning varmvatten.....	27
4.5.3 Spillvärmeåtervinning.....	27
4.6 Elkrävande utrustning.....	28
4.6.1 Belysning.....	28
4.6.2 Hiss.....	29
4.6.3 Tvättmaskiner och torkutrustning i tvättstugor.....	30
4.6.4 Tvätt, tork och disk i bostaden.....	31
4.6.5 Elvärmare.....	32
5. Värmeproduktion.....	33
5.1 Generella programkrav tillförselsystem.....	33
5.2 Solcellssystem.....	34
5.3 Solvärme för varmvatten.....	34
5.4 Värmegles fjärrvärme.....	34
6. Mätning och uppföljning.....	35
7. Referenser.....	36
Bilaga 1. Vad är passivhus?.....	37
Bilaga 2. Klimatskalets energiparametrar.....	38
Bilaga 3. Belysningsinstallationer.....	40

1. Inledning

Energimyndigheten har på regeringens uppdrag utarbetat ett förslag¹ till hur Sverige ska nå det gemensamma europeiska målet att senast 2021 bygga ”nästan nollenergihus” i samband med nyproduktion. I Energimyndighetens nationella strategi anges att målet ska nås genom att byggnaderna ska ha:

- Mycket energieffektivt klimatskal
- Mycket energieffektiva installationer
- En stor andel av den energi som behövs ska vara förnybar

Vidare anges som riktnivå motsvarande passivhus, alternativt en årsenergianvändning på ca 55 kWh/m², där den teknisk utformningen av energikraven blir en senare fråga. En central del i strategin för att nå dessa mål är stegvis skärpta krav i Boverkets byggregler. En första skärpning sker för år 2011. Hur begreppet ”nästan nollenergihus” ska definieras är en fråga för regeringen att återkomma till.

Energimyndigheten betonar vikten av ett större systemperspektiv när energianvändning ska värderas, dvs vilka energiresurser krävs i hela kedjan när ett visst energislag väljs.

Men detta som bakgrund har denna rapport tagit som utgångspunkt att redovisa godhetstal som kan leda mot dessa övergripande mål, dvs att byggnaderna ska ha mycket låga energiförluster och därutöver försörjas med energislag som är effektiva även i ett större systemperspektiv.

En rapport om godhetstal för energieffektiva bostäder är en balansgång mellan en kortfattad översikt i tabellform och en mer genomgripande guide i form av en handbok. Denna rapport är inte en handbok och inte heller en skolbok i energieffektivitet utan ett översiktligt dokument som ska ge en koncentrerad vägledning för fastighetsförvaltare som står inför upphandling av en hel byggnad med åtföljande val av systemdelar och komponenter. Av detta skäl hänvisas också till andra dokument där mer ingående information kan hämtas. Textdelarna ska enbart ge förståelse och stöd för de vägval som kan tas och göra begreppen som används begripliga.

I många fall ger en mer genomgripande livscykelkostnadsanalys det bästa beslutsunderlaget, men kan tyckas för krävande, särskilt om en del uppgifter saknas. Godhetsstal kan då ge en nyttig vägledning. Godhetstal kan också öppna upp ögonen för lösningar man annars inte tänkt på eller inte känt till. Livscykelanalyser tenderar också till att bli objektspecifika, dvs kräva ganska ingående analys för varje upphandling, vilket kan bli allt för betungande. Det är också av denna anledning inte möjligt att på en generell nivå ange vad som är mest ekonomiskt, dvs vad är LCC-nivån. LCC är ju också beroende av byggherrens avkastningskrav och tidsperspektiv för den ekonomiska kalylen.

Den för varje objekt ”bästa lösningen” är helt beroende av lokala förutsättningar, förvaltarens tidsperspektiv och den situation och de problem som ska lösas. I rapporten lämnas därför två alternativa nivåer på godhetstal där så är möjligt, utan någon egentlig värdering om vilken av dessa som är ”bäst”. Alternativ A ger lägst energiåtgång (energieffektivast).

Vidare har guiden utformats med ett ikryssningsformat, så det ska vara enkelt att kopiera av relevanta textdelar och själv kryssa för de alternativ som passar bäst och i tillämpliga delar bifoga dessa i förfrågningsunderlag eller som bilaga i kontrakt och avtal.

Valet kan göras på den systemnivå som är lämpligast beroende på t.ex. entreprenadform eller beroende på hur detaljerat beställaren vill styra upphandlingen.

¹ Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergibygnader, ER 2010:39. Energimyndigheten 2010.

När inte detaljer för hur kraven ska verifieras beskrivs i denna rapport, är det projektörens eller upphandlingskonsultens uppgift att ange metoder för den verifiering som ska ingå i kontrollprogrammet.

2. Byggnadsnivå

2.1 Energirelaterade miljöparametrar

Byggnadens utformning och installationer påverkar inte bara energianvändningen utan också inneklimat, ljud och ljus. Olika miljörelaterade krav kan vara lämpliga att ställa parallellt med energikrav. Här hanteras de miljökrav där tydliga kopplingar finns till energiegenskaper. I övrigt hänvisas till nybyggnadsreglernas minimikrav som alltid gäller, till Miljöklassad byggnad² som är ett miljöklassningssystem och till Miljöstyrningsrådets³ upphandlingskriterier för nybyggnad flerbostadshus. Dessa två dokument ger både guidning och kompletterande förslag inom de miljörelaterade delarna. De hanterar även i begränsad utsträckning energifrågor, men inte alls lika ingående som detta upphandlingsdokument.

2.1.1 Termiskt klimat vintertid

I rum med stora fönster måste man vara uppmärksam på skillnaden mellan lufttemperatur och operativ temperatur.

- Operativ temperatur > 20 grader
- Operativ temperatur > 18 grader (BBR – krav)

Verifiering: Kalkylering i projekteringsfas, samt detaljerade termiska analyser om större sammanhängande glaspartier ska väljas. Verifieringen avser hela vistelsezonen enligt BBRs definition.

Kommentarer

Lågenergihus med bra isolering ger en jämn innetemperatur, varma golv och ytterväggar mm, men stora samlade glaspartier kan ge stor värmeutstrålning ("kallstrålning") och då ge sämre komfort, speciellt om inte glas med mycket lågt U-värde valts och motstrålade värmare vid yttervägg saknas. Kravet är alltså enbart aktuellt för byggnader där ett ur termisk synvinkel riskfyllt utförande övervägs.

- Drag. BBRs minimikrav på lufthastighet i ett rums vistelsezon ($\leq 0,15$ m/s under uppvärmningssäsong) ska följas upp med mätning.

Kommentarer

För byggnader med frånluftssystem där friskluft tas in bakom radiator, kommer friskluften inte förvärmas under perioder då radiatorn inte är tillslagen och kan då skapa komfortproblem och drag.

Även olämpligt placerade och olämpligt utformade tilluftsdon kan skapa dragproblem i vistelsezonen. Finns risk att entreprenören väljer olämpliga lösningar bör en mätuppföljning göras. Dragproblem kan även fångas upp via boendekäter, men blir inte lika precisa.

² Se Boverket.

³ Se www.msr.se

2.1.2 Termiskt klimat sommartid

Välj något av följande två alternativ.

Innetemperatur under perioden april – september ska inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet (eller den mest utsatta delen i byggnaden). Verifiering för byggnation sker med simuleringsstudie.

Kommentarer

Socialstyrelsen anger som indikativt värde för fortsatt utredning, uppmätt värde: över 26 °C sommartid⁴. Ovanstående kravformulering rekommenderas också i kriteriedokumentet för passivhus, där hänsyn måste tas till att ”sommartid” för lågenergihus kan börja redan i slutet av mars. För beräkning finns flera webbaserade program för beräkning av ”värmebalans i rum”.

Solvärmefaktor: $< 0,036$, där solvärmefaktor = $A_{\text{glas}}/A_{\text{golv}} * \Sigma g$

I solfaktorn (Σg) ingår solskyddsglas, persienn, markis eller annan typ av solavskärmning ($\Sigma g = g\text{-glas} \times F_{\text{konstruktion}} \times F_{\text{glas}} \times F_{\text{horisont}} \times F_{\text{solskydd}}$).

Verifiering: Solvärmefaktor bestäms enligt ekvationen för representativa solutsatta delar, normalt i byggnadens övre plan.

Kommentarer

Termiska analyser för olika tidsperioder under året kräver relativt ingående dataanalyser. Ett enklare sätt att uppskatta den termiska situationen är genom att bestämma solvärmefaktorn. Denna bestäms lämpligen redan i skisskede, så att optimala åtgärder kan väljas, t.ex. att byggnadens utformning anpassas för bättre solavskärmning innan kostnader för detaljerade ritningar lagts ner. Speciellt byggnader med större fönsterareor i väst-ostlig riktning är svåra att solavskärma. Denna faktor har fördelen att resultat av olika åtgärder enkelt kan ses och förstås. Nackdelen är att den är mer indikativ, dvs bestämmer inte temperaturen direkt. Vidare saknas tillräckligt med erfarenhetsvärden för att idag säga var larmvärdet bör ligga med större säkerhet.

g-värden för solskyddsåtgärder kan bestämmas med beräkningsprogrammet Parasol (www.parasol.se).

Beräkningen av solvärmefaktor görs med en enkel excelkalkyl och är t.ex. en inarbetad del i beräkningsprogrammet Energihuskalkyl (www.energihuskalkyl.se).

2.1.3 Luftkvalitet

Som minimikrav gäller kraven enligt BBR.

Uteluftsintag. Om trafikerat läge skall uteluftsintag placeras skyddat så att NO₂ i inomhusluft minimeras.

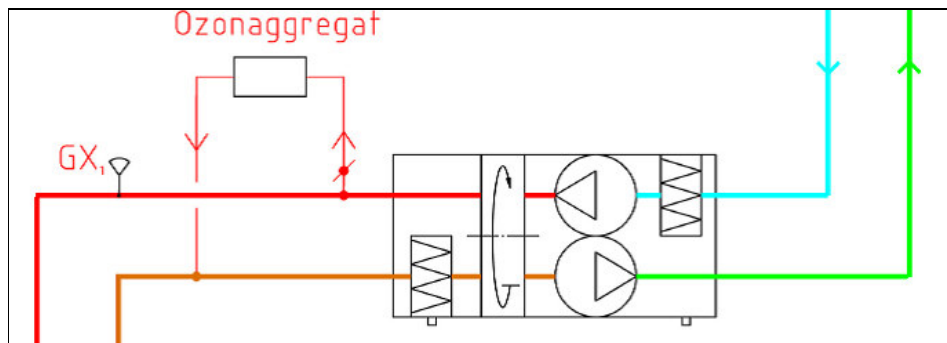
Verifiering: mätning av yttre miljö innan, projekteringshandlingar, eftermätning

Luktöverföring mellan lägenheter ska minimeras. Förutom täthetskrav på klimatskalet, formuleras kravet så det avser hela lägenheten (dvs inkluderar då även läckage mellan lägenheter). I det fall lukt från ventilationssystemets tilluft uppträder, ska åtgärder för lukteliminering vara förberett. Antingen som installerbart kolfilter i tilluften direkt efter ventilationsaggregat eller genom att en ozon-fälla

⁴ Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inomhus. SOSFS 2005:15

installeras. Ozon är en farlig gas vid högre koncentrationer, varför endast av myndigheter godkända produkter ska väljas.

Verifiering: boendeenkät med frågor om luktstörningar.



Figur 2.1 Ozongenerator som kopplas till frånluftskanalen före värmeväxlingen oxiderar luktämnen. Eventuellt ozonöverskott går ut med avluften. En sensor i tilluften säkrar systemet. Tekniken finns demonstrerad hos flera bostadsföretag. Källa: Ozon-Tech systems

2.1.4 Ljudmiljö

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

Verifiering: mätning i representativa utrymmen och där högsta värden kan förväntas.

Kommentarer

Lågenergihus som baseras på FTX-system har i regel små yttre ljudstörningar. Om starkt trafikerad miljö, bör särskild utredning göras. Att byggnaden därmed blir skyddad från yttre ljud och upplevs som tyst ökar känsligheten för ljudstörningar från ventilationssystemen, vilket motiverar detta krav. Finns skäl att även ställa krav på ljudklass B från andra ljudkällor, hänvisas till andra dokument för upphandlingsstyrning (se inledning detta kapitel).

2.1.5 Fuktskydd

En fuktskyddsbeskrivning upprättas, där uttorkningstid och kontrollpunkter (mätmetod, max fukthalt, etc) för fuktdimensionerade delar ska anges och hur ett fuktsäkert genomförande av bygget ska säkras och max fukthalt för inkommande byggmaterial till konstruktionen. Fuktskyddsbeskrivningen ska granskas av tredje part och ingå i dokumentation inför byggstartsbesked. Se även, kontrollsystem för att motverka byggfukt, enligt Rådet för ByggKompetens.

Kommentarer

Lågenergihus med bättre isolering, tätare konstruktioner och låga värmeeffekter från värmesystemet innebär att risk för fuktskador kan öka vid slarv under byggnation om fuktiga material tillåts byggas in i väggkonstruktionen. Den undercentral som installeras för byggnadens fjärrvärme kommer ha en låg värmeeffekt och därför inte räcka till för uttorkning av betong, mm under byggtiden.

