



”Flerbostadshus utan värmesystem”
- Passivhus i flera våningar

Uppgifter om dokumentet:

Beställare, Slutkund STEM, SBUF, SAF

Objekt

Handlingens status Slutversion

Datum 2005-06-29

Rubrik 1 (Uppdragsnamn) ”Flerbostadshus utan värmesystem”

Rubrik 2 (Uppdragsnamn)

Uppdragsnummer 7025210

Dokumenttyp

Upprättad av
Arbetsgruppen

Godkänd av
Styrgruppen

Dan Engström
Samordnare

Jan Byfors
Ordförande

Förord

Föreliggande studie beskriver möjligheterna att utforma flerbostadshus utan traditionellt värmesystem. Metoden innebär att huset utformas som ett så kallat Passivhus.

Studien drevs gemensamt av NCC Construction Sverige AB och White arkitekter AB. Båda dessa företag är aktörer i Bygga-Bo-dialogen (www.byggabodialogen.se), som syftar till att utveckla en hållbar bygg- och fastighetssektor. Att genomföra ett projekt där vi utreder möjligheterna för att bygga flerbostadshus (30-40 lägenheter) utan traditionellt värmesystem gör att vi tar ett kliv framåt i våra åtaganden. Vi erbjuder samtidigt förvaltare att ta aktiv del i ett intressant koncept för energisnålt boende.

Projektet finansierades av NCC, Stiftelsen för Arkitekturforskning, Statens Energimyndighet STEM och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF.

Styrgruppen har bestått av:

- Jan Byfors, NCC Construction Sverige AB
- Magnus Borglund, White arkitekter AB
- Marie Hult, White arkitekter AB
- Ola Karlsson, NCC Boende

Arbetsgruppen har bestått av:

- Dan Engström, NCC Teknik, projektsamordnare
- Svante Wijk, NCC Teknik, projektsekreterare, klimatanalyser, sakkunnig energi
- Fredrik Ekman, White arkitekter, arkitekt punkthus
- Kjell Torstensson, White arkitekter, arkitekt lamellhus
- Marja Lundgren, projektansvarig White arkitekter
- Anders Lood, White arkitekter, förvaltarsynpunkter
- Mats Albinsson, NCC Teknik, sakkunnig installationer
- Magdalena Kvernes, NCC Teknik, energiberäkningar

Arbetsgruppen har gjort återkommande avstämningar med externa konsulter, framförallt Hans Eek vid Göteborgs Energi, Maria Wall vid Lunds Tekniska högskola och Eje Sandberg vid Aton Teknikkonsult AB.

Solna 30 Juni 2005

Jan Byfors
NCC Construction Sverige AB

Magnus Borglund
White arkitekter AB



ByggaBoDialogen

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	6
1 Inledning.....	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.2 Syfte.....	10
1.3 Metodik.....	10
2 Kriterier och scenarier	11
3 Förutsättningar för "Flerbostadshus utan värmesystem"	12
3.1 Val av hustyper	12
3.2 Tomt, läge.....	12
3.3 Klimatskal, stomme	12
3.4 Ventilation och värmedistribution	12
3.4.1 Allmänt	12
3.4.2 Aggregattyper	12
3.4.3 Skötsel.....	12
3.4.4 Värmeväxling	12
3.4.5 Termiska stigkrafter	12
3.4.6 Tryckbalans	12
3.4.7 Omblandning av luft	12
3.4.8 Vädring.....	12
3.4.9 Ljudnivåer	12
3.4.10 Brandceller	12
3.4.11 Värmedistribution	12
3.4.12 Styrning av luftflöde och värme.....	12
3.4.13 Individuell mätning av värme och vatten	12
3.5 Byggprocess	12
3.6 Förvaltarsynpunkter	12
3.7 Kostnader.....	12
4 "Våra hus"	12
4.1 Gemensamma förutsättningar för de redovisade husen	12
4.2 Punkthus	12
4.2.1 Beskrivning	12
4.2.2 Ventilation.....	12
4.3 Lamellhus.....	12
4.3.1 Beskrivning	12
4.3.2 Ventilation.....	12
4.4 Energianvändning.....	12
4.5 Klimatsimuleringar	12
4.6 Energikällor	12
5 Slutsatser	12
Referenser	12

Bilagor

Bilaga 1	Litteraturstudie
Bilaga 2a	Energiberäkning – Punkthuset
Bilaga 2b	Energiberäkning – Lamellhuset
Bilaga 2c	Energiberäkning – Traditionellt lamellhus
Bilaga 3a	Klimatsimulering Normalhus mittenlägenhet
Bilaga 3b	Klimatsimulering FBUV mittenlägenhet
Bilaga 3c	Klimatsimulering Normalhus hörnlägenhet
Bilaga 3d	Klimatsimulering FBUV hörnlägenhet
Bilaga 4a	Ritningar – Punkthuset
Bilaga 4b	Ritningar – Lamellhuset
Bilaga 5	Kostnadsjämförelse

Sammanfattning

Samhället står inför stora utmaningar i fråga om sin energiförsörjning. Av denna anledning har byggsektorn nu på allvar börjat undersöka vilka möjligheter det finns att bygga attraktiva bostäder med låg energianvändning. En av det mest kända exemplet på energieffektiva byggnader i Sverige är de radhus som byggts i Lindås (Göteborg). Dessa hus är så energieffektiva att ett traditionellt värmesystem inte är nödvändigt att installera. Flerbostadshus (på cirka 30 – 40 lägenheter) utan värmesystem (FBUV) är en utveckling av befintlig teknik. I Tyskland har man arbetat med sådana så kallade Passivhus under ett flertal år och sedan 1999 har 9000 bostäder färdigställts enligt detta koncept.

I denna rapport visas, att flerbostadshus (4-8 våningar) inte behöver radiatorer i varje rum. Tekniskt sett enkla åtgärder förvandlar ett konventionellt hus på ritbord till ett energisnålt hus utan traditionellt värmesystem, utan att det påverkar de boende. Vi bedömer konceptet som helt genomförbart. För den förvaltare som prioriterar låga livscykelkostnader eller vill driva utvecklingen mot hållbart byggande bör konceptet ”flerbostadshus utan värmesystem” vara mycket intressant.

Med begreppet ”hus utan värmesystem” avses egentligen att byggnaden saknar traditionellt värme- och radiatorsystem. För att säkerställa att inomtemperaturen inte blir för låg under den kallaste delen av året är det dock nödvändigt att kunna tillföra en viss del värme via t ex ett värmebatteri i ventilationssystemet.

Avsikten med denna studie är att undersöka och beskriva de förutsättningar som finns för att åstadkomma ett flerbostadshus med mycket låga värmebehov, vilket medför att det inte behövs något konventionellt värmesystem. Utgångspunkten är att använda känd och beprövad teknik. Utifrån detta underlag reviderades ritningarna för två befintliga hus (ett lamellhus och ett punkthus) som modifierats utifrån våra kriterier. Konsekvenserna av detta analyserades och beskrivs i denna rapport.

Som förvaltare är man inte på något sätt låst till att denna typ av hus måste se ut på ett särskilt sätt. Utifrån den redovisning som görs i denna rapport återstår ett antal val att göra för förvaltaren innan man kan detaljprojektera ett flerbostadshus enligt detta koncept. Det är därför mycket svårt att ange exakt, och på ett överskådligt sätt, vilka tekniska och ekonomiska konsekvenser konceptet har i varje enskilt fall. Ett antal konsekvenser är dock gemensamma för konceptets olika utformningar.

De viktigaste resultaten är följande:

- Husens utseende behöver inte skilja sig från konventionella hus. Marginella krav på fönsterarean påverkar exempelvis inte arkitekturen. Däremot är klimatskalet extra välisolerat och lufttätt. Klimatsimuleringar visar att inomtemperaturen inte

behöver skilja sig nämnvärt jämfört mot ett flerbostadshus byggt på traditionellt vis.

- Energiberäkningar visar att de två undersökta exempelhusen uppfyller uppsatta kriterier för en värmeeffekt på 10 W/m^2 , exempelhusen kräver cirka 6 W/m^2 . Eftersom effektkriteriet överträffades betyder det att det finns marginaler för att utforma husen mer kostnadseffektivt genom exempelvis mindre isolering. Det totala effektbehovet är cirka $57\text{-}61 \text{ Watt/m}^2$ uppvärmd yta. Den beräknade totala energianvändningen är cirka $72\text{-}75 \text{ kWh/m}^2$ och år för värme, varmvatten och el (Drift + hushåll). Besparingen är därför ca 65 % jämfört med traditionellt byggande.
- Resultaten från LCC-beräkningarna visar att det på några års sikt är lönsamt att bygga och äga denna typ av passivhus jämfört mot en byggnad med traditionellt utförande. För ett lamellhus i tre våningar med 24 lägenheter och med en bruksarea på 1944 kvm blir den sammanräknade merkostnaden 330 000 – 1 230 000 kr exkl. moms. Den energibesparing som kan göras per år är å andra sidan 80 000 – 160 000 kr, vilket ger en återbetalningstid på 5 – 8 år. Med byggherrekostnader, mervärdesskatt, täckningsbidrag etc. ökar återbetalningstiden till 8 – 15 år beroende på vilka alternativ som jämförs mot varandra.
- Eftersom traditionella radiatorer inte behövs får man konceptuellt tydligare rum.
- Konceptet ger med automation möjligheter till individuell mätning/debitering av värme, varmvatten och vatten.
- Tekniken ställer höga krav på noggrannhet i utförandet. Nyckelorden i fråga om krav på byggprocessen är planering, utbildning och kvalitetssäkring.

Övriga tekniska rekommendationer för konceptet:

- Klimatskalen i våra exempel är samma som i Lindåshuset: Stomme av betong. Värmeisoleringen i utfackningsväggar och tak består av mineralull och cellplast, uppdelad i flera skikt. Fönster med låga U-värden samt balkonger med fristående bärning som minskar köldbryggorna.
- Till- och frånluft med värmeåtervinning med ca 80 % verkningsgrad är nödvändigt för att konceptet skall fungera. Det finns för- och nackdelar med alla typer av värmeväxling och vilken typ som väljs kan avgöras i varje enskilt byggprojekt. För att hålla en hög verkningsgrad på värmeväxlaren leds inte luften från spiskåporna genom värmeväxlaren. Detta medför dock större schakt som rymmer tilluftskanaler och dubbla frånluftskanaler.
- För centrala och decentraliserade aggregat installeras två spjäll per lägenhet för flödesstyrning och injustering av lägenheternas luftflöden. Samtliga spjäll placeras samlat på vinden vilket gör det enkelt för driftpersonalen att mäta tryckbalans och flöde för varje lägenhet.

