



TEKNISKA SYSTEMLÖSNINGAR FÖR ATT UNDVIKA ÖVERTEMPERATURER FÖR LÅGENERGIFLERBOSTADSHUS I STADSMILJÖ

LÅGAN Rapport november 2012

Christian Johansson

Berth Olsson

www.laganbygg.se



LÅGAN

Lågan 2011:25

Tekniska systemlösningar för att undvika övertemperaturer för lågenergiflerbostadshus i stadsmiljö

Technical systems for avoiding summertime overheating in low energy apartments placed in city enviroment.



Antal sidor: 19
Projektnr:
C Johansson

Göteborg 2012-11-01
Bengt Dahlgren Göteborg AB

Berth Olsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING**SIDA**

1	FÖRORD.....	3
2	SAMMANFATTNING	3
3	SYFTE/BAKGRUND/UPPDRAK	3
4	OBJEKTBESEKRIVNING	5
5	BAKGRUND TILL BERÄKNING	7
6	ALTERNATIVA UTFORMNINGAR	9
7	PRODUKTION AV KYLA	11
8	ENERGIANVÄNDNING	14
9	KOSTNADER.....	15
10	MILJÖ ASPEKTER	18
11	DISKUSSION	18
12	SLUTSATSER.....	19

1 FÖRORD

Vi vill passa på att tacka LÅGAN och Veidekke för samfinansiering av projektet. Ett särskilt tack till Johnny Kellner, Johan Alte och Kent Haglund på Veidekke, Åsa Wahlström på CIT, Lage Persson på Husvärden samt Per Andersson på Peab för ovärderlig kunskap och kritiskt tänkande kring projektet.

2 SAMMANFATTNING

För att undvika problematiken med övertemperaturer i flerbostadshus spelar arkitekturen en central roll för ett bra resultat. Studien visar att bra planerade lägenheter där vädring via korsdrag större delen av dygnet kan erhållas är den effektivaste metoden för att hantera problemet med övertemperaturer sommartid. Med bra design och vädringsfönster kan man erhålla en maximal operativ temperatur på 28 grader utan några större merinvesteringar för klimatsystem eller ökad energianvändning som följd.

I områden där man av olika anledningar inte har möjlighet att planera in dessa vädringsmöjligheter är det än viktigare att skapa ett bra alternativ. Studien visar att om vädring inte tillåts och den skuggande ovanförliggande balkongen som finns i Hamnhuset tas bort stiger temperaturen i det beräknade typrummet till närmare 35 grader.

Mest optimala lösningen på värmeproblemet, om vädring inte går att lösa på ett bra sätt, är att ett rörligt utvändigt solskydd monterat på solutsatta fasader. Rörliga solskydd på bostadshus är en relativt ovanlig lösning, troligen på grund av risken för oväntat mycket underhåll. Studien visar dock att lösningen med rörligt solskydd (utvändig persienn) är såpass mycket mer lönsam än övriga alternativ att ökat underhåll inte motiverar att lösningen skall väljas bort. Ett rörligt yttre solskydd klara socialstyrelsens råd på maximal operativ temperatur och den maximala operativ temperatur beräknas ligga under 28 grader. Energianvändningen ökar dock något eftersom solskyddet kommer att ta bort en del ”gratis” värme vår samt höst men investeringsalternativet har lägst livscykelkostnad av de undersökta lösningarna.

Önskas ett bättre klimat än 28 grader av marknadsföringsskäl eller dylikt är en kombination av yttre solskydd och kyld tilluft ett bra alternativ. I jämförelse mellan fjärrkyla och absorptionskylmaskin har fjärrkyla den lägsta livscykelkostnaden för produktion av kylan. Absorptionsmaskiner har ännu en alltför hög investering för att vara riktigt lönsam trots tillgången till billig värme sommartid för drivning av kylmaskinen.

3 SYFTE/BAKGRUND/UPPDRAG

Byggnad av lågenergiflerbostadshus har tagit rejält fart och idag finns ett flertal goda exempel på flerbostadshus med en energianvändning lägre än 50 % under ställda krav i Boverkets byggregler. För att lågenergibygnader verkligen ska få en betydande spridning är det viktigt att de samtidigt lever upp till de komfortkrav som de nya hyresgästerna förväntar sig när de investerar i nya, ofta relativt dyra, lägenheter. I några av de enkätundersökningar och intervjuer som genomförts i uppförda flerbostadshus har det framkommit att flera hyresgäster har problem med höga inomhus temperaturer på sommaren. (Se t.ex. Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort i ett lågenergihus, SP Rapport-2011:79). Detta gäller särskilt flerbostadshus i stadsmiljö där det av olika skäl (t.ex. inbrottsrisk eller ljudproblem) kan vara svårt att använda vädringsfönster.

För att fortsatt kunna bygga lågenergibyggnader med bra klimatskärm kan det särskilt i stadsmiljö behövas nya koncept för att komma tillrätta med övertemperaturer genom bra lösningar som inte försämrar byggnadens energi- och miljöprofil. Idag har få byggprojekt verkligen undersökt möjligheter till att lösa problemen med inomhuskomfort eftersom flera av de första projekten har varit mindre flerbostadshus med goda vädringsmöjligheter då de är placerade på landsbygd.

Föreliggande projekt avser att teoretiskt undersöka ett antal tekniska lösningar för att undvika övertemperaturer i stadsmiljö. Projektet i sig syftar därmed inte till att spara energi utan att förbättra inomhuskomforten och på så sätt få en bredare implementering av lågenergiflerbostadshus i centrala stadsområden. Dock skall energianvändningen hållas på en så låg nivå som möjligt. I första hand har tekniska lösningar genom en bättre design undersökts och i andra hand tekniska lösningar genom någon form av aktiv CO₂-neutral kyla.

Samtliga beräkningar är utförda på det första flerbostadshuset i Göteborg som byggdes enligt Passivhusprincipen, Hamnhuset i Sannegården, Norra Älvstranden Göteborg. Huset stod klart 2008.

Inledande beräkningar visar att om det är möjligt att få till vädring via korsdrag under större delen av dygnet når man acceptabla temperaturnivåer, varför detta inte valts att studera närmare. Studien fokuserar istället på lösningar av övertemperaturproblemet när vädring inte är möjligt.

Följande alternativ undersöks i rapporten.