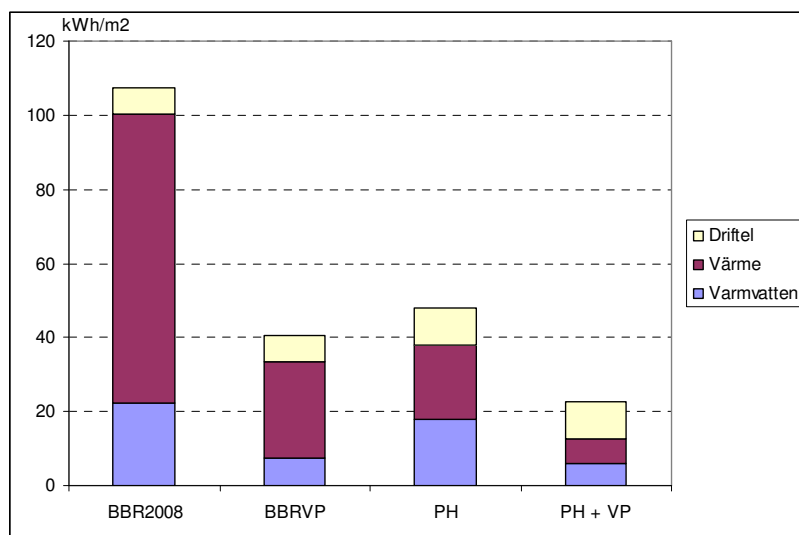
2.2 Specifik energianvändning

”Gamla BBR” innebar att byggnader som uppfördes i praktiken använde ca 125 kWh/m² i södra Sverige varav ca 80 kWh/m² för uppvärmningen. BBR 2008 innebar i praktiken en skärpning jämfört med ”gamla BBR” då byggherren nu måste mäta och visa att energigtågängen inte blev högre. För att vara på säker sida siktar därför de flesta byggherrar att komma lägre. I en skärpning av byggreglerna (BBR2011) föreslås kravet ligga 20 kWh/m² lägre än BBR2008.

Att klara energikraven enligt BBR kan lösas på två alternativa sätt. Antingen med

- produktionssystem med värmepump, t.ex. en kondenserande frånluftsvärmepump som hämtar värmeenergin från den varma frånluften och genererar mer värme än den el som sätts in och därför minskar köpt energi, eller också genom
- värmeväxling av den kalla tilluften med den varma frånluften (FTX-system).

Alternativ a, med en frånluftsvärmepump är dock ingen hållbar lösning för att kunna komma ner till de nivåer som ”nästan nollenergihus” visionen avser. Då måste byggnadens värmeförluster först minimeras innan energislag väljs. Detta är också den strategi som energimyndigheten angivit. Av det skälet begränsas godhetstalen i denna rapport till utformningar där byggnadens nettoenergianvändning (innan tillförselsystem valts) hamnar på en låg nivå. I figur 2.2 belyses vikten av att denna strategi väljs:

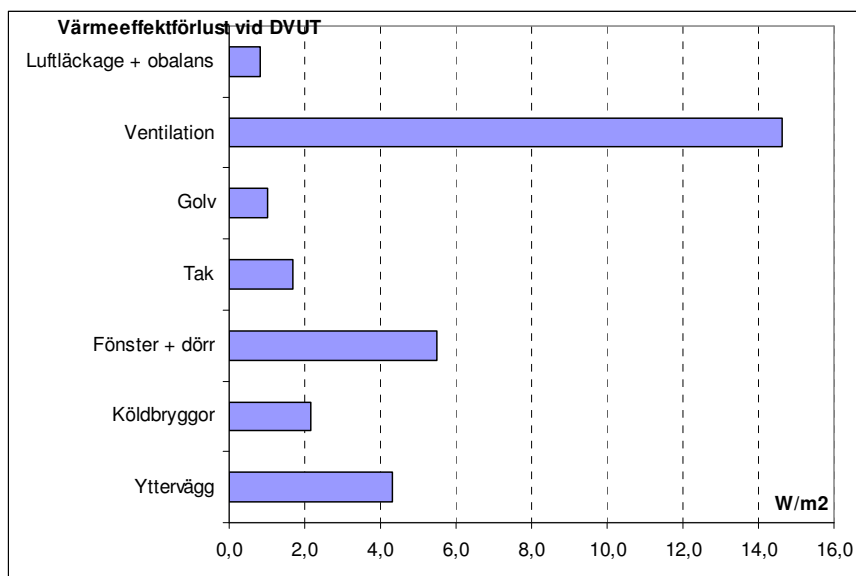


Figur 2.2. Köpt energianvändning för en byggnad som uppfyller BBR2008 utan och med en värmepump för värmeförsörjningen (BBRVP) i jämförelse med en passivhusbyggnad utan värmepump (PH) en med (PH+VP) och där värmepumpen i detta exempel får ta hela värmelasten.

Om samma byggnad som redovisas (BBR2008) i diagrammet förses med en frånluftsvärmepump som producerar all värme och allt varmvatten⁵ kommer byggnaden behöva tillföras mindre energi än ett fjärrvärmat passivhus (PH). Men även ett passivhus kan värmas via en värmepump. Om det sker direkt i anslutning till byggnaden eller hos fjärrvärmeproducenten har ingen betydelse ur ett systemperspektiv. Så när jämförelsen görs rättvist, med samma energislag, så kommer passivhuset ner till en nivå (40% lägre än ”BBRVP”-huset) som inte är möjlig i en byggnad som inte har ett FTX-

⁵ Den värmeeffekt som kommer krävas av byggnaden kommer inte helt kunna klaras med den värme som finns i frånluften, men detta förenklade antagande kan motiveras med att värmepumpen lika gärna kan vara en bergvärmepump. Principen i jämförelsen gäller även för en frånluftsvärmepump även om den inte kan ta hela värmelasten.

system för att minimera ventilationens förluster. Detta illustreras i figur 2.3, där förlusterna i en BBR byggnad fördelas på olika system- och byggnadsdelar.



Figur 2.3. Fördelning av en byggnads värmeförluster (BBR2008 ur figur 2.2) vid dimensionerande utetemperatur. Ventilationens förluster dominerar om byggnaden inte har värmeåtervinning med ett FTX-system (varm inneluft växlas med kall uteluft).

2.2.1 Energikrav paketerat på byggnadsnivå

När övergripande energikrav ställs på en byggnad som ska klara högt ställd krav, så får det konsekvenser för inomhusmiljö, behov av att säkerställa kvaliteten i byggnadsprocessen, detaljerade anvisningar för hur energiberäkningen ska ske och hur kraven ska följas upp. Då kan det vara lämpligt att energikrav på byggnadsnivå refererar till FEBYs kriterier för lågenergihus, antingen de för passivhus eller de för minienergihus, då dessa ger en färdigpaketerad kriterieuppsättning anpassad för lågenergihus. Vad som egentligen menas med begreppet passivhus, beskrivs närmre i bilaga 1.

På byggnadsnivå föreslås att något av alternativen A eller B väljs.

<p>Alternativ A Byggnaden ska uppfylla de svenska kriterierna för Passivhus vad avser både effekt- och energikrav.</p> <p>se "FEBY Kravspecifikation för Passivhus och Nollenergihus", version juni 2009⁶</p>	<p>Alternativ B Byggnaden ska uppfylla de svenska kriterierna för "Minienergihus" vad avser både effekt- och energikrav.</p> <p>se "FEBY Kravspecifikation för Minienergihus", version juni 2009¹.</p>
---	--

Kommentarer

Med nya högeffektiva FTX-system i kombination med täta klimatskal och bättre U-värden på fönster kan energianvändningen för värme sänkas påtagligt. Med mer isolering och genomtänkta konstruktionslösningar för att minimera köldbryggor så minskar värmeförlusterna ytterligare. Vid en viss nivå är det möjligt att spara in investeringarna i radiatorsystem och därmed sänka bygg- och driftkostnaderna. Denna nivå bestäms av byggnadens värmeeffektbehov vid dimensionerande utetemperatur.

⁶ Se dokument på www.energieffektivbyggnader.se under menyen "rapporter".

Kriterierna för passivhus inkluderar krav på vilka värmeförluster vid dimensionerande utetemperatur som högst kan accepteras. Dessa har lagts på en nivå så att det är praktiskt möjligt (men inte tvunget) att distribuera värmen med det hygienluftflöde som byggnaden ändå ska förses med. När värmeeffektbehovet på det sättet minimerats, hamnar behovet av uppvärmningsenergi på nivån 15 – 25 kWh/m², beroende på byggnadens orientering och solinsläpp, interna värmelaster, mm.

Alternativ B ligger mitt emellan nivån för Passivhus och BBR2008, men ger ändå erfarenheter från energieffektiva byggnader som kan underlätta en skarpare nivåsättning vid nästa upphandling. Alternativ B kan ses som en övergångslösning på orter där leverantörer och byggbolag ännu inte är mogna att klara kraven för passivhus. Det är också möjligt att formulera om kravnivån i FEBYs kriterier så att kraven hamnar på önskad nivå inom intervallet passivhus och minienergihus, men ändå använda samma metodik.

Kravet kan kommuniceras och verifieras med hänvisning till kriteriedokument. Bägge alternativen följer en genomarbetad metodik, med kompletterande krav för täthet, täthetsprovning, ljudnivå från ventilationssystem, anvisningar för beräkning och uppföljning. Man behöver därmed inte ”uppfinna hjulet” från början.

För små byggnader i enplansutförande, där det omgivande klimatskalet blir så mycket större jämfört med den uppvärmda arean (byggnadens formfaktor), kan kriterierna för passivhus vara svåra och kostsamma att klara. Ju bättre formfaktor, ju bättre ekonomi får de mest energieffektiva lösningarna, se även bilaga 2. Exempel på vad energikravet för Passivhus och Minienergihus innebär ges i följande tabell.

Klimatzon III	<u>Passivhus</u>	<u>Minienergihus</u>	
$E_{k\ddot{o}pt}$	$\leq 50 \text{ kWh}_{k\ddot{o}pt}/\text{m}^2 A_{temp}$	$\leq 70 \text{ kWh}_{k\ddot{o}pt}/\text{m}^2 A_{temp}$	för icke elvärmda byggnader
$E_{k\ddot{o}pt}$	$\leq 30 \text{ kWh}_{k\ddot{o}pt}/\text{m}^2 A_{temp}$	$\leq 40 \text{ kWh}_{k\ddot{o}pt}/\text{m}^2 A_{temp}$	för elvärmda byggnader

Tabell 2.1. Exempel på de energianvändningsnivåer som FEBYs kriterier för 2009 inkluderar.

Observera att kravet på högsta acceptabla värmeeffektbehov blir styrande för byggnadens värmeförluster, medan energikravet mer syftar till att säkra valet av hållbara energislag.

För byggnader med kombinerade energisystem (t.ex. med värmepumpar) tillämpas en ekvation där elenergi viktas upp för att skapa jämförbara resultat som därmed tar hänsyn till systemkonsekvenser (primärenergi). Detta sker enklast genom hänvisning till viktningfaktorer enligt FEBYs kriterier. Installation av en frånluftsvärmepump eller bergvärmepump är annars den lösning som enklast ger låga värden på inköpt energi, men då övergår energimixen till elenergi och ofta kvarstår den mer kostsamma och mindre miljömässiga topplasten från fjärrvärmelieferantören.

Exempel ByggVesta väljer eget lågenergihuskoncept



”Vi kommer fortsättningsvis enbart bygga enligt vårt eget koncept ”Egenvärmehus”, säger Marcus Svensson, affärsutvecklingschef på ByggVesta som är ett privat fastighetsförvaltande företag. ”Det innebär att vi valt passivhuskonceptets fördelar, men vi isolerar inte lika mycket i väggarna och vi beräknar därför att hamna på nivån 55 kWh/m²” (enligt BBRs definition). Huskonceptet kan sammanfattas med; något mer isolering i väggarna, tät konstruktion, bra fönster (< 0,9 i U-värde), högeffektivt FTX-system⁷, eftervärmare för tilluften placerade i trapphallens tak, individuell mediadebitering av värme, el och varmvatten. ”Bara genom att vi nu har valt bort radiatorsystemen sparar vi ca 30.000 kronor per lägenhet vilket balanserar väl de övriga merkostnaderna, så att vi hamnar på samma byggkostnad som för konventionellt byggande” säger Marcus vidare.

Väljer man inte en färdig ”paketlösning”, går det att istället komponera ihop sin egen kravspecifikation utifrån de godhetstal som ges i denna rapport för respektive systemdel, men då krävs ett större engagemang för att ta fram de beräkningsförutsättningar som ska gälla och detaljer runt verifieringsmetodik.

Kravspecifikation byggnad

- Passivhus enligt FEBYs kriterier, inkluderande bindande energikrav
- Minienergihus enligt FEBYs kriterier, inkluderande bindande energikrav
 - Egna krav, värmeeffekt:W/m², enligt FEBYs metodik för beräkning.
 - Egna krav, årsenergi (värme, varmvatten och fastighetsel):kWh/m², enligt FEBYs metodik för beräkning.

⁷ Plattvärmväxlare från VoltAir, med plattor av polykarbonat och fläktar med hög verkningsgrad.

2.2.2 Kontroll och uppföljning av energikrav

Energirelaterade funktioner ska funktionsprovats och dokumenteras genom byggprocessen enligt anvisningar i SVEBYs dokument Energiverifikat09 vilket också inkluderar reviderade energibalansberäkningar. Vad som ska provas eller mätas, hur det ska göras, när och av vem ska beskrivas i byggnadens kontrollprogram, som ska godkännas av beställaren. Se även avsnitt 6.

