

Lågenergihus - En studie av olika koncept

Åke Blomsterberg

Energi och ByggnadsDesign
Institutionen för arkitektur och byggd miljö
Lunds universitet
Lunds tekniska högskola, 2009
Rapport EBD-R--09/28



Lunds universitet

Lunds universitet, med åtta fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 105 000 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö. Lunds universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och omkring 42 500 studerande som deltar i ca 140 utbildningsprogram och ca 1 000 kurser samt 19 internationella magisterprogram erbjudna av 72 institutioner.

Energi och ByggnadsDesign

Energi och ByggnadsDesign arbetar med byggnaden som ett system. Med utgångspunkt från helheten är syftet att utforma energieffektiva och ekologiska byggnader med hög termisk och visuell komfort i samverkan med installationssystem.

Forskningen behandlar i huvudsak energianvändning, passivt och aktivt solutnyttjande, dagsljus och solskydd i byggnader samt byggnadsintegration av solvärme- och solesystem. Brukarnas inverkan och krav på bl a termisk och visuell komfort ingår som en viktig del.

Verksamheten omfattar utveckling av beräkningsmetoder, simuleringar och analyser samt mätningar av prestanda avseende komponenter, rum och hela byggnader vilket medger validering av teoretiska modeller. Avdelningen medverkar även i utveckling av demonstrationsbyggnader samt utformar informationsskrifter och riktlinjer.

Lågenergihus - En studie av olika koncept

Åke Blomsterberg

Keywords

building performance, indoor climate, concept, low energy requirements

© copyright Åke Blomsterberg och Energi och ByggnadsDesign.

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Lund 2009.

Layout: Hans Follin, LTH, Lund.

Cover photo: Front: Passivhus i Lindås, Maria Wall.

Back: Passivhus i Värnamo, Ulla Janson.

Tryckt av KFS AB, Lund 2009

Rapport nr EBD-R--09/28

Lågenergi - En studie av olika koncept. Energi och inneklimat.

Institutionen för arkitektur och byggd miljö, Energi och ByggnadsDesign, Lunds universitet, Lund

ISSN 1651-8128

ISBN 978-91-85147-38-0

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola

Institutionen för arkitektur och byggd miljö

Energi och ByggnadsDesign

Box 118

221 00 LUND

Sweden

Telefon: 046 - 222 73 52

Telefax: 046 - 222 47 19

E-mail: ebd@ebd.lth.se

Hemsida: www.ebd.lth.se

Innehåll

Keywords	2
Innehåll	3
1 Sammanfattning	5
2 Bakgrund	9
2.1 Syfte och avgränsning	10
3 Metod	11
4 Beskrivning av olika koncept	13
4.1 Lågenergihus	13
4.2 Passivhus	14
4.2.1 Allmänt	14
4.2.2 Krav för bostäder och lokaler	15
4.2.3 Utformning av bostäder	18
4.2.4 Exempel på passivhusprojekt - bostäder:	22
4.2.5 Utformning av skolor och förskolor	28
4.2.6 Exempel på passivhusprojekt - skolor:	30
4.3 Minienergihus	31
4.3.1 Allmänt	31
4.3.2 Krav för bostäder och lokaler	31
4.3.3 Utformning av bostäder	33
4.3.4 Utformning av skolor och förskolor	35
4.4 Minergiehus	36
4.4.1 Allmänt	36
4.4.2 Krav för bostäder	37
4.4.3 Krav för andra byggnader	39
4.4.4 Utformning av bostäder	40
4.4.5 Exempel på Minergie – bostäder och kontor	42
4.5 Övriga koncept	45
4.5.1 Egenvärmehus	45
4.5.2 Exempel på egenvärmehusprojekt	47
4.5.3 Nollenergihus	48
4.5.4 Plusenergihus	48
4.5.5 Exempel på plusenergihusprojekt:	50
4.5.6 3-litershus	51
4.5.7 Smarta hus	51

5	Beskrivning av energi- och miljöklassningssystem för byggnader	53
5.1	Miljöklassning av byggnader enligt bygga-bo-dialogen	55
5.2	Energiklassning av byggnader enligt SIS förslag till energiklassning	58
6	Värdering och jämförelse av olika koncept	63
	Referenser	71
Bilaga 1	Svenska krav på passivhus – bostäder och lokaler	75
Bilaga 2	Svenska krav på minienergihus - bostäder och lokaler	79

1 Sammanfattning

Under de senast åren har intresset för energieffektiva byggnader ökat betydligt. Idag finns det t.ex. ca 400 lägenheter med passivhusstandard, alla byggda under 2000-talet.

Det finns idag många olika koncept som diskuteras och används i varierande utsträckning för byggnader med låg energianvändning i Sverige. Internationellt finns ännu fler koncept. Med begreppet lågenergihus avses byggnader som använder mindre energi än hus byggda enligt praxis eller enligt vad byggnormen kräver.

De vanligaste begreppen/koncepten i Sverige är:

- Passivhus, som egentligen är en metod att uppnå en mycket energieffektiv byggnad på ett kostnadseffektivt sätt. Det är ett internationellt begrepp som utvecklats i Tyskland. Det finns stor erfarenhet av passivhus, särskilt i Tyskland, Österrike och Schweiz. I Sverige har konceptet för bostäder och lokaler anpassats till svenska förhållanden av Forum för energieffektiva byggnader. Husen är mycket välisolerade med mycket effektiv värmeåtervinning på ventilationen. Fönsterareorna är vanligen ca 15% av golvarean. Passivhus innebär i princip att distributionen av värme skall kunna ske via endast hygienluftflödet. Rumsuppvärmningen sker till stor del med internvärme från elapparater, belysning och personvärme. Även solvärme bidrar till rumsuppvärmningen, dock måste stora delar av året detta bidrag begränsas för att undvika övertemperaturer. Årlig köpt energi är mer än halverad jämfört med kraven i nuvarande BBR. Ett flertal nya bostadshus och några nya skolor har byggts som passivhus i Sverige. Byggkostnaden är av samma storleksordning som för konventionella moderna bostadshus.
- Minienergihus, som tagits fram parallellt med passivhus, är tänkta att vara nästan lika resurseffektiva som passivhus. Ett högsta krav på effekt för uppvärmning ställs, för att undvika energislösande byggnader. Kravet är dock så ställt att värmedistributionen inte klaras med endast hygienluftflödet, vilket innebär att ett konventionellt luftvärmesystem eller ett konventionellt värmesystem krävs. Dessa hus är också välisolerade med effektiv värmeåtervinning. Årlig köpt energi är reducerad med 1/3 jämfört med kraven i BBR. Inga Minienergihus har byggts i Sverige.

- Minergiehus, som tagits fram i Schweiz, ligger i energianvändning mellan passivhus och normal standard. Minergie är en frivillig kvalitetsmärkning av nybyggnation och renovering. Syftet med energikraven på dessa hus är att minimera behovet av tillförd energi i form av primärenergi. Fönsterareorna är mindre än 30% av golvarean. Inga Minergiehus har byggts i Sverige, däremot har många byggts i Schweiz. Byggekostnaden får inte överskrida kostnaden för en konventionell byggnad med mer än 10%.

Ytterligare exempel är:

- Egenvärmehus, som har många likheter med passivhus. Några flerbostadshus har byggts enligt detta koncept i Sverige
- Nollenergihus, som är hus med mycket låg energianvändning och som är självförsörjande för den energi som behövs. Lämpligt är att utgå från ett passiv- eller egenvärmehus. Byggekostnaden torde dock vara högre. Inga kända exempel finns i Sverige.
- Plusenergihus, som är hus med mycket låg energianvändning och som är mer än självförsörjande för den energi som behövs. Dessa kan leverera egenproducerad energi till t.ex. elnätet. Lämpligt är att utgå från ett passiv- eller egenvärmehus. Ett första småhus har byggts enligt denna princip i Sverige, med en byggekostnad som är hög, vilket bl.a. beror på mycket höga kostnader för solcellerna.
- ”3-litershus” är ett begrepp från Tyskland, som innebär ett uppvärmningsbehov lägre än en energianvändning som motsvarar 3 liter olja i primär energi per m² golvarean. Inga hus av denna typ är byggda i Sverige.
- Smarta eller intelligenta hus, som är hus där modern IT-teknik bidrar till låg energianvändning. Några hus har byggts med dessa tankar i Sverige.

Av de koncept som tillämpas på den svenska marknaden, så finns den mest omfattande kravspecifikationen för energi, miljö och inneklimat, för passivhus och minienergihus.

De olika koncepten på den svenska marknaden har framförallt krav på energianvändning och inneklimat. Kraven på andel förnybar energi är begränsad och av varierande omfattning.

Uppställda krav för lågenergihus i Sverige, påverkar framförallt utformningen av byggnaden och endast för passivhus och minienergihus finns frivilliga krav på verifiering av verklig energianvändning. Vid marknadsföring av passivhus och minienergihus skall skillnad göras mellan projekterad resp. verifierad byggnad.

De mest energisnåla husen torde vara passivhusen, vars förekomst ökar och det finns redan flera byggda och utvärderade exempel i Sverige. Passivhusen har en årlig köpt energianvändning, som är lägre än hälften

av den energianvändningen som krävs i nuvarande byggreglerna. Minienergihus har en energianvändning som är något högre. Av övriga koncept finns endast ett begränsat antal byggda exempel. Minergiehus finns det inga i Sverige.

Passivhus torde ha en byggkostnad som är alltifrån något lägre till något högre än traditionella nya byggnader. Noll- och plusenergihus är dyrare pga. eget energiförsörjningssystem. Uppgifterna om byggkostnaderna varierar beroende på omfattning, beräkningsår m.m. Det enda koncept med ett funktionskrav på kostnaden är Minergiehusen, som har krav på byggkostnaden, som inte får överskrida den konventionella kostnaden med mer än 10%. Livscykelkostnaden har förutsättning av att vara lägre för lågenergihus än för traditionella moderna byggnader.

Noll- och plusenergihus har de mest omfattande kraven på lokal energiproduktion och att vara självförsörjande på energi.

Ingen större skillnad finns mellan koncepten enligt SIS förslag till energiklassning, alla innebär låg eller mycket låg energianvändning.

Enligt Bygga-bo-dialogens miljöklassningssystem, så är med avseende på energi passivhus något bättre än minienergihus. Ur miljösynpunkt är noll- och plusenergihus bättre.

Det är svårt att göra en fullständig jämförelse mellan de olika koncepten pga. varierande omfattning på kraven, olika utformning av kraven och olika bakomliggande antagande. Beskrivningarna av de olika koncepten, som denna studie baserar sig på, torde vara svåra för personer, som inte är tekniska specialister att förstå.

De presenterade koncepten är idag framförallt tillämpbara på bostäder och skolor. I Mineriekonceptet ingår redan idag kontor. De svenska kraven på passivhus och minienergihus kommer i framtiden även att omfatta kontor.

De strängaste kraven på energianvändning ställs alltså på passivhus. Ett flertal passivhus har byggts i Sverige och visat sig uppfylla kraven. En ytterligare skärpning vore att ställa krav på förnybar energi, lokal energiproduktion och självförsörjande på energi dvs. nollenergihus eller plusenergihus.

De flesta byggda lågenergihusen i Sverige är småhus eller flerbostadshus, samt ett mindre antal skolor och kontor.

Vid jämförelse mellan olika lågenergihus koncept så måste man vara observant på om energianvändningen anges i köpt energi med/utan hushålls- och verksamhetsel, värme- och kylbehovet, primärenergi eller med avseende på miljöpåverkan i form av emission av CO₂ - ekvivalenter.

2 Bakgrund

Under de senast åren har intresset för energieffektiva byggnader ökat betydligt, vilket bl.a. har märkts i antalet deltagare i olika konferenser och det ökande antalet förfrågningar till programmet för passivhus och lågenergihus och forum för energieffektiva byggnader, samt att det ökande antalet lågenergihus. Idag finns det t.ex. ca 400 lägenheter med passivhusstandard, alla byggda under 2000-talet (Feby, 2009).

Det finns idag många olika koncept som diskuteras och används i varierande grad för byggnader med låg energianvändning i Sverige (Wall, 2008). Många av dessa koncept är mer eller mindre tydligt definierade. Ingen aktuell kortfattad sammanställning med beskrivning och övergripande jämförelse framförallt med avseende på energianvändning och inneklimat finns idag i Sverige. Därför har SBUF, CERBOF och NCC finansierat denna studie.

Bebyggelsen svarar idag för ca 40% av den totala energianvändningen i Sverige. För att minska miljöpåverkan är det mycket angeläget att minska energianvändningen och öka användningen av förnybar energi i byggnader. Ny teknik måste utvecklas för nya byggnader, eftersom de kommer att använda energi under lång tid framöver. Dessutom måste vi åtgärda alla befintliga byggnader. Olika koncept för energieffektivisering har tagits och nya förbättrade material, komponenter och system kommer fram och därmed nya koncept.

Begreppet lågenergihus används sedan länge och syftar på byggnader som använder mindre energi än hus byggda enligt praxis eller enligt vad byggnormen kräver. Begreppet anger hur mycket bättre husen är. Exempel på begrepp som ingår i begreppet lågenergihus är (Wall, 2008):

- Passivhus
- Minienergihus
- Minergiehus

Ytterligare exempel är:

- Egenvärmehus
- Nollenergihus
- Plusenergihus

- ”3-litershus”
- Smarta eller intelligenta hus

Det finns några svenska miljö- och energiklassificeringssystem för byggnader:

- Bygga-bo-dialogen miljöklassning av byggnader (Bygga-bo-dialogen, 2008)
- SIS förslag till energiklassning av byggnader (Svensk standard, 2009)

Exempel på internationella miljö- och energiklassificeringssystem för byggnader är:

- Green buildings
- LEED
- BREEAM

2.1 Syfte och avgränsning

Syftet med detta projekt har därför varit att göra en övergripande beskrivning och jämförelse av de vanligaste koncepten för lågenergihus som diskuteras och i varierande grad tillämpas i Sverige. Beskrivningen och jämförelsen avser energi- och inneklimatkrav/målsättning, samt vilka konsekvenser dessa krav/målsättningar får för den tekniska och arkitektonisk utformningen av byggnaden.

Med lågenergihus avses här byggnader (bostäder, skolor, kontor) som använder mindre energi än vad som krävs enligt praxis eller byggreglerna (Boverket, 2009).

Målgruppen för projektet är bygg- och fastighetssektorn (projektörer, arkitekter, byggherrar, fastighetsägare, förvaltare).

3 Metod

Projektet inleds med att fastställa vilka som är de vanligaste integrerade koncepten för lågenergibygnader i Sverige framförallt, men även internationellt.

En sammanställning görs över koncept som syftar till byggnader med låg total energianvändning och/eller hög användning av förnybar energi.

Koncepten sorteras, förslag till olika energinivåer tas fram under vilka koncepten kan insorteras. Komfort/inneklimat är en viktig aspekt. Koncept väljs, som är tillämpliga i Sverige. Översiktlig utvärdering av koncepten görs med hjälp av något eller några klassificeringssystem, som tar hänsyn till energi.

Dokumentation och värdering av koncept görs enligt följande:

- Krav (funktionskrav)	- Utformning (teknisk och arkitektonisk)
<ul style="list-style-type: none"> • Effekt och energi • Förnybar energi • Miljö • Inneklimat • LCC • Speciella krav och råd • Beräkningar • Verifiering 	<ul style="list-style-type: none"> • Arkitektur • Byggnadsteknik • Elutrustning • Installationsteknik • Systemlösning • Energieffektiviserings-strategi • Styrstrategi • Förnybar energi • Energiomvandling • Primärenergi • Energislag • Flexibilitet (användning av byggnaden, energiförsörjningssystem) • Brukarvänlighet • Erfarenheter

Genomförandet innebär:

- Litteraturstudium
- Internetsökning
- Bedömning av skillnaden mellan olika koncept
- Begränsningar t.ex. byggnadstyp enligt ovan, svenskt klimat
- Bedömning med avseende på placering i Sverige
- Översiktlig bedömning av det internationella läget
- Bedömning av konceptets allmängiltighet
- Beskrivning av genomförda eller projekterade projekt (med trovärdig dokumentation)
- Övergripande jämförelser av koncept

Till projektet har knutits en referensgrupp:

Albert Boqvist, NCC

Göran Werner, WSP

Jenny Haryd, WSP

Johnny Kronvall, ISU

Marcus Svensson, Bygg Vesta AB

Maria Wall, LTH

Per Andersson, Älvstranden Utveckling AB

Martin Erlandsson, IVL

Per Lilliehorn, Kretsloppsrådet

Per-Erik Nilsson, BELOK och CIT

Susanne Svegerud, NCC

Tor Fossum, Miljöförvaltningen, Malmö

4 Beskrivning av olika koncept

4.1 Lågenergihus

Begreppet lågenergihus används sedan länge och syftar på byggnader som använder mindre energi än hus byggda enligt praxis eller enligt vad byggnormen kräver. I de flesta fall innebär detta en välisolerad byggnad med någon form av värmeåtervinning. Begreppet lågenergihus kan även innebära en strävan att använda förnybar energi.