- Bättre design av byggnadens solavskärmning:
Rapporten studerar alternativ dels med utvändigt motorstyrd persienn och dels med olika storlekar på ovan liggande balkonger som ger skugga på underliggande balkonger.
- Att kyla tilluften sommartid:
Här beaktas kapacitet i form av inblåsningshastigheter och inblåsningstemperaturer vid olika utomhustemperaturer och dess påverkan på inomhusklimatet. Alternativ till att kyla tilluften som undersöks är fjärrkyla och absorptionskylmaskin.

4 OBJEKTBSKRIVNING

Denna rapport bygger vidare på projektet Hamnhuset som Älvstranden Utveckling byggde i Göteborg 2007-2008. Hamnhuset ligger längst in längs Sannegårdshamnens västra kaj. Kvarteret består av två huskroppar som bildar en skyddad gård med gemensamma grönytor mellan husen. Huset är i 4-5 plan och består av 115 lägenheter.



Figur 4.1 Hamnhusets söderfasad mot innergården.

Hamnhuset var när det byggdes Sveriges största flerbostadshus byggt med s.k. ”passivhus-teknik”.

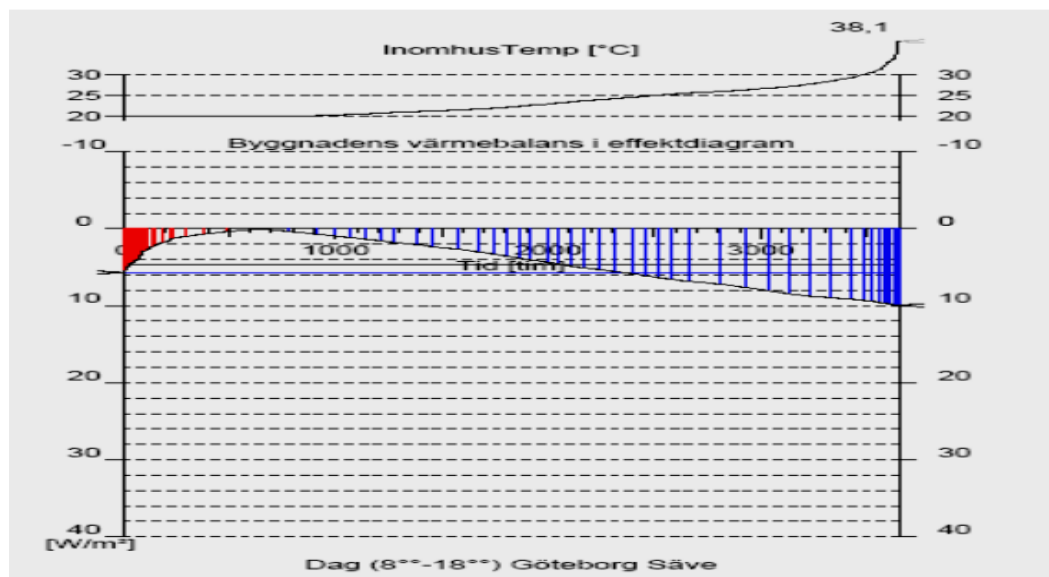
Passivhuset har en så låg värmeanvändning att solvärmens genom fönster, värmetillskottet från människor samt spillvärme från hemelektronik är tillräckligt för att säkra en behaglig temperatur inomhus under stora delar av året.

Enkelt uttryckt skiljer tre saker passivhusen från traditionella hus:

1. Klimatskalet är utformat med en minimering av köldbryggor, tjockare värmeisolering samt hög täthet mot luft/värmeläckage
2. Mycket bra fönster med låga U-värden på fönster.
3. Effektiv värmeväxling där den friska uteluften värms upp med hjälp av den luft som ventileras bort från huset. Detta säkerställer samtidigt ett bra inomhus klimat.

Dessutom strävar man i ett passivhus efter att utnyttja alternativa energikällor, t.ex. att med hjälp av solfångare bidra till uppvärmning av varmvatten.

Under projekteringen av Hamnhuset studerades problematiken med övertemperaturer noggrant. Bland annat togs nedanstående diagram fram som visar värmebalansen i huset dagtid under året. Få timmar med värmebehov medan det är värmeöverskott stora delar av året.



Figur 4.2 Varaktighetsdiagram avseende värmebalans i huset dagtid mellan 8 och 18.
Den röda ytan redovisar timmar med värmeunderskott och den blåa ytan timmar med värmeöverskott.

Beräkningarna visade att med vädringsfönster klarade man att hålla temperaturen på en hög men dock acceptabel nivå.

I denna studie har vi byggt vidare på dessa beräkningsmodeller för att analysera vilka åtgärder krävs om möjligheten till vädring begränsas av yttre ljudproblematik.

5 BAKGRUND TILL BERÄKNING

Rummet som undersöks är ett vardagsrum mot söder på plan 2.

De simuleringsverktyg som använts är ett CFD-program utvecklat speciellt för byggnader, IDA Energi och klimat samt BDAB:s egenutvecklade program för termisk komfort och ytemperaturer för glas.

Vi beräknar den sannolika termiska komforten i ett typrum då man tillför luft och kyla med hjälp av don infällda i fönsternisch.

Enligt Boverkets Byggregler 6:41 skall bostäder utformas så att ett tillfredsställande termiskt klimat kan erhållas. Boverket definierar inte ”tillfredsställande termiskt klimat” men anger att kravet är uppfyllt då:

- Den riktade operativa temperaturen är högre än 18°C
- Skillnaden i riktad operativ temperatur för ett rum är mindre än 5°C
- Golvtemperaturen är högre än 18°C
- Lufthastigheten är inte högre än 0,15 m/s

Enligt Socialstyrelsens allmänna råd SOSFS 2005:15 anges följande riktvärden för bedömning av olägenhet för människors hälsa sommartid.

- Den operativa temperaturen bör ej inte mer än tillfälligt överstiga 28°C och inte heller överstiga 26°C i mer än en vecka i streck.
- Skillnaden i operativ temperatur mellan 0,1 och 1,1 meter över golv bör ej överstiga 3°C
- Strålningstemperaturskillnaden mellan fönster och vägg bör ej överstiga 10°C
- Strålningstemperaturskillnaden mellan tak och golv bör ej överstiga 5°C
- Lufthastigheten bör inte överstiga 0,15 m/s men högre hastigheter kan accepteras.

