

PM

Lokalbyggnader som passivhus



Sveriges Kommuner och Landsting

118 82 Stockholm • *Besök* Hornsgatan 20

Tfn 08-452 70 00. • *Fax* 08-452 70 50 • info@skl.se • www.skl.se

Upplysningar om rapportens innehåll lämnas av:

Frida Foley, frida.foley@skl.se

Författare: Eje Sandberg, ATON Teknikkonsult AB

Förbundets trycksaker beställs på

www.skl.se/publikationer • *tfn* 020-31 32 30 • *fax* 020-31 32 40

Förord

Intresset för passivhus växer. Det övergripande målet är att minska energianvändning och koldioxidutsläpp. För att klara det av Riksdagen beslutade miljömålet att bebyggelsesektorns energianvändning ska halveras till 2050 krävs stora åtgärder. Passivhus kan minska uppvärmningsbehovet till en fjärdedel jämfört med konventionellt byggande och innebär ett paradigmskifte som kan bidra till att målet nås.

Även om det nu finns ett stort intresse för passivhus finns det fortfarande endast ett fåtal offentliga verksamhetslokaler byggda som passivhus. Detta PM syftar till att ge en inledande orientering om förutsättningarna för byggande av passivhus inom offentlig förvaltning till förskolor och skolbyggnader.

Studien har initierats och finansierats och Sveriges Kommuner och Landstings FoU-fond för fastighetsfrågor. Författare är Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult AB.

Stockholm mars 2009

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Sammanfattning	5
1. Varför passivhus?.....	6
2. Kriterier för Passivhus – lokalbyggnader	8
3. Exempel från svenska passivhus	9
3.1 Förskola Alingsås.....	9
3.2 Förskola Annestad, Malmö	10
3.3 Äldreboende Bokliden, Mörap	10
3.4 Vargbroskolan, Storfors kommun	11
3.5 Förskola Skogslunden, Åkersberga	12
4. Teknik för passivhus.....	13
4.1 Energikalkyl för en förskola i passivhusutförande	13
4.2 Byggnadens formfaktor (jfr enplans daghem).....	13
4.3 Klimatskal.....	14
4.4 Solskydd och sommarkomfort.....	15
4.5 Ventilation	15
4.6 Markvärmare.....	17
4.7 Luftburen eller vattenburen värme?.....	18
4.8 Golvvärme.....	18
5. Beräkningsstöd	19
6. Solfångare och produktionssystem.....	20
7. Ekonomi	21
8. Från idé till bygghandling.....	22
Bilaga 1 Överslagsmässig energikalkyl - Förskola.....	25
Bilaga 2 Indata till energikalkyl - Förskola.....	27
Bilaga 3 Äldreboendet Bokliden, Helsingborg.....	29

Sammanfattning

Intresset för passivhus ökar och flera passivhus har förverkligas i Sverige, främst inom bostadssektorn. Än så länge finns det få offentliga verksamhetslokaler byggda som passivhus. FEBY (Forum för energieffektiva byggnader) har definierat passivhus som att de som mest får ha en tillförd värmeeffekt på 10 watt per kvadratmeter vid en inomhustemperatur på 20 grader söder (södra klimatzonen).

I en genomgång av några exempel på lokalbyggnader i passivhusutförande i Sverige konstateras att de byggnader där man från början tänkt sig BBR-standard, men under resans gång höjt ambitionen och velat bygga passivhus, så uppfyller byggnaderna inte passivhuskraven, men ger ändå vissa erfarenheter. Förskolan Skogslunden i Åkersberga planerades från början som ett passivhus, vilket även påverkat dess arkitektoniska utformning och planlösning, och detta kommer att bli Sveriges första internationellt certifierade passivhus.

Passivhus kräver alltid ett bra klimatskal, dvs bra isolering, energieffektiva fönster, minimering av köldbryggor, en tät konstruktion och effektiv värmeåtervinning av frånluftens värme. Byggande av passivhus ställer därför höga krav på kvalitet, hantverk och material. Byggnadens formfaktor är också av stor betydelse. I bilaga 1 redovisas resultaten från en energikalkyl på en ”tänkt” passivhusbyggnad för en förskola utformad i två våningsplan. Detta beräkningsexempel för en typbyggnad visar vad FEBY:s krav innebär i praktiken.

För att lyckas med ett passivhusprojekt är det viktigt att verksamhetsidé och energiidé utgör startpunkten. Såväl arkitekt som energiansvarig bör delta från startpunkten och sen följa projektet via programarbete, systemskede och projektering. I programskedet behöver verksamhetens och lågenergiutformningens olika förutsättningar mötas för att hitta lösningar som kan fungera från båda utgångspunkterna. Här görs även den första energiberäkningen och denna bör hanteras som en bygghandling och ska följa projektets alla etapper. Stora krav ställs på konsulter och även på ett genomtänkt kvalitets- och uppföljningsarbete. I byggskedet måste alla involverade i byggprocessen utbildas, praktiskt och på plats. Detta är en förutsättning för att täthetskraven ska klaras. Alla avsteg under byggprocessen som påverkar energianvändningen noteras och nya värden förs in i en reviderad energikalkyl och besiktningsmannen bör förutom själva byggkontrollen också kontrollera att en uppdaterad energiberäkning finns framme.

Till PM:et bifogas även en bilaga om äldreboendet Bokliden i Helsingborgs kommun.

1. Varför passivhus?

Svensk riksdag har ett uttalat miljömål, att bebyggelsesektorns energianvändning ska halveras till 2050. Om hela nuvarande bebyggelse ROT-renoveras så att de precis klarar nuvarande BBR-krav, har man bara kommit halvvägs. Det krävs därför ett paradigmskifte i det svenska byggandet både för nyproduktion och för det befintliga beståndet.

Passivhus som sänker uppvärmningsbehovet till en fjärdedel jämfört med konventionellt byggande innebär ett sådant paradigmskifte. Sen måste detta gå hand i hand med att även varmvattenanvändningen effektiviseras och inte minst driften av apparater och verksamhet. Högeffektiva system för fläktdrift och belysning, där automatiserad behovsanpassning spelar en nyckelroll, är viktiga komplement. Först därefter kan vi sikta på noll-energihus, där solceller och solvärmesystem kan leverera energi under delar av året för att kompensera inköp under andra.

Kunskap, system och komponenter som utvecklas för passivhusbyggandet kan sedan appliceras på det befintliga beståndet så att även dessa kan ges samma språng i effektiviseringen.

Intresset för passivhus har nu slagit igenom och passivhusprojekt har förverkligats, främst inom bostadssektorn. En ungefärlig uppskattning av nuläget är att passivhusbyggandet omfattar ca 70 småhus och 1500 lägenheter¹ i radhus och flerbostadshus vad avser redan byggda, planerade eller projekt under pågående projektering. Än så länge finns det få offentliga verksamhetslokaler som är byggda som passivhus, men ca 8 olika projekt pågår omfattande skola, sjukhus, äldreboende, förskola och museum.