Ett lämpligt sätt att projektera lågenergihus är att arbeta enligt Kyoto-pyramiden, där man börjar från botten och går uppåt. Först gäller det att hålla nere värme- och kylbehovet, varefter elbehovet minimeras. Därefter gäller det att utnyttja solenergi och dagsljus. Nästa steg är att visa och reglera, för att slutligen välja energikälla. Förfarandet är i praktiken ofta iterativt.



Figur 4.1 *Kyotopyramid för projektering av lågenergihus, där man börjar från botten och går uppåt. Pyramidens kompletterad jämfört med förlagan (Dokka, 2006).*

I flera länder har begreppet lågenergihus definierats (Engelund Thomsen, 2008). I vårt grannland Danmark definieras två klasser i byggnormen, klass 2 och klass 1. De två klasserna definieras som en beräknad ener-

gianvändning som är 25 och 50 procent lägre än minimum prestanda enligt den danska byggnormen för nya byggnader. Elanvändningen för belysning, pumpar och fläktar viktas med en faktor 2,5. En fiktiv energianvändning för kyla ingår om kravet på en högsta innetemperatur på 26°C överskrids.

I Finland är definitionen att värmeförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilation och infiltration inte får överskrida 60% av referensvärdet i den finska byggnormen.

I Tyskland är definitionen 60% eller 40% av byggnormskravet.

I Schweiz är definitionen enligt Minergie eller enligt en kommande byggnadsstandard, som säger halva användningen av primärenergi jämfört med dagens standardkrav.

Sverige nämns inte i ovannämnda rapport. Forum för energieffektiva byggnader har utarbetat förslag till kravspecifikation för passivhus och minienergihus, som innebär ungefär en halvering av energianvändningen jämfört med dagens krav i byggreglerna.

Inom Europa finns ett flertal koncept för lågenergihus (Erhorn-Kluttig, 2009). De koncept som diskuteras och används i varierande grad i Sverige är:

- Passivhus med detaljerad svensk kravspecifikation
- Minienergihus med detaljerad svensk kravspecifikation
- Minergiehus med schweizisk kravspecifikation
- Egenvärmehus
- Nollenergihus
- Plusenergihus
- ”3-litershus”
- Smarta hus

Dessa koncept omfattar i huvudsak utformningen av byggnaden och ställer inga egentliga krav på driften.

Som delvis framgår ovan så kan energianvändningen för en byggnad kan anges på olika sätt. Exempel på sätt är:

- Köpt energi, som är till byggnaden levererad energi exkl. eller inkl. hushålls- eller verksamhetsenergi
- Värme- och kylbehovet, som är den värme/kyla som måste tillföras rummen av värme/kylsystemet
- Primär energi, som är de primära energikällor t.ex. den energi som används för att producera el
- CO₂- emissionen eller -ekvivalenterna från produktionen av den i byggnaden använda energin

En jämförelse mellan byggnader ger olika resultat beroende på vilken av ovannämnda begrepp som används.

Vid markanvisningstävlingar och liknande kan särskilda energikrav ställas upp, som inte är direkt kopplade till ett speciellt koncept.

4.2 Passivhus

4.2.1 Allmänt

I Sverige har passivhustekniken hittills framförallt tillämpats på nykonstruktion av bostäder, småhus och flerbostadshus i södra och mellersta Sverige. I Schweiz, Österrike och Tyskland finns många bostäder byggda med passivhusteknik, men det finns även exempel på skolor och kontor, där passivhustekniken tillämpats. Vad gäller renovering av byggnader till passivhusstandard finns flera exempel på detta i form av flerbostadshus i Tyskland och åtminstone ett pågående projekt finns i Sverige. Forum för energieffektiva byggnader har utarbetat svenska krav för bostäder och lokaler (FEBY, 2009a), förutom lokaler avsedda för sport och idrott. Kraven gäller framförallt nybyggnation, men kan även tillämpas på befintliga byggnader. Vid marknadsföring skall skillnad göras mellan:

- Projekterad för passivhus enligt FEBY
- Verifierat passivhus enligt FEBY

Det sistnämnda fallet innebär att byggnaden uppfyller kraven i drift, enligt anvisningar för verifiering (FEBY, 2009c).

4.2.2 Krav för bostäder och lokaler

Syftet med kraven på passivhus är att minimera behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning så att erforderlig termisk komfort kan uppnås med hjälp av distribution av värme via hygienluftsflödet (FEBY, 2009a). Detta är en möjlighet men inte en förutsättning då värmen kan tillföras via konventionella värmesystem. Kompletterande krav ställs för att begränsa även den totala användningen av köpt energi dvs. för driftel, varmvatten och värme. Innemiljökraven är högt ställda och för bostadsbyggnader får inte komfortkyla förekomma.

Nedan följer ett utdrag från kraven på utformningen av byggnaden. En mer detaljerad beskrivning av effekt och energi, miljö, inneklimat, LCC, speciella krav och råd, beräkningar och verifieringsmätning finns i bilaga 1.

Effekt och energi

För passivhus skall avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning begränsas (se tabell 4.1). De hårdaste kraven gäller för det minst kalla klimatet i södra Sverige. Vid beräkningen får ett givet schablonvärde på gratisvärme från apparater och personer inkluderas.

Tabell 4.1 Effektkrav vid aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20°C. Med bostadshus mindre än 200 m² avses fristående byggnader t.ex. villor eller parhus mindre än 200 m².

Klimatzon	Effektkrav P_{\max} , W/m ²	Effektkrav P_{\max} för bostadshus mindre än 200 m ² , W/m ²	Effektkrav P_{\max} , W/m ² , tysk passivhusstandard
III (södra Sverige)	10	12	10
II (mellersta Sverige)	11	13	10
I (norra Sverige)	12	14	10

Rådet vad beträffar årlig köpt energi (se tabell 4.2) innebär mer än en halvering jämfört med kraven i BBR (Boverket, 2009). Om vi antar att varmvattenanvändningen är ca 25 kWh/m²år (Levin, 2009), som är ett normalt värde för bostäder, så skulle den tyska passivhusstandarden (Feist, 2007) kunna innebära en något lägre köpt energi. I den tyska standarden är dock kraven på ventilation och innetemperatur lägre.

Tabell 4.2 Årlig köpt energi, kWh/m²år, exkl. hushållsel vid en innetemperatur på 22°C, förutom för den tyska passivhusstandarden med 20°C. För svenskt passivhus är köpt energi ett råd.

Klimatzon	Svenskt passivhus, icke elvärt	Svenskt passivhus, elvärt	BBR 2008, bostäder	BBR 2008, lokaler	Tysk passivhusstandard
Söder	50	30	110	100	15 ¹
Norr	54	32	130	120	15 ¹
Norr	58	34	150	140	15 ¹

¹ endast rumsuppvärmning

För att göra ett passivhus till ett nollenergihus kan ett tilläggskrav användas, som säger att summan av använd energi skall vara mindre än eller lika med summan producerad energi under ett år (se även avsnitt 4.5 Övriga koncept).

Förnybar energi

Indirekta krav ställs genom viktning av olika energislag.

Inneklimat

Kravet är inte specificerat i detalj utan uttrycks som att erforderlig termisk komfort skall uppfyllas, vilket innebär att krav och råd enligt BBR på ventilation och termisk komfort skall uppfyllas.

Speciella krav och råd

Krav: Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt $0,3 \text{ l/sm}^2$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$, enligt SS-EN 13829. Detta innebär ett avsevärt hårdare krav än äldre byggregler, som angav $0,8 \text{ l/sm}^2$ för bostäder och $1,6 \text{ l/sm}^2$ för lokaler vid $\pm 50 \text{ Pa}$.

Krav: Byggnaden skall ha fönster med ett verifierat U-värde på högst $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier skall vara högst $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta innebär en skärpning jämfört med vad som vanligen krävs för att uppfylla energikraven enligt nuvarande byggregler (Boverket, 2009).

Krav: Ljud från ventilationssystemet skall minst uppfylla ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67. Ljudklass B innebär hårdare krav än byggreglerna.

Råd: Ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Detta är något hårdare än rådet i nuvarande byggregler på $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Boverket, 2009).

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

Beräkningar

Effektbehovet och energibehovet skall beräknas.

Verifiering - mätning

Krav: I den färdiga byggnaden skall energianvändningen för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi kunna avläsas månadsvis var för sig.

Råd: Ventilationsaggregatet i flerbostadshus och lokaler bör vara försedda med fasta mätuttag för luftflöden.

Vid marknadsföring kan verifierat passivhus enligt FEBY användas om byggnaden uppfyller kraven i drift, enligt anvisningar för verifiering (FEBY, 2009c).

4.2.3 Utformning av bostäder

Utformningen beskrivs här övergripande med avseende på arkitektur, byggnadsteknik, elutrustning, installationsteknik, systemlösning, energieffektiviseringsstrategi, styrstrategi, förnybar energi, energislag, flexibilitet, brukarvänlighet och övrigt. Sist i avsnittet finns exempel på projekt.

Arkitektur

Utmärkande drag är framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean (se tabell 4.4) och i många fall solavskärmning för att undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Solavskärmningen kan vara i form av ett större taksprång än traditionellt och/eller solskyddsglas. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar. I många fall finns inga radiatorer.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken utmärks framförallt av att klimatskalet är mycket välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttätet. Detta innebär mycket låga U-värden (se tabell 4.3). Ytterväggar består ofta av en träregelkonstruktion med mellanliggande värmeisolering och där reglarna inte är genomgående. På insidan av eller t.ex. 12 cm in i ytterväggen finns en i princip kontinuerlig plastfolie. Ev. skarvar överlappar och är tejpad.

Tabell 4.3 U-värden i några svenska passivhus, W/m²K (Janson, 2008).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lid- köping
Fönster	0,85	0,85	0,85
Ytterväggar	0,10	0,11	0,09
Tak	0,07	0,11	0,07
Golv	0,09	0,11	0,10
Entrédörr	0,60	1,00	1,00

Fönsterstorleken är ordinär, ca 15% av golvarean (se tabell 4.4).

Tabell 4.4 Fönsterandelar i några svenska passivhus, % av golvarean (Janson, 2009).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lid- köping
Fönster	16	17	15

Elutrustning

Hushållsapparater dvs. kyl, frys, tvättmaskin väljs vanligen från energiklass A (se tabell 4.5).

Tabell 4.5 Energiklass hushållsapparater i några svenska passivhus (Janson, 2008).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lidköping
Kyl och frys	A++	A++	A
Tvättmaskin		A	A

Installationsteknik

Vanligen är byggnaden försedd med ett FTX-system för ventilation. En hög värmeåtervinning eftersträvas, minst en verkningsgrad på 80% (se tabell 4.6). Det är inget krav att använda tilluftssystemet som värmebärare. Det är dock vanligt att husen värms med hjälp av tilluftssystemet.

Tabell 4.6 Verkningsgrad värmeåtervinning i några svenska passivhus, % (Janson, 2008).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lidköping
Ventilation	85	85	85
Avlopp	Ja		

I några fall har tillskottsvärmen valts i form av ett elbatteri i tilluften efter värmeväxlaren (se tabell 4.7).

Tabell 4.7 Tillskottsvärme i några svenska passivhus (Janson, 2008).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lidköping
Tilluft	Elbatteri	Värmebatteri, fjärrvärme	Värmebatteri, fjärrvärme

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system. Rumsuppvärmningen sker i huvudsak med internvärme från elapparater, belysning och personvärme. I många fall fås tillsatsvärme genom eftervärmning av tilluften.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmern genom fönster. Sistnämnda löses genom att inte ha för stora fönsterareor och ev. med solskyddsglas.

Styrstrategi

Vanligen styrs tilluftstemperaturen av en temperaturgivare i frånluften.

Förnybar energi

Förnybar energi kan väljas för uppvärmning och el. Förnybar energi har hittills i huvudsak valts för uppvärmning av tappvarmvatten (se tabell 4.8).

Tabell 4.8 Användning av förnybar energi i svenska passivhus (Janson, 2008).

	Flerbostadshus i Värnamo	Tre småhus i Frillesås	Småhus i Lidköping
Varmvatten	Solfångare	Solfångare	Fjärrvärme

Energislag

Om tillskottsvärmen sker med vattenburen värme, så finns det möjlighet att välja energislag. Ett elbatteri begränsar valmöjligheterna.

Flexibilitet (användning av byggnaden, energiförsörjningssystem)

De svenska passivhusen är i huvudsak bostäder, vilket inte innebär några krav på ändring till annan användning. Om tillskottsvärme kommer från ett elbatteri försvårar detta byte till annan värmekälla. Det är enklare om tillskottsvärmen är vattenburen.

Brukarvänlighet

Normalt ingår inte några komplicerade installationer. Brukaren kan behöva byta filter i ett FTX-aggregat.

Värmesystemet i ett passivhus är inte krångligare än i ett traditionellt hus (Isaksson, 2009). Att flytta in i ett passivhus innebär som alltid vid bostadsbyte, att man måste lära sig ett annat energisystem. Den första vintern i passivhusen i Lindås visste en del av de boende inte hur man skulle använda luftvärmaren. De flesta kom dock fram till att det bästa sättet var att alltid ha den på och låta termostaten reglera temperaturen. Värme skiljde sig åt mellan olika hus (gavel- eller mittlägenhet) och hushåll (två eller fyra personer). Slutsatsen var att de boende bör informeras om det som utmärker passivhusens värme och att värmen varierar i något större utsträckning.

Erfarenheter

Funktionkraven är mycket viktiga. Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttätethet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll. Alla som arbetar med projektering och byggande måste vet vad de gör och varför. Inledande utbildning minskar avbrotten under projektet och säkerställer att alla på byggarbetsplatsen arbetar i samma riktning. Under och efter byggproduktionen bör klimatskärmens lufttätethet provas. Idrifttagningen är mycket viktig för att säkerställa optimal drift av ett passivhus. Fastighetsskötaren måste vara välinformerad om driften av ett passivhus.

4.2.4 Exempel på passivhusprojekt - bostäder:

Projektnamn <h3 style="text-align: center;">Nybyggnad: Passivhus i Lindås</h3>															
															
<p>Projektbeskrivning</p> <p>I Lindås 20 km söder om Göteborg har 20 radhuslägenheter, fördelade på fyra huskroppar, byggts. Husen är byggda enligt de svenska passivhuskriterierna och är bland de första passivhusen som byggts i Sverige (Ruud, 2004).</p> <p>Husen har utformats för att få ett behagligt inomhusklimat med minimal energianvändning. Radhusformen med 11 meter djupa lägenheter gör att det blir få ytterväggar. Värmeförluster genom klimatskärmen har minimerats genom en välisolerad och lufttät träregelkonstruktion. Balkonger och takutsprång skyddar mot för mycket solvärme under sommaren. Ett takfönster ovanför trappan i varje lägenhet ger ljus mitt i huset och används för vädring sommartid.</p> <p>Byggnaden har ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Värmebatteriet i tilluften är anslutet till elnätet.</p> <p>Varmvattenberedaren värms av solfångare (5 m²), placerade på taket till varje lägenhet. Tillskottsvärme till varmvatten kommer från ett elbatteri.</p>	<p>Faktaruta</p> <table border="0"> <tr> <td>Golvarea</td> <td style="text-align: right;">2 430 m²</td> </tr> <tr> <td>Antal lägenheter</td> <td style="text-align: right;">20</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td style="text-align: right;">2001</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <p>Uppvärmningsbehov/år (20/22°C) 15¹/ kWh/m²a</p> <p>Effektbehov (20/22°C) 10¹/ W/m²</p> <p>Primär energi.</p> <p>Lufttäthet vid 50 Pa 0,3¹ l/sm²</p> <p>Byggnadstyp: Träregelkonstruktion</p> <p>U-värden:</p> <table border="0"> <tr> <td>Yttervägg</td> <td style="text-align: right;">0,10 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Tak</td> <td style="text-align: right;">0,09 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Platta på mark</td> <td style="text-align: right;">0,12 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster, medelvärde</td> <td style="text-align: right;">0,85 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η=0.80).</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Elbatteri i tilluften, solfångare</p> <p>Byggekostnad: kr/m²</p> <p>Ägare: Egnahemsbolaget</p> <p>Arkitekt: efem arkitekter, Hans Eek</p> <p>Konstruktör: WSP</p> <p>Totalentreprenör: PEAB</p> <p>Fotograf: Maria Wall</p>	Golvarea	2 430 m ²	Antal lägenheter	20	Färdigställandeår	2001	Yttervägg	0,10 W/m ² K	Tak	0,09 W/m ² K	Platta på mark	0,12 W/m ² K	Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K
Golvarea	2 430 m ²														
Antal lägenheter	20														
Färdigställandeår	2001														
Yttervägg	0,10 W/m ² K														
Tak	0,09 W/m ² K														
Platta på mark	0,12 W/m ² K														
Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K														
<p>¹ Baserade på beräkningar och mätningar.</p>															

Projektnamn

Nybyggnad: Passivhus i Frillesås



Projektbeskrivning

I Frillesås, söder om Kungsbacka, har tre tvåvånings flerbostadshus byggts, med 12 hyreslägenheter. Husen är byggda enligt de svenska passivhuskriterierna (Jansson, 2008).