Leverantören ansvarar för en uppföljande årsenergimätning genomförs och att byggnaden förses med en sådan mätbestyckning att detta blir möjligt, dvs el, värme, varmvatten som inte hör till byggnadens drift ska mätas separat (hushållsel, tvättstuga, el till gångvägar, motorvärmarruttag, förrådsbyggnader, etc). För byggnader med inslag av lokaler ska även verksamhetens energianvändning mätas separat, se gränsdragningslista i SVEBY projektrapport, ”Brukarindata”⁸.

Leverantören ansvarar för att en uppföljande värmeförlustmätning genomförs.

Generella riktlinjer för uppföljning av energikrav

- Checklista för ansvarsfördelning
- Kontrollprogram/verifikationsplan - Planering för uppföljning och verifiering
- Energiberäkningar och sammanställning av energitekniska funktionskrav
- Effekt- och prestandaprov vid olika driftfall
- Energiverifikat – samlad dokumentation

Energibalansberäkning ska ske med följande program:.....och kopia på indata och resultat dokumenteras och överlämnas till beställaren. (Detta om egna preferenser avses)

Se även kompletterande tekniska krav på system- och komponentnivå i övriga avsnitt som kan vara lämpliga att också ställa, som t.ex fördelningsmätning, energieffektiva varmvattenarmaturer, mm.

Kommentarer

Krav som ställs ska också kunna följas upp. I projekteringsfasen verifieras energikravet genom en standardiserad beräkning av energianvändningen. Avser kraven FEBYs kriterier ska även effektbehov vid dimensionerande utetemperatur kalkyleras enligt anvisningarna i FEBYs kriteriedokument, t.ex. genom att använda beräkningsstödet i www.energihuskalkyl.se, anpassat till FEBYs kriterier. Dokumentation av indata kan utformas enligt anvisningarna i rapporten ”Mätning och verifiering” (se www.energieffektivbyggnader.se under rapporter).

Till kontrollplanen rekommenderas att en punkt ” energianvändning” läggs till. I denna klarläggs

- vilka kontroll- och mätpunkter som ska genomföras, om en verifierande effektförlustmätning ska göras⁹ och vem som ansvarar, liksom
- vem som ansvarar för att en bestämning av byggnadens specifika energianvändning avlämnas till kommunen och som visar att BBRs energikrav uppfyllts, samt
- att en energideklaration utfärdas och sänds till Boverket.

I SVEBYs dokument Energiverifikat09 ges anvisningar för hur mät- och uppföljningsarbete kan organiseras och hur det ska dokumenteras. Ytterligare anvisningar ges i UFOS skrifter¹⁰: ”Bra klimatskal – att ställa krav och följa upp”, samt i ”Hela vägen fram- uppföljning av energikrav i byggprocessen”.

⁸ Brukarindata för energiberäkningar i kontor – vägledning.

⁹ Se anvisningar i rapporten ”Mätning och verifiering”, FEBY 2009. www.energieffektivbyggnader.se

¹⁰ UFOS hemsida: www.offentligafastigheter.se

Om krav ställs enligt FEBYs kriterier ska FEBYs anvisningar för kalkylering tillämpas både vid beräkning och uppföljning eftersom dessa är anpassade till lågenergihus.

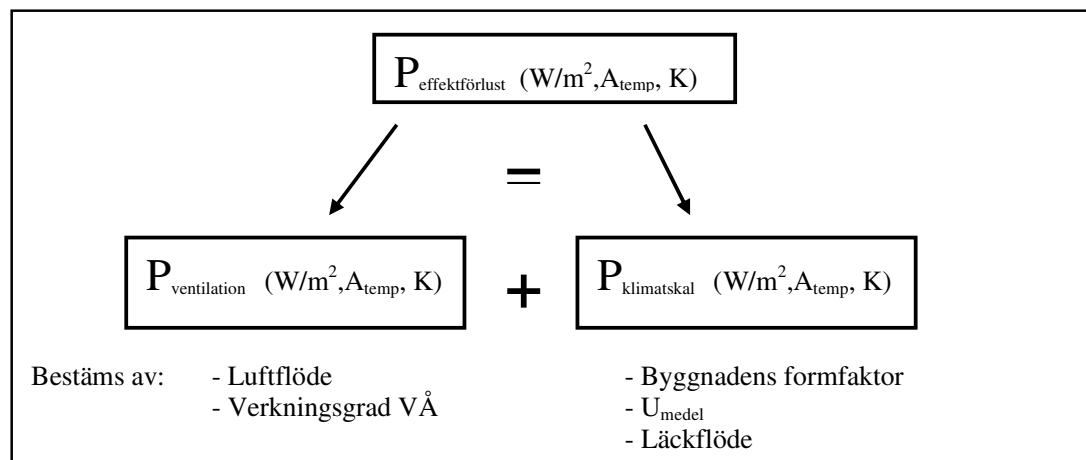
Vid upphandling av arkitekter och konsulter kan kompetenskrav vara aktuellt att ställa, t.ex. att arkitekt, energisamordnare, entreprenör, har dokumenterade erfarenheter från byggande av lågenergihus eller att de genomgått lämplig utbildning för lågenergihusbyggande.

3. Systemnivå

Om byggherre/beställare från början bestämt vilken energiprestanda byggnaden ska ha, t.ex. att den ska klara kriterierna för passivhus, går det inte att sedan formulera energikrav på system- och komponentnivå utan att först se systemsambanden. I annat fall blir energikalkylen i slutänden enbart ett resultat utifrån arbetsrutinen, att ”vi får se vad det blir”.

Om målet är styrande kan däremot målet i system- eller programskedet brytas ner i delmängder som berör de olika fackområden så att tydliga och uppföljningsbara beting uppstår. Därefter kan projektering fortsätta inom ramen för dessa. Här följer en beskrivning på en sådan ”omvänd projektering” där vi utgår från resultatet och sedan arbetar med funktionskrav i olika steg och där följande kravspecifikationer blir till ett stöd i framtagningen av programkravsspecifikationer.

Finns inga övergripande energimål, går det naturligtvis bra att bara ställa krav på systemdelar och komponenter och sen se vad som blev resultatet.



Figur 2.1. Relationen mellan fönsterarea, byggnadens formfaktor, U-värden och köldbryggor, samt luftflöden och ventilationsaggregatets systemverkningsgrad översattes i programskedet till separata ”beting” för de olika systemdelarna.

Om övergripande krav avser passivhus är värmeeffektförlusten $P_{\text{effektförlost}}$ redan ett givet tal för den aktuella orten och beräknas från byggnadens värmeeffektbehov $P_{\text{effektbehov}}$ vid dimensionerande utetemperatur med tillägg för intern spillvärme $P_{\text{spillvärmeeffekt}}$ och sedan dividerat med temperaturskillnaden inne och ute (vid DUT).

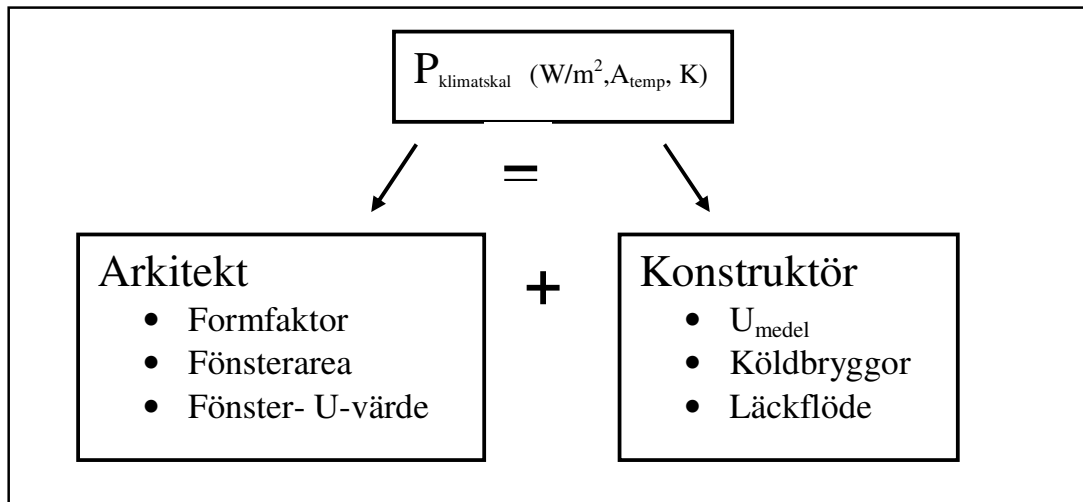
Exempel

Exempel på hur betinget för klimatskalet kan beräknas för en tyngre byggnad i Stockholm, med ett luftflöde på 0,4 l/s,m² och en systemverkningsgrad på 80 procent.

$$P_{\text{effektförlost}} : ((10+4)/(22-(-10,5))) = 14/30,5 = 0,46 \text{ (W/m}^2, A_{\text{temp}}, \text{K)}$$

$$P_{\text{klimatskal}} = P_{\text{effektförlost}} - P_{\text{ventilation}} : 0,43 - 0,4 \times 1,2 \times (1-0,8) = 0,36 \text{ (W/m}^2, A_{\text{temp}}, \text{K)}$$

För att skapa beting för de olika fackområdena behöver maximala värmeeffektföruster för klimatskalet därefter brytas upp i de delar som arkitekten respektive konstruktören i normala fall ansvarar för.



Figur 2.2. Uppdelning av värmeeffektförusterna för klimatskalet på delbeting för arkitekt, respektive konstruktör

Som underlag för denna uppdelning som sker i samråd mellan berörda används preliminära värden till en effektförustkalkyl. Därefter läses specifikationerna för delsystemen så att den fortsatta projekteringsprocessen får tydliga ramar. Som underlag för detta samråd ges också kompletterande information i bilaga 2.

3.1 Ventilationens värmeförluster

Luftflöde: \leq (l/s, $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$) som genomsnittsvärde för hela byggnaden (inkl oförutsett).

Verifiering: mätning vid olika driftfall, loggning drifttid eller loggning genomsnittsfloden.

Värmeåtervinning med FTX,: \geq (procent systemverkningsgrad vid dimensionerande utetemperatur)

Kommentarer. Systemverkningsgraden tar hänsyn även till kanalförluster (kanallängd och dess isolering) och flödesobalans, men ligger mycket nära aggregatets verkningsgrad om balanserade luftflöden. Systemverkningsgraden bör vara minst 80%.

3.2 Klimatskalets värmeförluster

Klimatskalets maximalt accepterade värmeförluster blir normalt en konsekvens av de luftflöden som krävs och möjlig verkningsgrad för aggregatet.

Arkitekt

Byggnadens formfaktor: \leq . ($A_{\text{omslutande}} / A_{\text{temp}}$)

Fönsterarea: \leq (% av A_{temp})

U-värde, fönster: \leq (W/m²,K)

Kommentarer: U-värden som anges för en viss fönstertyp är värden för viss fönsterstorlek (t.ex. 1,2 m x 1,2 m enligt svensk standard) vilket innebär att byggnadens genomsnittliga U-värde blir sämre om mindre fönsterstorlekar väljs och detta inte beaktats.

Konstruktör

Klimatskalets U_m : \leq (W/m²A_{omslutande}, K) inklusive fönstrens förluster

De uppgifter på U-värden och köldbryggor som redovisas i energibalanskalkylerna ska dokumenteras i en separat tabell i byggnadens "Energihandling" och baseras på genomarbetade beräkningar.

Täthet: \leq (l/s, m²A_{omsl}) vid en tryckdifferens på 50 Pa (medelvärde av över- och undertryck), enligt SS-EN 13829.

Verifiering: mätning

Kommentarer. Luftläckaget får vara högst 0,3 l/s, m²A_{omsl} enligt passivhuskriterierna. En halvering av dessa värden är möjliga, men kan vara svåra att ställa som absolutkrav vid en upphandling. Mätning sker när tätningsåtgärder fortfarande är genomförbara.

Exempel på anvisning: Luftläckning genom klimatskal skall maximalt vara 0, xx l/s,m2 enligt SS-EN 13829. Täthetsprovning görs vid två tillfällen. Först efter att invändigt tätskikt uppförts, men innan invändig skivbeklädning. Därefter före slutbesiktning. Protokoll skall upprättas och överlämnas till beställaren.

3.3 Värmedistribution - systemval

Lågenergibyggnader har små värmeförluster. Variationer i sol och spillvärme ger därför stor påverkan på det aktuella värmebehovet. Värmesystemet ska då vara snabbreglerat för att kunna känna av temperaturförändringar inne i bostaden och därmed ge önskat inneklimat. De låga värmebehoven möjliggör också att systemen dimensioneras för låga temperaturer.

3.3.1 Luftvärmesystem

Snabbast att reglera är system där värme bärs med tilluft. Eftersom värmen ska distribueras till de yttre rummen (vardagsrum och sovrum) får värmeläckage i kanaler inte bli för stort, vilket omöjliggör oisolerade ingjutna tilluftskanaler i bjälklaget.

Tilluft väljs som värmebärare och förses med en individuell värmekonvektor per bostad.¹¹ och bostadsvis temperaturreglering.

Tilluftsdonets egenskaper och dess placering väljs så att värmen når yttervägg, men utan att risk för drag i klimatzonen uppstår.

¹¹ Passivhuslösning kan appliceras för byggnader med effektbehov vid dimensionerande utetemperatur på upp till 15 W/m² BOA vilket kan kalkyleras med beräkningsstöd på www.energihuskalkyl.se.