- Det finns möjlighet att använda både centrala, lägenhetsvisa och decentraliserade ventilationsaggregat. Vilket som är mest lämpligt är främst beroende av husets utformning, krav på skötsel etc. I de två specifika hus som vi undersökt anser vi att punkthuset bör ha ett centralt ventilationsaggregat medan lamellhuset bör ha ett aggregat per trapphus. I framtida byggprojekt där det från början finns möjlighet att skapa utrymme i lägenheterna och i trapphusen samt förlägga schakten annorlunda så är lägenhetsvisa aggregat också en möjlighet, framförallt i hus med ett begränsat antal våningar. Vilken ventilationslösning som är mest lämpad måste utredas inom respektive byggprojekt.
- I varje lägenhet placeras tilluftsdonen vid tak förslagsvis över fönster.
- En till två elbatterier föreslås att installeras i tilluften för att säkerställa att temperaturen inte blir för låg under den kallaste delen av året. Med två batterier i större lägenheter får man större möjlighet till styrning av inomhusklimatet och sannolikt en jämnare inomhustemperatur. Att installera vattenburna värmebatterier i tilluften är fullt möjligt men det blir svårt att motivera ur ekonomisk synvinkel eftersom ett sådant system kommer att bli mycket dyrt i investering. Det skulle även vara fullt möjligt att ersätta elbatteriet i tilluften till några mindre elradiatorer eftersom investeringskostnaden för dessa är mycket låg. Med elradiatorer förlorar man dock en del av konceptets tydlighet.
- Hög noggrannhet vid projektering, montering och injustering möjliggör att ventilationen kan hålla ljudklass B.
- Vädring är nödvändigt för att bibehålla acceptabelt inomhustemperatur under sommarhalvåret något som gäller även för traditionella hus.
- Styrningen av inneklimatet bör vara enkel och bestå av en termostat/-er på väggen där man ställer in lägsta temperatur. Detta innebär en viss ökning i energiåtgång jämfört med sofistikerad styrning, men den lägre investeringskostnaden och komplexiteten ska jämföras mot den eventuella energibesparing som kan göras.
- Tappvarmvatten kan produceras centralt alternativt med en varmvattenberedare i respektive lägenhet. Energikällan är valfri: fjärrvärme, värmepump, solfångare, el eller pelletspanna. Vilket som är mest fördelaktigt beror mycket på de lokala förutsättningarna, förvaltarkrav etc.
- I husen i denna studie förläggs lägenhetsförråd och rullstolsrum tillsammans med genomgående entré. Bostädernas badrum förses med tvättpelare och separat tvättstuga finns inte. Detta är inte unikt för "Flerbostadshus utan värmesystem".

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Samhället står inför stora utmaningar i fråga om sin energiförsörjning. Vi behöver både minska energianvändningen och öka andelen förnybar energi. Byggsektorns inflytande över energianvändningen i samhället är mycket stor. Cirka 40 % av all energi som används kan härledas direkt till byggandet eller driften av byggnader. Bostäderna står för en stor del, dels på grund av den stora mängden bostäder, dels på grund av att människor är mer benägna att spara energi när de betalar elräkningen själva.

Tidigare utredningar gjorda av Karin Adalberth¹ och NCC Teknik i Göteborg² visar att utsläppen av koldioxid för tillverkning av byggmaterial i grova drag står för 15 procent av de totala utsläppen under 50 år. Driften av byggnaden under 50 år står för de återstående 85 procenten. För att minska en byggnads påverkan på växthuseffekten är det av denna anledning viktigt att man minskar energibehovet för driften.

Av denna anledning har byggsektorn nu på allvar börjat undersöka vilka möjligheter det finns att bygga attraktiva bostäder med låg energianvändning. En lösning är s.k. Passivhus där man värmer upp hus med hjälp av solinstrålning, värmeåtervinning samt med de värmekällor som naturligt finns i huset: belysning, vitvaror, apparater, de boende själva med mera. Definitionen av ett passivhus är att byggnaden ska vara utformad med ett mycket välisolerat klimatskal med låga U-värden på fönster, tätt utförande och värmeåtervinning ur ventilationen. Som riktvärde gäller att den dimensionerande värmeeffekten i en byggnad endast ska uppgå till ca 10-12Watt/m²BRA.

Passivhus-konceptet ställer höga krav på de ingående komponenterna:

1. Byggnadsdelar: U-värde under 0,15 W/(m²K)
2. Köldbryggsfria konstruktioner i ytterkonstruktion
3. Lufttäteten i byggnaden ska vara så att luftväxlingen understiger 0,6 h⁻¹ vid 50 Pa tryckdifferens.
4. Glas med U-värde under 0,8 W/(m²K) med hög solenergienomsläpplighet (g > 50 %), så att man får ett soltillskott vintertid.
5. Fönster: U-värde under 0,8 W/(m²K), det ställer även krav på karm och båge.
6. Verkningsgrad på luftvärmewäxling (≥75 %) vid låga tryckfall dvs SFP (≤1 600 W/(m³/s))
7. Låga värmeförluster för varmvattenberedning och dess ledningssystem
8. Använda högeffektiva och strömbesparande elapparater och lågenergilampor.

¹ Energy use and environmental impact of new residential buildings. 2000

² Beräkningar av NCCs klimatpåverkan 2004.

Att bara använda de enskilda komponenterna ovan räcker inte för att skapa ett passivhus. Det krävs även ett helhetstänkande där komponenterna samverkar med husets konstruktion och arkitektur.

I Tyskland har man arbetat med Passivhus under ett flertal år och sedan 1991 har 9000 bostäder färdigställts enligt detta koncept.

Ett antal radhus i Lindås (södra Göteborg) utan värmesystem visar på mycket goda resultat, både med avseende på inomhusmiljö och på energianvändning. Intresset för konceptet har blivit stort från myndigheter, byggbolag och byggherrar. Nya ”hus utan värmesystem” planeras och byggs nu på flera håll. Samtliga hus som planeras är dock låga hus – radhus, parhus eller småhus. Föreliggande studie utvärderar konceptet med bostäder utan värmesystem för flerbostadshus på 4-8 våningar. Detta arbete är unikt – i januari 2005 finns i Sverige inget större ”flerbostadshus utan värmesystem” eller utredningar om detta koncept.

1.2 Syfte

Syftet är att materialet skall utgöra tillräckligt beslutsunderlag för att starta planeringen av ett byggprojekt enligt konceptet ”Flerbostadshus utan värmesystem”. Vidare syftade arbetet till att göra en konsekvensanalys och visa på för- och nackdelar med olika sätt att utforma denna typ av flerbostadshus. Förvaltare har olika uppfattningar och acceptansnivåer kring ventilationslösningar, skötsel och underhåll, värmesystem, lägenhetsutformning etc. och därför undviker vi att förorda specifika lösningar/utformningar om det inte är nödvändigt för konceptet.

1.3 Metodik

Arbetet startade med en noggrann nulägesanalys, som genomfördes med en litteraturstudie och intervjuserie. Resultatet från litteraturstudien finns redovisat i bilaga 1 medan intervjuerna sammanfattas i kapitel 3.6. Utifrån denna analys kom arbetsgruppen fram till de kriterier och scenarier som ges i kapitel 2. Kriterierna bedöms som viktiga/avgörande att uppfylla för att åstadkomma ett passivhus.

Två typiska flerbostadshus (ett lamellhus och ett punkthus) togs fram och modifierades på de sätt som krävs för att man skall kunna vara utan traditionellt värmesystem. Vi har också utrett och redovisat de viktigaste konsekvenserna. Utgångspunkten är uppsatta kriterier. Med hjälp av energi-, och klimatberäkningar har vi analyserat de två flerbostadshusen.

2 Kriterier och scenarier

Mot bakgrund av den nulägesanalys som gjorts i detta projekt anses följande kriterier som avgörande för att åstadkomma passivhus. För att förenkla arbetet är flera av energifaktorerna samma som för Lindåshuset.

Effektbehov

Max 10 W/kvm BRA Aton utredning 2003³

Andra energifaktorer

U-värde väggar	0,10 (lika Lindåshuset)
U-värde fönster	0,85 (---)
U-värde snedtak	0,08 (---)
U-värde bottenbjälklag	0,09 (---)
Köldbryggor:	0,02 W/K, kvm BRA (---)
Luftläckage :	0,2 l/kvm,s vid 50 Pa (---)
Fönsterarea:	cirka 15 % av BRA (12% +2-3 för balkongdörr). Utrymme för små variationer för boendekvalitetens skull.

Ovanstående värden grundar sig på Lindåshusets utformning samt utredningarna inom det projektet.

Drift och underhåll

De boende skall belastas så lite som möjligt med drift och underhåll. Dock måste de individuellt kunna reglera innetemperaturen.

Inneklimat

Inneklimatet skall så långt det är möjligt motsvara ett konventionellt hus med avseende på: Temperaturintervall (luft, golv), Drag, Luftkvalitet, Ljus och Ljud

Boendekvaliteter

Ambitionerna för upplevd boendekomfort och trivsel ska så långt det är möjligt motsvara ett konventionellt hus, exempelvis skall huset uppfylla bostadsnormernas krav på lämplighet, tillgänglighet och användbarhet. Projektet görs kvalificerat för samhällets stöd: räntebidrag, investeringsbidrag och investeringsstimulans.

Dagsljus och solvärden hanteras på bästa möjliga sätt med de givna kriterierna på fönsterarea.

³ Känslighetsanalyser för Byggnader utan värmesystem. Aton Teknikkonsult AB April 2003

3 Förutsättningar för "Flerbostadshus utan värmesystem"

3.1 Val av hustyper

Från början ville vi undersöka om det är så att hus utan värmesystem medför krav på en viss bostadstyp, hustyp eller andra lägenhetsplaner etc. En avgörande förutsättning är att åstadkomma minsta möjliga omslutande väggarea till största möjliga boarea.