Byggnaderna har en välisolerad trä- och stålregelstomme. Fasaderna är prefabricerade, isolerade på platsen med polystyren.

Varje lägenhet har ett eget från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Värmebatteriet i tilluften är anslutet till fjärrvärmenätet. För att säkerställa hög termisk komfort i badrummen har en liten värmeslinga installerats i badrumsgolvet.

Varmvattenberedaren värms av solfångare, placerade på taket på värmecentralen. Tillskottsvärme till varmvatten kommer från fjärrvärme.

¹ Beräknade värden

² Enligt Eksta är entreprenadkostnaden för traditionella lägenheter, ca 13 000 – 14 500 kr/m²

Faktaruta

Golvarea	330 m ²
Antal lägenheter	12
Färdigställandear	2006

Energistandard:

Uppvärmningsbehov/år (20/22°C)	9,6/12,6 ¹ kWh/m ² a
Effektbehov (20/22°C)	8,5/9,4 ¹ W/m ²
Primär energi.	inte beräknat
Lufttätethet vid 50 Pa	0,33 l/sm ²

Byggnadstyp: Trä & stål konstruktion

U-värden:

Yttervägg	0,11 W/m ² K
Tak	0,08 W/m ² K
Platta på mark	0,11 W/m ² K
Fönster, medelvärde	0,7 W/m ² K

Ventilationssystem:

Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad $\eta=0.85$) i varje lägenhet

Värmesystem:

Värmebatteri i tilluften, fjärrvärme, solfångare

Entreprenadkostnad: 14 5002 kr/m²

Ägare: Eksta Bostads AB

Arkitekt: efem arkitekter, Hans Eek

Konstruktör: WSP

Totalentreprenör: AB Sättila Bygg

Fotograf: Ulla Jansson

Projektnamn <h2 style="text-align: center;">Nybyggnad: Passivhus i Värnamo</h2>															
															
<p>Projektbeskrivning</p> <p>I Värnamo har 40 lägenheter byggts fördelade på fem byggnader, varav två byggnader har två våningar och tre har 2,5 våningar. Husen är byggda enligt de svenska passivhuskriterierna (Jansson, 2008).</p> <p>Byggnader har en platsgjuten betongstomme och en välisolerad träregelfasad. Fasaderna är isolerade på platsen med mineralull och polystyren.</p> <p>Varje lägenhet har ett eget från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Värmebatteriet i tilluften är ett elbatteri. Varmvattenberedaren värms av solfångare, placerade på ta-ket. Tillskottsvärme till varmvatten kommer från el.</p>	<p>Faktaruta</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Golvarea</td> <td style="text-align: right;">m²</td> </tr> <tr> <td>Antal lägenheter</td> <td style="text-align: right;">40</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td style="text-align: right;">2006</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <p>Uppvärmningsbehov/år (20/22°C) 9,8/12,8 kWh/m²a</p> <p>Effektbehov (20/22°C) 8,3/9,1 W/m²</p> <p>Primär energi. inte beräknat</p> <p>Lufttäthet vid 50 Pa 0,2 l/sm²</p> <p>Byggnadstyp: Betong & träregelkonstruktion</p> <p>U-värden:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Yttervägg</td> <td style="text-align: right;">0,10 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Tak</td> <td style="text-align: right;">0,08 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Platta på mark</td> <td style="text-align: right;">0,09 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster, medelvärde</td> <td style="text-align: right;">0,85 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad $\eta=0.85$) i varje lägenhet</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Elbatteri i tilluften, solfångare</p> <p>Byggekostnad (entreprenadkostnad):</p> <p>17 300 (11 800¹) kr/m²</p> <p>Ägare: Finnvedbostäder</p> <p>Arkitekt: bsv arkitekter och ingenjörer</p> <p>Konstruktör: bsv arkitekter och ingenjörer</p> <p>Totalentreprenör: NCC</p> <p>Fotograf: Ulla Janson</p>	Golvarea	m ²	Antal lägenheter	40	Färdigställandeår	2006	Yttervägg	0,10 W/m ² K	Tak	0,08 W/m ² K	Platta på mark	0,09 W/m ² K	Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K
Golvarea	m ²														
Antal lägenheter	40														
Färdigställandeår	2006														
Yttervägg	0,10 W/m ² K														
Tak	0,08 W/m ² K														
Platta på mark	0,09 W/m ² K														
Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K														
<p>¹ Enligt Finnvedbostäder är entreprenadkostnaden för traditionella lägenheter, ca 15 000 kr/m²</p>															

Projektnamn

Nybyggnad: Hamnhuset i Göteborg (Norra Älvstranden)



Projektbeskrivning

På Norra Älvstranden i Göteborg har ett flerbostadshus med 115 hyresrätter utformats som ett passivhus (Älvstranden Utveckling AB 2008). I dagsläget är Hamnhuset Sveriges största flerbostadshus som passivhus.

Byggnadsstommen är av betong och stål, med utfackningsväggar av gips, isolering, minerit, stål och puts. Isolering i ytterväggar är 315mm. Konstruktionen är utformad för att minimera köldbryggor och för att ta vara på energin i husen samtidigt som man har en effektiv solavskärmning och bra värdringsfönster.

Värme/Ventilationssystemet har tre centrala från- och tillluftsaggregat med tillhörande värmeväxlare, som har en hög värmeåtervinningsgrad (ca.82%) med roterande värmeväxlare. Huset är radiatorfritt. Tillskottsenergi sker centralt (för värme och varmvatten) och kommer från fjärrvärmenätet. Hyresgäster kan välja att spetsa lägenhetens temperatur utöver bastemperaturen 21 grader genom en termostat i varje lägenhet. Den är kopplad till ett elbatteri (effekt 500-1000W). Kallvatten, varmvatten och hushållsel mäts och debiteras individuellt. Solfångare på taken ger halva årsbehovet av varmvatten, ca.125 000 kWh. I solfångaranläggningen för-varms det inkommande kallvattnet, som skall bli varmvatten.

Garaget, beläget under innergården, ventileras med avluft från lägenheterna, vid behov värms avluften så att temperaturen i garaget inte understiger 6 plus grader. Tillskottsenergin kommer även här från fjärrvärmenätet.

*) Beräknade värden. Enligt passivhusdefinitionen ska dimensionerande temperatur vara -8gr ute och +20gr inne, vi har räknat med -12 samt +21. Dessutom ska tvätt-stugor och garage ej räknas med. (12,4 kWh/m² och 5,8 kWh/m² för garage och förråd)

**) exkl. garage

Faktaruta

Golvarea	7 868 m ² (BOA)
	11 616 m ² (A _{temp})
Antal lägenheter	115
Färdigställandeår	2008

Energistandard:

Uppvärmningsbehov/år
(21°C) 8* kWh/m²a

Effektbehov
(värme 21°C) 8** W/m²

Primär energi Fjärrvärmespets
Lufttätethet vid 50 Pa 0,3 l/sm²

Byggnadstyp: Betong och stål

U-värden:

Yttervägg 0,173 W/m²K

Tak 0,087 W/m²K

Fönster, medelvärde 1,1 W/m²K

Ventilationssystem:

Fläktventilation med en värmeväxlare
(verkningsgrad η-0.82).

Värmesystem:

FTX-ventilation, radiatorfritt, solfångare

Byggekostnad: 25 670 kr/m² BOA
13 447 kr/m² BTA

Ägare: Älvstranden Utveckling AB

Arkitekt: White Arkitekter

Konstruktör: Flygfälsbyrån

Totalentreprenör: NCC

Fotograf: Staffan Bolminger

Projektname

Nybyggnad: Passivhus i Växjö



Projektbeskrivning

I Växjö har ett flerbostadshus byggts med 8 våningar byggda i trä och utformat som ett passivhus (Hyresbostäder i Växjö 2009).

Byggnadsstommen är av massivträ, vilket innebär att vägg-elementen är ca 53 cm tjock. Detta inkluderar värmeisolering och fasad/cementskiva. Fönsterna är treglas med argongas-fyllning.

Ventilationssystemet har ett centralt från- och tilluftsaggregat med tillhörande värmeväxlare, som har en hög värmeåter-vinningsgrad med dubbla plattvärmeväxlare. Tillskottsenergi i respektive lägenheter kommer från fjärrvärmenätet. Belysningen består av lågenergipor, som är tidsstyrda. Kallvatten, varmvatten och hushållsel mäts individuellt. I en avloppsvärmeväxlare förvärmer det utgående avloppsvattnet det inkommande kallvattnet, som skall bli varmvatten.

¹ Beräknade värden.

Faktaruta

Golvarea	5 444 m ² BRA
Antal lägenheter	64
Färdigställandeår	2009-10

Energistandard:

Uppvärmningsbehov/år (20/22 °C)	151/ kWh/m ² a
Effektbehov (20/22°C)	?/ W/m ²
Primär energi	inte beräknat
Lufttäthet vid 50 Pa	? l/sm ²

Byggnadstyp: Träregelkonstruktion

U-värden:

Yttervägg	0,10 W/m ² K
Tak	0,08 W/m ² K
Golv	0,09 W/m ² K
Fönster, medelvärde	< 1,0 W/m ² K

Ventilationssystem:

Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η -0.85).

Värmesystem:

Fjärrvärme

Byggekostnad: 22 000 kr/m² BOA

Ägare: Hyresbostäder i Växjö

Arkitekt: BSV Arkitekter & Ingenjörer

Konstruktör: Tyréns

Totalentreprenör: NCC

Fotograf: Maria Wall

Projektnamn

Renovering: Brogården Passivhus i Alingsås



Projektbeskrivning

Lägenheterna i Brogården byggdes 1970 och har nu ett stort renoveringsbehov. Nyligen när Alingsåshem beslutade sig för att renovera lägenheterna valdes passivhustekniken. Det val gjordes delvis för att hyresgästerna klagade på drag och låga innetemperaturer, vilket innebär att byggnadernas lufttätethet behövde förbättras. Renoveringen påbörjades i februari 2008 och de 300 lägenheterna planeras vara färdiga 2012 (Jansson, 2008).

Byggnaderna har tre våningar och två trapphus. Tre lägenheter på varje våning delar på ett trapphus. Byggnadsstommen är av betong. Fasaderna består av en lätt utfackningsvägg med träreglar och värmeisolerings, samt tegel på utsidan.

Byggnaden har granskats med avseende på möjliga fuktproblem och luftläckage. Trots att tegelfasaden var utsliten, så fanns inga förhöjda fukthalter i träkonstruktionen och denna kunde därför behållas i den renoverade byggnaden. Ett nytt fasadmaterial kommer att väljas, med samma arkitektoniska utseende som den gamla tegelväggen, men som motstår klimatpåverkan under en lång tid. Balkonggolven av betong fortsätter i princip i mellanbjälklagen i byggnaden. Detta medför stora köldbryggor, som kommer att elimineras genom att flytta ut fasaden och hänga balkongerna på utsidan.

Varje lägenhet kommer att ha ett eget från- och tilluftssystem med värmeåtervinning, som ersätter det ursprungliga frånluftssystemet. Värmebatteriet i tilluften är anslutet till fjärrvärmenätet.

¹ Beräknade värden

Faktaruta

Golvarea	m ²
Antal lägenheter	300
Färdigställandeår	2012

Energi standard

Uppvärmningsbehov/år (22°C)	27 ¹ kWh/m ² a
Effektbehov (20°C)	12 ¹ W/m ²
Primär energi.	inte beräknat
Lufttätethet vid 50 Pa	l/sm ²

Byggnadstyp Betongstomme, lätta utfackningsväggar och tegelfasad

U-värden

Yttervägg	0,12 W/m ² K
Tak	0,11 W/m ² K
Platta på mark	0,25 W/m ² K
Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K

Ventilationssystem

Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad $\eta=0.85$) i varje lägenhet

Värme system

Värmebatteri i tilluften, fjärrvärme, solfångare

Byggekostnad kr/m²

Ägare: Alingsåshem

Arkitekt: efem arkitekter / arkitekt Hans Eek

Konstruktör: WSP

Totalentreprenör: Alingsåshem/Skanska

Fotograf: Ulla Jansson

4.2.5 Utformning av skolor och förskolor

I Sverige har hittills mycket få passivskolor och förskolor byggts. Därför är detta avsnitt inte heltäckande. Sist i avsnittet finns ett exempel på projekt.

Arkitektur

Utmärkande drag är framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean och i många fall solavskärmning för att undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Solavskärmningen kan vara i form av ett större taksprång än traditionellt. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken utmärks framförallt av att klimatskalet är mycket välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttäthet. Detta innebär mycket låga U-värden.

Elutrustning

Eleffektiv belysning, fläktar och kontorsutrustning väljes.

Installationsteknik

Det är inget krav att använda tilluftssystemet som värmebärare. Det är dock en möjlig lösning att husen värms med hjälp av tilluftssystemet. Vanligen är byggnaden försedd med ett FTX-system för ventilation. En hög värmeåtervinning eftersträvas, minst en verkningsgrad på 80%.

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system. Rumsuppvärmningen sker i huvudsak med internvärme från elapparater, belysning och personvärme.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmerna genom fönster och begränsa verksamhetselen. Solvärme begränsas genom att inte ha för stora fönsterareor och ev. med solskyddsglas.

Förnybar energi

Förnybar energi kan väljas för uppvärmning och el.

Energislag

Om tillskottsvärmen sker med vattenburen värme, så finns det möjlighet att välja energislag.

Erfarenheter

Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttätet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll.