Kommentarer. Eftervärmaren bör placeras i direkt anslutning till lägenheten, t.ex. i trapphallens undertak, för att undvika värmeförluster eller omfattande kanalisering. Kanalen till rummen isoleras så att värmen verkligen når fram till de yttre rummen i bostaden.

System med central eftervärmning och en lägenhetsvis elbaserad spetsvärmning för individuell anpassning är experimentella och saknar verifierade resultat. Det innebär att funktionen är osäker och därmed en risklösning till dess systemen verifierats, t.ex. är det oklart hur mycket värme som når fram och hur stor andel elbaserad spetsvärme som i praktiken blir fallet.

3.3.2 Radiatorsystem

Små radiatorsystem eller värmepaneler för vattenburen distribution ger relativt snabb reglering. Placering i rummet kan vara fritt om energieffektiva fönster valts och inte koncentrerats i allt för stora partier.

Bostaden betraktas reglermässigt som en klimatzon. Möjlighet till avstängning av värmeenhet placerad i rummet ska vara möjligt.

Kommentarer. Ur energisynpunkt är det inte effektivt att placera radiatorer eller konvektorer framför fönsterglas eftersom fönstrets värmeisolerande förmåga är betydligt sämre än väggkonstruktionens.

3.3.3 Golvvärmesystem

Med golvvärmesystem är det trögt att reglera rumstemperaturen och de är därför olämpliga i lågenergihus. Med ytligt placerade värmeslingor i golvkonstruktionen förbättras reglerbarhet. I energisnåla hus måste inverkan av den tröga reglerbarheten undersökas.

Energikalkylen ska ta hänsyn till de extra värmeförluster som uppstår via bjälklag mot vägg och mark, samt ökade ”reglerförluster” (vädringsförluster).

Kommentarer. Golvvärme i flervåningshus kan komma att fungera som ofrivillig takvärme i lägenheten under om inte bjälklaget isoleras. I lågenergihus är värmebehovet lågt och därmed blir yttemperaten på golvet så låg att brukarna inte kommer uppleva golvet som varmt och kan bli besvikna om detta är en egenskap som marknadsförts.

4. Byggnads- och installationsdelar

4.1 Fönster och solskydd

	<i>Alternativ A</i>	<i>Alternativ B</i>	Kommentar
Fönster U-värde (W/m²,K)¹²			EN ISO10 077-1,-2
- Fasta fönsterpartier	≤ 0,70	≤ 0,90	Ex altanfönster, bottenvåning.
- Öppningsbara fönster	≤ 0,75-0,80	≤ 0,90	
- Vädringsbarhet	Glidhängd, DrehKipp	Sidohängd	Se kommentarer

- Fönster enligt alternativ A väljs.
- Fönster enligt alternativ B väljs.
- Det yttre glaset ska ha ett solskyddsglas, som ger g-värde glas på:
- Fönster ska inkludera färdigmonterade mellanliggande persienner.
(Eventuellt begränsat i viss fönsterriktning)
- Produkten ska vara energimärkt.
- Operativ temperatur vinterperioden beräknas för större sammanhängande fönsterpartier.

Innetemperatur för sommarperioden (se avsnitt 2.1.2).

Kommentarer

För större byggnader är fönster den dominerande förlustposten. Lågt U-värde ger också bättre värmekomfort, dvs vistelsezonen flyttas längre ut mot väggen, även där fönster finns. För byggnader utan motstrålande radiatorer, är låga U-värden för fönstren än mer väsentliga för bra komfort vid uteväggen.

Fasta fönster är ca 0,1 enhet bättre än öppningsbara. Vid åtkomlighet utifrån (balkong) är fasta fönster därför en fördel.

Fönster enligt alternativ A har också bättre isolering i karm och båge för att förhindra värmeläckage, se figur.

¹² Värde avser fönster inklusive glas, karm och båge.



Figur 4.1 Karm och båge med brott för köldbryggor. Källa NorDan

Ju större sammanhängande fönsterpartier, ju lägre U-värde krävs för att förhindra kallstrålning.

Vädning

Energieffektiva byggnader har en förlängd ”sommarperiod” med vädringsbehov. Beslag med t.ex. DrehKipp eller KippDreh gör det möjligt att öppna i fönstrets överkant, vilket minimerar drag i vistelsezonen, risk för regn och är mer barnsäkert. Dessa beslag försämrar normalt fönstrets U-värde med ca 0,1 enheter.

Solskydd

Speciellt i öst- och västlig riktning ger inte utskjutande balkonger tillräckligt med solskydd.

Välj fönster med persienner monterade i fabrik och som klarar täthetskraven, eller utanpåliggande solskydd. Eftermonterade persienner kan försämrare klimatskalets täthet. Genomföringsnipplar för fönstersnören måste vara i särskilt ”lufttätt” utförande.

Solkyddsglas med låg solljustransmittans (g -värde) väljs om behov av solavskärmning finns och detta inte kan ordnas med yttre solavskärmning eller mellanliggande persienner.

Kvalitetsmärkning

Om produkten är energimärkt innebär det att vald fönstermodell kontrollerats enligt internationell standard. Energimärkta fönster finns på www.energifonster.nu .

Utanpåliggande kondens

Fönster med låga U-värden ska kombineras med information riktad till brukaren, att kondens på glasets utsida kan förekomma vissa tider på året, men är ett kvitto på energieffektivt fönster och uppvägs av ökad värmekomfort inomhus. Kondens på utsidan kan minimeras genom lämplig arkitektonisk utformning i känsliga lägen.

Referenser

1. Fönsterlistan. Energimyndighetens hemsida. Denna fönsterlista innehåller de fönster som Energimyndigheten har fått begärda uppgifter om från respektive tillverkare, och där tillverkaren låtit en oberoende part granska underlagen

4.2 Fönsterdörrar

	Alternativ A	Alternativ B	Kommentar
Fönsterdörrar U-värde (W/m ² ,K)	0,80	0,90	EN ISO10 077-1,-2

- Fönsterdörrar enligt alternativ A väljs.
- Fönsterdörrar enligt alternativ B väljs.
- Dörrar med DrehKipp beslag väljs.

Kommentarer

Samma energikrav på glasade dörrar kan ställas som på öppningsbara fönster.

Det är ingen nackdel att välja en stor glasandel i dörren vare sig för kostnad, U-värde eller ljud. Det är snarare en fördel.

Om inbrottsäker vädring önskas finns upptill inåtgående altandörrar med DrehKipp beslag.

4.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet har en rad egenskaper som kan behöva uppmärksammas. Här diskuteras endast ventilation med till- och frånluftssystem och värmeåtervinning ur frånluften (FTX). Mindre vanliga system eller systemkompletteringar, så som förvärmning av tilluft i mark, hybridventilation, mm diskuteras inte i denna rapport.

Byggnadens klimatskal ska vara tät och provtrycks, se kravspecifikation för klimatskal, för att nyttan med FTX-system ska ge full utdelning. Andra egenskaper med FTX-system än energiåtervinning berör inneklimat (kontrollerat luftflöde i alla sovrum, drag och komfort).

4.3.1 Övergripande funktionskrav för ventilationssystem

I tidigt skede finns flera parametrar som bör styras upp eftersom de påverkar utrymmesbehov och påverkas av systemvalet mellan centrala aggregat och lägenhetsaggregat:

Systemval: centrala ventilationsaggregat lägenhetsaggregat

Systemverkningsgrad, se 3.1.

Värmeåtervinning med FTX,: \geq (procent systemverkningsgrad vid dimensionerande utetemperatur)

Kommentarer. Systemverkningsgraden tar hänsyn även till kanalförluster (kanallängd och dess isolering) och flödesobalans, men ligger mycket nära aggregatets verkningsgrad om balanserade luftflöden. Systemverkningsgraden bör vara minst 80%.

Luftflödesbalans: \geq procent (Tilluft/frånluftflöd)

Ventilationens specifika elåtgång (SFP): \leq kW/m³/s

Uppställda krav ska verifieras enligt uppställd verifikationsplan och ingå i kontrollplanen

Oavsett systemval ska donplacering och donval möjliggöra att låga tilluftstemperaturer ska kunna tillföras utan dragproblem.

Lägenhetsaggregat eller centralt aggregat?

Flera väsentliga egenskaper påverkas av valet mellan lägenhetsvisa ventilationsaggregat och centrala ventilationsaggregat. Detta val får stora konsekvenser för schaktplacering, aggregatplacering, etc och bör därför klaras ut i tidigt systemskede. Systemåtskiljande egenskaper har listats i tabell 4.1.

Valet påverkas dock inte bara av tekniska egenskaper utan även av byggnadens förutsättningar, investeringskostnad för systemet och systemets utrymmesbehov. För den ekonomiska analysen rekommenderas att en LCC-kalkyl görs.

Ventilation med FTX	Lägenhetsaggregat	Centralt aggregat
Antal servicepunkter	många	En
Tillgänglighet för service och tillsyn	Trapphallsplacerad ?	Hög
Luftflödesbalansering (%)	100	95
Bortaflöde, forceringsflöde	-50%/+50%	-
Nattkylning (by-pass nattid)	ja	-
Kylaåtervinning dagtid sommarperiod	ja	-
Forcering av ventilation från spiskåpa	By pass + uppvarvning	problematiske
Återvinning av värme ur forceringsluften?	Nej	Genomförbart
Lägenhetsstyrd reglering av värmeåtervinning	Ja	Nej
Övervakning via SÖ-system	-	Ja
Filterkostnad	Hög	normal
Injustering av luftflöde	Enkel	Kan vara svår

Tabell 4.1. Systemåtskiljande egenskaper.

Kommentarer

Av tabellen framgår att lägenhetsaggregat enklare kan anpassas till de boendes behov, både vad avser luftflöde och temperaturstyrning (styrning värmeåtervinning, nattkyla, kylaåtervinning, luftflödesanpassning). Detta förutsätter dock att de boende är informerade och förstår hur aggregatet kan påverkas och ska ställas in. I annat fall kan detta i värsta fall bli en nackdel. Det finns exempel där en fabriksinställd tidsstyrd bortafunktion var aktiverad från start utan de boendes vetskap. Första driftåret när byggnaden behöver torkas ut ska aldrig en eventuell bortafunktion vara aktiverad.

Behovet av schaktarea och därmed de kostnader dessa representerar påverkas helt av systemutformningen och bör studeras i tidigt skisskede och kan vara avgörande vid valet mellan centrala eller lägenhetsvisa aggregat.

Om lägenhetsaggregat placeras inne i lägenhet (gärna i anslutning till yttervägg) och till- och frånluft tas direkt från fasad krävs inga kanalschakt alls. Tilluftsintag på söderfasad bör dock undvikas eftersom fasadtemperatur sommartid kan bli allt för hög.

Högre byggnader ger komparativa fördelar för centrala aggregat.

Det är svårare att säkra en balanserad ventilation i varje lägenhet för centrala aggregat, eftersom inställning av luftspjäll till en lägenhet påverkar luftflödena i andra, men beror också på hur kanalisationen dimensioneras. Risken för att inte lyckas på ett bra sätt ökar med systemets storlek och komplexitet.

För helt säker luftflödesbalansering i lägenheter med egna aggregat krävs EC-motor och inbyggd automatik för reglering av luftvolymen (oavsett tryckförändringar). Då förändras inte luftflödet vid förändrade tryckfall, t.ex. över filter i frånluftskanal.

Kommentarer om matosuppfångning

Forceringsläge i spiskåpan är i täta byggnader med central ventilation är problematisk, såvida inte ett forcerat luftflöde till lägenheten kan anordnas. Att hålla köksfönster på glänt är ingen bra lösning. Om hela luftflödet till lägenheten tas in i en punkt sker en viss omfördelning inne i bostaden vid forcering i kök, men ganska marginellt. Kolfilterfläkt i köket är en lösning, då återvinns all värme, men matosuppfångningen försämras om filtren inte byts och brukaren inte tar den kostnaden.

Vissa lägenhetsaggregat är utformade med by-passfunktion med egen kanalanslutning för imkanalen, andra har funktion för uppreglering av tilluftsflödet vid forcering.



Figur 4.1. Bostadsaggregat med separat kanal för matosuppfångning. EC-motorer för låg elåtgång.

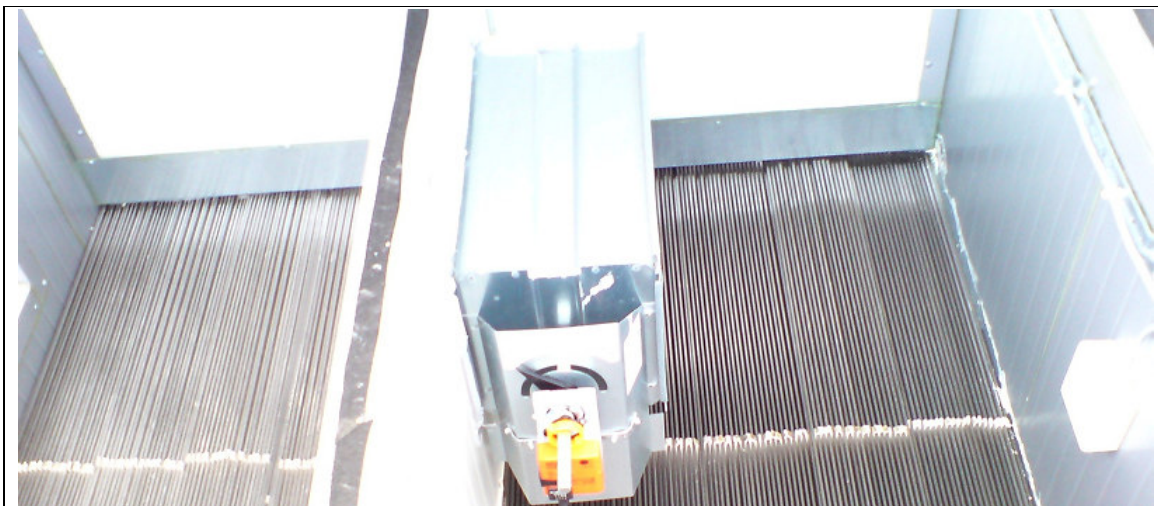
Ska värme ur forceringsluften vara möjlig att återvinna i centrala aggregat (då slipper man extra imkanaler) krävs antingen enkelt avspolningsbara plattvärmväxlare eller att en ozongenerator installeras i frånluften före roterande växlare, vilket med framgång tillämpats i ett bostadsområde i Solna¹³. Överläckning av lukter för roterande växlare ska minimeras genom korrekta tryckförhållanden och att konditionering av brandspjäll sker under nattetid. Utrymme och förberedelse för installation av kolfilter i tilluftssystem rekommenderas.