Byggande av passivhus är en enkel byggteknik men med höga krav på kvalitet, hantverk och material. Husen ska vara täta med extra tjock isolering. Det får inte förekomma fukt i byggmaterial. Frånluften värmer tilluften. Många passivhus har solfångare för varmvatten.

De förutsätter också utbildning av inblandade, såväl byggarbetare och driftspersonal.

FEBY² har definierat passivhus som att de som mest får ha en tillförd värmeeffekt på 10 watt per kvadratmeter vid en inomhustemperatur på 20 grader söder om

¹ Uppgifter från Passivhuscentrum i Alingsås

² Forum för energieffektiva byggnader, www.energieffektivabyggnader.se

Dalälven. Detta kommer nu gälla även för lokaler där personbelastning utgör dimensionerande värmelast.

Västerås Stad och Linköpings kommun utvecklar egna energikrav för lågenergi-bebyggelse som ska införas i exploateringsavtalen för allt byggande på kommunens mark. Kravnivån för inledande försök i några nyexploateringsområden ligger mellan Passivhuskraven och nybyggnadsreglerna, men samma metodik som för passivhus gäller. De effektkrav som ställs innebär att byggherrarna redan nu måste påtagligt sänka byggnadernas värmeförluster jämfört med konventionellt byggande.

2. Kriterier för Passivhus – lokalbyggnader

Effekt- och energikrav för lokaler är samma som för bostäder³. Det innebär för en byggnad i den södra klimatzonen, ett krav på högst $10 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ vid dimensionerande utetemperatur och en rekommendation om högst $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ i viktad energi enligt ekvationen:

$$\text{Energi krav passivhus: } 0,5 \cdot E_{\text{fv}} + 0,5 \cdot E_{\text{pb}} + E_{\text{el}} \leq 30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}},$$

där E är inköpt energi per uppvärmd area för respektive energislag fjärrvärme, bibränsle och el.

För klimatzon 1 och 2 gäller 14 W/m^2 effekt och 45 kWh/m^2 energi.

Effektkravet beräknas enligt två driftfall:

1. Ingen verksamhet. I detta driftfall får en intern spillvärmeeffekt på $0,5 \text{ W/m}^2$ tillgodogöras. Ventilationen kan vara avstängd.
2. Full verksamhet och maximalt uteluftsflöde anpassat till verksamhetens behov. I detta driftfall får en intern spillvärmeeffekt på 5 W/m^2 tillgodogöras plus spillvärme från det antal personer byggnaden dimensioneras för (70W/person).

Det bör observeras att den dimensionerande utetemperaturen påverkas av aktuellt luftflöde och därför måste beräknas för respektive driftfall.

Kommentarer

Att skolor och förskolor trots mycket större variation i ventilationsflöden och internlasten än i bostäder ändå hamnar på samma krav kan förklaras med följande:

- I grunden är det i båda fallen en mycket välisolerad byggnad med högeffektiv ventilationsvärmeåtervinning
- Låga internlasten när ingen verksamhet pågår kan kompenseras med avstängt/reducerat uteluftsflöde
- Ökade ventilationsförlusterna när byggnaden används kompenseras av ökad värmeavgivningen från personer och belysning, samt behovsstyrd ventilation
- Ökad elanvändning för fläktdrift kompenseras av mycket lågt behov av tappvarmvatten

³ Se www.energieffektivbyggnader.se.

3. Exempel från svenska passivhus

Här följer några exempel på lokalbyggnader i passivhusutförande i Sverige. De första exemplen avser byggnader där man från början tänkt sig BBR-standard, men under resans gång höjt ambitionen och velat bygga passivhus. Inga av dessa uppfyller dock de krav på passivhus som idag tagits fram, men ger ändå vissa erfarenheter.

Slutligen redovisas ett projekt som minst uppfyller de svenska kraven.

3.1 Förskola Alingsås



Förskolan innehåller fem avdelningar för 105 personer (90 barn) och ett mottagningskök. Uppvärmad area: 940 m². Inflyttning juni 2008.

Varmvatten och värme via fjärrvärme. Isolerstandard enligt Lindås-projektet (Sveriges första passivhusområde).

Centralt FTX-aggregat med 85 % verkningsgrad (roterande växlare) och SFP 2,4 kW/m³s.

Luftflöde dagtid: 1.72 l/s/m², natt och helg: 0,35 l/s, m².

Energibehov för värme är beräknat till 42 kWh/m². Dimensionerad tillskottseffekt: 24 W/m²

Värme tillförs via tilluft.

Formfaktor (A_{omg}/A_{temp}): 3,4

Fönsterarea: 20 % jfr A_{temp}.

Koldioxidstyrning för nedreglering till grundflöde om 25 %.

Nattetid sänks förlusterna genom att recirkulera och köra intermittent drift.

Erfarenheter

- Högre energianvändning än beräknat.

3.2 Förskola Annestad, Malmö

Fyra avdelningar med totalt 850 m². Byggt så att en senare konvertering till äldreboende är möjlig.

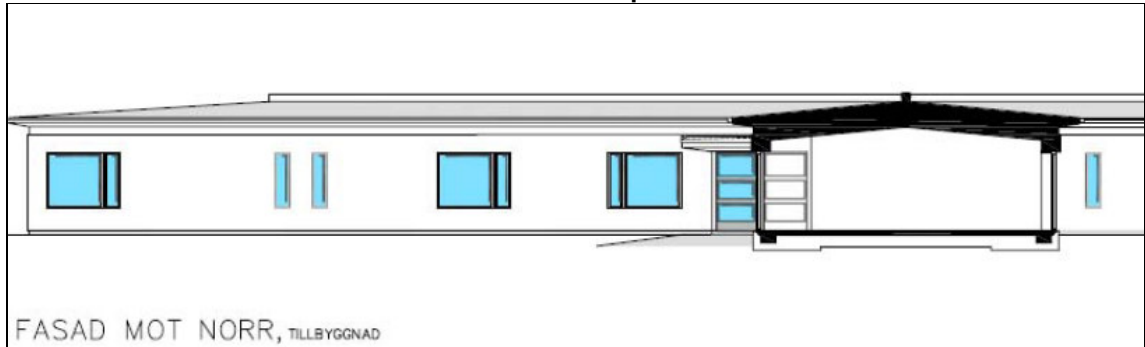
Formfaktor (Aomg/Atemp): 2,9

Fönsterarea: 17 % jfr Atemp.