Följande antaganden ligger till grund för simuleringen för originalalternativet:

- Ingen värmetransport (nettotransmission) beräknas förekomma mellan olika rum då dessa antas ha samma medelluftstemperatur vid samma tidpunkt.
- Den dimensionerande utetemperaturen antas variera sinusformigt mellan 17,5°C och 26,5°C.
- Den direkta och indirekta solinstrålningen har beräknats enligt ASHRAE Fundamentals 1997.
- Himlen antas vara klar.
- Beräkningen utförs i mitten av juli då solinstrålningen är som störst under en värmebölja som beräknas pågå till dess att hela rummet svängt in.
- Rummet ventileras med förvärmad tilluft som tillförs genom don i fönsternischer.
- Rummet ventileras genom korsdrag med ett flöde på ca 50 l/s mellan 11.00 och 20.00 och 20 l/s via ventilationen övrig tid.
- Fönstren antas bestå av ett yttre glas av typ Ecoplus g, en 65 mm luftspalt med justerbara persienner (30 graders vinkel under beräkningsperioden) samt en tvåglaskonstruktion med varm kant bestående av ett klarglas, 15 mm argon samt ett glas av Planitherm Ultra.
Med persiennen uppfälld beräknas glaskonstruktionen ha en solfaktor på 0,5 och en direktransmitterad andel på 0,4.

Dvs ett relativt klart glas mer eller mindre utan solskydd i glaset. Med persiennen nedfäld beräknas solfaktorn reduceras till 0,15 och den direkttransmitterade andelen till 0,06.

- Balkongdörren antas ha solskyddspersienn.

För alternativ studierna varierar sedan luftflödet, inblåsningstemperaturen, vädrings möjlighet och solskyddet i form av utvändigt persienn.

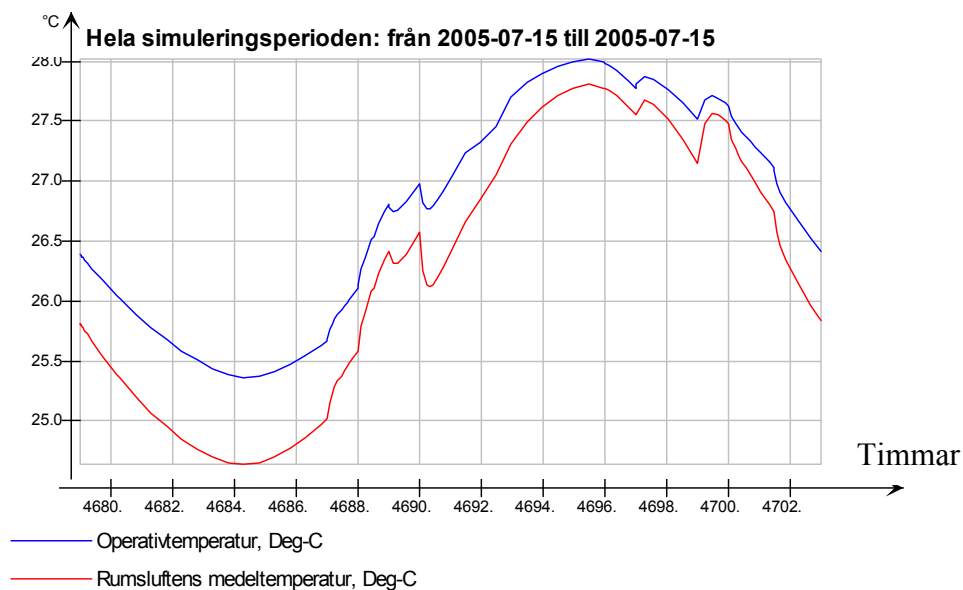
Rummet antas ha följande internlast:

- 10 W/m² belysning under morgon och kväll.
- En stillasittande person (aktivitetsnivå = 1) under hela dagen.
- Elektrisk utrustning som avger 50 W rent konvektivt under hela dygnet.

Resultat för Hamnhusets i byggt utförande:

Den högsta operativa temperaturen beräknas bli 28°C och skillnaden i operativ temperatur mellan 0,1 och 1,1 meter över golv beräknas bli mindre än 0,5°C.

Strålningstemperaturskillnaden mellan fönster och vägg beräknas bli mindre än 1°C och mellan golv och tak beräknas strålningstemperaturskillnaden bli försumbar.



Figur 5.1. Diagram avseende operativtemperaturen och rumsluftens medeltemperatur.

Sammanfattningsvis uppfylls samtliga råd från Socialstyrelsen i originalalternativet.

Genom tillräcklig vädring (stora delar av dygnet) är det möjligt att erhålla ett tillfredställande klimat i typrummet. På grund av byggnadens tyngd och omfattande isolering är det dock svårt att bli av med överskottsvärme vilket innebär att lägenheterna är känsliga för ökade internlast. Dessutom kyls väggar och golv inte ned nattetid vilket resulterar i höga rumstemperaturer under hela dygnet.

Om ingen vädring förekommer beräknas medellufttemperaturen i typrummet öka till omkring 31°C.

Samtliga beräkningar och simuleringar nedan är utförda i IDA Energi och klimat.

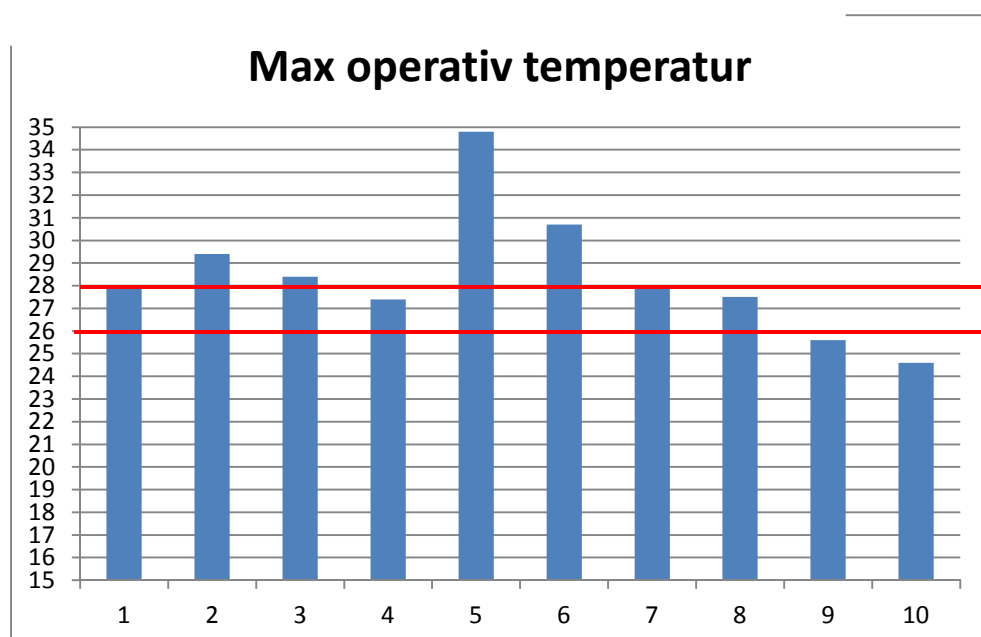
Nedanstående diagram visar max temperaturen för 9 st alternativa utformningar. För originalalternativet dvs. så som Hamnhuset är byggt, har rummet vädringsmöjligheter, mellanliggande persienn och en delvis skuggande ovanliggande balkong (mer detaljerad redovisning finns i kapitel 5). Rummet ventileras med 20 l/s och är helt utan kylmöjligheter av tilluften.