Även för centrala värmeåtervinningsaggregat kan tilluftstemperaturen styras ner nattetid under sommarperioder då byggnadens genomsnittliga innetemperatur är hög, men inte lika radikalt eftersom inomhustemperaturen varierar mellan olika lägenheter.

Aggregat med hög verkningsgrad för återvinning

En mycket hög systemverkningsgrad på ventilationsaggregatet är avgörande för att komma ner i de låga värmeförlustnivåer som eftersträvas. Ett ventilationsaggregat som har 90 procents verkningsgrad har halverat dessa förluster jämfört med ett aggregat på 80 procent. Hög verkningsgrad är möjligt t.ex. med dubbla roterande värmväxlare, men då ökar elåtgången (SFP) för att driva fläktarna.

¹³ Energibesparingar i Bostadssektorn. Bagartorpsprojektet i Solna.



Figur. 4.2. Dubbla plattvärmväxlare av typ polykarbonat. 90% värmeåtervinning och avspolningsbar så att även imkanalen kan anslutas. Källa: VoltAir.

Även med dubbla plattvärmväxlare är det möjligt att nå dessa tal. En viss orientering i dessa egenskaper ges i tabell 4.2.

	Lgh-aggregat	Centralt aggregat
Ventilation med FTX		
- systemverkningsgrad (%) ¹⁾	75-85	80 – 90
- SFP ¹⁴ (kW/m ³ ,s)	1,5-2,5	1,3 – 2,3 ²⁾
- Luftflödesbalansering (%)	95-100	95

Tabell 4.2. Godhetstal för ventilationsaggregat.

Med systemverkningsgrad avses återvunnen energi relativt den energi som annars skulle åtgått och beaktar även kanalförluster, avfrostning och obalanserat luftflöde. Denna verkningsgrad beräknas enklast med formeln:

$$\eta_{\text{system}} = (T_{\text{inne}} - T_{\text{avluf}}) / (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}})$$

Denna verkningsgrad är ungefär samma som aggregatets verkningsgrad om balanserat luftflöde och små kanalförluster. För lägenhetsaggregat kan dock skillnaden bli större om kalla kanaler behöver dras in i lägenheten och de har otillräcklig isolering.

Observera att plattvärmväxlare normalt har avfrostningsbehov och att leverantörsuppgifter baserade på mätningar enligt standard från EUROVENT inkluderar avfuktningens energi från en väsentligt fuktigare miljö än vad som är fallet i Sverige och att motorernas spillvärme kan ha inräknats vilket ger allt för positiva data.

Erfarenheterna visar att olämpligt utförande av systemet, fel motorval, mm kan ge avsevärda avvikelser som påtagligt påverkar driftkostnaderna. En mätuppföljning av SFP är enkel och väl motiverat att få genomfört och planeras då in som en aktivitet i verifikationsplanen.

Tips för central ventilation

- Injusteringsspjäll placeras utanför lägenheten (åtkomlig endast för förvaltaren) och bör ha ett tryckfall över injusteringsspjäll som ger auktoritet (ej påverkas av luftflödet från andra lägenheter).

¹⁴ SFP beräknas enligt formeln: $SFP = (PTF + PFF) / q$ (kW/(m³/s)), där PTF = tilluftsfläktens dimensionerande eleffekt (kW), PFF = frånluftsfläktens dimensionerande eleffekt (kW) q = dimensionerande luftflöde genom aggregatet, d v s det största av tillufts- respektive frånluftsflödet. Beräkning sker med rena luftfilter.

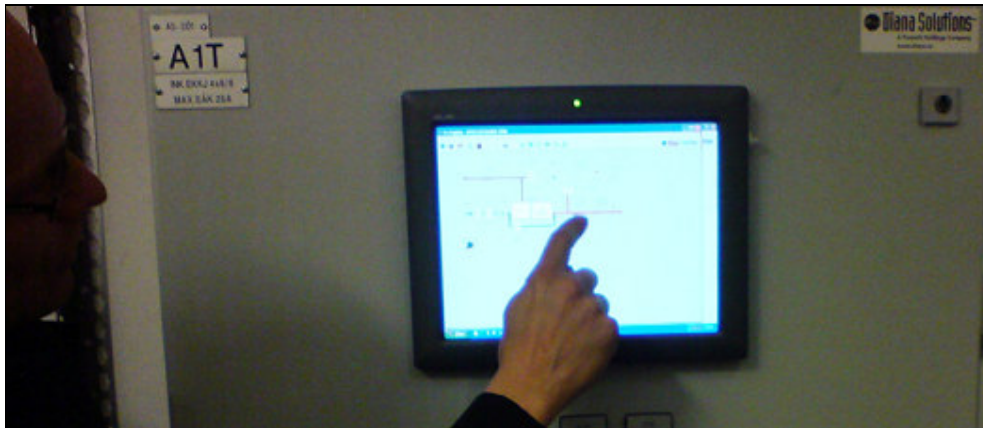
- De gemensamma huvudkanalerna ska ha mycket låga tryckfall så att systemet blir tryckstabil.
- Planeringsaspekter: schaktplacering i byggnaden och hur kanalisation ska dras inom lägenheten
- Tilluftsspjäll ska vara så placerade och i sådant utförande att kylning genom låg tilluftstemperatur ska vara möjligt.

Planeringstips för lägenhetsaggregat

- Tillgänglighet för service och inspektion
- Organisering av filterbyten och service
- Aggregatplacering. Observera att kalla kanaler behöver utrymmeskrävande kraftig isolering för att inte sänka systemverkningsgraden.
- Rumdisponering, schakt och kanalisation inom lägenheten.

4.3.2 Kompletterande funktionskrav för ventilationssystem

- Ljudkrav från ventilation i sovrum: \leq Ljudklass B
- Anslutningsbar till styr- och övervakningssystem (SÖ): öppet system i aggregatet.¹⁵



Figur 4.3. WEB-baserad övervakning ökar tillgänglighet till information och underlättar drift

- WEB-baserad övervakning av luftflöden, temperatur och systemverkningsgrad.
- Luftflöden för utrymmen som huvudsak dimensioneras för att undanröja lukt (förråd, soprum) förses med lukteliminerande ozongenerator för minimering av luftflöde.

¹⁵ Se BeBo-rapporten: "Systemplattform - Standard för datoriserad styr och övervakning, klimatkontroll, larmhantering, mediaavläsning mm", 2008.



Figur 4.4. Lukteliminering med ozonrening kan vara ett kostnadseffektivt alternativ till utspädning med ökade luftflöden

Kommentarer. Luftrenare används idag av saneringsbolag, i villor, hyreshus, soprum, offentliga toaletter, inom vården för minskad smittspridning, i skolor för bättre inomhusmiljö, kontor mm.

4.4 Värmesystem - egenskaper

4.4.1 Värmereglering

Lågenergihus har under större delen av året en innetemperatur som bestäms huvudsakligen av variationer i inkommande solljus och intern spillvärme och inte av uttemperaturen. Intern värme kan variera snabbt och kräver en snabb återkoppling till den egna bostadens aktuella situation.

- Varje bostadsenhet förses med egen enhet för reglering av bostadens temperatur med funktionen öka/minska.
- Varje bostadsenhet förses med en referenstemperaturgivare som ansluts till övergripande system för löpande korrigering av värmekurva. Varje bostadsenhet ska därtill ha en egen inställbar reglering.

Kommentarer

Den slutgiltiga regleringen av tillförd värme förutsätter en egen innetemperaturreglering av respektive bostadsenhet och bör vara en enhet som reagerar på snabba förändringar. Värmereglering på rumsnivå sker enklast med ren avstängningsventil om värmen avges med radiator eller värmeslinga.

Radiatorventiler med termostatfunktion kan få problem då aktuella värmemedi aflöden är mycket låga relativt de flöden dessa är tillverkade för att hantera.

Alternativet med referenstemperaturgivare är en effektiv lösning i det befintliga beståndet med större värmebehov, men korregerar endast värmekurvan. Anpassningen inne i bostaden brukar då ske med termostatventiler, vilket inte ger lika snabb och noggrann reglering som med en reglercentral för varje lägenhet.

4.4.2 Rörisolering

- | | | |
|--------------------------|---|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Isolering av ledningar i värmesystem: | lägst serie 43 (VVS AMA 98) |
| <input type="checkbox"/> | Isolering av varmvatten och VVC | lägst serie 43 |
| <input type="checkbox"/> | Isolering av varmvatten och VVC | samisolering |
| <input type="checkbox"/> | kall- och varmvattenledningar ska <u>inte</u> läggas oisolerade i samma "rör i rör" - ledning | |

Kommentarer

Rörisoleringen väljs normalt efter AMA 98 och standardnivån ligger långt under ekonomiskt optimal isolering, då detta är ett område som normalt inte energikalkyleras. Finns utrymme så är bättre isolering än serie 43 motiverad. Optimal isolering beräknas utifrån valda temperaturnivåer med beräkningsprogram, t.ex. IsoDim.

I föreskrifterna ska anges isoleringstjocklek enligt viss serie, samt krav på isolerarens högsta värmekonduktivitet vid drifttemperatur.

Beakta att det krävs större utrymme för isoleringen vid projekteringen.

Placera lägenheternas våtgrupper och schakt så att horisontella ledningar blir korta och så horisontella VVC- ledningar inte krävs eftersom ingjutna VVC- ledningar i mellanbjälklag ger oacceptabelt stora värmeförluster.

Om oisolerade kall- och varmvattenledningar läggs i samma "rör i rör" ledning blir kallvattnet ohygieniskt varmt (Legionellarisk?) och förluster uppstår för det varma vattnet.

Exempel

För rördiameter 20 mm innebär serie 43 en rörisolering på 40 mm, vilket ger en förlust på ca 7 W/m vid dT 35 °C, eller ca 28 W/lgh. Serie 43 ger 60 mm isolering för rör > 20 mm.

4.4.3 Fördelningsmätning värme

I lågenergihus är besparingseffekten med fördelningsmätning låg jämfört med åtgärdens kostnad och vanligen inte ekonomiskt motiverad.

- System för fördelningsmätning för uppvärmning ska baseras på innetemperaturmätning och baseras på standardiserade öppna system.
- Rumstemperatur ska inte understiga: 19 grader

Upphandlingen är möjlig att fördela på olika systemdelar där var och en har ett öppet standardiserat gränssnitt:

- Mätenhet för data i bostaden.
- Enhet för insamling av data från bostäderna som levererar data enligt ODBC (Open DataBase Connectivity), se även referens 7.
- Administrativt system för omvandling av tekniska data till ekonomiska data med gränssnitt mot fastighetsekonomiska debiteringssystem.

Kommentarer

I nyproduktion och byggnader med bra klimatskal är det stora värmeflöden som går mellan lägenheterna om dessa har olika innetemperaturer. Mätning av tillförd energi till lägenheten via värmesystemet är då bara en mindre del av värmeflödet och kan ge svåra rättviseproblem då åtgångstal mellan olika lägenheter kan skilja sig med en faktor tio beroende på om grannlägenheterna är varmare eller kallare än den egna bostaden. Debitering baserad på innetemperaturen direkt eller den beräknade värmeförlusten från lägenheten baserat på innetemperatur jämfört med tillförd energi till byggnaden för varje timme är däremot en möjlighet.

Om fördelningsmätning för värme väljs, bör värmeregleringen utformas så att innetemperaturen inte kan ställas lägre än 19 grader för hela bostaden och att lägre temperaturer än så inte tillgodogörs i beräkningen av använd värmeenergi. Annars riskerar grannar kylas ner om någon åker bort en längre tid och stänger av värmen för att spara pengar.

Verifiering: Valt system för värmestyrning, samt mätning i efterhand när värmeregleringen i lägenheten ställs i minläge.

4.4.4 Pumpar i värmesystem

Pumpar väljs med Energiklass A.

Kommentarer

Alla pumpar för värmesystem finns med högeffektiva motorer och inbyggd tryckstyrd reglering, även för byggnad av villastorlek, och ger påtagligt mindre elåtgång än pumpar med fasta varvtal.

För produkter med inbyggda värmecirkulationspumpar, t.ex mindre fjärrvärmecentraler, värmepumpar för mindre system, etc är mer energislukande cirkulationspumpar fortfarande vanliga. Ställ alltså krav även på dessa leverantörer att effektiva cirkulationspumpar ingår i leveransen.