Erfarenheter

- Högt till tak och enplansutförande ger för stora värmeförluster.
- Krav på vattenburen värme i golv från verksamheten. Sannolikt baserat på erfarenheter från konventionella byggnader med dragiga och kalla golv. Golvvärmen blir svårreglerad och kostsam.
- Krav på tröskelfria dörrar ger stora springor och luftläckage.
- Krav på hållbara dörrar med stålkarmar och aluminiumprofiler. Svårt att hitta sådana dörrar som har låga förluster.
- Behovstyrning av ventilationen är nödvändig.

3.3 Äldreboende Bokliden, Mörap



Boendet omfattar 13 lägenheter och inflyttning var sept. 2008.

Formfaktor (Aomg/Atemp): 2,5

Fönsterarea: 14 % jfr Atemp.

Varje lägenhet är egen brandcell och har isolering i lägenhetsskiljande väggar.

Centralt ventilationsaggregat.

För att underlätta värmestyrning valdes en radiatorkrets.

Uppmätt energianvändning: 27 kWh/m².

Erfarenheter

- Nöjda
- Ljudproblem från ventilationen, trots tydliga krav.
- Låg temperatur i en hörnlägenhet (20 grader)

3.4 Vargbroskolan, Storfors kommun



Idrifttagning jan 2008.

Skola för mellan- och högstadiet. Klimatskal enligt passivhusnivå, men något sämre U-värde på fönster, ca $1,0 \text{ W/m}^2, \text{K}$.

Tekniken innebär att en kulvert anläggs under mark med en omslutande markarea dimensionerad för 0,6 ggr den uppvärmda arean i skolan. I denna kulvert förvärmis tilluften av marken under vinterperioden så att den inte understiger ca 10 grader och kyls under vår och sommar. Luftflödet till respektive rum behovsstyrs via tilluftspjäll utifrån temperatur och evakueras passivt via överluftdon till korridor och vidare ut ur byggnaden via reglerande spjäll och takhuv alternativt taklanternin. Luftflödet styrs sekventiellt så att värmen i rummet först stängs av innan ventilationsflödet ökas. Ett utomhustemperaturstyrt tryckbörvärde i tilluftskulverten upprätthålls med en axialfläkt. Som resultat erhålles höga luftflöden vid behov utan drag och ljudproblem och nästan inget luftflöde alls när ingen är i rummet. Upphållsrum, studieytor och korridorer ventileras med behovsstyrd ventilation på liknande sätt som i klassrummen utöver överluften från klassrummen.



Tilluftskulvert under byggnation Luftflödet styrs utifrån rummets personbelastning. Till höger ses en stängd ventil till ett vid tillfället obemannat klassrum. Lilla bilden upptill visar ett av flera tilluftsdon. Dessa öppnas av trycket som uppstår då ventilen i kulverten öppnar.

Erfarenheter

- Innetemperatur efter intrimning förefaller bra.
- En inneklimatenkät (Örebroenkät) går ut under mars månad.
- Energibehov för uppvärmning: ca 35 kWh/m².
- Varmvatten: 2 kWh/m² (exkl. storkök och gymnastik)
- Elenergi fläktar: 2 kWh/m² (exkl. belysningen)
- Övrig el: 30 kWh/m² (belysning, kontorsutrustning, etc., men exkl. motorvärmare)
- Solceller (60 m²) bidrar med ca 4 kWh/m².

Kommentar

Elanvändningen för belysning är hög trots att den är behovsstyrd. Sannolikt ligger ”viloläget” på alldeles för hög nivå (50 % av fulleffekt) och möjligen är inte heller styrningen bra fungerande. Någon detaljanalys av belysningssystemet är ännu inte utfört.

3.5 Förskola Skogslunden, Åkersberga

Förskola i tvåplansbyggnad, med takhöjd 2,8 meter.

Går ut på räkning mars 2009.

Kvadratisk byggnadsform.

Centralt ventilationssystem.

Bergvärmepump.

Tilluft förvärms i markluftskanaler före FTX-aggregat.

Uppfyller de strängare Tyska passivhuskraven

Täthetskrav: 0,1

Fönster U-värde: 0,65 W/m²,K (importeras från Tyskland)

Projektet planerades från början som ett passivhus vilket fick påverka dess arkitektoniska utformning och planlösning.

Övre plan är hemvist för de större barnen. Dessa får också en rymlig balkong på södersidan, som samtidigt blir solskydd för våningsplan ett.

Hiss till plan två. Ett av rummen omfattar två plan för att skapa en kontakt mellan de två planen.

Verksamheten ser huset som ett lärande även för barnen. Glasrutor i väggen till fläktrum.

4. Teknik för passivhus

Passivhus kräver alltid ett bra klimatskal, dvs bra isolering, energieffektiva fönster, minimering av köldbryggor, en tät konstruktion och effektiv värmeåtervinning av frånluftens värme. För lokalbyggnader, där ingen spillvärme kommer från verksamheten under natt, helger och lov blir normalt detta driftfall avgörande för vilka krav som måste ställas på klimatskalet. Eftersom samma effektkrav, max 10 W/m^2 vid DUT gäller, men ingen spillvärme (endast $0,5 \text{ W/m}^2$) avges, så krävs minst lika bra klimatskalsisolering som för bostäder även om ventilationen stängs av under natt/helg.

För att hålla nere klimatskalets förluster har också byggnadens formfaktor betydelse.

Ambitionen att bygga passivhus bör kombineras med insatser för att minimera även verksamhetens energianvändning och välja energieffektiva apparater.

4.1 Energikalkyl för en förskola i passivhusutförande

I bilaga 1 redovisas resultaten från en energikalkyl på en ”tänkt” passivhusbyggnad för en förskola utformad i två våningsplan. Resultaten visar att effektbehovet under icke drifttid i detta fall är gränssättande för effektkravet. För en byggnad där ventilationen är helt avstängd under natt/helg är det därmed enbart åtgärder på formfaktor och klimatskal som kan påverka effektbehovet. Det är alltså knappast möjligt att bygga enplansbyggnader och klara kraven. Byggnadens form bör vara rimligt rektangulär.

Onödigt stora takhöjder måste undvikas. Kanalisation får läggas i nedfällt takparti eller upphöjt golvparti just där kanalstråken dras.

I bilaga 2 redovisas detaljerade indata i kalkylen.

4.2 Byggnadens formfaktor (jfr enplans daghem)

Byggnadens formfaktor definieras som $A_{\text{omg}}/A_{\text{temp}}$. Där

A_{omg} är byggnadens omslutande area

A_{temp} är byggnadens uppvärmda area.

För en tvåplans byggnad på 1000 m^2 i rektangulär form blir formfaktorn ca 1,6 och för samma byggnad i enplansutförande ökar formfaktorn till ca 2,6.

Det innebär att också förlusterna genom klimatskalet ökar påfallande. Inte i direkt proportion dock, eftersom förlusterna genom fönster är en stor förlustpost som hamnar på samma nivå i bägge alternativen samt att taket är relativt enkelt att ha bättre isolerat.