För att belysa att åtgärder redan är vidtagna i originalutförandet har vi även valt att visa ett fall utan vädringsfönster, mellanliggande persienn och ovanliggande balkong.

För övriga alternativ används fasta fönster och det finns ingen möjlighet till vädring. För de olika alternativen varierar flödet och inblåsningstemperaturen samt typen av solskydd. För alternativen utan utvändig persienn har en mellanglaspersienn lika originalalternativet använts. Följande fall har undersökts:

- 1: Hamnhuset original
- 2: 20 l/s med balkong, 18 gradig inblåsning.
- 3: 25 l/s med balkong, 18 gradig inblåsning.
- 4: 30 l/s med balkong, 18 gradig inblåsning.
- 5: 20 l/s utan balkong och utan kyla
- 6: 20 l/s med stor balkong, 18 gradig inblåsning.
- 7: 20 l/s utan kyla med utvändig persienn
- 8: 25 l/s utan kyla med utvändig persienn
- 9: 20 l/s 18 gradig inblåsning med utvändig persienn
- 10: 25 l/s 18 gradig inblåsning med utvändig persienn

I figur 6.1 visas beräknade maximala operativa temperaturer för de olika fallen.



Figur 6.1 Max operativ temperatur för de olika typlösningarna.

Kravet från Socialstyrelsens på en max operativtemperatur på 28 grader gör att det bara är 6 st av alternativen som är en godtagbar lösning på problemet. Resterande del av rapporten fokuserar därför på dessa 6 alternativ.

Vi har valt bort att titta på alternativ med lägre inblåsningstemperatur än 18 grader då en lägre inblåsning i kombination med höga lufthastigheter skulle ge upphov till dragproblematik.

Vi har heller inte valt att titta på högre luftflöden än 30 l/s då det skulle innebära större kanaler i schakten och därmed mindre försäljnings-/uthyrningsbar yta.

Valet av alternativ till att producera kyla är bl.a. beroende av tillgång och pris på energi. Med stigande elpriser blir värmeproducerad kyla mer intressant. Tillgång till billig spillvärme från avfallsförbränning eller från industrier sommartid är både kostnadseffektivt och miljömässigt en bra lösning då man får avsättning för spillvärme till fjärrvärmeproduktion även sommartid då energibolagen normalt istället har värmeöverskott.

Alternativ med fjärrkyla.

Fjärrkyla är ett resurseffektivt alternativ till kylning med egna kylmaskiner som drivs med el. Fjärrkyla framställs med spillenergi, via kylmaskiner eller med förnyelsebara resurser som vatten från sjöar eller hav (frikyla).

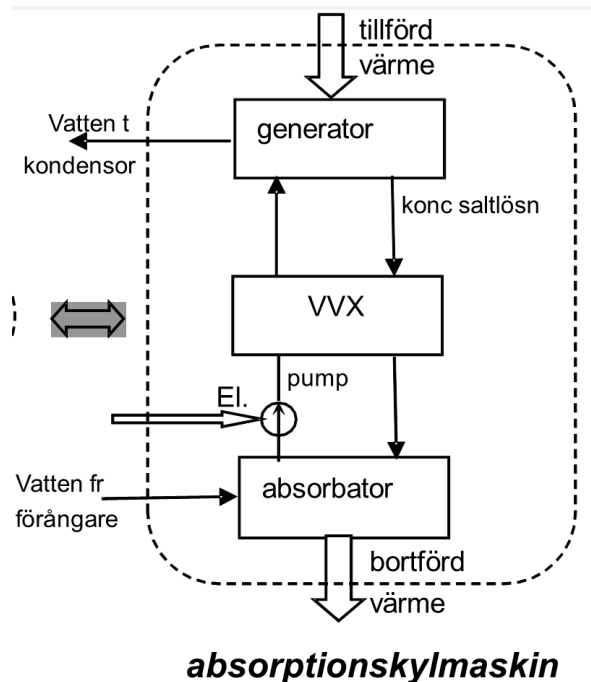
Fjärrkyla bygger på samma princip som fjärrvärme. Man har en central kylproduktion som genom en köldbärare transporteras i ledningar till användarna. Det ger en enkelhet för kunden som slipper utrymmeskrävande kylmaskin. Andra fördelar mot att installera egen kylmaskin upplevs i din omedelbara närhet genom att du slipper onödigt buller från kyltorn och kompressorer, vilket i bostads sammanhang är av yttersta vikt.

Det kan också vara miljövänligare då kylan ofta kan produceras ifrån spillvärme eller genom frikyla. Nackdelen är att investeringskostnaden för ett fjärrkylnät är högt. Rördimensionerna måste vara större än för fjärrvärmenät då temperaturskillnaden mellan framledning och returledning är små vilket självklart leder till högre investering.

Eftersom kylaggregatens verkningsgrad ökar med deras storlek är driften av fjärrkylasystem oftast billigare än enskilda kylmaskiner.

Alternativ med absorptionskylmaskin:

Dessa aggregat drivs till skillnad från konventionell eldrivna kylanläggningar på värme.



En absorptionsmaskin består av en högtrycksdel och en lågtrycksdel men kompressorn är ersatt med absorbator, värmeväxlare och generator. Köldmediet förångas under lågt tryck i förångaren och leds till absorbatorn. I absorbatorn kondenseras köldmediet (vatten) och binds upp av den koncentrerade absorbenten (salt). Genom uppbindandet av köldmediet bibehålls det låga trycket. Dessa förenas till en svag utspädd saltlösning.

Under köldmediabsorbtiionsprocessen måste absorbatorn kylas för att föra bort det kondensationsvärmets som frigörs.