Nulägesanalys med intervjuer, studiebesök, litteraturstudie ledde oss till insikt om att denna typ av hus kan göras snarlika konventionella hus. Vi ville heller inte att en speciell livsstil ska krävas eller att bostäderna ska vara riktade till enbart en viss kategori av människor.

3.2 Tomt, läge

Passivhus kräver inte något särskilt läge utöver vad konventionella hus kräver, men ur bl.a. energisynpunkt är ett soligt läge att föredra. Energiberäkningar är även gjorda för fallet utan solinstrålning.

3.3 Klimatskal, stomme

Husens utseende skiljer sig inte från "vanliga" hus. Däremot har husen utformats för att få ett behagligt inomhusklimat med en minimal energianvändning. De placeras om möjligt så att solvärmen tas till vara. Balkonger, taksprång och fast solavskärmning skyddar mot för mycket solljus under sommaren samt minskar risken för eventuell utvändig kondens på fönstren. Husens geometri är sådan att det är liten ytterväggsyta i förhållande till boytan. Klimatskalet är extra välisolerat och lufttätt. Lufttätheten har stor betydelse för byggnadens energianvändning och inomhusklimat. Lufttäthet är även viktigt ur fuktsynpunkt. Fuktig inomhusluft får inte tränga ut i värmeisoleringskiktet och kondensera med fuktskador som följd. Detta ställer därför stora krav på noggrannhet i byggskedet.

Husen har en bottenplatta av betong. Under bottenplattan finns ett tjockt skikt av cellplast. För att minska risken för tjälskador på plattan kan det därför vara nödvändigt att lägga ut en horisontell krage av isolering runt huset. Stommen består av bärande väggar och bjälklag av betong. Ytterväggarna är av två typer, isolerade betongväggar samt utfackningsväggar med lättreglar. Värmeisoleringen i utfackningsväggar och tak består av mineralull och cellplast. Den är uppdelad i flera skikt för att minimera köldbryggor. Fönstren är av typen 2+1 med gasfyllning och dubbla metallskikt som hindrar utstrålning av värme. Fasadmaterialet är puts. Taket är täckt med betongpannor.

I båda hustyperna kan trapphusen försörjas med självdragsventilation. Om trapphuset ligger centralt inne i huset med liten ytan mot uteluft så kommer värmebehovet vara mycket lågt, men elbehovet för trapphusbelysning kan dock öka något då dagsljus inte finns. I annat fall kan värmeförsörjningen ske via t ex värmegolv i bottenplan. I trapphusen

kan en lägre temperatur även accepteras eftersom det inte är en bostadsyta. Det är dock nödvändigt att i projekteringen av framtida byggprojekt närmare studera fördelningen av isolering mellan trapphusets yttervägg och lägenhetsväggar mot trapphus.

När det gäller klimatskalet är de U-värden som redovisas i tabellen nedan samma som i Lindåshuset. Vi har gjort antagandet att U-värdena är rimliga även för större flerbostadshus och därför har vi inte utrett i detalj om klimatskalet för våra båda exempelhus ska utformas annorlunda. I samband med en projektering kan det sannolikt visa sig att man kan ha mindre isolering eftersom man har mindre omslutande area per uppvärmd area jämfört mot ett radhus, men detta är inget vi undersökt närmare.

Tabell 1 Konstruktioner

<p>Yttertak: U-värde 0.08 W/m² K Masonitbalkar med 480 mm isolering</p> <p>Utfackningsvägg: U-värde 0.10 W/m² K Lättregelvägg med 430 mm isolering</p> <p>Golv: U-värde 0.09 W/m² K Betongplatta med 250 mm isolering</p> <p>Fönster: U-värde 0.85 W/m² K 1+2 fönster med två (le) metallskikt och krypton- eller argonfyllning. Energi genomsläpplighet 43% Ljusgenomsläpplighet 63%</p> <p>Ytterdörr: U-värde 0.80 W/m² K</p>

Som beskrivs nedan så kommer de extra värmebatterierna i tilluften att ge stödvärme så att innetemperaturen inte sjunker under t ex 20 grader i lägenheterna under den kalla delen av året, eller t ex 18 grader då vissa av de boende kan vara bortresta under en period. Eftersom temperaturskillnaderna inte kommer bli större än vad som idag förekommer i befintliga hus så behöver därför inte innerväggar och mellanbjälklag ur energisynpunkt isoleras mer än vad som normalt sätt görs i nybyggda flerbostadshus.

3.4 Ventilation och värmedistribution

3.4.1 Allmänt

För att klara att hålla ett lågt energibehov är det nödvändigt med värmeåtervinning ur byggnadens frånluft. Av denna anledning måste ett frånlufts- och tilluftssystem med värmeväxling installeras (FTX). Ventilationssystemet kan antingen utgöras av mindre aggregat placerade i respektive lägenhet, ett centralt aggregat för hela huset eller flera decentraliserade aggregat t ex placerade i varje trappuppgång.

Valet av ventilationsaggregat (centralt, lägenhetsvis eller decentraliserat) är inte beroende av om en byggnad får stora skillnader i luft- och värmebehov inom byggnaden, utan mer av andra skäl så som tryckbalans, brandkrav, skötsel, krav på luftkvalitet och utrymmesbehov. Gavellägenheter kommer till exempel ha ett större värmebehov och detta kan då lösas genom att man har ett högre grundflöde samt större effekt på värmebatterierna i dessa lägenheter. Konstruktionsmässigt kan väggarna isoleras mer på gavlarna och fönsterytan hållas nere, men här måste de arkitektoniska aspekterna vägas mot de energimässiga.

Spiskåporna bör ha separata frånluftskanaler eftersom det ger en rad fördelar. Det feta matoset försämrar inte värmeväxlarens verkningsgrad. Underhållet minskar på frånluftskanalerna till aggregatet. Det uppstår ingen obalans allt eftersom spisfiltret sätter igen sig. Dock måste läckagerisken när spisfläkten inte är i drift utredas ytterligare. Denna typ av hus har ett klimatskal med mycket hög täthet vilket innebär att det krävs ersättningsluft via tilluften eller via vädring då spiskåpan öppnas. I annat fall kommer ett kraftigt undertryck att uppstå i lägenheten. Ersättningsluft via tilluftssystemet torde bli självjusterande då de centrala eller decentraliserade fläktarna förses med tryckreglering. Vid lägenhetsvisa aggregat styrs flödet direkt både på frånlufts- och tilluftssidan.

För att hålla en jämn tryckbalans i byggnader med från- och tilluftsventilation krävs alltid hög noggrannhet vid injustering av luftflöden samt kontinuerliga kontroller. Detta är något som är nödvändigt oavsett om man har centrala, trapphusvisa eller lägenhetsvisa aggregat.

Tilluftsdonen placeras vid fasad för att få en optimal omblandning genom att man utnyttjar termiken i rummet. Om man ska placera donen vid taket eller vid golvet beror på val av don samt bjälklagets tjocklek. Oavsett vilket som väljs så går det att få till bra lösningar för luftväxlingen. I vissa fall placeras donen i bakkant av rummet för att minska kanaldragningen, men vilken placering som ger bäst omblandning råder det dock delade meningar om. Hur lång kanaldragningen blir beror dock helt och hållet på var det är mest lämpat att placera schakt samt lägenheternas planlösning.

3.4.2 Aggregattyper

Lägenhetsvisa aggregat

Med lägenhetsvisa aggregat avser vi att ett mindre ventilationsaggregat placeras i varje lägenhet.

Om de boende inte ska sköta aggregaten så måste dessa istället skötas av fastighetsskötaren. Aggregaten bör därför placeras så att de är åtkomliga från t ex trapphuset. Utrymmesmässigt behövs ingen stor yta, det finns idag flera aggregat på marknaden som inte har större bredd än en standardgarderob på 60 x 60 cm. Arkitekten måste dock ta hänsyn till placering av ventilationsschakt, yta för aggregatet i lägenheten samt yta i trapphuset för åtkomlighet av aggregaten. Den samlade ytan för alla aggregat ska ställas mot den yta som krävs för fläktrum till ett centralt placerat aggregat.

Ventilationsflödena kan anpassas efter varje enskild lägenhet. Det finns större möjlighet till forcering. Forcering kan vara önskvärt t.ex. vid högre belastning av värmealstrande apparater eller vid tillfällen med fler personer i lägenheten än normalt speciellt under den kalla årstiden då vädring via fönster ej normalt är möjlig.

För denna storlek på aggregat finns även plattvärmeväxlare med höga verkningsgrader. Plattvärmeväxlare borde vara att föredra framför roterande med tanke på att det inte kan ske någon luktöverföring.

Fördelen med ett lägenhetsplacerat aggregat torde vara att hyresgästen själv kan styra sitt flöde till lägenheten utan att påverka någon annan, att by-pass regleringen kan anpassas till respektive lägenhet samt att eventuell luktöverföring endast kommer från den egna lägenheten. Vidare krävs inte heller centralt fläktrum med denna lösning. Till nackdelarna hör bl a att det blir ett ökat antal enheter att sköta, högre kostnad för filter, att kanalerna måste isoleras väl vilket kräver större schakt samt att åtkomligheten för alla aggregat måste lösas. I höga hus kan det finnas risk för att fläktarna i aggregaten i lägenheterna längst ned inte räcker till. Dels för att få ut avluften och dels för att få ned tilluften.

Decentraliserade aggregat

Med decentraliserade aggregat avses ett mindre antal aggregat försörjer en grupp av lägenheter med luft, exempelvis de som är anslutna till samma trappuppgång.

Jämfört mot ett centralt aggregat kan varje aggregat försörja en grupp lägenheter som har liknande värme-/ventilationsbehov beroende på deras placering i huset. Kravet är dock att lägenheterna ligger nära varandra i huset.

Eftersom varje lägenhet är en egen brandcell så är det troligtvis nödvändigt med ett fläktrum. Storleken är beroende på hur många lägenheter som ansluts till aggregaten. Fläktrummet skulle också kunna utgöras av ett större skåp. Brandspjäll till varje lägenhet

eller separata kanaler krävs.