4.2.6 Exempel på passivhusprojekt - skolor:

Projektnamn <h3 style="text-align: center;">Nybyggnad: Passivförskola i Alingsås</h3>																							
																							
<p>Projektbeskrivning</p> <p>I Alingsås har en ny förskola byggts (Fabs, 2008). Skolan har fem olika avdelningar. Huset är byggt enligt de svenska passivhuskriterierna.</p> <p>Byggnaden har en välisolerad trä- och stålregelstomme. Fasaderna är prefabricerade, isolerade på platsen med polystyren.</p> <p>Byggnaden har ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Inget traditionellt värmesystem är installerat, utan värme tillförs ventilationen. Förskolan värms passivt genom att ta till vara värmen som personer och apparater avger samt insträllande sol. Kalla dagar, eller efter en helg när skolan stått tom, finns möjlighet att tillföra värme till lokalerna via ventilationssystemet. Värmebatteriet i tilluften är anslutet till fjärrvärmenätet. Tillskottsvärme till varmvatten kommer från fjärrvärme.</p>	<p>Faktaruta</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Golvarea</td> <td style="text-align: right;">937 m²</td> </tr> <tr> <td>Antal avdelningar</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td style="text-align: right;">2008</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Uppvärmningsbehov/år (20/22°C)</td> <td style="text-align: right;">kWh/m²a</td> </tr> <tr> <td>Effektbehov (20/22°C)</td> <td style="text-align: right;">W/m²</td> </tr> <tr> <td>Primär energi.</td> <td style="text-align: right;">inte beräknat</td> </tr> <tr> <td>Lufttäthet vid 50 Pa</td> <td style="text-align: right;">0,33 l/sm²</td> </tr> </table> <p>Byggnadstyp</p> <p style="text-align: right;">Trä & stål konstruktion</p> <p>U-värden:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Yttervägg</td> <td style="text-align: right;">0,10 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Tak</td> <td style="text-align: right;">0,09 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Platta på mark</td> <td style="text-align: right;">0,12 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster, medelvärde</td> <td style="text-align: right;">0,85 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η-0.85). Dagtid 1,7 l/sm² Natttid och helger 0,35 l/sm²</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Värmebatteri i tilluften, fjärrvärme, solfångare</p> <p>Byggekostnad: 21 900 kr/m²</p> <p>Ägare: Fabs, Alingsås</p> <p>Arkitekt: Glantz Arkitektstudio</p> <p>Konstruktör: Grontmij</p> <p>Totalentreprenör: PEAB</p> <p>Fotograf: Andreas Molin, Svensson-molins marknadskommunikation</p>	Golvarea	937 m ²	Antal avdelningar	5	Färdigställandeår	2008	Uppvärmningsbehov/år (20/22°C)	kWh/m ² a	Effektbehov (20/22°C)	W/m ²	Primär energi.	inte beräknat	Lufttäthet vid 50 Pa	0,33 l/sm ²	Yttervägg	0,10 W/m ² K	Tak	0,09 W/m ² K	Platta på mark	0,12 W/m ² K	Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K
Golvarea	937 m ²																						
Antal avdelningar	5																						
Färdigställandeår	2008																						
Uppvärmningsbehov/år (20/22°C)	kWh/m ² a																						
Effektbehov (20/22°C)	W/m ²																						
Primär energi.	inte beräknat																						
Lufttäthet vid 50 Pa	0,33 l/sm ²																						
Yttervägg	0,10 W/m ² K																						
Tak	0,09 W/m ² K																						
Platta på mark	0,12 W/m ² K																						
Fönster, medelvärde	0,85 W/m ² K																						
<p>¹ Beräknade värden</p>																							

4.3 Minienergihus

4.3.1 Allmänt

Minienergihus är ett nytt begrepp, som inte har tillämpats i någon större utsträckning. Forum för energieffektiva byggnader har utarbetat krav för bostäder och lokaler (FEBY, 2009b), förutom lokaler avsedda för sport och idrott. Kraven på energi tillåter högre energianvändning än motsvarande krav på passivhus. Kraven gäller framförallt nybyggnation, men kan även tillämpas på befintliga byggnader. Vid marknadsföring skall skillnad göras mellan:

- Projekterad för minienergihus enligt FEBY
- Verifierat minienergihus enligt FEBY

Det sistnämnda fallet innebär att byggnaden uppfyller kraven i drift, enligt anvisningar för verifiering (FEBY, 2009c).

4.3.2 Krav för bostäder och lokaler

Syftet med kraven på minienergihus är att minska behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning av byggnader så att erforderlig termisk komfort kan erhållas på ett rationellt sätt.

Luftburen värme är en möjlighet men inte ett krav. Värmen kan även tillföras via ett konventionellt värmesystem. Effektkraven är dock till skillnad från passivhusen ställda så att värmebehovet inte kan klaras utan recirkulationsluft eller komplettering med ett konventionellt värmesystem.

Innemiljökraven är högt ställda och för bostadsbyggnader får inte komfortkyla förekomma.

Nedan följer ett utdrag från kraven på utformningen av byggnaden. En mer detaljerad beskrivning av effekt och energi, miljö, inneklimat, LCC, speciella krav och råd, beräkningar och verifiering-mätning finns i bilaga 2.

Effekt och energi

För minienergihus skall avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning begränsas (se tabell 4.9). De hårdaste kraven gäller för det minst kalla klimatet i södra Sverige. Vid beräkningen får ett givet schablonvärde på gratisvärme från apparater och personer inkluderas.

Tabell 4.9 Effektkrav vid aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20°C. Med bostadshus mindre än 200 m² avses fristående byggnader t.ex. villor eller parhus mindre än 200 m².

Klimatzon	Effektkrav P _{max} , W/m ²	Effektkrav P _{max} för bostadshus mindre än 200 m ² , W/m ²
III (södra Sverige)	16	20
II (mellersta Sverige)	18	22
I (norra Sverige)	20	24

Rådet vad beträffar årlig köpt energi (se tabell 4.10) innebär en reduktion med 1/3 jämfört med kraven i BBR (Boverket, 2009). Om vi antar att varmvattenanvändningen är ca 25 kWh/m²år, som är ett normalt värde för bostäder, så skulle den tyska passivhusstandarden innebära lägre köpt energi. I den tyska standarden är dock kraven på ventilation och innetemperatur lägre.

Tabell 4.10 Årlig köpt energi, kWh/m²år, exkl. hushållsel vid en innetemperatur på 22°C, förutom för den tyska standarden med 20°C. För svenskt passivhus är köpt energi ett råd.

Klimatzon	Svenskt passivhus, icke elvärt	Svenskt passivhus, elvärt	BBR 2008, bostäder, icke elvärt	BBR 2008, lokaler, icke elvärt	Tysk passivhusstandard
III	70	40	110	100	15 ¹
II	74	42	130	120	15 ¹
I	78	44	150	140	15 ¹

¹ endast rumsuppvärmning

Förnybar energi

Indirekta krav ställs genom viktning av olika energislag.

Inneklimat

Kravet är inte specificerat i detalj utan uttrycks som att erforderlig termisk komfort skall uppfyllas, vilket innebär att krav och råd enligt BBR på ventilation och termisk komfort skall uppfyllas.

Speciella krav och råd

Krav: Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt $0,3 \text{ l/sm}^2$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$, enligt SS-EN 13829. Detta innebär ett avsevärt hårdare krav än äldre byggregler, som angav $0,8 \text{ l/sm}^2$ för bostäder och $1,6 \text{ l/sm}^2$ för lokaler vid $\pm 50 \text{ Pa}$.

Krav: Byggnaden skall ha fönster med ett verifierat U-värde på högst $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier skall vara högst $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta innebär en skärpning jämfört med vad som vanligen krävs för att uppfylla energikraven enligt nuvarande byggregler (Boverket, 2009).

Krav: Ljud från ventilationssystemet skall minst uppfylla ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67. Ljudklass B innebär hårdare krav än byggreglerna.

Råd: Ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$, vilket är samma råd som i BBR (Boverket, 2009).

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

Beräkningar

Energi och effektbehovet skall beräknas.

Verifiering - mätning

Krav: I den färdiga byggnaden skall energianvändningen för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi kunna avläsas månadsvis var för sig.

Vid marknadsföring kan verifierat minienergihus enligt FEBY användas om byggnaden uppfyller kraven i drift, enligt anvisningar för verifiering (FEBY, 2009c).

Råd: Ventilationsaggregatet i flerbostadshus och lokaler bör vara försedda med fasta mätuttag för luftflöden.

4.3.3 Utformning av bostäder

Utformningen är närbesläktad med utformningen av passivhus. Hittills finns inga exempel på genomförda projekt.

Arkitektur

Utmärkande drag är samma som för passivhus dvs. framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean och i många fall finns solavskärmning för att

undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Solavskärmningen kan vara i form av ett större taksprång än traditionellt. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken är i princip densamma som för passivhus dvs. utmärks framförallt av klimatskalet är mycket välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttätethet. Detta innebär låga U-värden, men inte så låga som för passivhus.

Elutrustning

Vitvaror dvs. kyl, frys, tvättmaskin bör väljas från energiklass A. Lågen-ergilampor rekommenderas. Hushållselanvändningen i övrigt bör även begränsas.

Installationsteknik

Vanligen är byggnaden försedd med ett FTX-system för ventilation. En hög värmeåtervinning eftersträvas, minst en verkningsgrad på 80%.

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmern genom fönster.

Förnybar energi

Förnybar energi bör väljas för uppvärmning och el.

Energislag

Om tillskottsvärmen sker med vattenburen värme, så finns möjlighet att byta energislag.

Flexibilitet (användning av byggnaden, energiförsörjningssystem)

För bostäder finns vanligen inte några krav på ändring till annan användning.

Brukarvänlighet

Normalt ingår inte några komplicerade installationer. Brukaren kan behöva byta filter i ett FTX-aggregat.

Erfarenheter

Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttäthet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll.

4.3.4 Utformning av skolor och förskolor

I Sverige har hittills mycket få minienergiskolor och -förskolor byggts. Därför är detta avsnitt inte heltäckande.

Arkitektur

Utmärkande drag är samma som för passivhus dvs. framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean och i många fall solavskärmning för att undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Solavskärmningen kan vara i form av ett större taksprång än traditionellt. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar. I flesta fall finns inga radiatorer.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken är i princip densamma som för passivhus dvs. utmärks framförallt av att klimatskalet är mycket välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttäthet. Detta innebär låga U-värden.

Elutrustning

Eleffektiv belysning, fläktar och kontorsutrustning väljes.

Installationsteknik

Det är inget krav att använda tilluftssystemet som värmebärare. Det är dock en möjlig lösning att husen värms med hjälp av tilluftssystemet. Vanligen är byggnaden försedd med ett FTX-system för ventilation. En hög värmeåtervinning eftersträvas, minst en verkningsgrad på 80%.

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system. Rumsuppvärmningen sker i huvudsak med internvärme från elapparater, belysning och personvärme.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmern genom fönster och begränsa verksamhetselen. Solvärme begränsas genom att inte ha för stora fönsterareor och ev. med solskyddsglas.

Förnybar energi

Förnybar energi kan väljas för uppvärmning och el. Förnybar energi har hittills i huvudsak valts för uppvärmning av tappvarmvatten.

Energislag

Om tillskottsvärmen sker med vattenburen värme, så finns det möjlighet att välja energislag. Ett elbatteri kan endast försörjas med el.

Utförande

Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttätet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll.

4.4 Minergiehus

4.4.1 Allmänt

I Sverige har minergiekraven hittills inte tillämpats. Däremot har en utredning om förutsättningarna för att införa Minergie i Sverige genomförts (Olsson, 2008). Minergie är en schweizisk frivillig kvalitetsmärkning av nybyggnation och renovering. I märkningen ingår krav på god energiprestanda. Sedan starten 1998 har 8940 byggnader (april 2008) certifierats, vilket utgör ca 12% av alla nybyggda bostäder och ca 15% av alla nybyggda

kontorsbyggnader i Schweiz. För renovering är märkningen inte lika vanlig. Krav på energiprestanda ställs på viktad primärenergi.

Det finns ett stort intresse internationellt för Minergie. Hittills har dock Minergie endast exporterats till en region i Frankrike. Föreningen godkänner endast export av sitt koncept under förutsättning att konceptet bibehålles exakt. Gränsvärden för energiprestanda, beräkningsmetodik m.m. skall med andra ord följas (i stort sett).

Minergie tillämpas på flerbostadshus, småhus, förvaltningsbyggnader, skolor, affärslokaler, restauranger, församlinglokaler, sjukhus, industrier, lagerlokaler, idrottshallar, simhallar (Minergie, 2009).

Det finns även Minergie-P, som motsvarar den tyska passivhusstandarden. Andra varianter är Minergie-Eco, där krav på val av material, återvinningssbarhet och mer omfattande krav på innemiljön tillkommer. I avsnitt 4.4.5 finns några exempel på byggnader i Schweiz.

4.4.2 Krav för bostäder

Syftet med energikraven på Minergiehus är att minimera behovet av tillförd energi dvs. primärenergin.

Effekt och energi

För bostäder ställs följande krav på energianvändningen (viktad primär energianvändning):

Nybyggnation: 38 kWh/m²år värme och el, men exkl. hushållsel

Renovering: 60 kWh/m²år värme och el, men exkl. hushållsel.

Ett förenklat förfarande med standardlösningar är möjligt, vilket innebär krav på U-värden (tabell 4.11), likströmsfläktar och verkningsgrad för värmeåtervinning från ventilation på minst 80% samt att fönsterarean inte får vara större än 30% av golvarean. Kraven är alltså mindre hårda än för ett typiskt svenskt passivhus, men bättre än ett hus byggt enligt den svenska byggnormen från 1975.

Tabell 4.10 U-värden vid förenklat förfarande med standardlösningar för bostadshus mindre än 500 m², W/m²K (Minergie, 2009).

	Minergie	SBN 1975, södra Sverige	Exempel passivhus i Sverige
Fönster	1,00	2,00	0,85
Ytterväggar	0,15	0,25	0,10
Tak	0,15	0,17	0,10
Golv	0,15	0,30	0,10
Entrédörr	1,20	1,00	1,00
Fönsterarea/golvarea, %	≤ 30	15	15

I standardlösningen ingår dessutom ett antal möjliga kombinationer av värmekällor:

- Jordvärmepump
- Vedvärme + solfångare
- Automatisk vedvärme
- Frånluftsvärme
- Uteluftsvärmepump

Standardlösningen innebär också att ingen mekanisk kyla får förekomma.

Det totala energibehovet måste vara 25% lägre än den genomsnittliga nuvarande tekniknivån.

Förnybar energi

Indirekta krav ställs, genom kravet på primärenergi. Den fossila energianvändningen måste vara 50% lägre än den genomsnittliga nuvarande tekniknivån.

Miljö

Minergie-Eco innebär krav även på val av material och återvinningsbarhet.

Inneklimat

Förutom krav på lägsta tillåtna innetemperatur så ställs inga direkta krav på inneklimatet. En rimlig termisk komfort på sommaren måste dock kunna intygas. Det anses att inneklimatet i Minergiehusen är bra eftersom de är välisolerade och täta. Kravet på ventilation är 0,19 l/sm² för de flesta

byggnadstyperna. Högre krav gäller för restauranger, samlingslokaler, sjukhus. Kraven är låga jämfört med kravet på 0,35 l/sm² i Sverige.

LCC.

Nej, men investeringskostnaden får inte överstiga med mer än 10% kostnaden för en konventionell byggnad.

Beräkningar

Om inte standardlösningar används så måste energiberäkningar genomförs med ett Minergie verktyg i Excel. Uppvärmningsbehovet beräknas. Om standardlösningar används måste följande redovisas: U-värden, fönsterarea (areabegränsning 30% av golvarean), köldbryggor. Detta förfarande får tillämpas på bostäder ≤500 m².

Verifiering

Utförandekontroller genomförs som stickprov.

4.4.3 Krav för andra byggnader

Syftet med energikraven på Minergiehus är att minimera behovet av tillförd energi dvs. primärenergien. Kraven är samma som för bostäder, med följande undantag.

Energi

Följande krav på energianvändningen (viktad energianvändning) gäller för:

Förvaltningsbyggnader, skolor, affärer, samlingslokaler:

Nybyggnation: 40 kWh/m²år värme och el, men exkl. hyresgästel

Renovering: 55-60 kWh/m²år värme och el, men exkl. hyresgästel

Industrier, lagerlokaler, idrottshallar:

Nybyggnation: 20 kWh/m²år värme och el, men exkl. hyresgästel

Speciella krav

Krav ställs på belysning enligt SIA 380/4 (schweizerischer ingenieur- und architektenverein).

4.4.4 Utformning av bostäder

Arkitektur

Utmärkande drag är framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean och i många fall finns solavskärmning för att undvika övertemperaturer under sommarhalvåret. Solavskärmningen kan vara i form av ett större taksprång än traditionellt. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken utmärks framförallt av klimatskalet är välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttäthet. Detta innebär låga U-värden. Yttreväggar består ofta av en träregelkonstruktion med mellanliggande värmeisolering och där reglarna inte är genomgående.

Elutrustning

Hushållsapparater dvs. kyl, frys, tvättmaskin väljs från energiklass A.

Installationsteknik

Det är vanligt med värmeåtervinning på frånluften. Vid från- och tillluftsventilation installeras ventilationsvärmeväxlare med en minsta verkningsgrad på 80%.

Standardlösningar för uppvärmning är mark- eller uteluftsvärmepump för värme, vedbaserad uppvärmning i panna för uppvärmning vintertid och solvärme för tappvarmvatten på sommaren, pelletspanna eller uteluftsvärmepump för uppvärmning.

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmens genom fönster.

Förnybar energi

Förnybar energi kan väljas för uppvärmning och el.