Figur 7.1 Princip Absorptionskylmaskin

Den svaga lösningen pumpas till generatoren via värmeväxlaren. I generatoren tillförs drivvärme i detta fall fjärrvärme som separerar köldmediet från absorbenten genom att köldmediet (vatten) förångas. Det leds vidare till kondensorn, kvar i generatoren finns en stark koncentrerad lösning som förs tillbaka till absorbatorn via värmeväxlaren och expansionsventilen. I värmeväxlaren avger den starka lösningen värme till den svaga lösningen och trycksänkningen uppnås när den passerar expansionsventilen.

En absorbtionsmaskin har en köldfaktor på ca 0,7. (COP).

D.v.s. för en del fjärrvärme får man ut ca 0,7 delar kyla. På grund av den lägre verkningsgraden krävs tillgång till billig värme för att få god lönsamhet.

Vid avfallsförbränning kan inte bränslet (soporna) lagras under sommaren då uppvärmningsbehovet är lågt utan man måste elda trots att värmen inte behövs. För att få någon nyttigt användning av värmen kan man använda den oönskade värmen i en absorptionsanläggning och producera kyla.

System uppbyggnad för distribution av kyla inom huset.

Luftburet kylsystem där det befintliga värmebatteriet byts till ett kombibatteri för både kyla och värme. Kostnadsdrivande åtgärder krävs för detta i anslutning till aggregaten i källaren medan kanalsystemet ute i huset är det samma oavsett om kyla installeras eller ej.

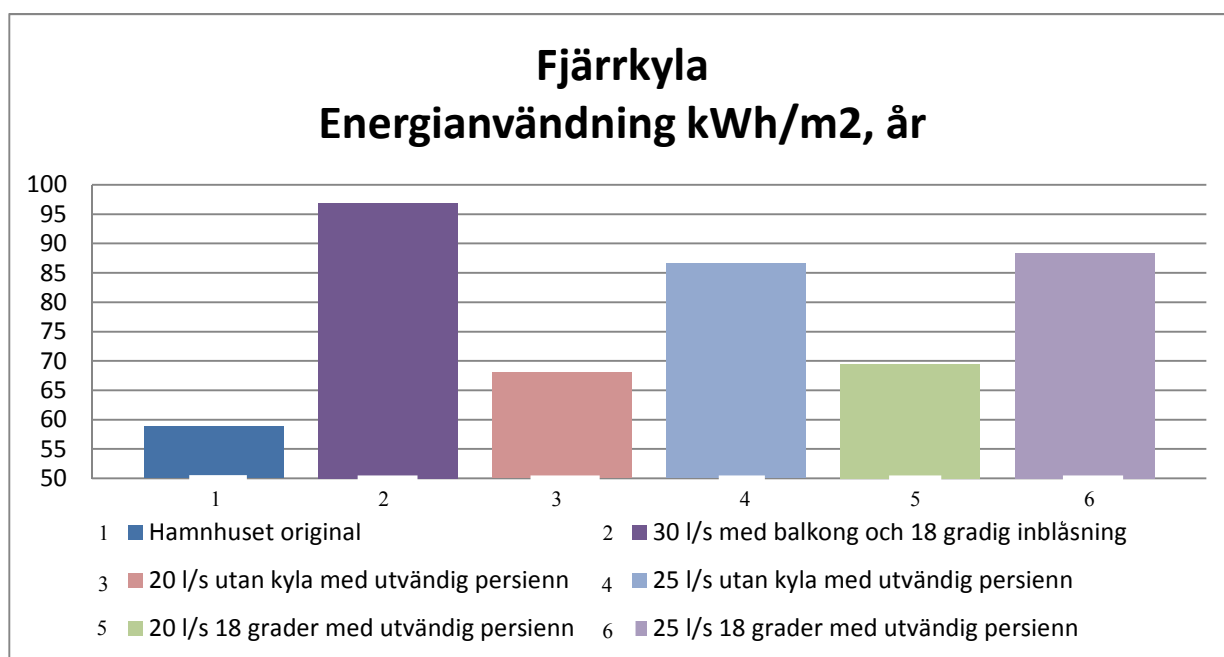
Ett rörsystem för kyla samt en kylcentral med tillhörande växlare, pumpar mm tillkommer i alternativen med kyla

Regleringen av temperaturen utförs som utetemperaturkompenserad frånluftsreglering där inblåsningstemperaturen är min och max begränsad.

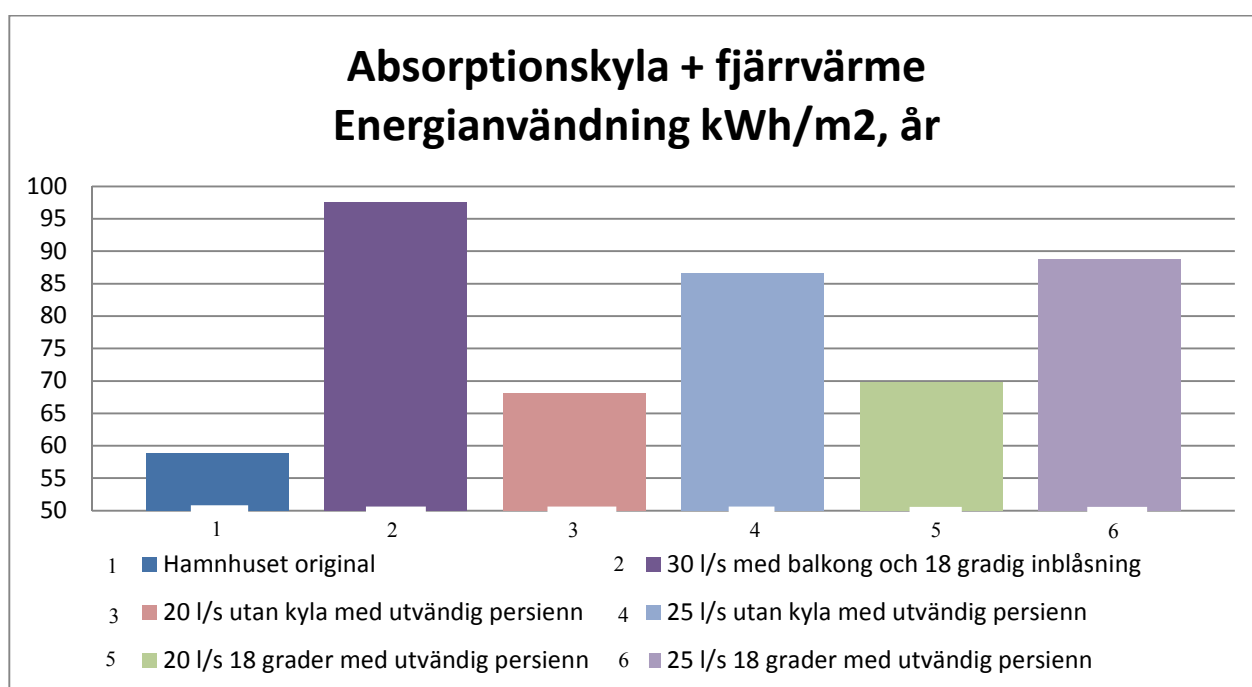
Frånluftstemperaturen regleras till ett börvärde i värmefallet på 21 grader och 23 grader för kylfallet. Tilluftstemperaturen minbegränsas till 18 grader och maxbegränsas till 35 grader.