Decentraliserade aggregat kräver mindre skötsel eftersom det är färre aggregat samt att det är färre filter att byta jämfört mot lägenhetsvisa aggregat. Totalt sett blir också investeringskostnaden lägre.

Centrala aggregat

Ett centralt placerat ventilationsaggregat är lämpligt om huset inte är alltför utbrett. I ett hus med t ex tre trappuppgångar kommer det att leda till att tryckskillnaden blir för stor mellan ytter- och mittlägenheterna vilket i sin tur skulle leda till ljudproblem i mittlägenheterna eftersom man där måste strypa luftflödena. I detta fall är därför decentraliserade aggregat t ex ett per trappuppgång att föredra. Om ett hus är mer kompakt 1-2 trappuppgångar är dock ett centralt aggregat att föredra framför decentraliserade ur ekonomisk synpunkt.

Centrala och decentraliserade aggregat läggs lämpligast på taket/vinden eftersom det då är enkelt att dra kanaler och placera fläktrum. Kostnaden för att bygga detta fläktrum ska ställas mot kostnaden att bygga ventilationsskåp till lägenhetsvisa eller trapphusplacerade aggregat.

För att minska byggnadens energibehov ytterligare skulle man kunna förvärma tilluften vintertid genom att t ex ta in den via ett atrium, bakom en mörk plåt på fasaden, under en eventuell solfångare etc. Under sommaren måste en tilluftkanal placeras på t ex norrfasaden för att minska tilluftstemperaturen. Denna lösning är därför endast möjlig med centralt placerade aggregat för att minska kanaldragningar. Hur detta kan utformas i detalj samt om det är försvarbart ur livscykelkostnadssynpunkt behövs utredas ytterligare.

I alla tre beskrivna ventilationssystemen placeras schakten helst inne i huset och ej vid ytterväggar för att på så sätt minska värmeavgivningen mot uteluften.

3.4.3 Skötsel

Oavsett om aggregatet ska placeras i en hyres- eller bostadsrätt så måste vi utgå från att de boende inte ska sköta filterbyte med mera, men detta avgörs naturligtvis av varje enskild förvaltare. I möjligaste mån placeras därför enheter som kräver skötsel i utrymmen som fastighetsskötaren förfogar över utan att behöva störa hyresgästen.

Centrala eller decentraliserade aggregat medför mindre skötsel än lägenhetsvisa eftersom det är färre antal enheter.

3.4.4 Värmeväxling

Verkningsgraden ska vara så hög som möjligt eftersom byggnaden saknar värmesystem. Av denna anledning bortser vi från självdrag-, frånluft-, och hybridsystem. Aggregatet/-n måste ha en by-pass funktion eftersom det riskerar bli höga temperaturer i lägenheterna under sen vår, sommar samt tidig höst. Avfrostning måste ske automatiskt för att hålla en hög och jämn verkningsgrad.

Roterande växlare är idag vanligast förekommande eftersom de har högre årsmedelverkningsgrad än plattvärmeväxlare. För mindre aggregat till t ex villor eller lägenheter kan verkningsgraden vara lika hög eller t o m högre för plattvärmeväxlare jämfört med roterande.

Den främsta fördelen med plattvärmeväxlare är just att det inte sker någon överföring av lukt mellan utgående och inkommande luft. Till nackdelarna hör dock att större centrala aggregat har ett större utrymmesbehov jämfört med centrala roterade växlare och att de är svårare att frosta av. På större aggregat kommer temperaturverkningsgraden generellt också att vara lägre med plattvärmeväxlare. Investeringskostnaden mellan de båda systemen skiljer dock inte så mycket.

Batterivärmeväxlare har precis som plattvärmeväxlaren fördelen att det inte sker någon luktöverföring eftersom till- och frånluften är helt åtskilda. Detta ger även fördelen att till- och frånluftsaggregaten kan placeras bredvid varandra istället för ovanpå d.v.s. höjden reduceras till hälften. Nackdelen är dock att batterivärmeväxlaren har låg verkningsgrad (cirka 70 %) och därför har denna uteslutits som ett alternativ.

Luktöverföring

Risken för luktöverföring med roterande värmeväxlare kan inte uteslutas då samma ”kropp” rör sig genom både till och frånluftflödet. Läckage från frånluft- till tilluftssidan kan minimeras i roterande växlare genom att de justeras in så att läckaget istället sker motsatt väg. Nackdelen är dock att tryckfallet ökar något. I vissa fall används kolfilter för att ytterligare minska risken att lukter förs över till tilluften. Kolfilter är dock dyra och ger ett stort tryckfall. Luktöverföringen minskas också genom att luften från spiskåporna ej leds genom växlaren. Visserligen förlorar man en viss del värme med denna lösning, men det är förhållandevis lite och samtidigt vinner man dock en del på att fet luft från matlagning ej kommer in i värmeväxlaren.

Påfrysning

En fördel med roterande värmeväxlare är att avfrostning är onödig och om det ändå skulle behövas kan det ske med en liten sänkning av temperaturverkningsgraden genom att reducera rotationshastigheten på rotorn.

Problemet är att på ett praktiskt, ekonomiskt och funktionellt sätt lösa avfrostningen på en plattvärmeväxlare. Praktiskt finns det flera sätt att gå till väga; sektionsavfrostning, by-pass avfrostning, reducerat tilluftflödesavfrostning eller elavfrostning.

By-pass avfrostning innebär att man låter tilluftflödet gå vid sidan av återvinnaren, verkningsgraden blir alltså nära noll, tilluften måste värmas med elenergi.

Avfrostning med reducerat tilluftsflöde innebär att vid avfrostning uppstår ett stort undertryck i bostaden, detta kommer troligen inte att fungera i passivhus som är mycket täta hus, och det innebär också en kraftig sänkning av verkningsgraden.

Elavfrostning består av ett extra värmebatteri placerat i tilluften före värmeväxlaren som förvärmer tilluften vid behov så isen på frånluftsidan kan töa. Detta sänker temperaturverkningsgraden under avfrostning men ger inga tryckbalansproblem.

Sektionsavfrostning, värmeväxlaren uppdelas på tilluftsidan i ett antal sektioner (oftast 5 eller fler) som var för sig kan stängas av, d.v.s. värmeväxlaren avfrostas i sektioner genom att tilluftflödet stängs av. Detta ger en marginell sänkning av temperaturverkningsgraden och bibehållen tryckbalans.

Sammanfattningsvis är inget av ovanstående system för värmeväxling bra på allt, det finns för- och nackdelar med alla system. Vilket system som man väljer får man ta ställning till i respektive projekt utifrån energikrav, ytbehov, investering, inomhusklimat etc. Spiskåporna kopplas alltid via egna fläktar mot det fria.

3.4.5 Termiska stigkrafter

Termiska stigkrafter uppstår i alla typer av hus och blir kraftigare ju högre husen är. I de två typhus vi beskriver i denna rapport så kommer lösningarna och valen av produkter inte att påverkas upp till ca tre våningar, vid högre hus måste vi acceptera högre tryckfall över don i centrala aggregat och högre kanalmotstånd vid decentraliserade aggregat.

Rummet påverkas av de termiska stigkrafterna t.ex. vid höga inblåsningstemperaturer, dock har Eje Sandberg i sin rapport⁴ konstaterat att vid upp till 50 °C inträffar inga oönskade fenomen vad gäller nedbrytning av partiklar som kan ge upphov till lukt. Men för att kunna distribuera luft med denna temperatur så krävs mycket höga lufthastigheter för att uppnå en ordentlig omblandning i rummet. Inom detta projekt är det dock inte utrett hur många timmar per år som det är nödvändigt att tillföra max effekt samt om man i praktiken uppnår en temperatur på 50 grader.

⁴ Känslighetsanalyser för Byggnader utan värmesystem. Aton Teknikkonsult AB April 2003

3.4.6 Tryckbalans

Att hålla ett läckluftflöde enligt kriterierna för täthet kräver en god tryckbalans vilket i sin tur erfordrar en noggrann injustering och kontroll att denna bibehålls. Om undertrycket blir för stort så leder det till ett större läckluftflöde vilket i sin tur ger sämre verkningsgrad på värmeväxlaren. Säsongsvisa kontrollmätningar på stammar och referensdon bör genomföras för att säkerställa att hyresgästerna inte förändrar anläggningen så det uppstår obehag för dem själva eller deras grannar. Denna typ av kontrollmätningar är mycket enkel att genomföra då man har ett centralt eller decentraliserat ventilationssystem, vid lägenhetsvisa aggregat är det dock mer omständligt eftersom man har ett större antal aggregat att kontrollera (se vidare under kapitlet om värmedistribution). Säsongsvisa kontrollmätningar är dock något som bör genomföras i alla flerbostadshus med FT-system.

3.4.7 Omblandning av luft

Omblandningen av luften i rummet är av yttersta vikt då detta avgör den termiska komforten i rummet, omblandningen minimerar temperaturgradienten i rummet och säkerställer att luftutbyteseffektiviteten är tillräckligt god. Mätningar i Lindåshuset samt intervjuer som gjorts med de boende⁵ visar att de bl a haft problem med temperaturgradienter i bostäderna på drygt 2 grader mellan tak och golv. Tilluftdonens utformning och därav luftens utloppshastighet samt dess temperatur avgör hur god omblandning det blir. Samtidigt måste luftrörelserna hållas till ett minimum i vistelsezonen där de annars kommer att uppfattas som drag. Det är framförallt vintertid då temperaturen i tilluften är hög som det leder till sämre omblandning. Tilluftsdonen skall placeras antingen i tak ovan fönster eller upp genom golv under fönster så luftströmmen kan vidhäfta taket och via medinjektering få inblandning av rumsluft, lufthastigheten måste vara så hög att den inte sjunker under 0,2 m/s förrän luftströmmen nått ca 1 m över golv på motstående vägg vilket är normal praxis.