Primärenergi

Energikraven gäller primärenergi.

Brukarvänlighet

Normalt ingår inte några komplicerade installationer. Brukaren kan behöva byta filter i ett FTX-aggregat.

Erfarenheter

Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttäthet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll.

4.4.5 Exempel på Minergie – bostäder och kontor

<p>Projekt namn</p> <p>Nybyggnad: Minergiehus i Steinhausen Schweiz</p>																							
																							
<p>Projektbeskrivning</p> <p>Flerbostadshuset i Steinhausen byggdes år 2006 och uppfyller Minerriegraven (Minergie, 2009b). Tanken bakom byggnaden var att skapa en träbyggnad med låg energi användning för drift och med ett bra inneklimat.</p> <p>Byggnaden har 6 våningar. Det är ett flerbostadshus med lokaler på markplanet.</p> <p>Den bärande stommen är av trä. Ytterväggarna består av prefabricerade värmeisolerade träregelement. Stor vikt har lagts vid att skapa en byggnad med hög lufttäthet.</p> <p>Ventilationssystemet är ett individuellt reglerbart mekaniskt system och är försett med värmeåtervinning. På vintern förvärms uteluften i marken. En värmepump levererar värme för rumsuppvärmning och trappvarmvatten.</p> <p>Rumsuppvärmning sker med ett golvvärmsystem.</p> <p>Byggnaden förses med dagsljus huvudsakligen genom söderfönster.</p> <p>¹ Beräknade värden</p>	<p>Faktaruta</p> <table border="0"> <tr> <td>Golvarea</td> <td>2 448 m²</td> </tr> <tr> <td>Antal lägenheter/lokaler</td> <td>9/2</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td>2006</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <table border="0"> <tr> <td>Uppvärmningsbehov/år kWh/m²a</td> <td>29¹</td> </tr> <tr> <td>Effektbehov</td> <td>16¹ W/m²</td> </tr> <tr> <td>Primärenergi</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lufttäthet (n₅₀-värde)</td> <td>1/h</td> </tr> </table> <p>Byggnadstyp: Träkonstruktion</p> <p>U-värden:</p> <table border="0"> <tr> <td>Yttervägg</td> <td>0,23 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Roof</td> <td>0,13 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Golv /</td> <td>0,23 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster /medelvärde</td> <td>0,85 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med värmeåtervinning (FTX)</p> <p>Värmsystem:</p> <p>Värmepump och el</p> <p>Byggekostnad: Euro/m²</p> <p>Ägare:</p> <p>Arkitekt:</p> <p>Foto: MINERGIE®</p>	Golvarea	2 448 m ²	Antal lägenheter/lokaler	9/2	Färdigställandeår	2006	Uppvärmningsbehov/år kWh/m ² a	29 ¹	Effektbehov	16 ¹ W/m ²	Primärenergi		Lufttäthet (n ₅₀ -värde)	1/h	Yttervägg	0,23 W/m ² K	Roof	0,13 W/m ² K	Golv /	0,23 W/m ² K	Fönster /medelvärde	0,85 W/m ² K
Golvarea	2 448 m ²																						
Antal lägenheter/lokaler	9/2																						
Färdigställandeår	2006																						
Uppvärmningsbehov/år kWh/m ² a	29 ¹																						
Effektbehov	16 ¹ W/m ²																						
Primärenergi																							
Lufttäthet (n ₅₀ -värde)	1/h																						
Yttervägg	0,23 W/m ² K																						
Roof	0,13 W/m ² K																						
Golv /	0,23 W/m ² K																						
Fönster /medelvärde	0,85 W/m ² K																						

Projektname **Nybyggnad: Minergiehus i Wolfswinkel**
Schweiz



Projektbeskrivning

Flerbostadshuset i Wolfswinkel i Zürich byggdes 2007-2008 och uppfyller Minergie kraven (Minergie, 2009c). Tanken bakom byggnaderna var att skapa attraktiva hållbara byggnader.

Det finns sju stycken flerbostadshus, alla med fyra våningar. Lägenheterna varierar i storlek mellan 2,5 och 5,5 rum.

Ytterväggarna består av välisolerade träregelväggar.

Ventilationssystemet är mekaniskt med värmeåtervinning. En markvärmepump levererar värme till rumsuppvärmning och tappvarmvatten.

Rumsuppvärmning sker med golvvärme.

För bidrag till elanvändningen finns det 465 m² solceller.

1 Beräknade värden

Faktaruta

Golvarea	27 361 m ²
Antal lägenheter	189
Färdigställandeår	2009

Energistandard:

Värmebehov/år	28 ¹ kWh/m ² a
Effektbehov (20°C)	? W/m ²
Primärenergi	
Lufttäthet (n ₅₀ -värde)	? l/h

Byggnadstyp: Träkonstruktion

U-värde:

Yttervägg	0,18 W/m ² K
Tak	0,16 W/m ² K
Golv	0,18 W/m ² K
Fönster/medelvärde	0,96 W/m ² K

Ventilationssystem:

Fläktventilation med värmeåtervinning

Värmesystem:

Värmepump

Byggekostnad: Euro/m²

Ägare: Allgemeine Baugenossenschaft Zürich

Arkitekt: Egli Rohr Partner AG

Foto: MINERGIE®

Projektnamn Nybyggnad: Kontor i Esslingen Schweiz	
	
<p>Projektbeskrivning</p> <p>I Esslingen i närheten av Zürich byggs ett kontor med syftet att uppfylla Minergie - Passivhus och Ekologi (Braun, 2009). Byggnaden är tänkt att inte behöva någon tillskottsenergi för värme eller kyla. Uppvärmning sker uteslutande med sol-energi, som lagras i marken. En solcellsanläggning, som är integrerad i fasaden, svarar för hälften av elanvändningen i byggnaden.</p> <p>Byggnaden har tre våningar. Ett helhetstänkande har präglat projektering. Byggnaden är försedd med en träelementfasad. Kyla och värme kommer från ett termiskt marklager – ett borrhålslager. På vintern används en markvärmepump. På sommaren lagras en del av värmen från solfångare i marken i borrhålslagret. På taket finns 95 m² solfångare. 200 m² solceller är integrerade i fasaden.</p> <p>Söderfasaden är en dubbelskalsfasad. På vintern möjliggör fasaden rumsuppvärmning med solvärme. På sommaren skyddar fasaden mot övertemperaturer pga. solvärme. Fasaden säkerställer även ett högt utnyttjande av dagsljus. För att skydda mot bländning finns invändiga textilrullgardiner. I dubbelskalsfasaden finns persienner för att reglera insläppet av solvärme. Fönsterarean motsvarar 27% av golvarean.</p> <p>Ventilationen är behovsstyrd med hjälp av CO₂-givare. Ventilationssystemet är försett med värmeåtervinning.</p>	<p>Faktaruta</p> <p>Golvarean 2 621 m²</p> <p>Antal avdelningar</p> <p>Färdigställandeår 2010</p> <p>Energistandard:</p> <p>Uppvärmningsbehov/år (20/22°C) 9 kWh/m²a</p> <p>Effektbehov (20/22°C) W/m²</p> <p>Primär energi. inte beräknat</p> <p>Lufttäthet vid 50 Pa l/sm²</p> <p>Byggnadstyp: Trä & stål konstruktion</p> <p>U-värden:</p> <p>Yttervägg 0,10 W/m²K</p> <p>Tak 0,11 W/m²K</p> <p>Platta på mark 0,39 W/m²K</p> <p>Fönster, medelvärde 0,7 W/m²K</p> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η=0,8).</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Markvärme, solfångare</p> <p>Byggnadskostnad: kr/m²</p> <p>Ägare:</p> <p>Arkitekt: Stücheli Architekten</p> <p>Fotograf:</p>

4.5 Övriga koncept

4.5.1 Egenvärmehus

Denna typ av hus har många likheter med passivhus. Husen byggs så pass täta och välisolerade att de klarar sig utan konventionella radiatorer (Gunne, 2008). Bostäder värms upp av de boende, hushållsapparater och solinstrålning. Ventilationen sker med ett till- och frånluftssystem med mycket effektiv värmeåtervinning. Fjärrvärme kan användas för rums- och tappvarmvattenuppvärmning.

I egenvärmehus projekterade av White arkitekter är ambitionen att undvika traditionell uppvärmning såsom fjärrvärme. Helst nyttjas jordvärme och solenergi och att husen skall vara helt självförsörjande på energi. En uppskattning av energianvändningen för ett flerbostadshus är ca 75 kWh/m²år inkl. hushållsel och varmvatten dvs. ca 45 kWh/m²år exkl. hushållsel (Levin, 2009). Energianvändningen är alltså av samma storleksordning, som för ett passivhus.

Några flerbostadshus har byggts i Sverige enligt detta koncept, varav ett presenteras i nästa avsnitt.

Utformningen av egenvärmehusen präglas av:

Arkitektur

Utmärkande drag är framförallt återhållsamhet vad beträffar fönsterarean. Ett annat utmärkande drag är tjocka väggar. I många fall finns inga radiatorer i lägenheterna.

Byggnadsteknik

Byggnadstekniken utmärks framförallt av att klimatskalet är välisolerat, med minimering av köldbryggor och hög lufttäthet.

Elutrustning

Hushållsapparater dvs. kyl, frys, tvättmaskin väljs vanligen från energiklass A.

Installationsteknik

Vanligen är byggnaden försedd med ett FTX-system för ventilation. En hög värmeåtervinning eftersträvas, minst en verkningsgrad på 80%.

Systemlösning

Ventilationen ombesörjs vanligen av ett FTX-system. Rumsuppvärmningen sker i huvudsak med internvärme från elapparater, belysning och personvärme. I många fall fås tillsatsvärme genom eftervärmning av tilluften.

Energieffektiviserings-strategi

Huvudstrategin är minimera energiförlusterna genom klimatskärmen och pga. ventilationen, samt att undvika övertemperaturer genom att begränsa solvärmern genom fönster. Sistnämnda löses genom att inte ha för stora fönsterareor.

Erfarenheter

Stora krav ställs på det praktiska utförande av byggnadstekniken vad gäller värmeisolering och lufttätethet, samt utförande av ventilationssystem med värmeåtervinning. Detta för att göra det möjligt att uppnå kraven på låg energianvändning. Alla detaljlösningar (anslutningar, köldbryggor som bör undvikas) måste vara väl genomtänkta och presenteras på ritningar. En viktig förutsättning är att alla projektörer arbetar tillsammans och strävar åt samma håll.

4.5.2 Exempel på egenvärmehusprojekt

Projektnamn	Nybyggnad: Egenvärmehus i Stockholm																			
																				
Projektbeskrivning	<p>Faktaruta</p> <table border="0"> <tr> <td>Golvarea</td> <td>3975 m² BRA</td> </tr> <tr> <td>Antal lägenheter</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td>2009-10</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <table border="0"> <tr> <td>Uppvärmningsbehov/år (21°C)</td> <td>48¹ kWh/m²a</td> </tr> <tr> <td>Effektbehov (20/22°C)</td> <td>15/17¹ W/m²</td> </tr> </table> <p>Primär energi. inte beräknat</p> <p>Lufttäthet vid 50 Pa 0,4 l/sm²</p> <p>Byggnadstyp: Betongstomme med lätta utfackningsväggar</p> <p>U-värden:</p> <table border="0"> <tr> <td>Yttervägg</td> <td>0,18 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Tak</td> <td>0,08 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Golv</td> <td>0,09 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster, medelvärde</td> <td>1,0 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η-0.90).</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Fjärrvärme</p> <p>Byggekostnad: kr/m² BOA</p> <p>Ägare: ByggVesta</p> <p>Arkitekt: White Arkitekter</p> <p>Konstruktör:</p> <p>Totalentreprenör: Järntorget exkl. energi</p> <p>Bild: White Arkitekter</p>		Golvarea	3975 m ² BRA	Antal lägenheter	59	Färdigställandeår	2009-10	Uppvärmningsbehov/år (21°C)	48 ¹ kWh/m ² a	Effektbehov (20/22°C)	15/17 ¹ W/m ²	Yttervägg	0,18 W/m ² K	Tak	0,08 W/m ² K	Golv	0,09 W/m ² K	Fönster, medelvärde	1,0 W/m ² K
Golvarea	3975 m ² BRA																			
Antal lägenheter	59																			
Färdigställandeår	2009-10																			
Uppvärmningsbehov/år (21°C)	48 ¹ kWh/m ² a																			
Effektbehov (20/22°C)	15/17 ¹ W/m ²																			
Yttervägg	0,18 W/m ² K																			
Tak	0,08 W/m ² K																			
Golv	0,09 W/m ² K																			
Fönster, medelvärde	1,0 W/m ² K																			
<p>I Henriksdalshamnen i Stockholm har ett flerbostadshus byggts med 7 våningar utformat som ett egenvärmehus (Byggvesta, 2009).</p> <p>Ventilationssystemet har ett centralt från- och tilluftsaggregat med tillhörande värmeväxlare, som har en hög värmeåtervinningsgrad. Tillskottsenergi i respektive lägenheter kommer från fjärrvärmenätet. Inga radiatorer finns. Värme, varmvatten och hushållsel mäts individuellt. Belysningen i gemensamma utrymmen är närvarostyrd.</p>																				
<p>¹ Beräknat värde.</p>																				

4.5.3 Nollenergihus

Detta koncept innebär att huset tillfredställer sitt energibehov med lågkostnads-, lokalt tillgänglig, icke-förorenande, förnybar energi (Torcellini, 2006). Dock accepteras traditionell el och energi från nätet eller naturgas vid de tillfällen energin genererad på platsen inte räcker till pga. stort behov. När lokalt producerad elenergi är större än behovet kan den levereras till elnätet. Helst skall det vara balans mellan över- och underskott under ett år. Typiska teknologier tillgängliga idag för lokal produktion är solceller, solfångare, vind, vattenkraft och biobränsle. Först bör energieffektivitet säkerställas, därefter användning av förnybar energi. Det är nästan alltid lättare att spara energi än att producera energi.

Fyra något olika definitioner för nollenergihus kan ställas upp:

1. Netto nollenergi på platsen: en på platsen nollenergibyggnad producerar åtminstone lika mycket energi som används under ett år, redovisad på platsen.
2. Netto noll källenergi: en nollkällenergibyggnad producerar åtminstone lika mycket energi som används under ett år. Källenergi syftar på den primära energi använd för att generera och leverera energin till platsen. För att beräkna en byggnads totala källenergi, multipliceras importerad och exporterad energi med lämplig plats-till-källa omräkningsfaktor.
3. Netto noll energikostnad: i en kostnadsnollenergibyggnad är pengasumman som energileverantören betalat byggnadsägaren för energin byggnaden exporterar till nätet åtminstone lika med pengasumman ägaren betalar energileverantören för energiservicen och energin under året.
4. Netto noll energiemissioner: en netto noll emissionsbyggnad producerar åtminstone lika mycket emissionsfri förnybar energi som den använder av emissionsproducerande energikällor.

I kravspecifikationen för passivhus finns ett tilläggskrav för nollenergihus (se avsnitt 4.2.2).

Inga kända exempel finns i Sverige.

4.5.4 Plusenergihus

Detta koncept påminner om nollenergihus, men innebär att huset mer än tillfredställer sitt energibehov med lågkostnads-, lokalt tillgänglig, icke-förorenande, förnybar energi. Dock accepteras traditionell el och energi från nätet eller naturgas vid de tillfällen energin genererad på platsen inte räcker till pga. stort behov. När lokalt producerad elenergi är större än

behovet kan den levereras till elnätet. Helst skall det vara detta vara ett överskott summerat under ett år. Typiska teknologier tillgängliga idag för lokal produktion är solceller, solfångare, vind, vattenkraft och biobränsle. Först bör energieffektivitet säkerställas, därefter användning av förnybar energi. Fyra något olika definitioner för nollenergihus kan ställas upp:

1. Netto plusenergi på platsen: en på platsen plusenergibyggnad producerar mer (x%?) energi än som används under ett år, redovisad på platsen (se exempel nedan).
2. Netto plus källenergi: en pluskällenergibyggnad producerar mer (x%?) energi än som används under ett år. Källenergi syftar på den primära energianvändningen för att generera och leverera energin till platsen. För att beräkna en byggnads totala källenergi, multipliceras importerad och exporterad energi med lämplig plats-till-källa omräkningsfaktor.
3. Netto plus energikostnad: i en kostnadsplusenergibyggnad är pengasumman som energileverantören betalat byggnadsägaren för energin byggnaden exporterar till nätet större (x%?) än pengasumman ägaren betalar energileverantören för energiservicen och energin under året.
4. Netto plus energiemissioner: en netto plus emissionsbyggnad producerar mer (x%?) emissionsfri förnybar energi än den använder av emissionsproducerande energikällor.