Att tänka sig byggnader i tvåplansutförande för förskolor kräver en djupgående och ingående analys och diskussion med verksamheten. I fallet Skogslunden ovan, löstes detta med att de äldre barnen ska vistas på överplanet. En ”öppning” mellan de två planen skapar kontakt och byggnaden förses med hiss.

En annan lösning är att markarbetet utformas så att en marksluttning byggs upp i anslutning till det övre planets lekgårdsentré. Detta såvida inte byggnaden kan placeras på en sluttningstomt.

Att skapa en marksluttning är också att skapa en utemiljö som kan inkludera t.ex. en tefatsbacke på vintern och rutschbana för sommaren.

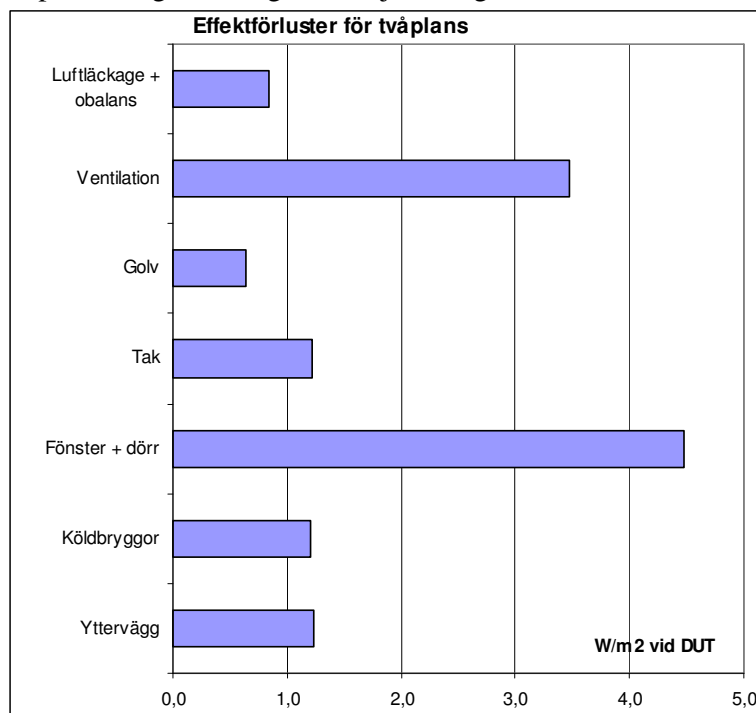
Att tänka i nya banor och inte utgå från redan framtagna arkitektskisser är dock nödvändigt.

4.3 Klimatskal

Klimatskalet måste utformas i ett typiskt passivhusutförande; välisolerat, tätt, utan köldbryggor och med effektiva fönster. Här finns samma konstruktionsalternativ som för bostäder.

Stora värmelaster dagtid och inga värmelaster nattetid, talar för att en tyngre byggnadskonstruktion är mer gynnsam för att dygnslagra värme. Denna aspekt har framför allt betydelse för att sänka övertemperaturer och behöver inte överdrivas. Det går att bygga även i lättare konstruktioner, men åtminstone en platta på mark rekommenderas så att byggnadens massa och därmed tidskonstant inte blir för kort.

Hur värmeförlusterna för de olika systemdelarna fördelar sig för beräkningsexemplet i bilaga 1 framgår av följande figur:



Effektförluster vid dimensionerande utetemperatur.

Detta är endast ett exempel på resultat med i bilagan angivna värden. T.ex. så framgår att om köldbryggor tillåts uppgå till 0,05 W/m,K så ger de förluster i nivå med väggarna i övrigt. Speciell omsorg för att minimera dessa och beräkna dem bör ingå.

Av figuren framgår också att fönstren (ca 18 % fönsterarea jfr uppvärmd area) är den helt dominerande förlustposten. En okritisk uppglasning ger inte bara ökade förluster utan också inneklimatproblem sommarperioden.

En fråga som bör uppmärksammas för lokalbyggnader är om det på marknaden finns robusta entréytterdörrar med låga U-värden. Även här kan kanske erfarenheter hämtas från Tyskland.

4.4 Solskydd och sommarkomfort

Med beräkningsexemplet ovan blir transmissionsfaktorn för solenergi ca 8 %. Om värdet överstiger detta värde för en genomgående bostad, rekommenderas mer detaljerade solenergianalyser. Men detta värde gäller för den mest solutsatta delen och inte som ett genomsnittsvärde för en hel byggnad. Sannolikt krävs alltså också mellanliggande persienner och bra vädringsmöjligheter.

Solskyddsglas ger inte lika bra solskydd, men i rent söderorienterade vädersträck ger fasta solskydd över fönstren bra effekt.

Prsienner måste vara fabriksmonterade för att täthetskraven ska klaras. Utanpåliggande är ett alternativ.

Bra vädringsmöjligheter ger s.k. DrehKip, eller KipDreh-beslag. Fönstren kan då vädra även vid regn och utan risk för att barn tar sig ut. Ett av dessa beslag kan göras barnsäkra (låsningsbar i vädringsläge).

Byggnaden ska utformas så att aktiv komfortkyla normalt inte ska behövas med en omsorgsfull projektering där solskyddslösningar beaktats, men för t.ex. kontorsbyggnader kan också nattkyla och passiv markkyla behövas.

4.5 Ventilation

Ventilationen i svenska byggnader är dimensionerade för väsentligt högre luftflöden än i övriga Europa, sannolikt för att fönstervädring i Norden inte är en acceptabel lösning för friskluftintag för normala driftsituationer.

Ventilationens uppgift är att

- förse lokalen med frisk luft
- att bära ut övertemperaturer på sommaren
- i passivhus bära värme med tilluften.

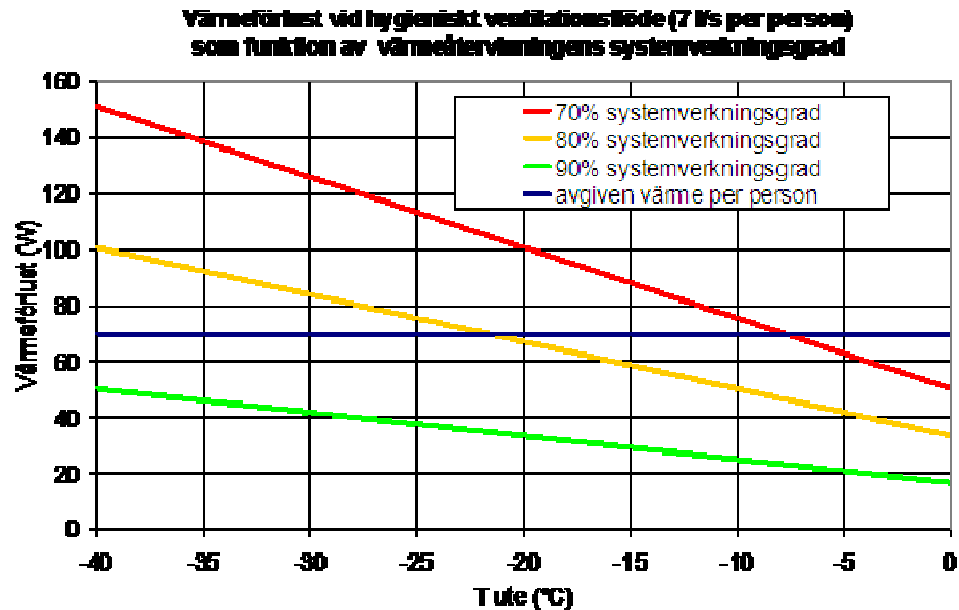
Ventilationssystem dimensionerade för maxluftflöde blir stora energislukare om de går på fullt flöde under hela driftperioden.