Enligt EGs förordning (EG) nr 641/2009 för EKO-design för pumpar, kommer följande krav på energieffektivitetsindex ställas på fristående cirkulationspumpar:

2013: $EEI < 0,27$

2015: $EEI < 0,23$.

2015 inkluderas även s.k. inbyggda pumpar (för solenergisystem och värmepumpar). Riktmärket för de mest effektiva cirkulationspumparna är $EEI \leq 0,20$.

Energieffektivitetsindex beräknas enligt en bilaga i förordningen och jämförs med ett referensvärde. Tills dess EG-kraven införts refereras istället till det klassificeringssystem i skalan A-G som idag tillämpas av flera tillverkare som frivilligt system.

4.5. Tappvarmvatten

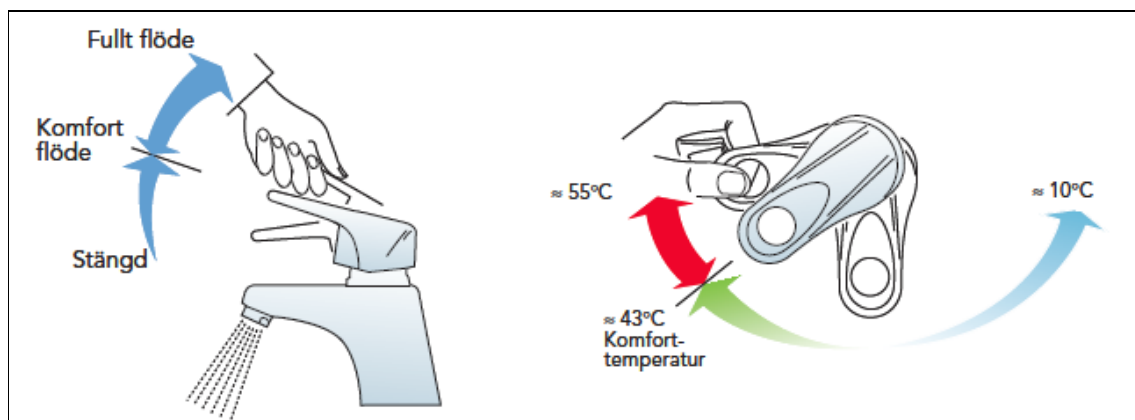
4.5.1 Krav på tappvattenblandare

Tappvattenblandare ska vara energieffektiva. Blandare i tvättställ injusteras till 38 °C.

Med energieffektiva menas ettgreppsblandare med:

- a. en inbyggd flödesbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskat flöde utöver normalflöde.

- b. en inbyggd temperaturbegränsande funktion, där användaren genom en spärr- eller en motfjädrande funktion kan påverka önskad temperatur utöver komforttemperatur, alternativt att armburen har ett kallt mittläge.
- c. Därutöver ska duschblandare ha en termostatfunktion.



Figur 4.5. Exempel på effektiva blandare. Källa Gustavsberg.

4.5.2 Fördelningsmätning varmvatten

- Fördelningsmätning för varmvatten ska utformas med ett "öppet system" för insamlade data.

Kommentarer

Fördelningsmätning för varmvatten bedöms minska varmvattenanvändningen med ca 20 procent. Teknik och specifikationer för insamlingssystem ges i rapporten Individuell mätning och debitering i flerbostadshus, Chalmers 2009.

4.5.3 Spillvärmeåtervinning

- I programarbetet ska ingå analys av möjligheter och nytta med installation av värmeåtervinningssystem för värme från spillvatten.

Kommentarer

Det finns i praktiken bara en leverantör. Att formulera funktionskrav till leverantören är därför inte meningsfullt. Krav kan däremot ställas på anlitad konsult för energilösningar i programskede enligt förslaget.

Kunskapsläge

En uppföljande studie på central spillvärmväxlare för flerbostadshus byggda på 90-talet har genomförts och indikerar en återvinning på ca 200 – 250 kWh/lgh, dvs högst 10% av varmvattenbehovet. Det fanns en då en lönsamhet om bra förutsättningar råder, dvs att spillvärmväxlare kan placeras i nära anslutning till undercentral för att minimera rördragningar utan att längre extra spillvärmedragningar krävs. Idag kan varmvattenbehovet sänkas med ca 36% om både energieffektiva blandare väljs och fördelningsmätning. Det innebär att ekonomin med växling av utgående varmvattenenergi minskat motsvarande mycket., varför installationen sannolikt bara kan motiveras om mycket bra förutsättningar. Leverantörens hemsida har inte uppdaterats på 5 år, varför produkten knappast fått något större genomslag.

VVS-Forum har testat två typer av avloppsvärmväxlare för småhus och konstaterat betydande besparingar. Undersökning genomfördes dels i ett nyproducerat ekohus utanför Trosa där allt

kallvatten, förutom till kök, förvärms och dels i en äldre villafastighet i Älvsjö där kallvattnet förvärms till duschen (duschkabinsmodell). Det senare alternativet gav något sämre utbyte (ca 25% besparing), men är applicerbar t.ex. i lägenheter där fördelningsmätning av varmvatten skapat incitament för lägenhetsinnehavaren att investera i värmeåtervinning. Väsentligt mer omfattande uppföljningar krävs för att ge säkrare besparingsdata.

Referenser

1. Värmeåtervinning ur spillvatten - flerbostadshus. 1999 ATON Teknikkonsult AB (se www.aton.se, under rapporter). Leverantör: Powerpipes.
2. "Var tredje dusch gratis". VVS-Forum 5/2009.

4.6 Elkrävande utrustning

4.6.1 Belysning



Figur 4.6. LED armatur för trapphus. Finns även med närvaroavkänning och tänd/släck- eller min/max-funktion för att slavstyra armaturer utan sensor. Armaturen ger ljus motsvarande 22 W kompaktlysrör. Dimbar till 10% via driftspänning. Källa: Energisystem, Nyköping.

I programarbetet skall följande tabellvärden anges som underlag för projektering, energiberäkning och uppföljning.

Belysning	Area (m ²)	Belysning styrka	P inst. Effekt, W/m ²	Styrning typ	Årlig drifttid	Årsenergi kWh/
Rumstyp		<i>Lux</i>	W/m ²		<i>h/år</i>	
Trapphus,						
Trapphusentré, inne						
Trapphuskorridorer						
Källarkorridor						
Tvättstuga						
Serviceutrymmen						
Förrådsutrymmen						
Bostadshiss (W/st)						
Garage						
Tomgångsförluster	-	-	-	-	-	
					Summa	
Specifik energiåtg.						kWh/A _{temp}

Tabell 4.3. Mall för angivande av funktionskrav för upphandling eller projektering. På näst sista raden summeras årsenergi för inomhusbelysning och på sista raden beräknas den specifika elåtgången per A_{temp}.

Utebelysning	Antal		Watt/st	Styrning typ	Årlig drifttid	Årsenergi kWh/
Entrébelysning						
Gångstigar						
Etc						

Tabell 4.4. Mall för angivande av funktionskrav för upphandling eller dokumentering av projekteringsvärden.

I tabellens kolumn för typ av styrning anges T = timerstyrning, N = Närvarostyrning, ND = närvarodämpning, F = frånvarostyrning, FD = frånvarodämpning, M = manuell styrning, S = skymningsrelä. Se även ytterligare beskrivning i bilaga 3, belysningsinstallationer.

Olika typer för styrning kan kombineras. Tomgångsförluster kan inte beräknas förrän vid projekteringsstillfället, endast grovt uppskattas i tidigt skede. Tabellvärden revideras efter genomförd projektering.

Exempel på tänkbara lösningar och typvärden för olika rumstyper ges i bilaga 3.

Verifiering

Efter installation görs en mätning av belysningsstyrka där även hänsyn tas till ljuskällans tidsmässiga prestandaförsämring¹⁶, belysningseffekt, drifttid eller också genomförs en årsenergimätning.

Kompletterande funktionskrav

Armaturer ska vara väl anpassade till vald ljuskälla och ha god verkningsgrad utan att orsaka synnedstättande bländning, se även anvisningar i planeringsguiden Ljus och Rum för planering av belysningsanläggningar (www.ljuskultur.se).

Systemet ska vara leverantörsoberoende för uppkoppling och övervakning (referens 7).

Alla HF-don ska vara dimbara, med inställningsvärde max runt 80% och för styrning med frånvarodämpning till minvärdet 3%.

Valda HF-don ska förbruka mindre än 0,1 W i tomgångsförluster

Funktionskrav för ljuskällor:

Färgåtergivning Ra > 75

Färgtemperatur 2.700 K – 4.000 K.

4.6.2 Hiss

Funktionskrav för hiss i flerbostadsbyggnad:

direktdriven, permanentmagnetiserad synkronmotor

regenerering av elenergi vid inbromsning, mm

LED-belysning¹⁷

aktivitetsstyrd drift av belysning och hissventilation (enbart under drift)

¹⁶ Ljus och rum. Ljus & Rum, planeringsguide för belysning inomhus. Ljuskultur.

¹⁷ Energieffektiv hissbelysning. Lysdiodsbaserade lågprofilsarmaturer. BEBO

- öppet SÖ-system, se referens 7.
- Hissautomatik ska gå in i ”viloläge”, men aktiveras via anrop från intryckt hissknapp.

Kommentarer

Elåtgången för en ny modern direktdriven hiss kan halveras genom föreslagna tillkommande funktionskrav. Den s.k. pannkaksmotorn (permanentmagnetiserad synkronmotor) minskar elanvändningen med ca 40% jämfört med en konventionell linhiss.

Av kravalternativen ovan, ger aktivitetsstyrning av belysning störst energibesparingseffekt. Den är å andra sidan enklast att lösa i kombination med LED-belysning, som tål täta tänd- och släckningar och dessutom har en extremt lång livslängd så att ljuskälleutbytet nära elimineras. En bra funktion kan erhållas med s.k. dopplereffektsensorer som indikerar när någon går mot hissdörren och tänder därmed hissen innan dörren öppnats, men tänder inte på passerande personer¹⁹.

Hissautomatiken kan ha en kontinuerlig effekt på flera hundra Watt helt i onödan och med stor värmeutveckling. Med viloläge för elektroniken går den ner till endast några få Watt. Uppstartningen ger en fördröjning på mindre än en sekund.



Figur 4.7. Hiss med närvarostyrd LED-belysning. Örebro Bostäder.

4.6.3 Tvättmaskiner och torkutrustning i tvättstugor

Tvättmaskiner

- Tvättmaskinens restfukthalt efter centrifugering: $\leq 55\%$
- Elektronisk avkänning av tvättgodsvolym
- System för betalning per tvätt, ger incitament till mer fyllda tvättmaskiner
- Varm- och kallvattenanslutning

Torkutrustning

- Fuktstyrd torkprocess även för torkskåp
- Värmeåtervinning ur torkapparaterna för snabbare torkning och lägre elåtgång

Kommentarer

Tvättmaskinernas energianvändning är idag relativt låg och den viktigaste energikopplingen är låg restfukthalt så efterföljande torkning går snabbt och blir energieffektivt. Separata centrifuger ersätter inte tvättmaskiner med bra varvtal eftersom många inte använder den separata centrifugen.

Varmvattenanslutning ökar varmvattenanvändningen, men minskar den kostsammare elåtgången.

Beteendestudier visar att användarna ofta kör små tvättar även i stora maskiner. Betalningssystem kan ge incitament till att tvätta mer sällan men med större tvättvolym per tillfälle.



Figur 4.4. Kompletterande värmeåtervinningsväxlare till torktumlare. Spar torktid och energi. Foto: Electrolux

Torkningen är det moment som drar mest energi och ska därför fuktstyras. I enklare torkskåp är även semifuktstyrd reglering tänkbar, dvs reglerteknik där temperaturökningen används som indikator på fukthaltens förändring.

Ny värmväxlingsteknik baserad på släta lamellväxlare i polykarbonat som är enkelt avspolningsbara gör värmeåtervinning praktiskt realiserbar. Till varje tork kopplas en växlare, se bild.

4.6.4 Tvätt, tork och disk i bostaden

Aktuellt som tillvalsprodukter t.ex. för bostadsrättslägenheter och som ersättning för tvättstuga.

Diskmaskiner

- Ska uppfylla Energiklass A, samt vara ansluten till varmvattenledning

Tvättmaskiner

- Ska vara svanenmärkt.
- Ska uppfylla Energiklass A+
- Tvättmaskinens restfukthalt efter centrifugering: $\leq 55 \%$

Torkutrustning

- Torktumlare ska vara i energiklass B (eller bättre)
- Torkskåp ska ha sensorstyrd automatisk avstängning

Kommentarer

Den svanenmärkta tvättmaskinen inkluderar en lång rad egenskaper:

- Energieffektivitet
- Vattenåtgång
- Centrifugeringseffekt
- Buller
- Märkning av plastdelar för återvinning
- Plastdelar - tungmetaller
- Flamskyddsmedel
- Design som underlättar materialåtervinning

Även tvättmaskiner för hushåll som är både varm- och kallvattenanslutna kan vara ett intressant alternativ för att minimera hushållens elkostnader.

4.6.5 Elvärmare

Handdukstorkar

- Handdukstorkar ska ha timer eller tidsstyrning. Annan likvärdig eller bättre styrning än timer för eventuell handdukstork kan accepteras, t.ex. fuktstyrning.

Komfortvärme

- Komfortvärmesystem i golv ska ha en kort tidskonstant¹⁸, samt vara tidsstyrd med valfri inställning av på- och avstängningstider. Default värde ska vara inställd på start 06.00 och stopp 08.00, samt start 18.00 med stopp 21.00.