4.5.5 Exempel på plusenergihusprojekt:

Projektnamn <h3 style="text-align: center;">Nybyggnad: Plusenergihus i Åkarp</h3>															
															
<p>Projektbeskrivning</p> <p>I Åkarp norr om Malmö har en villa byggts enligt principerna för ett plusenergihus (Adalberth, 2009). Huset är i princip ett passivhus, där den tillskottsenergi som trots allt behövs genereras av huset och lite därtill.</p> <p>Villan är en ett och ett halvt plans villa med trästomme. Fasaderna består av putsad cementskiva. Taket har 50 m² takyta mot söder, där solfångare (18 m²) och solceller (32 m²) är placerade. Fönsterytan är på ca 33 m², vilket motsvarar 22% av golvarean. I vardagsrummet finns en ackumulatortank (1,6 m i diameter, 2000 l) med anslutande pelletskamin.</p> <p>Solfångarna värmer huset och varmvattnet. När denna värme inte räcker kan en vattenmantlad pelletskamin tillföra värme. Värmen tillförs huset med traditionella radiatorer.</p> <p>Villan har ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning.</p> <p>En attraktiv arkitektur har eftersträvt.</p>	<p>Faktaruta</p> <table> <tr> <td>Golvarean</td> <td>150 m²</td> </tr> <tr> <td>Antal lägenheter</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Färdigställandeår</td> <td>2009</td> </tr> </table> <p>Energistandard:</p> <p>Uppvärmningsbehov/år (20/22°C) 15¹/ kWh/m²a</p> <p>Effektbehov (20/22°C) ?/ W/m²</p> <p>Primär energi (om pellets 1:1). 15¹ kWh/m²a</p> <p>Lufttäthet vid 50 Pa 1/sm²</p> <p>Byggnadstyp Träregelkonstruktion</p> <p>U-värden:</p> <table> <tr> <td>Yttervägg</td> <td>0,07 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Tak</td> <td>0,07 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Platta på mark</td> <td>0,07 W/m²K</td> </tr> <tr> <td>Fönster, medelvärde</td> <td>0,8 W/m²K</td> </tr> </table> <p>Ventilationssystem:</p> <p>Fläktventilation med en värmeväxlare (verkningsgrad η-0.87).</p> <p>Värmesystem:</p> <p>Solfångare och pelletskamin</p> <p>Byggekostnad: (inkl. projektering, mark, anslutning): 21 600 kr/m²</p> <p>Ågare: Karin Adalberth</p> <p>Arkitekt: Werner Strolz</p> <p>Fotomontage: Visualisera Arkitektur AB</p>	Golvarean	150 m ²	Antal lägenheter	1	Färdigställandeår	2009	Yttervägg	0,07 W/m ² K	Tak	0,07 W/m ² K	Platta på mark	0,07 W/m ² K	Fönster, medelvärde	0,8 W/m ² K
Golvarean	150 m ²														
Antal lägenheter	1														
Färdigställandeår	2009														
Yttervägg	0,07 W/m ² K														
Tak	0,07 W/m ² K														
Platta på mark	0,07 W/m ² K														
Fönster, medelvärde	0,8 W/m ² K														
<p>¹ Beräknade värden.</p>															

4.5.6 3-litershus

I vardagligt tal betecknas som 3-litershus lågenergihus, som har ett årligt primärenergi-behov per m² golvarea för uppvärmning som är mindre än 34 kWh (Fraunhofer, 2001). Vad gäller personbilar är ett intressant mål en bil som använder 3 liter bensin/diesel per 100 km. Detta motsvarar primärenergiinnehållet i 3 liter eldningsolja. Hittills gjorda värderingar av uppvärmningsbehovet tar inte hänsyn till värmeförluster från installationer, energi för att driva pumpar och fläktar liksom typ av bränsle (gas, olja, eller ström) dvs. ingen slutsats om det verkliga energibehovet.

I 3-litersbegreppet ingår inte varmvattenberedning och hushållsel. 34 kWh primärenergi per m² motsvarar 3 l eldningsolja/m², 2,9 m³ naturgas/m², 11,2 kWh el/m², 7.1 kg ved/m².

Enligt uppgift finns några 3-litershus i Tyskland och Österrike.

4.5.7 Smarta hus

Smarta hus är inte ett entydigt begrepp. I princip innebär det ett hus med IT-relaterade funktioner för att styrning och övervakning med information till de boende, populärt uttryckt husens "smarta tjänster" och det är system som många bostäder inte har. Smarta hus gäller framförallt bostäder. Exempel på "smarta tjänster" är (Broomé, 2002), varav en del påverkar energianvändningen:

Allmänt:

- individuell mätning och debitering av olika energitjänster
- mätning av temperatur inne, ute och lufttryck
- timerfunktioner
- reglering av husets centrala värme- och ventilationssystem
- godnattlampa (alla belysning släcks via en strömbrytare vid sängen)
- bredband och fiberoptik ger möjligheter för den som önskar arbeta hemma

Säkerhet:

- låsning/upplåsning av ytterdörr via fingeravtryck
- per telefon verifiera att dörr är låst, liksom spisen avstängd
- central strömbrytare för kritiska el-anslutningar till exempelvis spis och strykjärn
- läckagealarm och automatisk avstängning av vatten
- fuktlarm på våtutrymmen
- larm på kyl, frys och spis ("ur funktion" och "för hög temperatur")

- spis stängs av när ytterdörren låses vid bortavaro
- hallampa tänds när ytterdörren låses upp
- inbrottslarm
- brandlarm

Det tänkande kylskåpet:

- huset utrustas med Screenfridge, det "tänkande kylskåpet" och till detta kopplas olika
- IT-baserad tjänster
- Morgon-TV, eftersom Screenfridge också är en TV kan alla tillgängliga kana-ler ses
- Internetsökning
- information om familjen, istället för att skriva ett meddelande som fästs med kylskåpsmagnet kan man meddela sig via vidaremeddelande på kylskåpet
- inköp av dagligvaror via Internet

Det finns några svenska exempel.

5 Beskrivning av energi- och miljöklassningssystem för byggnader

Det finns flera miljö- och energiklassningssystem för byggnader, svenska och internationella. System som framförallt tillämpas i Sverige är GreenBuilding, kravspecifikationer för passivhus och minenergihus (Forum för energieffektiva byggnader), P-märkning och Miljöklassning (Bygga-bo-dialogen). Ett nytillkommet system är byggnaders energiprestanda – Energiklassning (förslag till svensk standard). Internationella exempel som ibland tillämpas i Sverige är BREEAM och LEED, som är miljöklassningssystem inkluderande aspekter såsom kostnader och innovativ design. De första systemen är miljö- eller energiklassningssystem.

GreenBuilding: Detta system har utvecklats för kontorsbyggnader inom ett EU-projekt i samband med energideklarationerna (Greenbuilding, 2004). För att bli klassad som en GreenBuilding får nya kontorsbyggnader inte använda mer än 75% av energikravet enligt de nationella byggreglerna. För befintliga byggnader gäller att ett energiledningssystem skall införas och åtgärder genomföras som minskar energianvändningen med 25%.

Minergie: Detta är en schweizisk frivillig kvalitetsmärkning av nybyggnation och renovering (se avsnitt 4.4). I märkningen ingår krav på god energiprestanda, som är baserade på viktningsskattor för olika energibärare. Kravet på energiprestanda vid renovering är lägre än vid nybyggnation.

Kravspecifikationer på passivhus och minenergihus: Detta är specifika energikrav på byggnader (bostäder och lokaler) utvecklade inom Energimyndighetens program för lågenergihus (se avsnitt 4.2 och 4.3). Två kravnivåer finns, passivhus och minenergihus. Krav ställs bl.a. på till byggnaden maximalt tillförd effekt för direkt uppvärmning vid dimensionerande utetemperatur.

P-märkning: Detta system har utvecklats och drivs av SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut). Det ursprungliga syftet var att säkerställa inomhusmiljön i byggnader, men idag omfattas även energianvändningen. Krav ställs på olika aspekter av inomhusmiljön och minsta energianvändning som

fastighetsägaren fastställer. Systemet bygger i huvudsak på ett fungerande ledningssystem, som kvalitetssäkrar innemiljö och energianvändning. Miljöklassning av byggnader: Detta är ett system som drivs av medlemmarna inom Bygga-bo-dialogen. Tre olika områden beaktas, energi, miljö och kemiska ämnen (se avsnitt 5.2). Metoden är främst avsedd för befintliga eller nya/projekterade bostäder och kontor.

Byggnaders energiprestanda – Energiklassning (förslag till svensk standard): Energiklassningen utgår ifrån byggnadens (bostäder och lokaler) effektbehov, energianvändning, användning av resurser, möjlig påverkan på växthuseffekten och energianvändning för hushålls/verksamhetsändamål (Svensk Standard, 2009). Dessa områden redovisas med hjälp av följande prestanda: byggnadens effektbehov, köpt energi, viktad energianvändning och CO₂ - emission, samt användning hushålls- eller verksamhetsenergi (se avsnitt 5.2). Det fortsatta arbetet innebär att fyra olika standarder kommer att utarbetas, en för vardera prestanda. Först kommer standarder att utarbetas för effektbehov och köpt energi.

BREEAM (BREs Environmental Assessment Method): Detta system har utvecklats av brittiska byggforskningsinstitutet. Metoden är frivillig. Systemet bygger på poäng för olika kriterier. En referensbyggnad skapas. Inom Sweden Green Building Council pågår bl.a. översättning av BREEAM till svenska förhållanden.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System): Systemet är utvecklat av ett amerikanskt råd för Green Building. Krav ställs med avseende på miljöprestanda, ekonomi och användarens välbefinnande. Målet är att byggnaden skall ha prestanda som är bland de 25% ledande byggnaderna byggda med dagens bästa teknik. Sex områden ingår: hållbara städer, effektiv användning av vatten, energi och atmosfär, material och resurser, innemiljö och innovation och design. Inom Sweden Green Building Council pågår bl.a. översättning av LEED till svenska förhållanden.

Vanliga energi- och miljöklassningssystem är:

- Bygga-bo-dialogen
- SIS Energiklassning
- P-märkning
- Green buildings
- LEED
- BREAAAM

I denna rapport har två klassningssystem valts ut för värdering och jämförelse av beskrivna koncept, nämligen Miljöklassning av byggnader enligt bygga-bo-dialogen och Energiklassning av byggnader enligt SISs förslag

till energiklassning. Dessa två system är utvecklade för svenska förhållande och redovisar ett antal energirelaterade klasser.

5.1 Miljöklassning av byggnader enligt bygga-bo-dialogen

Miljöklassning enligt Bygga-bo-dialogen gäller för befintliga kontor och bostäder, samt ny/projekterade (uppförda efter 1 juli 2009) kontor och bostäder. Klassningen av befintliga resp. nya/projekterade byggnader skiljer sig åt ifråga om köpt energi och kemikalier. Ett antal aspekter (Bygga-bo-dialogen, 2008) kopplade till energianvändningen ingår:

Aspekter	Indikatorer
Energianvändning Energibehov	Köpt energi Värmeförlusttal Solvärmetal
Energislag Termiskt klimat och dagsljus	Andel av olika energislag Termiskt klimat vinter Termiskt klimat sommar Dagsljus

För köpt energi anges klassningskriterierna för de vanligaste byggnadstyperna (se tabell 5.1 och 5.2) (Bygga-bo-dialogen, 2009).

Tabell 5.1 Klassningskriterier, energiprestanda EP, total köpt energi exkl. hushålls- eller hyresgästel i kWh/m²år, för befintliga byggnader.

Byggnad	Area mätt	Klassad	Brons	Silver	Guld
Förskolor	LOA	≥ 234	< 234	< 182	< 149
Flerbostadshus	BOA	≥ 171	< 171	< 135	< 110
Vårdbyggnader	LOA	≥ 200	< 200	< 174	< 133
Skolor	LOA	≥ 206	< 206	< 170	< 130
Kontor	LOA	≥ 193	< 193	< 118	< 84
Småhus	BOA	≥ 162	< 162	< 105	< 71

Tabell 5.2 Klassningskriterier, energiprestanda EP, total köpt energi exkl. hushålls- eller hyresgästel i kWh/m²A_{temp}, år, för nya/projekterade byggnader.

Byggnad	Klassad	Brons	Silver	Guld
Alla	≥ Nybyggnads- värde i BBR	≤ 1,00 X Nybyggnads- värde i BBR	≤ 0,75 X Nybyggnads- värde i BBR	≤ 0,65 Nybyggnads- värde i BBR
Nedan beräk- nat (Boverket, 2009)				
Bostäder, kli- matzon I – III		≤150 - 110	≤113 - 83	≤97,5 – 71,5
Lokaler, kli- matzon I – III		≤140 - 100	≤105 - 75	≤91 – 65

Värmeförlusttal anges för alla byggnader, exkl. avloppsvärmeförluster (se tabell 5.3 och 5.4). Vid beräkning tas inte hänsyn till avloppsförluster.

Tabell 5.3 Kriterier för värmeförlusttal, W/m²A_{temp}, för befintliga byggnader.

Byggnad	Klassad	Brons	Silver	Guld
Alla byggnader	> 70	≤ 70	≤ 45	≤ 30

Tabell 5.4 Kriterier för värmeförlusttal, W/m²A_{temp}, för nya/projekterade byggnader.

Byggnad	Enhet	Klassad	Brons	Silver	Guld
Alla byggnader utan elvärme	W/m ² A _{temp}	> 60	≤ 60	≤ 40	≤ 25
Alla byggnader med elvärme	W/m ² A _{temp}	> 40	≤ 40	≤ 30	≤ 20

Andelen av olika energislag beräknas på all energianvändning dvs. även hushålls- och verksamhetsel (se tabell 5.5).

Tabell 5.5 Kriterier för andelar av olika energislag, %.

Miljövalskategori		Klassad	Brons	Silver	Guld
Sol, miljömärkt vatten- och vindkraft	mer än			10	20
Miljögodkänd biobränsleeldning, ej miljöklassad/-märkt vattenkraft	eller mer än			50	50
Övrig biobränsleeldning	och mindre än				20
Ej förnybart	och mindre är		50	25	20

Vad beträffar termiskt inneklimat vinter finns olika alternativ, ett som bygger på beräkning av transmissionsfaktor för rum och ett som bygger på operativ temperatur, strålningstemperatur och ytemperatur (se tabell 5.6)

Tabell 5.6 Kriterier för termisk komfort på vintern.

Indikator	Byggnad	Klassad	Brons	Silver	Guld
	Bostäder, kontor, skolor			Brons +	Silver +
Operativ temperatur		$\geq 18^{\circ}\text{C}$	$> 18^{\circ}\text{C}$	$> 20^{\circ}\text{C}$	Att minst 80% av brukarna enligt enkät är nöjda med termiska komforten under vinter.
Skillnad i strålningstemperatur					
Fönster – motsatt vägg		$\geq 10\text{ K}$	$< 10\text{ K}$	-	
Tak – golv		$\geq 5\text{ K}$	$< 5\text{ K}$	-	
Ytemperatur, golv		$\leq 16^{\circ}\text{C}$	Minst 16°C	$18\text{-}26^{\circ}\text{C}$	

Även för termisk komfort sommar finns två alternativ, ett relaterat till solvärmefaktorn och ett som anger operativ temperatur.

Tabell 5.7 Kriterier för operativ temperatur på sommaren.

Byggnad	Klassad	Brons	Silver	Guld
Lokaler	$\geq P^1 28^\circ\text{C}$	$< P^1 28^\circ\text{C}$	$< P^1 27^\circ\text{C}$	Silver + samt att minst 80% brukarna enligt enkät är nöjda med klimatet under sommarhalvåret
Skolor	$\geq P^1 28^\circ\text{C}$ eller ej öppningsbara fönster	$< P^1 28^\circ\text{C}$ samt öppningsbara fönster	$< P^1 27^\circ\text{C}$ samt öppningsbara fönster	Silver + samt att minst 80% brukarna enligt enkät är nöjda med klimatet under sommarhalvåret (nya/projekterade byggnader: samt öppningsbara fönster).