Ventilationssystemet ska vara utfört så att det går att ha ventilationen helt, eller nästan helt avstängd under icke drifttid. Konventionellt utformade system klarar dock inte att gå från t.ex. 2,0 l/s,m² till 0,15 l/s,m². Om helt avstängd så rekommenderas en utformning som inte möjliggör ett bakåtlöde av varm fuktig luft till tilluftsfilteret. Behovsanpassning av ventilationen är en avgörande fråga som måste lösas i programskedet och det finns olika tekniska lösningar att tillgå. Ett är det system som Vargbroskolan valt med jordvärme, en annan är Vargbroskolans teknikval men markkulvert utbytt mot FTX.

Ett tredje är användning av smarta tilluftsdon (typ IDCC) med integrerad regler-teknik.

Finns andra lösningar tillämpade i Tyskland?

Beräkningar har visat att de ökade ventilationsförlusterna när byggnaden är i användning även i ett norrlandsklimat mer än väl kan kompenseras av den ökade värmeavgivningen från personer och utrustning. Detta under förutsättning att man har en relativt hög systemverkningsgrad på ventilationens värmeåtervinning och ett ventilationsflöde anpassat efter de varierande personbelastningarna under drifttiden.



Att inget tillägg i tillåten värmeeffekt behöver göras på grund av högre luftflöden och därigenom högre värmeförluster illustreras av figur 1. Där framgår att med en mycket hög systemverkningsgrad på ventilationsvärmeåtervinningen så krävs mycket låga utetemperaturer innan den ökade värmeförlust som en ökning av uteluftsflödet med 7 liter/person innebär överskrider det extra värmetillskott som en person avger. Om vi antar att en person avger 70 W så överskrider detta ventilationsförlusterna ända ner till cirka -35 °C om man har en systemverkningsgrad på cirka 85 %. Detta resonemang förutsätter dock att man arbetar med en fullständigt behovsstyrd ventilation.

Av figuren framgår också att om en mycket bra behovsstyrning kan åstadkommas, så räcker ett bra och balanserat värmeåtervinningssystem till för att kompensera för det ökade luftflödet. Om så inte är fallet krävs istället att en extra hög verkningsgrad åstadkoms t.ex. med bubbla roterande värmeväxlare. Nackdelen är att elåtgången då ökar.

Behovsstyrd ventilation

Behovsstyrd ventilation sänker inte bara effektbehovet utan också värmeenergiebehovet och elbehovet till fläktdriften. Som exempel gavs i en tidig kalkyl för en förskola (lågenergiutformad) ett behov på max luftflöde om 2,8 l/s,m², vilket är tre gånger så stora luftflöden som krävs för hygienluftflödet (0,35+7 l/s, person). Nattetid var ett luftflöde på i genomsnitt 0,55 l/s,m² planerat.

Bara för drift av fläktarna skulle då åtgå 17 kWh/m². Med ett försiktigt antagande om halverat luftflöde under driftperioden och ingen ventilation nattetid skulle el-behovet minska till 6 kWh/m².

Värmebehovet med bara denna förändring skulle minska med 14 kWh/m².

Ett från början projekterat ventilationssystem för behovsstyrd ventilation måste visserligen dimensionera luftflödet för det enskilda rummet till maximal möjlig belastning, men det totala systemet kan dimensioneras ner med en lämplig sammanlagringsfaktor eftersom alla barn inte är på alla platser samtidigt.

För passivhus ska tilluftsflödet kunna användas för värmedistribution (en möjlighet inte ett krav). Det innebär att om ventilationen är avstängd nattetid så kommer innetemperaturen att sjunka något och den avgivande effekt som då krävs under dagtid vara högre. Det är en styr- och reglerteknisk fråga att klargöra hur driftstrategierna ska läggas upp, så att en viss ventilation ändå startar upp nattetid om så krävs för att önskad innetemperatur ska föreligga vid driftstart på morgonen och så att den installerade värmeeffekten ändå inte ska behöva dimensioneras upp när det är kallare ute. För att klara ett lågt luftflöde är även en intermittert drift under natt/helg en möjlighet. Hur temperaturen sjunker och ökar under olika driftförhållanden bör simuleras.

Uppskattningsvis bör ventilationsflödet som årsgenomsnitt under natt/helg inte behöva vara högre än 0,15 l/s,m² för att ändå kunna klara att bära fullt värmeeffektbehov vid 0,35 l/s,m².

4.6 Markvärmare

Markförvärmning av tilluft är en standardlösning i Tyskland. Risken för fuktutfällning och mikrobiell tillväxt under vissa klimatförhållanden har varit tillbakahållande för svenska applikationer. Utförandemässigt krävs att kanalen ges viss lutning och dränering i lågpunkter. Radongas ska inte kunna komma in. Dräneringspunkterna ska vara inspektionsbara. Markförhållandena ska tillåta att kanalerna grävs ner på för svenska förhållanden tillräckligt djup.

Ett alternativ med brineslinga nedgrävd i marken istället och en konvektor placerad i tilluftsintaget förefaller vara en allt vanligare lösning. Dessa är enklare att styra så värme/kyla endast utnyttjas när behovet är som störst.

Bägge dessa lösningar är värda att studera på plats i Tyskland.

- Hur är de utförda?
- Vilken kostnadsnivå innebär de?
- Vilka undersökningar krävs (mark?)
- Hur djupt måste de förläggas?
- Finns utvärderingar utförda?

Tyvär ger en förvärmning i marken som resultat att växlaren i FTX-systemet inte gör samma nytta, men en viss vinst får man ändå. För aggregat med avfrostnings-system kan dock förvärmaren innebära att avfrostning inte längre behövs.

Sommarperioden kan tilluft kylas i marken och förbättra inomhuskomforten.