3.4.8 Vädring

Bra vädringsmöjligheter med minimerad risk för drag är nödvändigt för att kunna hantera temperaturen i lägenheten. Lägenheten har ju på grund av sin täthet och sitt tjocka klimatskal en tendens att bli för varm och det effektivaste sättet att uppnå detta är genom att de boende vädrar. Detta är dock inget som är specifikt för just passivhus utan är även nödvändigt i traditionella hus, se vidare under kapitlet om klimatsimuleringar. I en konventionell bostad är vädringssäsong en normalt mellan april – september. I denna typ av byggnad kan säsongen förlängas till februari-november. Detta ökar motivet till att välja fönster med bra vädringsmöjligheter t ex av den typ med två öppningslägen, ett öppningsläge enligt svensk standard, och ett där öppningen uppstår i fönstrets överkant.

⁵ *Tvärvetenskaplig analys av lågenergihuset i Lindås Park, Göteborg, Bodström, Glad, Isaksson, Werner m fl*

3.4.9 Ljudnivåer

Att uppnå ljudklass B i lägenheten torde inte innebära några åtgärder utöver det normala oavsett om det är centralt, decentraliserat eller lägenhetsvisa aggregat. Tilluftdonens utformning är vital i detta resonemang, den estetiska diskussionen inte minst.

Hur ljudklass B specifikt skall uppnås måste utredas i detalj för respektive byggprojekt. För att uppnå en låg ljudnivå krävs ett noggrant arbete främst under projekteringen, monteringen och injusteringen.

3.4.10 Brandceller

Varje lägenhet är en egen brandcell. Vid lägenhetsvisa aggregat innebär det att intags- och avluftskanalerna från respektive lägenhet måste vara separata upp till yttertak, annars fordras brandspjäll till varje lägenhet (två st) vilket ger en högre investeringskostnad och mer skötsel. I flerbostadshus med högst tre våningar är ett annat alternativ att förlägga tilluftsintagen i fasaden. Tilluftskanalerna måste då vara välisolerade och så korta som möjligt eftersom de kan ge värmeförluster i lägenheterna och därför är de lägenhetsvisa aggregatens placering av stor betydelse. Vid val av centrala aggregat är dock fördelen att samtliga kanaler som går i lägenheterna eller i schakten är tempererade.

Vid centrala aggregat kan man ha separata kanaler från vind till varje lägenhet och fläktar i drift eller gemensamma schaktkanaler i varje schakt och bevisa att brandgaserna går åt rätt håll eller ha brandspjäll till varje lägenhet. Oavsett systemval blir upplägget lika ur brandhänseende.

3.4.11 Värmedistribution

Tillskottsvärme i tilluften är inte nödvändig ur komfortsynpunkt, men däremot är det ett kostnadseffektivt sätt att distribuera värme. Det är dock viktigt med en ordentlig omblandning av luften så att de boende inte upplever drag. Det skulle även vara fullt möjligt att ersätta elbatteriet i tilluften till några få mindre elradiatorer eftersom investeringskostnaden för dessa är mycket låg. Med elradiatorer förlorar man dock en del av konceptets tydlighet. Ur exergisynpunkt bör man så långt det är möjligt använda en lågvärdig energikälla, men detta kräver då oftast att man använder sig av ett vattenburet distributionssystem. Att installera vattenburna värmebatterier i tilluften är fullt möjligt men det blir svårt att motivera ur ekonomisk synvinkel eftersom ett sådant system kommer att bli mycket dyrt i investering. Alternativet som kvarstår är då att värmetillförseln sker via elbatterier och eftersom värmebehovet är mycket litet så är det inte nödvändigt att installera något annat distributionssystem.

Sitter det många personer i ett rum och bara en person i ett annat så kommer det att uppstå olika behov på värme och luftflöde mellan rummen. Temperaturskillnaderna

förstärks också av stängda dörrar och om rummen har olika mycket solinstrålning. För att minska detta eventuella problem kan man installera två värmebatterier per lägenhet och på så sätt få möjlighet att styra värmen bättre och få jämnare temperatur. Lämpligen försörjer ett batteri sovrummen med värme medan det andra försörjer vardagsrummet. Två elbatterier är troligtvis endast nödvändigt i större lägenheter. I framtida byggprojekt får respektive förvaltare ta ställning till om man accepterar den ökade investeringskostnaden för två värmebatteri samt en extra reglerpunkt.

Värmebatterierna måste kunna servas vilket kräver att de installeras åtkomliga bakom en lucka i ett undertak eller i en vägg. Effekterna på respektive värmebatteri blir mycket låg, cirka 300 W. Batterierna dimensioneras efter luftflöde och respektive lägenhets värmebehov. Värmebatterierna kan eventuellt överdimensioneras något för att skapa en ökad känsla av trygghet. Merkostnaden för en sådan överdimensionering är mycket marginell.

3.4.12 Styrning av luftflöde och värme

Den enklaste regleringen är att styra respektive värmebatteri mot en önskad inomhustemperatur, samma oavsett om man är hemma eller ej, flödet hålls konstant förutom vid forcering av spiskåpan då tilluftflödet kommer att anpassas efter frånluftflödet p.g.a. lägenhetens täthet. Värmebatterierna styrs lämpligen med effekterreglering.

För att de boende ska ha möjlighet att styra även luftflödet i sina respektive lägenheter krävs två spjäll per lägenhet. Med lägenhetsvisa aggregat är detta inget problem, men för centrala och decentraliserade aggregat krävs motoriserade spjäll. Vid centrala och decentraliserade aggregat placeras samtliga spjäll i vilket fall som helst samlat på t ex vinden för att förvaltarens driftspersonal enkelt ska ha möjlighet att kontrollera flöde och tryckbalans i varje lägenhet.

Reglering av luftflödet ger ytterligare möjlighet till energibesparing samt klimatförbättring genom att man kan forcera flödet vid höga personlaster eller värmelaster. Vid tillförsel av värme kan man tillföra högre effekt vid lägre temperatur vilket reducerar risken för oönskade luftrörelser i vistelsezonen.

Om styrningen av inneklimatet ska göras mer sofistikerat genom t ex behovsstyrning vid frånvaro så måste investeringskostnaden ställas mot den eventuella energibesparing man kan göra.

3.4.13 Individuell mätning av värme och vatten

Om värmeförseln i dessa hus tillgodoses via elbatterier så är dessa kopplade till lägenhetens elmätare. För att mäta elförbrukningen endast för elbatterierna är det

nödvändigt att montera en egen undermätare till dessa.

Mätning av varm- respektive kallvatten utförs på samma sätt som i all annan bebyggelse med separata energimätare för varmvatten och kallvatten.

Individuell mätning av värme och varmvatten leder till en ökad medvetenhet om energianvändningen hos de boende vilket kan leda till ett mer energieffektivt beteende.

3.5 Byggprocess

Konceptet bostadshus utan värmesystem ställer höga krav på detaljlösningar och på noggrannheten i utförandet på plats, eftersom byggnadens klimatskal exempelvis måste vara tätare än vad som är normalt. Detaljlösningarna behöver inte vara komplicerade i sig, men det finns inget utrymme för slarv i montaget. Personalen måste därför vara engagerad och ha kunskap om sammanhangen.

Logistik är en annan nyckelfråga eftersom förvaring på arbetsplats bör minimeras. Orsaken till detta är att fuktigt material inte skall byggas in i stommen, mängden isolering i ett flerbostadshus tar stor plats när den staplas på byggarbetsplats med mera.

Nyckelorden är planering, utbildning och kvalitetssäkring. Därefter bör montaget vara relativt enkelt att genomföra. Det finns dessutom många referensprojekt i Sverige och Tyskland att dra lärdomar ifrån.

3.6 Förvaltarsynpunkter

De förvaltare som har kontaktats i samband med detta projekt är i regel positiva till konceptet ”flerbostadshus utan värmesystem”, förutsatt att det finns en godtagbar ekonomisk kalkyl.

En aspekt som ofta poängteras är att denna typ av byggnad måste vara likvärdig med ett konventionellt flerbostadshus. Det får ej upplevas som ett experimenthus.

De kriterier som ur förvaltarperspektiv bedöms som angelägna att uppfylla gäller framför allt inneklimat och installationslösningar. Det är viktigt att innetemperaturen kan hållas på en jämn nivå och att de boende har möjlighet att påverka temperaturnivån i lägenheten.

En invändning mot att tillämpa passivhus för hyresbostäder är förvaltarens skyldighet att till de boende erbjuda ett acceptabelt klimat. Den tillskottsvärme som tillförs lägenheten via värmebatterier alternativt andra systemlösningar måste vid extrema situationer t.ex. då någon är bortrest, vara tillräcklig för att inte innetemperaturen ska falla till för låga

temperaturer. I annat fall kan förvaltaren bli skyldig att komplettera lägenheterna med t ex ett radiatorsystem. För bostadsrätter är det däremot möjligt att tillämpa detta koncept utan denna invändning.

Vidare finns synpunkter på att fönster/glasfasader ej får ge upphov till kallstrålning. De boende ska ha goda vädringsmöjligheter. I samband med de idag ofta högt ställda ljudkraven och krav på tätare hus kan buller avskärmats effektivt från omgivning. Mer fokus läggs då på de interna ljud som alstras i lägenheten ex från ventilationssystemet och ljud mellan lägenheter. Täta hus med till/frånluftventilation kan också ge upphov till torrt klimat i lägenheter.

När det gäller anläggningar och system för värme och ventilation ges synpunkter på att dessa blir alltmer komplicerade, vilket innebär att mer resurser måste läggas på drift och underhåll samt kräver en kunnig personal.

Då mediakostnaden ökar bör mer arbete läggas på att utforma byggnader som leder till minskad energianvändning och som medför mindre komplicerade installationslösningar.

Det ventilationssystem som används i denna typ av byggnad måste vara robust för att bli kunna utjämnat tryckfall som kan uppkomma i byggnaden. Speciellt användandet av ett centraliserat ventilationssystem ställer större krav på robusthet för inte riskera obalans i systemet. Lägenheter kan ha olika behov och det får inte påverkas av om någon/några öppnar fönster eller stänger dörrar etc.

Enligt vidtalade förvaltare är de aspekter som boende värderar högst förutom låga avgifter också läge, lägenhetsstandard och inneklimat, framför allt jämn temperatur (värmekomfort), drag och buller.