Skillnaden i energianvändning mellan alternativen är relativt stora. Højningen av luftflöde slår relativt hårt eftersom beräkningen bygger på ett högre flöde över hela året. Här skulle man istället kunna öka flödet endast då det finns kylbehov. För att erhålla denna funktion skulle det dock krävas att ett flertal extra tryckregleringsspjäll installerades och därför har inte denna lösning inte studerats. De utvändiga persiennerna stänger ute solen även vissa dagar vår och höst då vi har ett värmebehov vilket är anledningen till den ökade energianvändningen med utvändiga persiennerna.

Skillnaden mellan fjärrkyla och absorptionsmaskinen är ringa, det skiljer bara ca 7100 kWh eller 0,6 kWh/m², år, vilket är knappt synbart i diagrammen nedan.



Figur 8.1 Energianvändning för de olika typlösningarna med fjärrkyla.



Figur 8.2 Energianvändning för de olika typlösningarna med absorptionskylmaskin.

9 KOSTNADER

Tabell 9.1: Indata för lönsamhetskalkyl

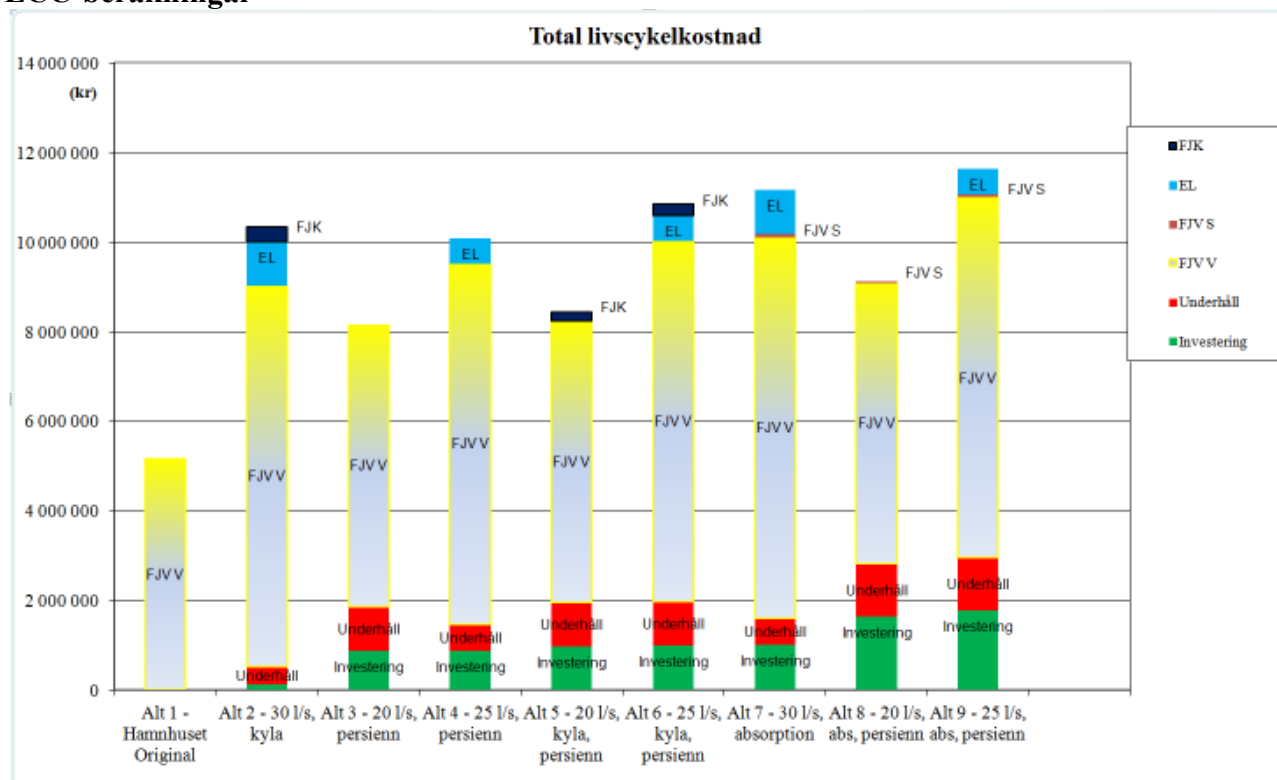
Indata	Värde	Kommentar
Kalkylränta	5 %	Real kalkylränta
Livslängd	10 år 30 år	2 alternativ studeras
El-pris	100 öre/kWh	Beräknat utifrån inköp, nätavgift, skatt och moms
Fjärrvärme värme	50 öre/kWh	Medel pris Göteborg Energi: okt-april
Fjärrvärme sommar	12 öre/kWh	Göteborg Energi: maj-sept.
Effektkostnad	632 kr/kW	Göteborg Energi, byggnadens prisgrundande medeleffekt är beräknat till 200 kW
Fjärrkyla sommar	70 öre/kWh	
Energiprisökning el	6,3 %	EMIR 2009
Energiprisökning fjärrvärme	2,2 %	EMIR 2009
Klimatpåverkan el	0,106 kg/kWh	Nordisk medelel
Klimatpåverkan fjärrvärme vinter	0,026 kg/kWh	Göteborg Energi
Klimatpåverkan fjärrvärme sommar	0,0 kg/kWh	Göteborg Energi
Klimatpåverkan fjärrkyla	0,11 kg/kWh	Göteborg Energi