Vilka erfarenheter finns, hur många grader kan man egentligen sänka tilluften och i så fall vid vilket luftflöde (annars större nedkylning vid ett lågt luftflöde)?

4.7 Luftburen eller vattenburen värme?

En väsentlig fråga är om de termiska förhållandena (solinstrålning, verksamhet, etc.) är så likartade, att samma eftervärmare kan användas för hela byggnaden, eller om en sektionering med distribuerade eftervärmare krävs. Brandcellsaspekter måste också beaktas.

- Är ett s.k. småhusaggregat per avdelning i en förskola eller per klassrum ett alternativ?
- Erfarenheter från Tyskland?

En mindre radiator per komfortområde är ett alternativ. Denna kan placeras utan hänsyn till kallras i fönster om energieffektiva fönster väljs.

4.8 Golvvärme

Golvvärme i förskolebyggnader är en tradition. Barnen leker på golvet och dess är normalt kalla och dragiga. Så dock inte i Passivhus.

Golvvärme är ett dyrt installationssystem som inte kan motiveras i passivhus.

Det ökar värmeförlusterna ut genom golv och golvbjälklag.

Med normal utformning hinner inte golvvärmesystemet reglera om värmetillförseln vid snabba omslag. Så fort några barn vistas i ett rum ökar innetemperaturen men golvvärmesystemet fortsätter mata fram mer värme. Hur snabbt nedregleringen kan ske påverkas av golvvärmesystemets tidskonstant. Ett minimikrav är att den har en tidskonstant under 3 timmar, men även 3 timmar ger övertemperaturer vid ändrad värmebelastning som sannolikt vädras bort.

Barn har en högre ämnesomsättning än vuxna och mer underhudsfett. De ska klara en golvtemperatur på 20 grader.

Kan man från verksamheten visa att barnen far illa vid en golvtemperatur på 20 grader eller är verksamhetskrav på golvvärme att härleda från erfarenheter från konventionellt byggda daghem med stora kallras från fönster och dåligt golvisolering?

5. Beräkningsstöd

Ett beräkningsstöd för passivhus har utvecklats av ATON Teknikkonsult i ett utvecklingsprojekt tillsammans med Västerås Stad och Linköpings kommun. Denna är anpassad till de nya passivhuskriterier som just utarbetats av FEBY, men är än så länge bara klar för tillämpning på bostäder. En version för att även klara skolor och förskolor är på gång.

För mer komplicerade termiska analyser kan andra konventionella beräkningsprogram behövas som komplement.

I Tyskland används normalt ett beräkningsprogram: PHPP som är ett detaljerat beräkningsstöd för att beräkna och avgöra om en byggnad uppfyller de tyska passivhuskraven.

Dessa skiljer sig något mot de svenska; andra klimatdata används⁴ som måste tas fram separat för de olika orterna. Annan terminologi och begrepp används, t.ex. anges luftläckage som luftomsättning (gällde även i äldre BBR) och utvändiga areamått och U-värden används istället för invändiga. Schablonvärden för spillvärme vid dimensionerande utetemperatur är lägre, vilket innebär att deras krav är något hårdare.

⁴ På kontinenten gör man två effektberäkningar. Ett för ett kallt molnigt dygn och ett för ett klart och soligt vinterdygn. I Sverige är soltillskottet under DUT-perioden marginell.

6. Solfångare och produktionssystem

Solfångare är ett lämpligt komplement för att värma varmvatten i bostäder och i lokaler där varmvattenanvändningen är hög (t.ex. sportanläggningar), men inte för att värma byggnader med bra klimatskal. En bra dimensionerad solvärmeanläggning ska precis täcka varmvattenbehovet under juli. Då kommer all värme tas i anspråk för varmvattensystemet och när väl byggnaden också behöver värmas, är solinstrålningen så begränsad att den inte kan användas för att värma med.

För byggnader anslutna till fjärrvärme med spillvärme från kraftproduktion eller sopförbränning är miljövärdet av solvärme lågt, vilket också brukar återspeglas i ett lågt fjärrvärmepris på sommaren. Då blir inte heller solvärme lönsamt. Exempel finns dock där solvärme matas in i fjärrvärmenätet och passar in i fjärrvärmeleverantörens produktionsmix.

Det låga värmestillskott, 10 W/m^2 och energiåtgång för värme, $15 - 20 \text{ kWh/m}^2$ kan klaras med en rad olika produktionsalternativ: fjärrvärme, automatiserad pelletspanna, bergvärmepump. Pelletspannan är lämplig att kombinera med solvärme för varmvattenproduktion. Då kan eldningssäsongen reduceras.

7. Ekonomi

Några ekonomiska analyser för att utforma lokalbyggnader i passivhusutförande jämfört med normal utformning finns inte gjorda i Sverige.

Med tanke på att FTX-system ändå ingår i normalt utförande, så bör dock förutsättningarna vara ändå bättre än i flerbostadshus. Merkostnader i anläggningsskedet gäller huvudsakligen ett bättre klimatskal. Kan ett distributionssystem för värme och radiatorer sparas in eller kraftigt förenklas, så finns också en kostnads-sänkningssida. Att sedan driftkostnaderna kommer att sjunka påtagligt är enkelt kalkylerbart och ekonomin kan avgöras i en livscykelkostnads-kalkyl.

8. Från idé till bygghandling

Steg 1. Energi- och verksamhetsidé

Erfarenheterna från passivhusbyggande i Sverige är att arkitektritningar eller i alla fall arkitektskisser oftast finns framme redan när byggherren kommer på att det vore intressant att prova ett utförande med passivhusteknik.

Det normala är att placering av aggregatrum och ventilationsschakt ligger felplacerade eller inte är dimensionerade för värmeåtervinningssystem. Är byggnadens form och orientering olyckliga för solavskärmning, placering av tilluftsintag, mm så blir problemen än större.

För förskolor där enplansutformning är legio är omstart en förutsättning, men det är aldrig en bra start. Arkitekt och kanske även verksamhet har redan haft sina utgångspunkter klara och det har resulterat i en utformning som man nu ska backa från. Det riskerar att skapa negativa blockeringar och att parterna hamnar i ett motsatsförhållande där man ”slås för sin sak”.

Börja med ett möte där verksamhetsidé och energiidé utgör startpunkt. Låt såväl arkitekt som energiansvarig delta från startpunkten och sen följa projektet via programarbete, systemskede och projektering.

Steg 2 Programarbete

I programskedet kan alternativa lösningar diskuteras, prövas och förkastas. Såväl verksamhetens och lågenergiutformningens olika förutsättningar behöver mötas för att hitta lösningar som kan fungera från bägge utgångspunkter. A-skisserna kan formas parallellt med att systemskisserna för installationerna tar form.

Det är i ett tidigt skede de goda lösningarna ska hittas och här stör de inte produktionsekonomin.