¹ överskrids inte mer än 10% av arbetstiden under juli månad (utan hänsyn till semester).

5.2 Energiklassning av byggnader enligt SIS förslag till energiklassning

Som nämnts ovan, så omfattas följande prestanda: byggnadens effektbehov, köpt energi, viktad energianvändning och CO₂ - emission (presenteras inte här), samt användning av hushålls- eller verksamhetsenergi. Metoden är tänkt att i första hand utgå ifrån uppmätt energianvändning och gälla för både nya byggnader och befintliga byggnader som behandlas på samma sätt (Svensk Standard, 2009).

Klassning av energiprestanda för effektbehov

Energiprestanda för effektbehov bestäms med hjälp av byggnadens effektbehov. Klassningen är kopplad till krav på installerad effekt (P_{IEL}) för uppvärmning av byggnader med elvärme enligt gällande byggregler vid nybyggnation.

Tabell 5.8 Förslag till begränsningsvärde för klassning av effektbehov (Svensk Standard, 2009).

Effektbehovsklass	Eluppvärmda byggnader, $W/m^2 A_{temp}$	Byggnader som har annat uppvärmningssätt än elvärme, $W/m^2 A_{temp}$
A+	$\leq 0,25 \cdot P_{IEL}$	$\leq 0,25 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
A	$\leq 0,50 \cdot P_{IEL}$	$\leq 0,50 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
B	$\leq 0,75 \cdot P_{IEL}$	$\leq 0,75 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
C	$\leq 1,00 \cdot P_{IEL}$	$\leq 1,00 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
D	$\leq 1,25 \cdot P_{IEL}$	$\leq 1,25 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
E	$\leq 1,50 \cdot P_{IEL}$	$\leq 1,50 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
F	$\leq 1,75 \cdot P_{IEL}$	$\leq 1,75 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$
G	$> 1,75 \cdot P_{IEL}$	$> 1,75 \cdot 1,6 \cdot P_{IEL}$

Om vi antar ett ordinärt småhus eller lokal har en golvyta på 140 m², så blir effektbehoven baserade på nuvarande byggregler (BBR, 2009) (se tabell 5.9).

Tabell 5.9 Förslag till begränsningsvärde för klassning av effektbehov, beräknade värden för ett småhus eller lokal på 140 m², baserade på nuvarande byggregler för bostäder (Svensk Standard 2009). Klimatzonerna är III (södra Sverige), II (mellersta Sverige) och (norra Sverige).

Effektbehovsklass	Klimatzon I: Eluppvärmda byggnader, $W/m^2 A_{temp}$	Klimatzon III: Eluppvärmda byggnader, $W/m^2 A_{temp}$	Klimatzon I: Byggnader som har annat uppvärmningssätt än elvärme, $W/m^2 A_{temp}$	Klimatzon III: Byggnader som har annat uppvärmningssätt än elvärme, $W/m^2 A_{temp}$
A+	≤ 10	≤ 8	≤ 16	≤ 13
A	≤ 20	≤ 16	≤ 32	≤ 26
B	≤ 30	≤ 24	≤ 47	≤ 39
C	≤ 40	≤ 32	≤ 63	≤ 52
D	≤ 49	≤ 40	≤ 79	≤ 65
E	≤ 59	≤ 48	≤ 95	≤ 77
F	≤ 69	≤ 57	≤ 110	≤ 90
G	> 69	> 57	> 110	> 90

Klassning av energiprestanda för användning av köpt energi

Energiprestanda bestäms med hjälp av byggnadens köpta energi. Klassningen är kopplad till krav på byggnadens specifika energianvändning (E_{BSE}) enligt gällande byggregler vid nybyggnation dvs. hushållsenergi och verksamhetsenergi ingår inte.

Tabell 5.10 Förslag till begränsningsvärde för klassning av köpt energi (Svensk Standard, 2009).

Köpt energi klass	Köpt energi, kWh/m ² A _{temp} , år
A+	$\leq 0,25 \cdot E_{BSE}$
A	$\leq 0,50 \cdot E_{BSE}$
B	$\leq 0,75 \cdot E_{BSE}$
C	$\leq 1,00 \cdot E_{BSE}$
D	$\leq 1,25 \cdot E_{BSE}$
E	$\leq 1,50 \cdot E_{BSE}$
F	$\leq 1,75 \cdot E_{BSE}$
G	$> 1,75 \cdot E_{BSE}$

Om vi antar ett ordinärt småhus eller lokal, så blir specifika energianvändningen baserad på nuvarande byggregler (BBR, 2009) (se tabell 5.9).

Tabell 5.11 Förslag till begränsningsvärde för klassning av specifik energianvändning, baserade på nuvarande byggregler för bostäder (Svensk Standard, 2009).

Effektbehovsklass	Bostäder Klimatzon I: Köpt energi, W/m ² A _{temp}	Bostäder Klimatzon III: Köpt energi, W/m ² A _{temp}	Lokaler Klimatzon I: Köpt energi, W/m ² A _{temp}	Lokaler Klimatzon III: Köpt energi, W/m ² A _{temp}
A+	38	28	35	25
A	75	55	70	50
B	113	83	105	75
C	150	110	140	100
D	188	138	175	125
E	225	165	210	150
F	263	193	245	175
G	263	193	245	175

Klassning av energiprestanda för hushålls- och verksamhetsenergi

Energiprestanda för hushållsenergi eller verksamhetsenergi bestäms med byggnadens användning av hushållsenergi eller verksamhetsenergi.

Tabell 5.12 Förslag till begränsningsvärde för klassning av hushålls- och verksamhetsenergi.

Hushålls- och verksamhetsklass	Hushållsenergi, kWh/m ² A _{temp} , år	Verksamhetsenergi, kWh/m ² A _{temp} , år
A	< 10	< 20
B	< 20	< 40
C	< 30	< 60
D	< 40	< 80
E	< 50	< 100
F	< 60	< 120
G	≥ 70	≥ 140

Sammanfattning

Ovannämnda klassning presenteras var för sig och utan sammanvägning med viktningförfarande.

6 Värdering och jämförelse av olika koncept

Krav ställs inom olika områden för de olika lågenergihustyperna (se tabell 6.1). Flest krav finns uppställda för svenska passiv- och minienergihus (bostäder och lokaler). I praktiken bör samma grundkrav även ställas på nollenergi- och plusenergihus. För de olika koncepten borde även krav ställas på beräkning av livscykelkostnad. Detta för att kunna göra en mer fullständig jämförelse. För ett antal svenska lågenergihusprojekt finns investeringskostnaden redovisad, men inte alltid beräknad på samma sätt (olika omfattning, olika beräkningsår m.m.). Passivhus torde ha en byggkostnad som är allt-ifrån något lägre till något högre än traditionella nya byggnader. Noll- och plusenergihus är dyrare pga. eget energiförsörjningssystem.

Funktionskraven för de olika koncepten gäller i huvudsak aspekter som påverkar utformningen av byggnaden och inte att den verkliga funktionen i den färdiga byggnaden skall verifieras. För passiv- och minienergihus ställs krav på mätförberedelser och för att marknadsföra husen som verifierade krävs uppföljning av den färdiga byggnaden (se tabell 6.2). För Minergiehus görs stickprov av funktionen.

De mest omfattande och hårda kraven ställs på passiv- och minienenergihus (se tabell 6.2), dock saknas krav på lokal energiproduktion och självförsörjande på energi. Det sistnämnda kravet finns som tilläggskrav för passivhus. Skillnaden mellan passiv- och minienergihus är inte så stor. En utvärdering med hjälp av energi- och inneklimatklasserna i Bygga-bo-dialogens miljöklassningssystem visar (se tabell 6.3):

- att passivhus på energisidan ligger i den högsta klassen och är något bättre än minienergihus
- att Minergiehus inte går att utvärdera direkt med Bygga-bo-dialogens miljöklassning
- att noll- och plusenergihus kan vara bättre än övriga koncept

En utvärdering med hjälp av enligt SISs förslag till energiklassning (se tabell 6.4) visar:

- att passivhus på energisidan ligger i den högsta klassen och är något bättre än minienergihus
- att Minergiehus inte går att utvärdera direkt med SIS energiklassning
- att noll- och plusenergihus förmodligen går att utvärdera med SIS energiklassning

En övergripande sammanställning av utmärkande drag (se tabell 6.5) visar:

- att passivhus har den lägsta energianvändningen, det lägsta effektbehovet, de lägsta U-värdena, de minsta fönsterareorna (dock jämförbara med konventionella byggnader), ofta har luftburen värme med värmekällan fjärrvärme eller el, ibland har solfångare
- att minienergihus har en låg energianvändning, ett lågt effektbehov, låga U-värden,
- att Minergie hus har vissa likheter med minienergihus
- att nollenergihus och plusenergihus har vissa likheter med passivhus, men är självförsörjande med avseende på energi dvs. i princip inte behöver någon köpt energi
- att byggkostnaderna inte behöver vara högre än för konventionella moderna hus

Tabell 6.1 Områden inom vilka det finns krav, för några vanliga lågenergihuskoncept.

Kravområde	Passivhus, FEBY 2009	Mini-energihus, FEBY 2009	Minergie bostäder	Minergie andra byggnader	Noll-energihus	Plusenergihus
Funktionskrav på utformningen av byggnaden	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Funktionskrav på driften av byggnaden	Ja, till viss del	Ja, till viss del				
Effekt och energi	Ja	Ja	Ja, energi	Ja, energi		
Förnybar energi	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Lokal energiproduktion	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja
Självförsörjande på energi	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja
Miljö	Ja	Ja	Nej	Nej		
Inneklimat	Ja	Ja	Ja	Ja		
LCC	Nej	Nej	Nej	Nej		
Speciella råd och krav	Ja	Ja				
Beräkningar	Ja	Ja				
Verifiering – mätning	Ja, till viss del	Ja, till viss del	Ja, till viss del	Ja, till viss del	Ja, till viss del	

Tabell 6.2 Kravnivåer för några vanliga lågenergihuskoncept

Kravområde	Passivhus	Minienergihus	Minergie bostäder	Minergie andra byggnader	Nollenergihus	Plusenergihus
Effekt och energi	10-12 W/m ² , Råd årlig köpt energi: 50-58 ¹ kWh/m ² A _{temp} eller 60-70 ¹ kWh/m ² BOA eller LOA beroende på klimatzon	16-20 W/m ² , Råd årlig köpt energi: 70-78 ¹ kWh/m ² A _{temp} eller 84-94 ¹ kWh/m ² BOA eller LOA beroende på klimatzon	Viktad primär-energi nybyggnation: 38 ³ kWh/m ² år	Viktad primär-energi nybyggnation: 40 ³ kWh/m ² år		
Förnybar energi	Råd köpt energi för elvärmda: 30-34 ¹ kWh/m ² år beroende på klimatzon	Råd köpt energi för elvärmda: 40-44 ¹ kWh/m ² år beroende på klimatzon	Viktad primär-energi renovering: 60 ² kWh/m ² år	Viktad primär-energi renovering: 55-60 ³ kWh/m ² år	Ja	Ja
Lokal energiproduktion	Viktade energislag	Viktade energislag	Viktad energi användning	Viktad energi användning	Ja	Ja
Självförsörjande på energi	Viktade energislag	Viktade energislag	Viktad energi användning	Viktad energi användning	Ja	Ja
Miljö	Viktade energislag	Viktade energislag	Viktad energi användning	Viktad energi användning	Ja	Ja

Tabell 6.2 Fortsättning.

Kravområde	Passivhus	Minienergihus	Minergie bostäder	Minergie andra byggnader	Nollenergihus	Plusenergihus
Inneklimat	Ja, BBR	Ja, BBR				
LCC	Nej	Nej	Nej, men merkostnad investering <10% av traditionell kostnad	Nej, men merkostnad investering <10% av traditionell kostnad		
Speciella krav och råd	Luftläckning, 0,3 l/sm ² vid 50 Pa U _{fönster} ≤0,9 W/m ² K Ljudklass B A-klass vitvaror Lågenergilampor	Luftläckning, 0,3 l/sm ² vid 50 Pa U _{fönster} ≤1,0 W/m ² K Ljudklass B A-klass vitvaror Lågenergilampor		Belysning		
Beräkningar	Effektbehov Energibehov	Effektbehov Energibehov	Energibehov	Energibehov		
Verifiering – mätning	Måttförberedelser	Måttförberedelser	Stückprov	Stückprov		

¹ köpt energi exkl. hushålls- och verksamhetsel

² exkl. hushållsel

³ exkl. hyresgästsel

Tabell 6.3 Miljöklassning enligt bygga-bo-dialogen, baserad på resp. kravspecifikation.

Kravområde	Passivhus, befintliga	Passivhus, nya/projekt-erade,	Minienergihus befintliga	Minienergihus, nya/projekt-erade	Minienergihus, bostäder	Minergie andra byggnader	Nollenergihus	Plusenergihus
Energiprestanda	Guld	Guld	Guld-silver	Guld-silver			Bra	Bra
Värmeförlustal	Guld	Guld	Guld	Guld	Inget krav	Inget krav	Lågt	Lågt
Sol	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons			Lågt	Lågt
Biobränsle/vattenkraft	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons			Ja	Ja
Övrig biobränsle	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons	Guld-brons				
Ej förnybart	Guld-klassad	Guld-klassad	Guld-klassad	Guld-klassad			Guld-klassad	Guld-klassad
Operativ temperatur, vinter								
Strålningstemperatur, vinter	Brons	Brons	Brons	Brons				
Operativ temperatur, sommar								

Tabell 6.4 Energiklassning enligt SIS energiklassning, baserad på resp. kravspecifikation.

Kravområde	Passivhus, befintliga	Passivhus, nya/projekt- erade,	Minienenergihus befintliga	Minienenergihus, nya/projekt- erade	Minergie bostäder	Minergie andra byggnader	Nollenergihus	Plusenergihus
Effektbehov	Klass A*	Klass A*	Klass A	Klass A				
Köpt energi	Klass A - B	Klass A - B	Klass A - B	Klass B - C				

Tabell 6.5 Utmärkande drag för några vanliga lågenergikoncept.

Utmärkande drag/Koncept	Passivhus	Minienergihus	Miniergihus	Miniergihus bostäder	Nollenergihus	Plusenergihus andra byggnader	Kommentar
Köpt årlig energianvändning, kWh/m ²	50-58	70-78	50-80 ¹	50-80 ¹	Netto 0	- x %	exkl. hushållsel
Effektbehov, W/m ²	10-12	16-20			Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Maxkrav, upp- värmning
U-värde yttervägg, W/m ² K	0,10	>0,10	0,15		Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Exempel bostäder
U-värde vindsbjälklag, W/m ² K	0,08	>0,08	0,15		Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Exempel bostäder
U-värde golv, W/m ² K	0,10	>0,10	0,15		Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Exempel bostäder
U-värde fönster, W/m ² K	0,85	1,0	1,0		Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Exempel bostäder
Fönsterarea, % av golvarea	15		<30		Jämförbar med passivhus	Jämförbar med passivhus	Exempel
Värmetillförsel	Luftburen	Luftburen med recirkulation/ radiatorer	Radiatorer				Exempel bostäder
Ventilation (verkningsgrad)	FTX (85%)	FTX	FTX (80%)		FTX	FTX	Exempel
Vitvaror	Klass A	Klass A	Klass A		Klass A	Klass A	Exempel
Energislag, rumsuppvärmning	Fjärrvärme/el		Mark, uteluft, ved, pellets				Exempel
Energislag, varmvatten	Sol		Sol m.m.				Exempel
Byggekostnader jfr med konventionell byggnad	Ungefär samma	Ungefär samma	<10% högre		Dyrare	Dyrare	Exempel

¹ Skattning

Referenser

- Adalberth, K. (2009). www.plusenergihus.se
- Boverket. (2009). *BBR 2008, boverkets byggregler, avsnitt 9, supplement 2009*.
- Braun, D. & Filleux, C. (2009). *Ein Bürogebäude erprobt die Autarkie*. Fachartikel Schweizer Energiefachburch.
- Broomé, E. (2002). Mer om smarta hus. *Vi i villa*, januari 2002, www.viivilla.se.
- Bygga-bo-dialogen. (2008). *Miljöklassning av byggnader – Slutrapport april 2008*.
- Bygga-bo-dialogen. (2009a). *Miljöklassad byggnad – Befintlig byggnad - Utgångspunkter, principer, klassningskriterier och instruktioner*. Version 2009-06-19.
- Bygga-bo-dialogen. (2009b). *Miljöklassad byggnad – Ny/projekterad byggnad - Utgångspunkter, principer, klassningskriterier och instruktioner*. Version 2009-06-19.
- Dokka, T.H., & Hemstad, K. (2006). *Energieffektive boliger for framtiden – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergi boliger*. IEA SHC Task 28/ECBCS Annex 38 Sustainable Solar Housing.
- Erhorn-Kluttig. (2009). *Terms and definitions used in the EU Member states for high performance buildings*. www.buildup.eu.
- Greenbuilding. (2004). *Greenbuilding – Improved Energy Efficiency for non-residential buildings. Intelligent Energy Europe*, www.eu-greenbuilding.org.
- Engelund Thomsen, K., & Wittchen, K. (2008). *European national strategies to move towards very low energy buildings*. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI 2008:07, Danmark.