Tabell 9.2: Indata för investeringskostnader

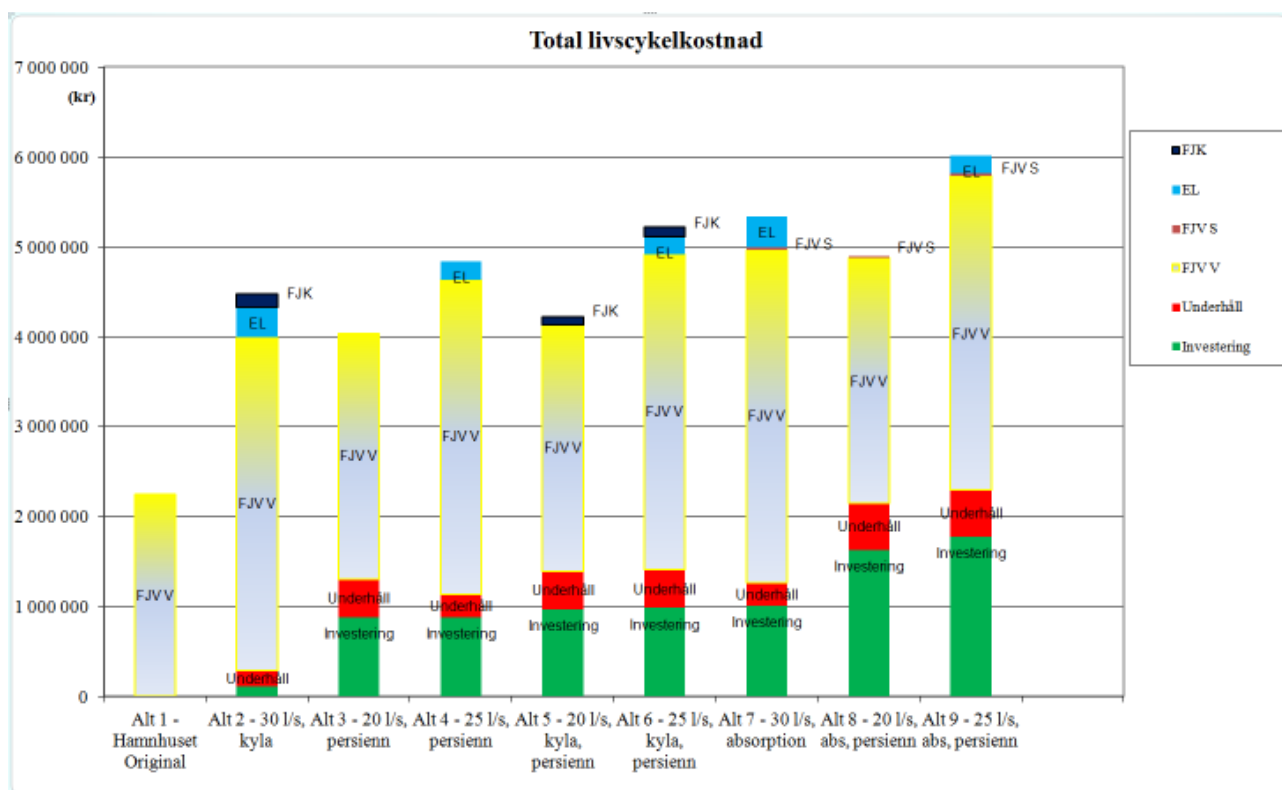
Indata	Värde	Kommentar
Investering Fjärrkyla och kyl distribution vid 20 l/s	86 400 kr	1600 kr/kW enligt sektionsdata
Investering Fjärrkyla och kyl distribution vid 25 l/s	104 000 kr	1600 kr/kW enligt sektionsdata
Investering Fjärrkyla och kyl distribution vid 30 l/s	115 000 kr	1600 kr/kW enligt sektionsdata
Investering Absorptionskylmaskin och kyl distribution vid 20 l/s	750 000 kr	13900 kr/kW enligt offert från Invenso
Investering Absorptionskylmaskin och kyl distribution vid 25 l/s	895 000 kr	13900 kr/kW enligt offert från Invenso
Investering Absorptionskylmaskin och kyl distribution vid 30 l/s	1 000 000 kr	13900 kr/kW enligt offert från Invenso
Investering Utvändiga persienner inkl. automatik.	875 000 kr	Beräknat på 175 fönster och 5000 kr/st för persienn.
Utökat underhåll fjärrkyla	20 000kr/år	
Utökat underhåll absorptionskyla	30 000kr/år	
Utökat underhåll persienn	30 000kr/år	

I investeringskostnaderna ovan ingår Byggherrekostnader inkl. försäkringar med 25%.
Moms ingår i samtliga priser.

LCC-beräkningar



Figur 10.1 LCC beräkning 30 år av alternativen. (Alternativ 2,5 och 6 är beräknade med fjärrkyla medan 7-9 är med absorptionskylmaskin).



Figur 10.2 LCC beräkning 10 år av alternativen. (Alternativ 2,5 och 6 är beräknade med fjärrkyla medan 7-9 är med absorptionskylmaskin).

Resultatet visar att med ovan angivna indata så är nuvärdet av livscykelkostnaden för samtliga alternativ betydligt dyrare än originalalternativet. Originalalternativet där vädring är en möjlighet är därmed det mest attraktiva bara vädring kan erhållas utan ljudproblem eller dylikt.

Det mest fördelaktiga alternativet då vädring inte är möjligt och som klarar socialstyrelsens råd på en maximal operativ inomhus temperatur på 28 grader är alternativ 3, Tilluften utförs utan kyla men med utvändig motoriserad persienn. Då erhålls en maximal operativ temperatur på 27,9 grader.

Lösningen med utvändig persienn (alternativ 3) som är näst billigast är 3 000 000 kr dyrare än originalalternativet under en period på 30 år.