När det gäller metoder för hyressättning görs bedömning att det finns möjligheter till att mer lägenhetsdiffererentiera hyran, vilket kan komma ifråga i ett "flerbostadshus utan värmesystem", där lägenheterna kan innebära olika förutsättningar avseende t ex värmebehov. För att kunna utnyttja individuell värmedebitering måste det finnas en acceptans hos de boende på att det är ett rättvist system.

I kontakt med företrädare för hyresgäster poängterades också vikten av att de boende har möjlighet att påverka temperaturen i lägenheten. De ställer sig också positiva till möjligheten till individuell värme- och varmvattendebitering. Man börjar se en utveckling att förvaltare erbjuder kallhyra och sen får hyresgäst betala så kallad klimathyra.

3.7 Kostnader

Gemensamt för alla olika versioner av passivhus är att avsaknaden av ett traditionellt radiatorsystem minskar investeringskostnaden och att det lägre energibehovet ger

väsentligt minskade driftskostnader för värme. Å andra sidan krävs mer isolering och bättre fönster vilket höjer investeringskostnaden jämfört med ett konventionellt hus.

I denna utredning presenterar vi inte ett entydigt bestämt koncept eftersom det finns stora möjligheter att utforma det på olika sätt, ett antal prioriteringar kvarstår för förvaltaren att göra. Dessa prioriteringar har konsekvenser för teknisk prestanda och ekonomi (investering och driftskostnader). Men för att få någon uppfattning om lönsamheten har vi gjort förenklade livscykelkostnadsberäkningar (LCC) av lamellhuset (se beskrivning av huset under kapitel 4).

Lamellhuset har nyligen byggts (kv. Stigmannen) och därför fanns möjligheten att göra kostnadsjämförelser mot verkligt utfall. Punkthuset är däremot inte byggt och därför har inga kostnadsberäkningar gjorts. Det verkliga lamellhuset byggdes i tre våningar med trappuppgångar. Det har 24 lägenheter och en bruttoarea på 2270 kvm (bruksarea 1944 kvm). Som tidigare beskrivits är det möjligt att utforma passivhusen med olika typer av ventilationssystem och uppvärmningskällor för varmvatten. LCC-beräkningar har därför gjorts för följande system för passivhuset:

- Ytjordvärmepump
- Solfångare
- Central varmvattenberedare
- Lägenhetsvisa ventilationsaggregat
- Trapphusvisa ventilationsaggregat.

För jämförande beräkningar har vi i det traditionella utförandet valt nedanstående system:

- Fjärrvärme
- Frånluftsventilation
- Lägenhetsvisa ventilationsaggregat
- Trapphusvisa ventilationsaggregat.

Med dessa olika system i passivhuset och det traditionella huset skapades en matris där samtliga system jämfördes mot varandra. Anledningen till att jämförelser görs mot traditionellt hus med FTX-ventilation trots att detta system idag är ovanligt, är på grund av att Boverket i skrivande stund har lagt fram förslag på nya byggregler som kan komma öka andelen FTX-system i flerbostadshus. Vi anser det därför vara ett relevant alternativ som framtida förutsättning.

Under utredningen kring merkostnader för byggnation kunde vi konstatera att den i särklass största kostnaden låg på ytterväggarna. Genom att minska vägg tjockleken från 430 mm till 300 mm kan merkostnaden minska med 230 000 kr exklusive moms, men samtidigt beräknades energianvändningen endast öka med 2 kWh/kvm. Exakt vilken tjocklek som är optimal ur ekonomisk synvinkel och ur inneklimate synpunkt är inte utrett, men 300 mm bör inte vara några problem.

Sammanfattningsvis visar kostnadsberäkningarna för Stigmannen:

Merkostnad byggnation (300 mm i vägg)	cirka 1 130 000 kr
Installationskostnad passivhus utförande	780 000 – 1 040 000 kr
Installationskostnad traditionellt utförande	930 000 – 1 580 000 kr
Sammanräknad merkostnad	330 000 – 1 230 000 kr
Energibesparing per år	80 000 – 160 000 kr
Återbetalningstid LCC	5 – 8 år (beroende på vilka alternativ som jämförs mot varandra)

Enligt ovanstående är den sammanräknade merkostnaden därför 185 – 510 kr/kvm BTA.

Se vidare i bilaga 5 för mer detaljerad information om resultaten från de ekonomiska beräkningarna.

Ovanstående kostnader och återbetalningstider är inklusive byggbolagets påslag, men exklusive mervärdesskatt eftersom det eventuellt varierar om byggherren kan dra av det eller ej.

Om byggkostnaden ökar under produktion på grund av högre noggrannhet, utöver tätning, är svårt att avgöra eftersom få byggnader enligt detta koncept har byggts. Därför har denna eventuella kostnad ej tagits med.

Beakta att vilka återbetalningstider som erhålls är starkt avhängigt av vilka indata som används. I våra beräkningar ingick följande indata:

<i>Energipris el:</i>	<i>0,8 kr/kWh</i>
<i>Energipris fjärrvärme:</i>	<i>0,7 kr/kWh</i>
<i>Fast avgift fjärrvärme:</i>	<i>51 000 kr/år</i>
<i>Årlig energiprisökning el:</i>	<i>6 %</i>
<i>Årlig energiprisökning fjärrvärme:</i>	<i>5 %</i>
<i>Inflation:</i>	<i>1,5 %</i>
<i>Kalkylränta:</i>	<i>5 %</i>

I många fall ökar också kostnaden för tomten i samband med att byggnadens bruttoarea ökar. I detta specifika fall ökar kostnaden för ett hus med 300 mm tjocka väggar med 90 000 kr samt 230 000 kr med 430 mm.

Kopplat till att ett passivhus blir större och dyrare så tillkommer, utöver ovanstående merkostnader, även kostnader för:

- Lagfart
- Eventuellt exploateringsersättning till kommun.
- Bygglov

- Bygghörsförsäkring
- Försäkringskostnad
- Pantbrev
- Garantiavsättning
- Anslutningsavgifter
- Kreditivkostnader

Ovanstående punkter utgör ungefär 15 % av merkostnaden. Men eftersom förutsättningarna kan variera från kommun till kommun så har vi valt att inte inkludera dem i redovisade kostnader.

Kostnader tillkommer också för byggherrens täckningsbidrag, men storleken på denna kostnad varierar mellan olika företag och är därför inte heller inkluderat.

Med allting inkluderat vad gäller ovan nämnda merkostnader så torde merkostnaden per kvadratmeter BTA hamna på runt 340 – 845 kr. Med ovanstående tillkommande kostnader hamnar återbetalningstiden mellan 8 – 15 år beroende på vilka alternativ som jämförs mot varandra.

För att hålla elanvändningen nere bör varmvattnet i passivhuset produceras centralt med solfångare eller ytjordvärmepump eftersom alternativet med varmvattenberedare inte visade sig vara mycket bättre än dessa alternativ ur ekonomisk synvinkel.

Kravet på bättre värmesolering innebär tjockare väggar. Konsekvensen av detta är minskade innerytor och/eller marginellt större etableringsyta. Passivhus kan vara högaktuellt som förtätning exempelvis i Stockholms kranskommuner. I sådana områden bör det vara möjligt att få tillåtelse att gå utanför detaljplanegränserna med ett par decimeter åt varje håll, så att man slipper ta uthyrningsbar yta i anspråk för de tjockare väggarna. Som beskrivs ovan skall man då vara medveten om att vissa avgifter som ingår i byggherrekostnaden är baserade på yta BTA, och alltså ökar om den byggda ytan ökar.

Vår samlade bedömning är att konceptet bör vara ekonomiskt bärkraftigt sett över ett några år. Hur mycket investeringskostnaden ökar beror helt och hållet på hur byggnaden är utformad som man jämför mot. Ur ett livscykelkostnadsperspektiv ska man eftersträva att hålla driftkostnaderna nere eftersom en byggnad har en lång livslängd.

4 "Våra hus"

För att illustrera hur "flerbostadshus utan värmesystem" kan utformas har vi valt två vanligen förekommande byggnadstyper i såväl förtätning som nyexploatering. Ett av exemplen – lamellhuset – har dessutom i sin konventionella utformning byggts av NCC. Skälet till det är dels att begränsa arbetsmängden – att inte behöva börja rita från början – utan i stället bearbeta befintliga byggnader i de avseenden som behövs, dels för att göra jämförelser möjliga med husen före och efter bearbetningar. Den andra byggnadstypen är ett punkthus på 8 våningar.

Husen är utformade för bullerstörda lägen med sovrummen orienterade så att en "tyst sida" kan åstadkommas. Båda husen har relativt samlade volymer med liten omslutande area i kombination med ytsnåla och kompakta bostadsplaner.

Vi tror att dessa hustyper och lägenheter kan uppfattas som attraktiva av boende och byggherrar. Ritningar på husen finns som 4a (punkthuset) respektive 4b (lamellhuset).

Lamellhuset är i sin ursprungliga version planerad för enkel och vanligt förekommande husbyggnadsteknik, med platsgjutna bärande lägenhetsskiljande väggar, stålpelare i fasad och bjälklag av plattbärlag med pågjutning. Fasaderna är utförda som förtillverkade träutfackningsväggar med ytskikt av träpanel och puts utförda på platsen. Punkthuset förutsätts likaså, i sin form som passivhus att utföras med fasader av lätta träutfackningsväggar.

4.1 Gemensamma förutsättningar för de redovisade husen

Klimatskal och stomme är desamma för de båda husen, och redovisas i kapitel 3.3.

4.2 Punkthus

4.2.1 Beskrivning

Punkthuset är en fyrspännare⁶ om 8 våningar, med totalt 31 lägenheter. Två st 2 RK à 59,6 m² och två st 3 RK à 76m² ligger runt ett trapphus. Huset har ingen källare utan byggs med platta på mark. En av fördelarna med punkthuset, både energimässigt och byggekonomisk är att det är en kompakt volym med liten ytterfasad i förhållande till lägenhetsytan.

Lägenheterna har en öppen planlösning mellan kök och vardagsrum. Badrummen är generösa i sitt tilltag och det finns plats för både tvättmaskin och torktumlare. Tvättstuga finns ej i huset. Alla lägenheter har en klädkammare.

⁶ Dvs huset har fyra lägenheter per våningsplan.