I programskedet görs en första energiberäkning. Den bör hanteras som en bygghandling. Det innebär att den ska följa projektets olika etapper och revideras i varje etapp i den mån andra indata kommit. Ansvaret för att detta blir utfört ligger på energisamordnaren, men att leverera reviderade indata ligger på respektive fackområde; A, K, VVS etc.

De konsulter som väljs bör alla vara införstådda med vad passivhus innebär, ha gått någon introduktionskurs och gjort studiebesök i Sverige eller i Tyskland. På sikt kommer troligen utbildningscertifikat för passivhusteknik gälla. Alla bör vara införstådda med att andra utgångspunkter innebär att andra lösningar kommer att väljas och då krävs det tid och intresse.

Redan i programskedet ska krav ställas på kvalitets- och uppföljningsarbete. Det kan t.ex. gälla praktiska tester av de detaljlösningar som ska väljas, innan arbetshandlingar ritas. Det kan gälla vilka anvisningar för mätning och uppföljning som ska tas fram för att i byggprocessen verifiera de funktionskrav som ställs både på delsystem och på totalprestanda energimässigt. Här finns bra anvisningar i UFOS rapport ”Hela vägen fram” och för passivhus finns ett kapitel om verifiering i

FEBY:s ”Metodrapport – Beräkning och verifiering”
(www.energieffektivbyggnader.se under fliken rapporter)

I metodrapporten rekommenderas följande uppföljning i byggskedet och för vilket anvisningar behövs i kontrollplanen:

- Byggnadens täthet
- Fukt i ingående material till ytterväggskonstruktioner, fukthalt i betongkonstruktioner (anvisningar i fuktskyddsplan).
- Buller från ventilationssystem.
- Uppmätning av köldbryggor med värmekamera/yttemperaturmätare. Resultatet jämförs med förväntade värden enligt konstruktionshandlingar.
- U-värde och G-värde för fönster (beteckningar och rätt utfört montage).
- Samtliga luftflöden genom aggregat mäts via fasta mätuttag
- Samtliga temperaturer över aggregat loggas

Detaljeringsgraden i kontrollplanen ökar för varje steg i projektet från övergripande anvisningar om vad som ska följas upp till detaljerade anvisningar om hur, när och av vem.

Steg 3 och 4, systemskede och projektering

Projektet bör drivas på ett sådant sätt att nyckelpersoner följer med från projektets start till färdig anläggning. Projekt där olika faser avslutas med en handling som sedan nästa grupp tar över är inte framkomligt när projektet inte längre avser väl etablerad teknik där alla från början redan vet vad som avses.

I flera projekt har olika former av partnering tillämpats med framgång för att undvika det motsatsförhållande som en byggherre och en totalentreprenör annars kan få och där alla otydligheter i handlingar i praktiken innebär tilläggsbeställningar. Alla parter måste dra åt samma håll och gemensamt hitta bästa lösning.

Steg 5. Byggskede

Praktisk utbildning

Alla involverade i byggprocessen måste utbildas, praktiskt och på plats. Detta är en förutsättning för att täthetskraven ska klaras. Gärna med en fullskalemodell för hur detaljkonstruktioner ska lösas, där snickare och montörer själva får utföra arbetet.



Arbetsmodell för att testa detaljlösningar i praktiken

Byggkontroll och mätning

Ett detaljerat byggkontrollprogram ska finnas framtagen i tidigare skede som nu genomförs.

Täthetsprovning genomförs när brister fortfarande kan åtgärdas. Ofta halveras läckageflödena i samband med att man vid provningen upptäcker läckande detaljer. Provningsen görs så fort en första sektion eller lägenhet är klar. Det är en fördel om det finns en temperaturdifferens mellan ute och inne på minst 10 grader för att med termografering hitta läckage.

Alla avsteg under byggprocessen som påverkar energianvändningen noteras och nya värden förs in i en reviderad energikalkyl.

Besiktningsmannen bör förutom själva byggkontrollen också kontrollera att en uppdaterad energiberäkning finns framme.

Drifttagning

Varje delsystem som tas i drift ska verifieras i en funktionsprovning och en prestandaprovning. Funktionsprovningen visar bara att det fungerar, men säger inte om prestanda. Prestandaprovningen planeras i tidigare skede så det också framgår vilka förutsättningar som gäller vid denna provning.

Effektförlustmätning

Efter det att byggnaden tagits i drift ska byggnadens prestanda verifieras i en effektförlustmätning under årets första veckor (för bägge driftfall). Detaljerade anvisningar finns i FEBY:s metodrapport, men måste anpassas till lokalbyggnadens förutsättningar

Bilaga 1

Överslagsmässig energikalkyl - Förskola

Tvåplans förskola med 90 barn och 24 vuxna.

Ort: Stockholm

Konstruktion och installationsdata

Halvtung konstruktion, dvs platta på mark + betong i mellanbjälklag och bärande konstruktion.

Yta: 900 m² (15 m bred och 30 m lång byggnad utlagd i öst-västlig riktning).

Takhöjd inne 2,9 meter.

Fönsterarea: 18 % av golvarean. Horisontalvinkel 15 grader.

Ventilation: SFP 1,5 och 82 % temperaturverkningsgrad

Täthet: 0,2 l/s, m²

U-värde fönster: 0,8 i övrigt "passivhusstandard" (se även bilaga 2)

Driftfall natt/helg.

Luftflöde som i genomsnitt ligger på 0,15 l/s,m² för att bära värme.

Spillvärme enligt schablon: 0,5 W/m².

Driftfall dagtid (2600 h/år)

Ventilation: 0,35 l/s/Atemp+7 l/s, person

Belysning: 5 W/m², dvs energieffektiva armaturer.

Spillvärme enligt schablon: 13,9 W/m² (5 + 70 x 114/Atemp)

Resultat energianalys

Driftfall natt/helg.

Beräknad effektförlust vid DUT: 9,7 W/m² (krav enligt FEBY: < 10 W/m²)

Uppvärmningsbehov (6200 h), om ingen värmelagring: 15 kWh/m²

Driftfall dagtid (2600 h/år)

Beräknad effektförlust vid DUT: 4,8 W/m².

Uppvärmningsbehov (2600 h): 1 kWh/m²

Driftel: 22 kWh/m²

Kommentarer

Kalkylen förutsätter en ideal driftsituation, där alla personer finns i byggnaden hela tiden och att ventilationen exakt projekterats för det genomsnittliga luftflödesbehovet.

I praktiken kommer luftflödet vara projekterat högre, kanske för 2 l/s, m^2 . Ett konstantluftflöde ger då ett värmebehov på 4 kWh/m^2 .

Att praktiskt klara $0,15 \text{ l/s, m}^2$ nattetid med samma system kräver andra strategier (on/off körning nattetid där ventilationen går på lågfart under de nätter då värmebehov finns).