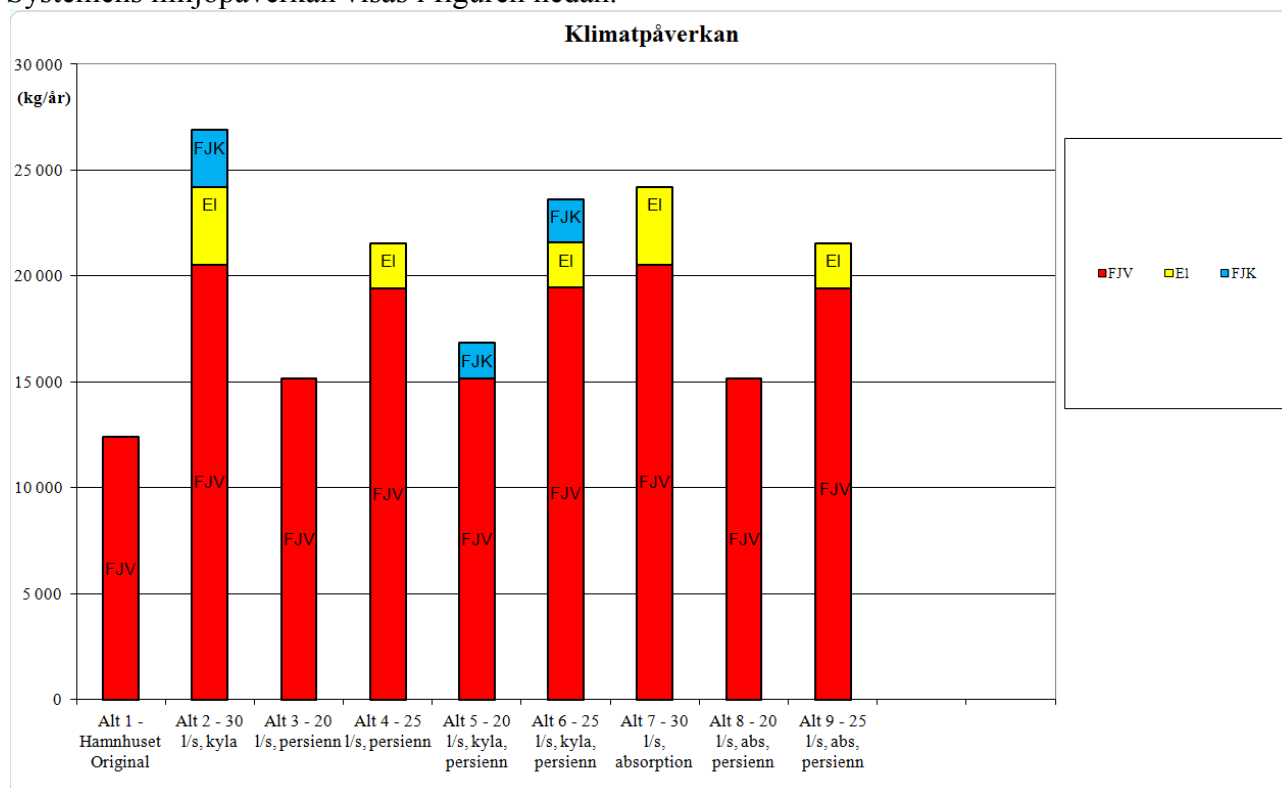
Den lösning som ger bäst komfort är att öka luftflödet till 25 l/s, kyla tilluften till 18 grader samt att montera utvändiga persienn. Men en sådan lösning erhåller man en max operativtemperatur på 24,6 grader men till en merkostnad på ca 5 500 000 kr över 30 år.

Känslighetsanalyser visar att oavsett om kalkylräntan varierar mellan 2 % och 10 % är det alternativ 3 med utvändig persienn som är mest effektiv om inte vädring är möjlig.

En känslighetsanalys visar att oavsett om energiprisökningen varierar mellan 2 % och 10 % är det alternativ 3 med utvändig persienn som är mest effektiv om inte vädring är möjlig.

Underhållskostnaden för ett rörligt solskydd kan vara svårt att uppskatta men även här kan underhållskostnaden stiga rejält innan något annat alternativ är mer fördelaktigt.

Systemens miljöpåverkan visas i figuren nedan.



Figur 11.1 Klimatpåverkan i form av utsläpp av växthusgaser. Elens klimatpåverkan värderas som Nordisk medel. Fjärrvärmen sommartid är baserad på spillvärme från raffinaderierna till GBG Energis nät. (Alternativ 2,5 och 6 är beräknade med fjärrkyla medan 7-9 är med absorptionskylmaskin).

Resultatet visar att även ur miljösynpunkt med ovan angivna indata så är originalalternativet bäst följt av utvändig persienn. Alternativet med 20 l/s, utvändig persienn i kombination med kyld tilluft via absorptionsmaskin är i princip samma som för persiennalternativet utan kyla, men det är under förutsättning av att absorptionsmaskin drivs av fjärrvärme som är producerad via spillvärme.

I studien är vissa begränsningar gjorda för att avgränsa studien samt att vissa lösningar valts bort av erfarenhetsskäl. T.ex. är luftflödena begränsade, visst skulle det vara möjligt att nå acceptabel operativ temperaturnivå med ett högre luftombyte. Denna lösning valdes dock inte att studeras då behovet av större kanaler och schakt bedöms för stora. Uthyrningsbar- eller försäljningsbar yta skulle behöva minskas i en omfattning som inte bedöms rimlig. Energianvändningen skulle också öka med ett högre luftombyte i en omfattning som inte bedöms acceptabel om inte kostsamma åtgärder i form av variabelflödesspjäll eller dyl. installeras.

En annan möjlighet skulle kunna vara att studera glastyper med olika g-värden. Bedömningen är dock sådan att det skulle krävas såpass ”mörka” solskyddsglas att dagsljuset skulle bli lidande i lägenheterna stora delar av året. Möjligheten till bra dagsljus bedöms så viktig under den mörka årstiden att denna möjlighet har valts bort i studien.

En spännande lösning som redan praktiserats på en del håll i landet är lösning med att utnyttja lågvärdig energi via borrhåll. Detta görs genom att kyla/värma tilluften före värmeväxlaren i ventilationsaggregatet. Lösningen bygger på att utnyttja borrhål som energibrunnar till ett värme/kylbatteri som monteras i luftintaget till FTX-aggregatet. Systemet medger möjligheter till kyla av tilluften under sommarhalvåret då man samtidigt också återladdar hålen med värme som är uttagen under vintersäsongen. I områden med bra möjligheter till byggande av energibrunnar skulle detta kunna vara en intressant och relativt effektiv lösning. I denna studien då Hamnhuset är placerat i Göteborgsleran har denna lösningen inte varit aktuell.

Mest nytta miljömässigt gör ett sådant system på vintern då behovet av spetsvärme mer eller mindre försvinner i och med förvärmningen, möjligheten till kyla sommartid får man då så att säga på köpet.

12 SLUTSATSER

Resultatet av LCC beräkning och klimatanalys visar att en lösning med vädring är den mest optimala lösningen om hänsyn tas till både komfort och ekonomi.

I områden där vädring av olika anledningar inte är möjligt bör en lösning med någon form av utvändigt motoriserat solskydd studeras som första alternativ. Dock bör då också en djupare analys av underhållskostnaden för ett sådant system studeras.

Önskar man av marknadsskäl ett bättre klimat än maximalt 28 grader är en kombination av yttre solskydd och kyld tilluft den mest fördelaktiga lösningen.

GÖTEBORG 2012-11-01

BENGT DAHLGREN AB

/C Johansson



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