I entréplan finns lägenhetsförråd, barnvagnsrum, och yta för rullstol, och tar en lägenhet i anspråk. Övriga bostadskomplement (cykelrum/soprum) samt servicerum för VA El /Tele förläggs i separat, friliggande byggnad.

De flesta markområden som finns kvar i storstäderna är utsatta för buller i någon form och idag har kommunerna strikta bullerkrav när det kommer till nybyggnation av bostäder. Vid bullriga lägen måste hälften av boningsrummen ligga mot tyst sida. Här vänds vardagsrum/kök i 3:orna mot bullerkällan och ger sovrummen i hörnorna en tyst ljudmiljö.

De förändringar som införts jämförande med traditionellt projekt är:

- Mer välisolerade, tjockare ytterväggar (ca 430 mm)
- Fönster med bättre U-värden och mindre areor. (16-20 %). De större partierna är koncentrerade kring vardagsrum/kök. Sovrummen förses sparsamt med franska fönster.
- Balkonger med fristående bärning som minskar köldbryggorna.
- Större schakt som rymmer tilluftskanaler och dubbla frånluftskanaler, samt en eller två eftervärmare i varje lägenhet Detta läggs fördelaktigt i de klädkammare som finns i lägenheten.
- Tilluftskanaler som förgrenar sig i lägenheterna. Om de går synligt i rummet förläggs de vid taket och kläs in med gips. Vid fönster kan den integreras i en fönsternisch för gardinupphängning.

4.2.2 Ventilation

Med bakgrund av det resonemang som förs under kapitel 3.4.2 så är ett centralt ventilationsaggregat lämpligast i detta specifika hus eftersom lägenhetsvisa och decentraliserade aggregat är alltför ytkrävande i förhållande till tillgänglig yta per våningsplan i just detta hus. I ett framtida byggprojekt då man från början kan skapa utrymme i lägenheter och trappuppgångar skulle även lägenhetsvisa aggregat vara en möjlighet, men man måste då framförallt beakta problematiken med att aggregaten i de nedersta våningarna får ett stort tryckfall på kanalerna upp till taket.

4.3 Lamellhus

4.3.1 Beskrivning

Lamellhuset består av tre stycken trespännarttrapphus i 4 våningar, sammanlagt 33 lägenheter. Trapphuset ligger vid fasad mot bullrigt läge. Två av trapphusblockets lägenheter är genomgående och den tredje lägenheten är enkelsidig mot söder och tyst läge. Lägenheterna är kompakta med begränsade areor, med öppet samband mellan kök och vardagsrum för större känsla av rymd och överblick.

Lägenhetsstorlekarna är 2RK på 44 m² och 3RK på 67 m². Vid gavlarna finns möjlighet att bygga 4RK på 88 m² (ej illustrerat i detta projekts planer).

De förändringar av ursprungligt projekt som införts är:

- Mer välisolerade, tjockare ytterväggar.
- Fönster med bättre U-värde och mindre areor.
- Balkonger med fristående bärning som minskar köldbryggorna.
- Större schakt som rymmer tilluftskanaler och dubbla frånluftskanaler. Frånluft från spiskåpan separeras från övrig frånluft för att minska luktöverföring via värmeväxlarna.

Övriga egenskaper, vilka genom lyckad lägenhetsförsäljning visat sig vara attraktiva, bibehålls.

Lägenhetsförråd och rullstolsrum tillsammans med genomgående entré tar en av lägenheterna i markplanet i anspråk i varje trapphus. Bostädernas badrum förses med tvättpelare och separat tvättstuga finns inte. Övriga bostadskomplement: soprum och cykelförråd placeras tillsammans med servisrum för VA och EI/tele i fristående enkla byggnader.

4.3.2 Ventilation

Som beskrivs ovan så har lamellhuset med tre trapphus en alltför ojämn tryckbalans pga. dess utbredning och därför är decentraliserade ventilationsaggregat att föredra i just detta hus. Eftersom vi har utgått från färdiga ritningar så finns det inget utrymme för lägenhetsvisa aggregat. I ett framtida byggprojekt där detta utrymme kan skapas är även dessa aggregat ett möjligt alternativ.

Om lamellhuset däremot skulle utformas med 2 trapphus (5 våningar) skulle det dock vara möjligt att välja både centralt och decentraliserade aggregat. Energieffektiviteten är ungefär den samma för båda lösningarna. Det centrala aggregatet kräver att det finns möjlighet att dra kanaler horisontellt på vinden. Lägenhetsvisa och decentraliserade aggregat blir troligtvis dyra ur installationssynpunkt jämfört mot centralt i ett lamellhus med jämn tryckbalans.

4.4 Energianvändning

För att kunna beräkna energianvändningen och därmed energikostnaden för typhuset har energiberäkningar gjorts. För dessa beräkningar har energiberäkningsprogrammet BV2 använts. BV2 beräknar energianvändningen utgående ifrån uteluftens temperaturvaraktighet. Programmet betraktar en hel byggnad och dess energibalans

separat från klimathållningssystemet. Byggnadens energibalans bestämmer utformningen av klimathållningssystemet, som i sin tur har behov av ytterligare energi för att fungera.

Energiberäkningar är gjorda för ett punkthus med två olika fönsterareor, dels fönsterarean 16 % av fasadarean och dels 21 % av fasadarean samt för ett lamellhus med 19 % fönsterarean. Indata till programmet är byggnadens konstruktion, intern värmegenerering och klimathållningssystem. Byggnadens konstruktion läggs in med areor för ytterväggar, tak, platta och fönster. Areorna för väggar och fönster anges per väderstreck. Dessutom anges U-värden för konstruktionerna, solvärmetransmittans för fönster och fönsteravskärmningar. Glasandelen för fönster är satt till 72 %.

I den interna värmegenereringen ingår belysning, personbelastning och el till maskiner, som ger spillvärme. Personbelastningen är bedömd till 2 personer per lägenhet med 70 W/person som dygnsmedelvärde, vilket motsvarar ca 1,9 W/m². El till belysning och maskiner är satt till 3,2 W/m². Därtill kommer spillvärme från ventilationsfläktar, som programmet beräknar.

För ventilationssystemet (anges klimathållningssystemet i programmet) anges typ, ventilationsflöde och lägsta och högsta tillåtna rumstemperaturer. Luftflödet är 0,44 l/s,m² för punkthuset och 0,43 l/s,m² för lamellhuset. Det motsvarar råden i BBR på luftväxling i badrum, kök och klädkammare. Husen har FTX-ventilation med 80 % värmeåtervinning. Lägsta tillåtna rumstemperatur är 20°C. BV2-programmet tar inte hänsyn till fönstervädning, vilket i hus utan kyla behövs för att inte rumstemperaturen skall bli alltför hög under sommartid. Typhuset är också tätare än hus med traditionell konstruktion, vilket gör att luftutbytet genom läckage genom byggnadsstommen blir mindre än normalt, här 0,01 oms/timme. I beräkningarna har därför en högsta tillåtna temperatur på 26°C lagts in, för att inte få extremt höga rumstemperaturer som resultat vid beräkningarna. Detta medför att en fiktiv kyleffekt lagts in, vilken alltså kan bortses ifrån i resultatutskriften. Denna kylning kommer i ett verkligt fall att skötas med hjälp av fönstervädning.

För att ta hänsyn till horisontavskärmning från kringliggande byggnader under vintern, när solen står lågt, har beräkningar gjorts utan solinstrålning. Detta ger ett maximalt effektbehov. Effekt och energi till tappvarmvatten beräknas med schablonvärden enligt Fjärrvärmeföreningens dimensioneringskurva. Detaljer för indata kan studeras i utskriften från programmet, som presenteras i bilaga 2a-2c.

I tabell 2 och 3 visas resultatet av energiberäkningarna. Tabell 2 visar resultatet med solinstrålning och är mest aktuell för att studera energianvändningen i byggnaderna. Är man intresserad av effekterna ser man de maximala effekterna i tabell 3, där beräkningen är gjord utan solinstrålning.

Tabell 2 Resultat energiberäkning med solinstrålning

	Punkthus 16 % fönster	Punkthus 21 % fönster	Lamellhus 19 % fönster
Effekt (W/m²)			
Värme	5,3	6,0	5,8
Tappvarmvatten	48	48	50
EI (Drift + hushåll)	4,3	4,3	4,3
Totalt	57	58	60
Energi (kWh/m²)			
Värme	4,4	5,0	4,6
Tappvarmvatten	30	30	30
EI (Drift + hushåll)	38	38	38
Totalt	72	73	72

Tabell 3 Resultat energiberäkning utan solinstrålning

	Punkthus 16 % fönster	Punkthus 21 % fönster	Lamellhus 19 % fönster
Effekt (W/m²)			
Värme	5,7	6,5	6,3
Tappvarmvatten	48	48	50
EI (Drift + hushåll)	4,3	4,3	4,3
Totalt	58	59	61
Energi (kWh/m²)			
Värme	6,0	7,1	6,5
Tappvarmvatten	30	30	30
EI (Drift + hushåll)	38	38	37
Totalt	74	75	74

Ovanstående resultat visar byggnadernas energibehov inkl. värmeåtervinningen från ventilationen. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till värmesystem för varmvatten. Beroende på om man väljer t ex en värmepump eller solfångare för varmvattenproduktion kan därför det totala behovet av köpt energi minska till ca 60-65 kWh/ m², år.

Resultaten visar att energin för uppvärmning uppgår till 4,4 kWh/m² respektive 5,0 kWh/m² för punkthus med 16 % respektive 21 % fönsterarea, då hänsyn tas till solinstrålningen genom fönster. Motsvarande värde för lamellhuset är 4,6 kWh/m². Total energianvändning (värme, tappvarmvatten, driftel och hushållsel) är 72-73 kWh/m².

De maximala effekterna för uppvärmning ses i tabell 3. För punkthus med 16 % fönster är värmeeffekten 5,7 W/m², för samma hustyp med större fönster är den 6,5 kW/m² och för lamellhuset 6,3 W/m². Målet på 10 W/m² överträffades vilket betyder att dessa hus ej behöver ha motsvarande isoleringstjocklek som radhusen i Lindås alternativt så hög återvinningsgrad i ventilationen. Om man i beräkningarna för lamellhuset istället lägger in en plattvärmväxlare med 70 % verkningsgrad så hamnar värmeeffekten på 7,8 W/m² vilket ska jämföras mot de 5,8 W/m² som det blir med en roterande växlare.