Om i praktiken bara beläggningsgraden är 50 % som snitt över drifttiden, ökar värmebehovet till: 9 kWh/m^2 .

Om belysning dagsljusstyrs så att drifttiden minskar med 33 % och ventilation behovsstyrs och därmed reduceras till i genomsnitt 1 l/s, m^2 (kan då också i viss mån dimensioneras ner från början) minskar värmebehovet till $4,5 \text{ kWh/m}^2$ och driftel till högst 16 kWh/m^2 .

Slår vi ihop värmebehovet för de två driftfallen, så blir årsenergibehovet för värme; ca 20 kWh/m^2 och driftel: 18 kWh/m^2 .

Om vi som alternativ anger medelvärden som indata i ett dynamiskt energiberäkningsprogram så erhålles:

Spillvärme: $4,5 \text{ W/m}^2$ i effektkalkylen

Värmebehov: 18 kWh/m^2

Driftel: 18 kWh/m^2 .

Energikalkylen är gjord vid innetemperaturen 22 grader.

Att värmebehovet för den sista kalkylen blir något lägre är rimligt med tanke på in- och utlagring av värme i väggarna.

En lägre horisontalvinkel, (5 grader istället för 15 grader) sänker värmebehovet med 2 kWh/m^2 .

Solskyddsglas ökar värmebehovet med ca 2 kWh/m^2 .

Ett fjärrvärt daghem, ger med de nya kriterierna utrymme för 6 kWh/m^2 varmvatten om vi förutsätter att kökets värme- och varmvattenbehov anses vara verksamhetsrelaterat.

(Vad är typiska varmvattenbehov exklusive kök? Är allt varmvatten verksamhetsrelaterat?).

Eftersom effektbehovet under icke drifttid normalt är gränssättande för effektkravet, är det enbart åtgärder på formfaktor och klimatskal som kan påverka. Det förefaller därför inte möjligt att bygga enplansbyggnader och klara kraven.

Byggnadens form bör vara rimligt rektangulär, dvs inte i paviljongutförande.

Inga onödigt stora takhöjder. Kanalisation får läggas i nedfällt takparti eller upphöjt golvparti.

Annat

- Tempstyrda torkskåp?
- E-klass A alla ljuskällor?
- Alla fasta armaturer dimbara och dagsljusstyrda?
- Inga golvvärmesystem?

Bilaga 2

Indata till energikalkyl - Förskola

Effektbehov - värme, för energieffektiva bygg

Byggnad: **Förskola 2 plan**

Ort: **Stockholm**

Namn på den som ansvarat för kalkylen: **Eje Sandberg**

Inmatn. effektkalkyl
 Utdata resultat
 Ej åtkomligt för ändring

Klimatdata dimensionerande

Klimatdata för ort:

Dimensionerande utetemperatur

Marktemperatur, dimensionerande

Rumtemperatur

Stockholm
-10,5 (°C)
5,8 (°C)
20 (°C)

Bromma

Byggnadskonstruktion

Uppvärmad area Atemp

- varav BIA

- varav LOA

Typ	Tidskonstant	
	427	1 ←
	900	m ²
	0%	%
	100%	%

Typ	Tidskonstant
Lätt	0
Halvliätt	0
Halvtung	1
Tung	1

Klimatskal

Byggnadsdel	Area	U-värde	Temp. diff.	PT
	m ²	W/(m ² K)	K	Watt
1.a Lätt yttervägg	411	0,089	30,5	= 1115
1.b Tung yttervägg	0,0	0,000	30,5	= 0
2. Ytterdörr	2,1	0,800	30,5	= 51
3. Tak mot uteluft	450	0,080	30,5	= 1098
4.a Betongplatta mot mark	450	0,090	14,2	= 574
4.b Lätt golv/ kryppgrund mot mark	0	0,100	14,2	= 0
5. Tung vägg mot mark	0	0,180	14,2	= 0
6. Köldbryggor	1	36	30,5	= 1088
8. Fönster	163	0,800	30,5	= 3977
9. Glasade altandörrar	0	0,900	30,5	= 0
10. Terasstak	0,0	0,000	30,5	= 0
11. Annan yttervägg	0,0	0,000	30,5	= 0
12. Annat yttertak	0,0	0,000	30,5	= 0
Aom	1477	m²	Summa	7904

Formfaktor

1,6

Köldbryggor

	Längd L	Ψ	L*Ψ
	m	W/(mK)	W/K
1 Bottenbjälkslag	94	0,05	5
2 Fönster o dörrar	408	0,05	20
3 Mellanbjälkslag	94	0,05	5
4 Balkonginfästningar	0	0,30	0
5 Takfot	94	0,05	5
6 Hörnkanter	24	0,05	1
Summa			36
Köldbryggor andel av klimatskalets förluster			14%

Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Norr	Öst	Summa
Fönsterarea brutto (m2) inkl altandörr	57	24	57	24	163
	0	0	0	0	0

Fönsterandel (inkl dörr) **18,1%**

Ventilationsdata dimensionerande

Genomsnittligt frånluftsflöde (Vex)	361	(l/s)
vindskyddskoefficient, e	0,07	Se tabell 1
vindskyddskoefficient, f	15	Se tabell 1
lufflöde q50/Aom vid provtryckning	0,2	l/s,m2

Dygnsmec
0,40

Värmeåtervinningsdata dimensionerande, placerad inom klimatskal

Tilluftsflöde	100%	(% av Vex)
värmväxlarens återvinningsgrad, ηeff	82%	% tempverkningsgrad vid bal
värmekonduktivitet uteluftkanal, Ψ	0,26	W/(mK) Värde se tabell
Längd uteluftkanal	60	m
värmekonduktivitet avluftkanal, Ψ	0,25	W/(mK) Värde se tabell
Längd av luftkanal	60	m
Avfrostningstid vid DUT	0	(minuter per timme)

Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Norr	Öst
Fönster brutto (m2)	57	24	57	24
Glasandel fönster, Fa	0,80	0,80	0,80	0,80
Skuggfaktor, karm, mm	0,8	0,8	0,8	0,8
Skuggfaktor, sido- o överhängsavskärmm	0,9	1	1	1
Altandörrar brutto	0	0	0	0
Glasandel fönster, Fa	0,7	0,7	0,7	0,7
Horisontalvinkel (grader)	10	10	10	10
Glasrutans G-värde	0,35	0,35	0,35	0,35
Rörliga solskydd vinter	0,93	0,93	0,93	0,93
Rörliga solskydd sommar	0,93	0,93	0,93	0,93

Bilaga 3

Äldreboendet Bokliden, Helsingborg



Sveriges
Kommuner
och Landsting

118 82 Stockholm • Besök Hornsgatan 20
Tfn 08-452 70 00 • Fax 08-452 70 50
info@skl.se • www.skl.se