- Fabs. (2008). *Förskolan Stadsskogen i Alingsås – Sveriges först förskola som är byggd i passivhusteknik*. Broschyr från Fabs, Alingsås.
- Feist, W. (2007). *Certification as "Quality Approved Passive House" – Criteria for Re-sidential-Use passive Houses*. Passiv Haus Institut, Darmstadt, Tyskland, www.passiv.de.
- Janson, U. (2008). *Passive houses in Sweden*. Licentiateavhandling report EBD-T-08/9. Lund: Energi och ByggnadsDesign, Arkitektur och Byggd Miljö, Lunds Universitet, .
- Jansson, U. (2009). Intervju med Ulla Jansson, Energi och ByggnadsDesign, Arkitektur och Byggd Miljö, Lunds Universitet.
- FEBY. (2009). Marknadsöversikt för passivhus och lågenergihus i Sverige 2008. Forum för energieffektiva byggnader, energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus, juni 2009.
- FEBY. (2009a). Kravspecifikation för passivhus. Forum för energieffektiva byggnader, energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus, juni 2009.
- FEBY. (2009b). Kravspecifikation för Minienergihus. Forum för energieffektiva byggnader, energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus, juni 2009.
- FEBY. (2009c). Mätning och verifiering. Forum för energieffektiva byggnader, energi-myndighetens program för passivhus och lågenergihus, juli 2009.
- Fraunhofer. (2001). *3-liter-haus*. Fraunhofer institut für Bauphysik, www.3-liter-haus.com.
- Gunne, N. (2008). *Fler värmer mer*. Arkitekten, januari 2008, www.arkitekt.se/s33225.
- Hyresbostäder i Växjö. (2009). *Fakta om Portvakten Söder. Hyresbostäder i Växjö*, NCC, Energikontor Sydost, Sesac.
- Isaksson, C. (2009). Passivhusens värme inte krångligare än i andra byggnader – De boende klara tekniken. *Energi & miljö*, nr 3 mars 2009.
- Levin, P. (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Rapport inom Sveby-programmet 2009-04-17, projekt 11998, www.sbuf.se.
- Minergie. (2008). *Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke Minergie*. www.minergie.ch.
- Minergie. (2009a). *Das Wichtigste in Kürze*. www.minergie.ch.

- Minergie. (2009b). *Mehrfamilienhaus Holzhausen in Steihausen - Mit dem Baustoff in die Höhe*. www.minergie.ch.
- Minergie. (2009c). *Wohnsiedlung Wolfswinkel in Zürich - Nachhaltig bauen mit Holz*. www.minergie.ch.
- Olsson, D., & Jagemar, L. (2008). *Minergie – En förstudie om förutsättningarna att införa Minergie i Sverige*. CIT Energy Management på uppdrag av Byggherrarna.
- Svensk Standard. (2009). *Byggnaders energiprestanda – Energiklassning*. Svensk Standard förslag till -SS-24300 fastställd 2009-utgåva 1.
- Ruud, S., & Lundin, L. (2004). *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem från två års mätningar*. Rapport 2004:31, SP Energiteknik.
- Torcellini, P. et al. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. ACEE Summer Study, USA.
- Wall, M. (2008). Lågenergihus – en flora av begrepp, *VVS-Forum* april 2008.

Bilaga 1

Svenska krav på passivhus – bostäder och lokaler

Syftet med de svenska kraven på passivhus är att minimera behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning så att erforderlig termisk komfort kan uppnås med hjälp av distribution av värme via hygienluftsflödet (FEBY 2009a). Detta är en möjlighet men inte en förutsättning då värmen kan tillföras via konventionella värmesystem. Kompletterande krav ställs för att begränsa även den totala användningen av köpt energi dvs. för driftel, varmvatten och värme.

Effekt och energi

För passivhus skall avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning begränsas (se tabell B1.1). De hårdaste kraven gäller för det minst kalla klimatet i södra Sverige. Vid beräkningen får ett givet schablonvärde på gratisvärme från apparater och personer inkluderas.

Tabell B1.1 Effektkrav vid aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20°C. Med bostadshus mindre än 200 m² avses fristående byggnader t.ex. villor eller parhus mindre än 200 m².

Klimatzon	Effektkrav P_{\max} , W/m ²	Effektkrav P_{\max} för bostadshus mindre än 200 m ² , W/m ²
III (södra Sverige)	10	12
II (mellersta Sverige)	11	13
I (norra Sverige)	12	14

I kraven anges rekommenderade (börvärde) energikrav i form av viktad köpt energi:

$$E_{\text{viktad}} = \sum (e_{\text{el}} \cdot E_{\text{el}} + e_{\text{fv}} \cdot E_{\text{fv}} + e_{\text{pb}} \cdot E_{\text{pb}} + e_{\text{s,v}} \cdot E_{\text{s,v}}) \quad \text{där}$$

el är levererad elenergi

fv är levererad fjärrvärme

pb levererad energi i form av bibränsle

s,v levererad sol- eller vindenergi.

Rådet är att använda följande värden viktningsfaktorerna:

$$e_{\text{el}} = 2$$

$$e_{\text{fv}} = 1$$

$$e_{\text{pb}} = 1$$

$$e_{\text{s,v}} = 0$$

samt begränsa köpt energi med följande nivå på viktad energi

Klimatzon	E_{viktad} , kWh/m ² A _{temp + garage}
III	≤60
II	≤64
I	≤68

Rådet vad beträffar årlig köpt energi (se tabell B1.2) visar att ovannämnda krav innebär mer än en halvering jämfört med kraven i BBR (Boverket, 2008). Om vi antar att varmvattenanvändningen är ca 25 kWh/m²år, som är ett normalt värde för bostäder, så skulle den tyska passivhusstandarden kunna innebära en något lägre köpt energi. I den tyska standarden är dock kraven på ventilation och innetemperatur lägre.

Tabell B1.2 Årlig köpt energi, kWh/m²år, exkl. hushållsel vid en innetemperatur på 22°C, förutom tyska passivhus med 20°C. För svenskt passivhus är köpt energi ett råd.

Klimatzon	Svenskt passivhus, icke elvärt	Svenskt passivhus, elvärt	BBR 2008, bostäder	BBR 2008, lokaler	Tysk passivhusstandard
Söder	50	30	110	100	15 ¹
Norr	54	32	130	120	15 ¹
Norr	58	34	150	140	15 ¹

¹ endast rumsuppvärmning

För att göra ett passivhus till ett nollenergihus kan ett tilläggskrav användas, som säger att summan av använd energi skall vara mindre än eller lika med summan producerad energi under ett år.

Förnybar energi

Indirekta krav genom viktning av olika energislag.

Miljö

Inga krav utöver kraven i byggreglerna m.m, fränsett att de olika energislagen viktas.

Inneklimat

Kravet är inte specificerat i detalj utan uttrycks som att erforderlig termisk komfort skall uppfyllas. Dock specificeras ett krav att tilluftstemperaturen efter eftervärmare inte får överskrida 52°C. Ventilationen förutsätts uppfylla kraven enligt BBR dvs. 0,35 l/sm². Innetemperaturen under perioden april – september bör inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet.

Rådet enligt byggreglerna (Boverket 2008) är en lägsta riktade operativa temperatur i vistelsezonen på 18°C i bostads- och arbetsrum, att den riktade operativa temperaturens differenser vid olika punkter i rummets vistelsezon är högst 5K och att yttemperaturen på golvet under vistelsezonen är bli lägst 16°C och kan begränsas till högst 26°C. Dessutom bör lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte överstiga 0,15 m/s under uppvärmningssäsongen och lufthastigheten i vistelsezonen från ventilationssystemet inte överstiga 0,25 m/s under övrig tid på året.

LCC

Inga krav

Speciella krav och råd

Krav: Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,3 l/sm² vid ±50 Pa, enligt SS-EN 13829. Detta innebär ett avsevärt hårdare krav än äldre byggregler, som angav 0,8 l/sm² vid ±50 Pa för bostäder och 1,6 l/sm² för lokaler.

Krav: Byggnaden skall ha fönster med ett verifierat U-värde på högst 0,9 W/m²K. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glasparterier skall vara högst 0,9 W/m²K.

Krav: Ljud från ventilationssystemet skall minst uppfylla ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67. Ljudklass B innebär hårdare krav än byggreglerna.

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

Råd: 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}

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

Beräkningar

Effektbehovet beräknas som summan av byggnadens värmeförluster via transmission och ventilation vid dimensionerande utetemperatur, efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme.

Energibehovet beräknas som summan av byggnadens köpta energi för uppvärmning, varmvatten och driftsel. Beräkningen skall ske med dynamiska beräkningshjälpmedel som hanterar in- och utdata av energi i byggnadsstommen, med beräkningshjälpmedel som med en ”utility factor” begränsar byggnadens användning av tillgänglig energi (ISO EN 13790).

Verifiering - mätning

Krav: I den färdiga byggnaden skall energianvändningen för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi kunna avläsas månadsvis var för sig. Medelvärde för innetemperatur och utetemperatur under mätperioden loggas om effektkravet skall verifieras och en tidsupplösning på en vecka rekommenderas. Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.

Råd: Ventilationsaggregatet i flerbostadshus och lokaler bör vara försedda med fasta mätuttag för luftflöden, uttag för temperaturmätning av tilluft utan störning av eftervärmare, samt metod för funktionskontroll av eventuellt by-pass spjäll.

Bilaga 2

Svenska krav på minienergihus - bostäder och lokaler

Syftet med kraven på minienergihus är att minska behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning av byggnader så att erforderlig termisk komfort kan uppnås med kostnadseffektiva lösningar.

Innemiljökraven är högt ställda och för bostadsbyggnader får inte komfortkyla förekomma.

Effekt och energi

För passivhus skall avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning begränsas (se tabell B2.1). De hårdaste kraven gäller för det minst kalla klimatet i södra Sverige. Vid beräkningen får ett givet schablonvärde på gratisvärme från apparater och personer inkluderas.

Tabell B2.1 Effektkrav vid aktuellt uteklimat och en innetemperatur på 20°C. Med bostadshus mindre än 200 m² avses fristående byggnader t.ex. villor eller parhus mindre än 200 m².

Klimatzon	Effektkrav P_{\max} , W/m ²	Effektkrav P_{\max} för bostadshus mindre än 200 m ² , W/m ²
III (södra Sverige)	16	20
II (mellersta Sverige)	18	22
I (norra Sverige)	20	24

I kraven anges rekommenderade (börvärde) energikrav i form av viktad köpt energi:

$$E_{\text{viktad}} = \sum (e_{\text{el}} \cdot E_{\text{el}} + e_{\text{fv}} \cdot E_{\text{fv}} + e_{\text{pb}} \cdot E_{\text{pb}} + e_{\text{s,v}} \cdot E_{\text{s,v}}) \quad \text{där}$$

e_{el} är levererad elenergi

e_{fv} är levererad fjärrvärme

e_{pb} levererad energi i form av bibränsle

$e_{\text{s,v}}$ levererad sol- eller vindenergi.

Rådet är att använda följande värden viktningsfaktorerna:

$$e_{\text{el}} = 2$$

$$e_{\text{fv}} = 1$$

$$e_{\text{pb}} = 1$$

$$e_{\text{s,v}} = 0$$

samt begränsa köpt energi med följande nivå på viktad energi

Klimatzon	$E_{\text{viktad}}, \text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}} + \text{garage}$
III	≤ 80
II	≤ 84
I	≤ 88

Rådet vad beträffar årlig köpt energi (se tabell 2.2) visar att ovannämnda krav innebär mer än en halvering jämfört med kraven i BBR (Boverket 2009). Om vi antar att varmvattenanvändningen är ca 25 kWh/m²år, som är ett normalt värde för bostäder, så skulle den tyska passivhusstandarden innebära en något lägre köpt energi. I den tyska standarden är dock kraven på ventilation och innetemperatur lägre.

Tabell B2.2 Årlig köpt energi, kWh/m²år, exkl. hushållsel vid en innetemperatur på 22°C, förutom för tyska passivhus med 20°C. För svenskt passivhus är köpt energi ett råd.

Klimatzon	Svenskt passivhus, icke elvärt	Svenskt passivhus, elvärt	BBR 2008, bostäder	BBR 2008, lokaler	Tysk passivhusstandard
III	70	40	110	100	15 ¹
II	74	42	130	120	15 ¹
I	78	44	150	140	15 ¹

¹ endast rumsuppvärmning

Förnybar energi

Indirekta krav genom viktning av olika energislag.

Miljö

Inga krav utöver kraven i byggreglerna m.m, frånsett att de olika energislagen viktas.

Inneklimat

Kravet är inte specificerat i detalj utan uttrycks som att erforderlig termisk komfort skall uppfyllas. Dock specificeras ett krav att tilluftstemperaturen efter eftervärmare inte får överskrida 52°C. Ventilationen förutsätts uppfylla kraven enligt BBR dvs. 0,35 l/sm². Innetemperaturen under perioden april – september bör inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet.

Rådet enligt byggreglerna (Boverket 2008) är en lägsta riktade operativa temperatur i vistelsezonen på 18°C i bostads- och arbetsrum, att den riktade operativa temperaturens differenser vid olika punkter i rummets vistelsezon är högst 5K och att ytemperaturen på golvet under vistelsezonen är bli lägst 16°C och kan begränsas till högst 26°C. Dessutom bör lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte överstiga 0,15 m/s under uppvärmningssäsongen och lufthastigheten i vistelsezonen från ventilationssystemet inte överstiga 0,25 m/s under övrig tid på året.

LCC

Inga krav

Speciella krav och råd

Krav: Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,3 l/sm² vid ±50 Pa, enligt SS-EN 13829. Detta innebär ett avsevärt hårdare krav än äldre byggregler, som angav 0,8 l/sm² vid ±50 Pa och 1,6 l/sm² för lokaler.

Krav: Byggnaden skall ha fönster med ett verifierat U-värde på högst 1,0 W/m²K. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier skall vara högst 1,0 W/m²K.

Krav: Ljud från ventilationssystemet skall minst uppfylla ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67. Ljudklass B innebär hårdare krav än byggreglerna.

Råd: Ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst 2,0 kW/(m³/s).

Råd: Fastighetselen för småhus bör normalt vara mindre än $5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp} + \text{garage}}$ och för flerbostadshus och utbildningslokaler (skolor och förskolor) mindre än $10 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp} + \text{garage}}$

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

Beräkningar

Effektbehovet beräknas som summan av byggnadens värmeförluster via transmission och ventilation vid dimensionerande utetemperatur, efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme.

Energibehovet beräknas som summan av byggnadens köpta energi för uppvärmning, varmvatten och driftsel. Beräkningen skall ske med dynamiska beräkningshjälpmedel som hanterar in- och utdata av energi i byggnadsstommen, med beräkningshjälpmedel som med en ”utility factor” begränsar byggnadens användning av tillgänglig energi (ISO EN 13790).

Verifiering - mätning

Krav: I den färdiga byggnaden skall energianvändningen för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi kunna avläsas månadsvis var för sig. Medelvärde för innetemperatur och utetemperatur under mätperioden loggas om effektkravet skall verifieras och en tidsupplösning på en vecka rekommenderas. Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.

Råd: Ventilationsaggregatet i flerbostadshus och lokaler bör vara försedda med fasta mätuttag för luftflöden, uttag för temperaturmätning av tilluft utan störning av eftervärmare, samt metod för funktionskontroll av eventuellt by-pass spjäll.



LUND UNIVERSITY

ISSN 1651-8128
ISBN 978-91-85147-38-0