I en rapport⁷ om ett projekt i Landskrona, framgår att energibehovet för uppvärmning av ett hus med fönsterarea 20 % av golvarean är 0-5 kWh/m². Tappvarmvattenbehovet är i samma rapport beräknat till 25-30 kWh/m², vilket också stämmer med de 30 kWh/m² som beräknats för typhuset i detta projekt.

I jämförelsen mellan de båda typerna av värmeåtervinningssystem så beräknades energianvändning bli 2 kWh/kvm lägre genom att välja lägenhetsvisa fix-aggregat framför tre stycken trapphusvisa aggregat. Energimässigt har det därför ingen större betydelse vilket system man väljer.

I bilaga 2a-2c finns utskrift från beräkningsprogrammet. Utskrifterna gäller för beräkningarna utan solinstrålning samt för de större fönsterareorna. I utskrifterna redovisas värme till radiatorer och till uppvärmning av ventilationsluften separat. I vårt fall får dessa läggas ihop för att få det totala värdet för uppvärmningen.

För lamellhuset finns även beräkningen med ett traditionellt utförande. I denna BV2-beräkning användes följande U_p -värden och ventilation:

Golv mot jord	$U_p = 0,20 \text{ W/m}^2, \text{K}$
Yttervägg	$U_p = 0,25 \text{ W/m}^2, \text{K}$
Vindsbjälklag	$U_p = 0,17 \text{ W/m}^2, \text{K}$
Fönster	$U_p = 1,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Frånluftsventilation enligt BBR-krav som ovan.

Med ovanstående förutsättningar är värmeenergibehovet (uppvärmning och tappvarmvatten) 102 kWh/m². Detta skall jämföras med de 35 kWh/m², som beräknats för typlamellhuset (se tabell 2). Den totala energianvändningen för typlamellhuset hamnade på 139 kWh/m². Om intresse finns för att se detaljerna i de övriga beräkningarna så kontakta gärna någon i projektgruppen från NCC Teknik i Göteborg.

4.5 Klimatsimuleringar

För att kunna bedöma hur inneklimatet förändras i denna typ av passivhus jämfört mot hur man normalt bygger flerbostadshus idag så har vi gjort simuleringar med hjälp av dataprogrammet ProClim. Programmet som finns på Swegons hemsida⁸ bygger på klimat- och energisimuleringsprogrammet IDA.

Beräkningarna är gjorda för ett sovrum (11,2 m²) åt sydväst i mitten av lamellhuset samt köket vardagsrummet (30,6 m²) i nordost längst upp i hörnet av lamellhuset. Sovrummet är simulerat för sommarens varmaste dag medan vardagsrummet i nordost är simulerat

⁷ IEA – SCH Task 28 / ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing

⁸ www.swegon.com

för vinterns kallaste dag. Lägenheterna är utvalda eftersom de har kritiska placeringarna i huset med tanke på höga respektive låga inomhustemperaturer.

För att kunna jämföra resultaten har vi också gjort simuleringar av samma lägenheter fast med ett mer normalt klimatskal. För detta klimatskal har vi t ex lagt in 195 mm isolering i väggarna och 1,3 W/m²,°C för fönstren. Standardhuset har frånluftsventilation och radiatorsystem.

Resultaten av simuleringarna visar att mittlägenheten under sommarens varmaste dagar får en inomhustemperatur som mest blir 1,5 grader högre i ett hus utan värmesystem jämfört mot normalhuset.

För gavellägenheten under vinterns kallaste dagar blir temperaturen samma i huset utan värmesystem och i normalhuset.

Innetemperaturen skiljer sig alltså inte nämnvärt mellan en lägenhet i ett passivhus jämfört mot en likadan lägenhet i ett normalhus under årets kallaste och varmaste dagar. Under sommarhalvåret kommer de boende både i normalhuset och i passivhuset bli tvungna att vädra för att hålla en acceptabel temperaturnivå. Vädringssäsongen blir dock längre i passivhuset.

Resultaten från klimatsimuleringarna redovisas i bilagorna 3a-3d. Indata har inte bilagts på grund av dokumentens storlek och lay-out. Kontakta NCC Teknik för att erhålla alla indata för simuleringarna.

4.6 Energikällor

Energitillförseln för uppvärmning bör ske via elvärmebatterier i tilluften vilket vi för ett resonemang kring tidigare i denna rapport. Men det skulle även vara fullt möjligt att installera några få elradiatorer eftersom investeringskostnaden för dessa är mycket låg. Beroende på byggnadens utformning skulle man även kunna tänka sig att komplettera med t ex en pellets-kamin i respektive lägenhet. En pellets-kamin höjer standarden på lägenheten och ger de boende en sorts ”mysfaktor”. En sådan installation är sannolikt inte möjlig eftersom dagens kaminer avger för stor värmeeffekt i förhållande till lägenheternas värmebehov samt att det troligtvis uppstår problem att hålla täthetskravet då kaminen inte nyttjas.

För uppvärmning av varmvatten är troligtvis en solfångare, pellets-panna eller någon form av värmepump de alternativ som är mest fördelaktigt ur ekonomisk synvinkel. Men eftersom valet av värmekälla bl a beror på byggnadens placering så kan vi här inte förorda någon särskild värmekälla för varmvattnet. Vilket som bör väljas måste utredas i varje specifikt byggprojekt.

I storstadsområdena är idag fjärrvärme en mycket vanlig värmekälla. Frågan är dock om det är ekonomiskt försvarbart att ansluta till fjärrvärmenätet i denna typ av lågenergihus. En fjärrvärmeanslutning är starkt kopplat till de lokala förutsättningarna och därför kan vi i detta skede inte utreda det ytterligare.

Ovanstående nämnda värmekällor bör också kombineras med en välisolerad centralt placerad ackumulatortank för att öka effektiviteten. En central ackumulatortank innebär dock att man måste ha ett system för cirkulation på varmvattnet (vvc) för att tiden innan varmvattnet når tappstället inte ska bli för lång. Alternativet till en ackumulatortank är att man installerar en varmvattenberedare i varje lägenhet. Nackdelen är då att man förlorar möjligheten att använda sig av mer lågvärdig energitillförsel som t ex solfångare. Fördelen med varmvattenberedare är att individuell mätning av varmvattnet förenklas samt att den vid placering i badrum ger spillvärme som kan kompensera för den evaporativa kyleffekt som kan uppstå. Den spillvärme som beredaren avger är dock till nackdel då värmebehov inte föreligger. Med varmvattencirkulation krävs två mätare, en på inkommande vatten till varje lägenhet och en efter, medan det i beredarfallet endast krävs en.

En möjlighet till energibesparing är att återvinna värmen i avloppsvattnet. Energibesparingens storlek är angiven i flera rapporter^{9, 10}, men den skiljer mycket mellan rapporterna, allt från 140 kWh/lgh,år³ till 1450 kWh/lgh,år⁴. För en lägenhet på 70 m² blir det en besparing på 2-21 kWh/m²,år, att jämföras med tappvattenuppvärmningen som ligger på i storleksordningen 30 kWh/m²,år. Energibehovet för tappvattenuppvärmning varierar dock kraftigt mellan olika brukare. För att kunna ta ställning till om värmeåtervinning ur avloppsvattnet är ekonomiskt försvarbart eller inte så krävs ytterligare utredningar och fälttest.

⁹ Jan Berggrén, Aton Teknikkonsult AB, 1999. Värmeåtervinning ur spillvatten från flerbostadshus.

¹⁰ Jonsson, R, 2004, Domestic Wastewater Heat Exchangers, Inst för energiteknik, KTH, Stockholm.

5 Slutsatser

Flerbostadshus behöver inte radiatorer i varje rum. Tekniskt sett enkla åtgärder förvandlar ett konventionellt hus på ritbordet till ett energisnålt hus utan traditionellt värmesystem och utan att det påverkar de boende. Vi bedömer konceptet som helt genomförbart. För den förvaltare som prioriterar låga livscykelkostnader eller vill driva utvecklingen mot hållbart byggande bör konceptet ”flerbostadshus utan värmesystem” vara mycket intressant. Effekt- och energibehovet är endast en bråkdel av dagens nybyggnadsstandard. Tekniken är redan utvecklad inom flera genomförda byggprojekt och riskerna är därför låga. Husens utseende och inneklimat behöver inte skilja sig från konventionella hus. Tack vare att husen saknar traditionella värmesystem får man konceptuellt tydligare rum. Något krav ställs inte på att återkommande begära tillgång till lägenheterna. För mer detaljerade slutsatser hänvisar vi till sammanfattningen.

Referenser

RAPPORTER

- *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat från två års mätningar*
Svein H. Ruud, Leif Lundin, SP Rapport 2004:31
- *Domestic Wastewater Heat Exchangers*
Richard Jonsson 2004, Institutionen för energiteknik, KTH
- *IEA – SCH Task 28 / ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing – Landskrona, Sweden*
- *Känslighetsanalyser för Byggnader utan värmesystem.*
Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult AB, April 2003
- *Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg*
Bodström, Glad, Isaksson, Werner m fl, Arbetsnotat 25, ISSN 1403-8307
- *Värmeåtervinning ur spillvatten från flerbostadshus*
Jan Berggrén, Aton Teknikkonsult AB, Oktober 1999

HEMSIDOR

- www.husutanvarmesystem.se
- www.passivhaus.de
- www.swegon.com
- www.sp.se
- www.stem.se

PERSONLIGA REFERENSER

- Adalberth Karin Prime Project AB
- Andreasson Ingvar Familjebostäder
- Branth Maria Egnahemsbolaget
- Edholm Gillis Svenska Bostäder
- Eek Hans Göteborg Energi
- Persson Martin Landskronahem
- Ruud Svein . Sveriges Provnings- och forskningsinstitut AB
- Sandberg Eje Aton Teknikkonsult AB
- Solberg Gunn Britt Hyresgästföreningen
- Wall Maria Lunds Tekniska Högskola
- Wanngren Thorsten NCCA