Kommentarer

Med komfortvärme avses elvärmare som syftar till att öka golvets ytemperatur utan hänsyn till byggnadens uppvärmningsbehov. Denna installation kan inte rekommenderas då den installerade värmeeffekten hamnar på samma nivå som hela bostadens värmeeffektbehov den kallaste dagen på året och kommer alltså helt ta över uppvärmningen nu utan koppling till värmebehovet. Skadan kan möjligen minskas genom föreslagen kravformulering, men utfallet är högst osäkert.

Yttre elvärmare

- Byggnadens utformning av tak- och vattenavrinning, samt funktioner och tillgänglighet ska utformas så att separata elvärmare för dess funktion, inte ska behövas.

Kommentarer. Tak, entréer, placering av avfallsrum, etc ska alla kunna vara utformade så att särskilda elvärmare inte ska krävas för att de ska fungera.

¹⁸ Övertemperaturen i golvet ska sjunka med mer än 63% jämfört med omgivande temperatur inom 1,5 timmar

Motorvärmaruttag

Motorvärmaruttag utformas, så att de kan effektstyras utifrån utetemperatur och tidsstyras utifrån behov. Ett system för debiteringsmätning av uttagen el till motorvärmaruttaget ska ingå.

Eftervärmare i lägenhetsaggregat

Eftervärmare i lägenhetsaggregat som är fabriksmonterade skall vara demonterade.

5. Värmeproduktion

Utanför fjärrvärmeområde kan olika lösningar övervägas; t.ex. solvärme i kombination med biopanna eller bergvärmepump. I bostadsegna system kan även egen kamin övervägas, men en kanal för förbränningsluften måste finnas eftersom klimatskalet är lufttätt.

Rationella och automatiserade värmeproduktionssystem finns på marknaden. Drift och tillsyn av produktionssystem kan läggas ut på externa serviceföretag och beaktas i lönsamhetskalkylen. För ytterligare funktionskrav, se rekommendationer från branschorganisationerna.

5.1 Generella programkrav tillförselsystem

Regler- och övervakningssystem ska vara ”öppet”, dvs ej leverantörsbundet. Det öppna systemet kan t.ex. utgöras av industristandarden PLC så att egen programmering görs möjlig och kostnader för dess underhåll kan hållas nere.

Produktionsenhet (eller undercentral) ska vara ansluten/anslutningsbar till övergripande datoriserad styr- och övervakningssystem (SÖ-systemet).

Produktionsenhet förses med visningsdisplay för visning av väsentliga driftparametrar;

.....
(t.ex temperaturer, verkningsgrad, COP-faktor, drifttimmar, etc).

Värmeförluster från rörsystem och komponenter ska minimeras genom att isoleringens prestanda optimeras.

Angivna funktions- och prestandakrav ska verifieras. Underlag för hur detta ska ske lämnas till mät- och verifieringsplan.

Om produktionssystemets prestanda påverkas av distributionssystemets temperaturer ska detta klarläggas, så att optimerade system kan erhållas.

Verifiering: Mätpunkter i installerade produktionssystem ska kunna nås via förvaltarens övergripande system.

Kommentarer

Anslutning till övergripande datoriserat SÖ-system ger erfarenhetsmässigt en värmereduktion på nivån 3 - 6%, se även referens 7. Det finns också ett värde för driftorganisationen att snabbt se hur problemen ser ut när felanmälningar kommer in, ska de tas på allvar, etc.

5.2 Solcellssystem

Byggnadens utformning ska ske med hänsyn till möjlig framtida installation av solcellsanläggning. Lämpliga placeringar i orientering syd-väst till syd-ost ska anges, samt uppgifter på:

- möjlig solcellsarea
- möjlig årlig elproduktion (dvs vinklar och orientering ska beaktas)

Anslutning av yttre solcellspaneler ska förberedas på så sätt att kanalisering genom tätskikt till tänkt solcellsplanering ska ingå liksom kanalisering som möjliggör senare dragning inom byggnad från solcellsanläggning till elcentral.

Anslutning av yttre solcellspaneler ska förberedas på så sätt att lämpliga fastsättningspunkter redovisas som möjliggör senare installation.

Kommentarer

Solceller är idag inte en kommersiellt konkurrenskraftig teknik, men förväntas att kunna bli det inom en rimligt kort tidshorisont. I nyproduktion bör detta därför beaktas genom att förbereda möjliga kompletteringar.

För bedömning av möjlig solcellsarea bör expertkunskap inhämtas som ger anvisningar om förutsättningarna för bestämning av lämplig placering.

5.3 Solvärme för varmvatten

Solvärmens ska dimensioneras för täckning av varmvattenbehovet under perioden juni – augusti så att solvärmeproduktionen på årsbasis får bäst ekonomiskt utbyte. Varmvattenbehovet bestäms enligt SVEBYs¹⁹ eller FEBYs²⁰ anvisningar för brukarindata och där hänsyn tas till om energieffektiva varmvattenblandare installerats och om fördelningsmätning införs eller inte.

Verifiering: Beräkning baserad på systemhandling. Uppmätning av använd varmvattenvolym på årsbasis, respektive energiåtgång för kompletterande varmvattenuppvärmning.

Kommentarer

Lönsamhet och miljönytta är helt beroende på vilket energislag som solvärmens sparar bort. Är det biobränsle, som dessutom kan stängas av under sommarperioden och sänka driftkostnaderna, eller är det spillvärme i fjärrvärmesystemet från avfallseldning eller kraftvärme?

Referenser: Svensk solenergi.

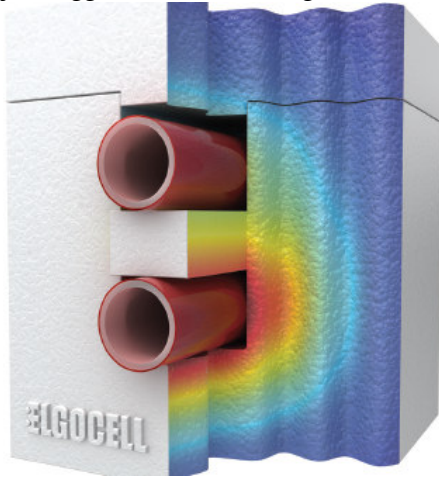
5.4 Värmegles fjärrvärme

Energieffektiva byggnader med FTX-ventilation har en bra värmelastprofil för en fjärrvärmeproducent, men det lägre energibehovet innebär att kulvertförlusterna ökar i andel av levererad energi, dvs nätet blir värmeglesare. För att klara anslutning till nya värmeglesa områden med lågenergihus och småhus kan fjärrvärmelieferantören, eller byggherrarna kollektivt i ett område, anlägga ett lågtemperaturnät. Det innebär att fjärrvärmens i en gemensam central växlar ner till ett sekundärnät med en fast framledningstemperatur på drygt 60 grader året om och 25–30 grader på returen. Dessutom dras ledningarna genom en kulvert som isoleras med cellplast. På så sätt minskas kulvertförlusterna och kostnaderna blir lägre. .

¹⁹ Se www.byggherre.se

²⁰ Forum för energieffektiva byggnader, "Kriterier för Passivhus och Nollenergihus".

Detta sekundära nät förläggs sedan med PEX-ledning, vilket gör det möjligt för byggtreprenören att själv lägga sina servisledningar i samband med att de drar VA-nät till byggnaden.



Figur 5.1. Nya system för lågtemperaturnät sänker ledningsförlusterna och möjliggör anslutning även av mer värmeglesa områden. Samförläggning med VA är möjligt.

6. Mätning och uppföljning

Ställda energikrav på delsystem och delkomponenter mäts- och följs upp utifrån angivna förslag i respektive avsnitt eller utifrån de kontrollpunkter som kontrollansvarige (KA) utarbetar utifrån angivna krav.

Ställda övergripande krav på byggnadens värmeeffektörluster eller årsenergi mäts upp enligt anvisningar i SVEBYS Energiverifikat09 och för lågenergihus enligt FEBYs anvisningar (referens nr 3).

För att det ska vara meningsfullt att mäta årsenergianvändningen så måste den kunna normaliseras utifrån avvikelser inte bara vad avser avvikelser från normalåret utan också vad avser:

- Antal boende
- Varmvattenanvändning
- Spillvärme från hushållsel
- Spillvärme från fastighetens apparater.

Det innebär mätmässigt att mätare behöver finnas som mäter:

1. varmvattenvolym
2. summa hushållsel
3. den del av el till fastighetens drift som ger spillvärme

Summa hushållsel kan hämtas från hushållsmätarna för lägenheterna om dessa är åtkomliga. I annat fall behöver en summamätare installeras.

Antal boende kan erhållas via boendeenkät som inkluderar personantal, t.ex. den enkät som använts i metoduppföljningsprojekt (referens 9).

Beräkningsstöd och mätanvisningar för såväl normalisering av årsenergimätning och normalisering av värmeeffektörlustmätning utifrån FEBYs referensvärden utgör komplement i Energihuskalkyl.

Värmeeffektförlostmätning kan utföras för en begränsad mätperiod (3 – 6 veckor) vintertid (v. 47 – v. 6) och sker genom en komplettering av mätvärden från ovan listade mätare, med loggning av innetemperatur och utetemperatur. Solinstrålningen hanteras med schabloner för de aktuella mätveckorna (referens 3).

7. Referenser

1. BEBO, Värmeåtervinningssystem för befintliga flerbostadshus, mars 2009. Energimyndigheten.
2. UFOS, Hela vägen fram. Uppföljning av energikrav i byggprocessen. Sveriges Kommuner och Landsting.
3. FEBY, Mätning och verifiering. ATON rapport 0904. www.energieffektivbyggnader.se
4. FEBY, Kravspecifikation för Passivhus. www.energieffektivbyggnader.se
5. FEBY, Kravspecifikation för Minienergihus. www.energieffektivbyggnader.se
6. SVEBY, Energiverifikat09. Fastighetsägarna Sverige
7. Systemplattform - Standard för datoriserad styr och övervakning, klimatkontroll, larmhantering, mediaavläsning mm, BEBO 2008
8. Individuell mätning och debitering i flerbostadshus . Chalmers 2009
9. Klimat- och energienkät, www.aton.se /Våra rapporter/ MEBY-rapporter / Klimat- och energienkät

Bilaga 1. Vad är passivhus?

Det finns en rad olika begrepp för byggnaders energianvändning som är lägre än Boverkets minimikrav (BBR), t.ex. SIS standard för energiklassning som uttrycker energikrav som summa köpt energi oavsett energislag på motsvarande sätt som BBR.

Forum för energieffektiva byggnader (FEBY) har utvecklat mer paketerade begrepp för lågenergihus som utöver bra energiprestanda också kvalitetsstyrs för olika energirelaterade parametrar som maximala värmeeffektförlost, buller från ventilationssystem, låga fönster U-värden, täthet och rekommendationer för innetemperatur sommarperioden. Därmed har kriterier för följande nivåer utformats: passivhus, minienergihus och plusenergihus. Plusenergihus är byggnader som uppfyller kriterierna för Passivhus och därutöver har egen producerad energi (t.ex. solceller) som över året genererar minst lika mycket som man själv köper in på årsbasis, men med hänsyn tagen till energislagens viktade värde.

De svenska kriterierna för passivhus finns dokumenterade mer i detalj i FEBYs kriteriedokument. I dokumentet finns också detaljerade anvisningar för beräkning. Dessa riktar sig till beräkningsingenjörer och det räcker med att referera till detta dokument.

Kriterierna är uppdelade på krav på

- högsta acceptabla värmeeffektbehovet (skallkrav)
- högsta acceptabla årsenergibehovet (börkrav)

Därutöver finns funktionskrav på U-värde för fönster, att mätning skall vara möjligt, mm. Det låga U-värdet för fönster ska garantera ett bra inneklimat utan strålningsasymmetri.

Minimerat värmeeffektbehov

Att de svenska kriterierna fokuserar på värmeeffektbehovet beror på att detta är det viktigaste kravet för att säkra en energieffektiv byggnad med ett minimerat värmebehov. Med enbart krav på köpt energi kan en dåligt isolerat klimatskal döljas av vissa installationslösningar, t.ex. inslag av värmepumpar eller att verksamheten ger mycket överskottsvärme på grund av ineffektiva elkrävande apparater.

Värmeeffektbehovet i den södra klimatzonen får vara högst $10 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ vid dimensionerande utetemperatur. Observera att kriteriet avser hela byggnaden. Enskilda rum kan ha högre värmeeffektbehov och därmed högre luftflöde eller separat värmare.

Låg energianvändning

Årsenergianvändningen för uppvärmning kommer med värmeeffektkravet enligt ovan, hamna på nivån $15 - 25 \text{ kWh/m}^2$, lite beroende på var i landet, hur mycket överskottsvärme som verksamheten avger och hur mycket solenergi som byggnaden tar upp. I Boverkets krav på byggnadens energiprestanda ingår även varmvattenanvändning och el för byggnadens drift. Inkluderas dessa energiposter i årsenergianvändningen rekommenderas i FEBYs passivhuskriterier att denna ska uppgå till högst $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ för en icke elvärmad byggnad i klimatzon III och till $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ för en elvärmad byggnad. För andra klimatzoner och för byggnader som värms med en blandning av olika energislag, hänvisas till FEBYs kriterier där också anvisningar ges för hur uppvärmningsenergin ska beräknas.

Att energikravet ännu bara är en rekommendation beror på att olika energislag kan värderas på olika sätt och att Energimyndigheten ännu inte fastslagit vilka viktningsfaktorer man bör använda när man ska summera olika energislag. Det är också allt för få uppförda passivhus som hunnit mätas och utvärderas och därmed ge stöd för vad som med säkerhet går att kräva. Detta är dock inget hinder för att byggherren sätter upp egna mål eller krav för byggnadens årsenergianvändning.

Bilaga 2. Klimatskalets energiparametrar

I exemplet i kap 3 fick klimatskalet ett ”beting” på värmeeffektförbrukning om $0,36 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}/\text{K}$ efter det att ventilationens förluster kunnat antas.

I denna förlust ingår läckluft pga av otätheter. Om man i tidigt skede väljer ett klimatskal där ett läckflöde om högst $0,3 \text{ l/s, m}^2$ ska kunna klaras kan förlusterna från denna räknas av enligt:

$$P_{\text{effekt}} = Q_{\text{läckflöde}} \times 1,2 \text{ (W/m}^2 A_{\text{omsl}}/\text{K)}$$

För att kunna relatera värdet till byggnadens uppvärmda area behöver även formfaktorn F ansättas, där

$$F = A_{\text{omslutande}} / A_{\text{temp}}$$

Därmed blir $P_{\text{läckflöde}} = Q_{\text{läckflöde}} \times 1,2 \times F \text{ (W/m}^2 A_{\text{temp}}/\text{K)}$, dvs dess förluster blir möjligt att dra från hela klimatskalets beting, se exemplet tabell 1, där kvarvarande förluster för klimatskalet blir $0,33$ efter avdrag för läckflödets.

	Alternativ A	Alternativ B
Systemdel -klimatskal	0,36	0,56
- förluster ($\text{W/m}^2 A_{\text{temp}}/\text{K}$)	0,33	0,52
- läckflöde ($\text{l/s, m}^2 A_{\text{omsl}}$)	0,3	0,4
Formfaktor ($A_{\text{omsl}} / A_{\text{temp}}$)	1,1	1,1

Tabell 1. Funktionskrav på systemdelsnivå

Eftersom värmeförlusterna genom klimatskalet påverkas inte bara av isolering (U-värde) utan även av den omslutande arean kan även U- medelvärdet U_{medel} bestämmas med kunskap om byggnadens formfaktor. Byggnadens formfaktor påverkas av form, utskjutande partier, etc, men främst av antal våningsplan. Hur antal våningsplan påverkar formfaktorn ($A_{\text{omslutande}} / A_{\text{temp}}$) framgår av tabell 2.

	$A_{\text{omsl}} / A_{\text{temp}}$
1 vån	2,6
2 våningar	1,6
3 våningar	1,3
5 våningar	1,1
7 våningar	1,06

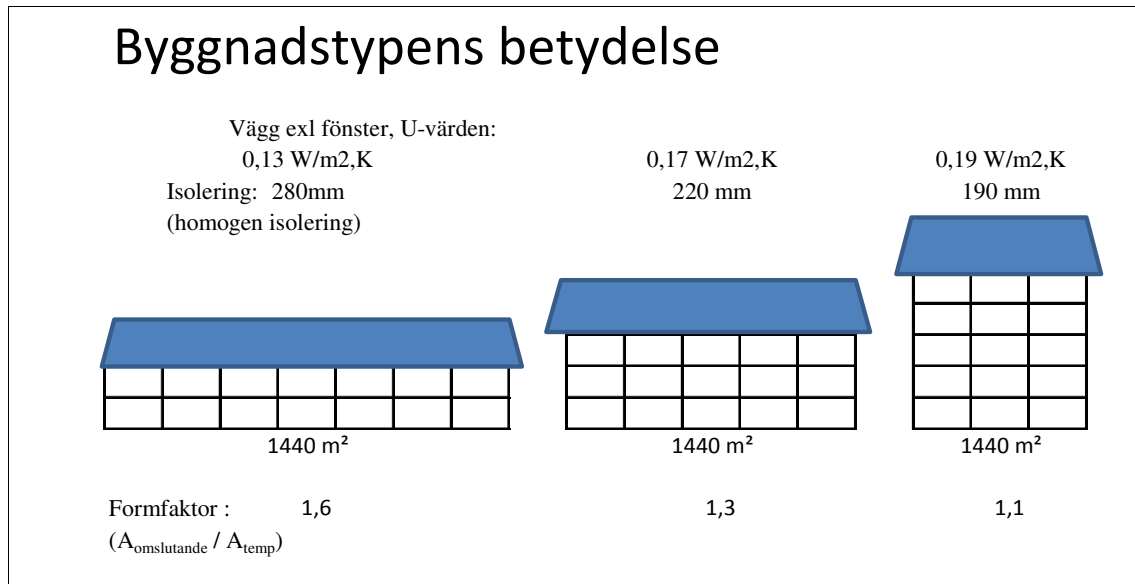
Tabell 2. Formfaktor som funktion av antal våningsplan

Hur formfaktorn påverkar det U-värde som krävs för en vägg enligt alternativ A, ges som ett exempel i tabell 3 och i figur 1 om U-värdet för övriga delar inte ändras. Exemplet baseras på en rektangulär byggnad, 10 meter bred, med fönsterarea 15%, en uppvärmd area på 1440 m^2 och köldbryggor med 18% av klimatskalets förluster.

U-värden ($\text{W/m}^2, \text{K}$)	2-plan	3-plan	5-plan
Vägg exl fönster	0,10	0,17	0,19
Tak	0,09	0,09	0,09
Fönster	0,80	0,80	0,80
Golv mot mark	0,12	0,12	0,12

Tabell 3. Exempel på U-värden för vägg som funktion av antal våningsplan.

Av figur 3.1 framgår att väggens U-värde med dessa förutsättningar inte behöver vara extremt isolerad för att en byggnad som klarar passivhuskriterierna ska kunna uppföras om byggnaden bara har en



Figur 1. Formfaktorns betydelse och exempel på hur väggens U-värde behöver ändras om övrig isolering i klimatskalet är samma.

gynnsam formfaktor. Golv och mark bör isoleras väl oavsett antal våningsplan för att ge bra och jämna klimatförhållanden även på översta och understa våningsplanet. För en byggnad med större fönster eller fler köldbryggor ändras dock dessa värden.

Eftersom det vanligen är arkitekten som råder över fönsterareor, dess placering, solavskärmning och fönsterval (U-värden) kan en principiell uppdelning mellan arkitektens och konstruktörens åtaganden göras vad avser klimatskalets förluster. Konstruktörens ansvar blir att inom sitt beting klara de U-värden, köldbryggor och läckflöde som utrymmet ger.

$$P_{\text{klimatskal}} = (P_{\text{läckflöde}} \times 1,2 + A_{\text{omsl}} \times U_{\text{medel}}) \times F \quad (\text{W/m}^2 \text{A}_{\text{temp}}/\text{K})$$

Ur detta kan värdet för U_{medel} bestämmas, men kanske ännu enklare att bara summan för klimatskalets förluster följas upp i en klimatskalstabell där arkitekten anger de olika areorna och köldbryggornas längder för de arkitektrelaterade delarna (längder på takfot, hörn, fönsteromkrets, etc) och där konstruktören anger värden för U-värden och köldbryggor, se tabellmall 4.

Byggnadsdel	Area m ²	U-värde W/(m ² K)	Förluster (W/K)
Yttervägg			
Tak mot uteluft			
Golv mot mark			
Fönster			
Ytterdörr			
Etc			
Köldbryggor	Längder (m)	Ψ W/(mK)	
Fönster			
Balkonginfästning			
Etc			
Summa förluster			Σ

Tabell 4. Uppföljningsmall för klimatskalet värmeförluster.

Bilaga 3. Belysningsinstallationer

Belysningen ska ses som ett system med armatur, väggfärgens egenskaper, ljuskälla med tillhörande driftton och styrning. Generellt ska rådande föreskrifter för val av ljuskällor och driftton gälla (se ECO-design, EC no 245/2009 från 18 mars 2009 refererande till EG-direktivet 2005/32/EG).

Väsentliga aspekter för belysningsutförande är de boendes acceptans, systemens livslängd och livscykelkostnad. Här ges en vägledande information som kan användas i tidigt skede innan detaljprojektering är klar.

Belysning	Rek. ljuskälla (I-IV)	Belysning styrka	$P = \text{Rek inst. Effekt}$	$F \text{ Rek styrning}$	$T \times F \text{ Årlig drifttid}$	$P \times T \times F \text{ Jämförelsetal}$
Rumstyp		lux	W/m ²		h/år	kWh/m ² , år
- Trapphus, korridorer.	I, II, III	150-200	5-8	N/ ND/ S	1100	8,8
- Källarkorridor	I, II, III	150-200	5-8	N/ND/S		8,8
- Källarkorridor	I, II, III	100-150	4-6	F/FD/T		6,6
- tvättstuga	I, II	500	15	F	500	7,5
- serviceutrymmen	II	300	10	F/M/T	200	2
- förrådsutrymmen	II		-	F/T	200	
- Bostadshiss (W/st)	I, II		10/20	N	1300	13/26 (/st)
- Garage	I, II	75-100	2-4	N/ND/M	1500	6
- Dörrportal	I, II, III		-	S	4300	
- Gångstigar, mm (W/m)	I, II		4	S	4300	17

Tabell 1. Rekommenderade lösningar för olika rumsutrymmen i flerbostadshus. Angivna drifttider varierar med objekt, t.ex. tvättstugans storlek, antal våningsplan, etc. Se även standard (SS-EN 15193). Förklaringar avseende alternativ för ljuskällor och styrning, se nedan.

Ljuskällor

Ljuskällor aktuella vid ny- och ombyggnad är:

1. LED (Lighting Emitting Diod).

Funktionskrav för LED: livslängd minst 35 000 timmar.

Ljusutbytet är max uppe i 55 lm/W idag²¹ (vita LED med en färgåtergivning på ca Ra 80).

Urvalet av armaturer är begränsat om inte armaturer med E-sockel väljs. Temperatur i armatur som inte är anpassad för LED kan bli hög vilket påverkar ljusutbyte, färgåtergivning och livslängd. Europeisk standard för mätning av prestanda förväntas inom kort. Observera att LED-ljuskällor av mycket varierande kvalitet förekommer.

Lysrör, främst raka lysrör av typ T522.

Vid behov ska HF-don avsedda för ljusreglering väljas.

Funktionskrav: livslängd minst 19 000 timmar (service life), ljuskällans ljusutbyte (inkl HF-don) 80 - 95 lm/W. Funktion för fördröjd släckning ska ingå i regleringen.

Kompaktlysör.

Dessa har olika ljusutbyte beroende på effekt och typ.

Funktionskrav: HF-don, vid behov HF-don avsedda för ljusreglering, inklusive funktion för fördröjd släckning. Livslängd minst 10 000 – 16 000 timmar, ljuskällans ljusutbyte 50 - 70 lm/W (inkl. HF-don).

Lågenergilampor²³ (tidigare lysrörslampor).

Detta är ett dyrare alternativ om ljusreglering önskas.

²¹ Till 2012 förväntas ljusutbytet vara ca 70 lm/W och 2017 ca 90 – 100 lm/W

²² Den för närvarande mest energieffektiva ljuskällan som uppfyller ställda krav på färgåtergivning.

²³ Dessa har inbyggda driftton och är därför dyrare i inköp.

Funktionskrav: HF-don, vid behov HF-don avsedda för ljusreglering.
Livslängd minst 10 000 timmar, ljuskällans ljusutbyte 40 - 60 lm /W.

Belysningsstyrning

Vid belysningsstyrning bör armaturer med HF-don hållas tända minst 3 minuter (dock högst 15 minuter av energiskäl) efter det släckningsimpuls ges. Under perioder med täta tänd-/släckcykler bör belysningen vid släckning dimmas ner till nivån 3 -10% så att HF-donets livslängd säkras. Livslängden förlängs ytterligare om maxinställning för dimbara don sätts på ca 80%. Detta behov gäller inte LED-belysning som tål täta tänd- och släckcykler.

Funktionsbeskrivning för olika typer av belysningsstyrning aktuella för flerbostadshus

- N. Närvarostyrning
Belysningen tänds automatiskt när en person kommer in i utrymmet och släcks i sin helhet när personen lämnar rummet.
- ND. Närvarodämpning
Styrning av belysning sker genom att belysningen automatiskt tänds när en person kommer in i utrymmet och automatiskt dämpas ned till en förinställd lägre (t.ex. 3%) nivå när personen lämnar rummet. Dämpningen skall ske efter en förinställd fördröjning. Lämpligt för utrymmen med korta, men frekventa passager.
- F. Frånvarostyrning
Styrning av belysning sker genom att belysningen tänds manuellt via strömbrytare/tryckknapp och släcks automatiskt i sin helhet när ingen person vistas i rummet.
- FD. Frånvarodämpning
Styrning av belysning sker genom att belysningen tänds manuellt via strömbrytare/tryckknapp och automatiskt dämpas ned till en förinställd lägre belysningsnivå (t.ex. 3%) när personen lämnar rummet.
- M. Manuell styrning
Styrningen sker via strömbrytare eller tryckknapp med funktion till/från.
- T. Timerstyrning
Belysningen tänds manuellt och släcks efter inställd tid (jfr trappautomat).
- S. Skymningsrelä med tidsstyrning för hela brukstiden.
Utomhusbelysning som tänds via skymningsrelä med möjlighet till varierande tidsfördröjning. Kan även tillämpas i kombination med annan styrning för ljusa trapphallar och ljusa korridorer.