

## Delrapport 7

### Forskningsuppslag – för bättre energiberäkningar

*Senast uppdaterad: 2002-04-10*

Eje Sandberg ATON Teknik Konsult AB

#### Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	1
1. Bakgrund och syfte.....	2
2. Solinstrålning och skuggning .....	2
3. Ventilation .....	3
3.1 Värmeåtervinning med förhinder.....	3
3.2 Styrparametrar för behovsstyrning i biutrymmen.....	3
3.3 Utetemperaturstyrd frånluftsventilation i praktisk drift.....	4
4. Vädring .....	4
4.1 Vädringsindex ett mått på luftflödet .....	4
4.2 Varför vädrar vi?.....	4
5. Värmesystemet .....	5
5.1 Förluster i produktion och distribution .....	5
5.2 Vilka byggnadskonstruktioner ger mest kundnytta?.....	5
5.3 Systemjämförelser.....	5
5.4 Komfortavvikelse ett mått på nöjd kund?.....	5
5.5 Vad vet vi om fördelningsmätning?.....	6
6. Effektiva vattenarmaturer .....	6
7. Hushållsel till elvärmare.....	6
7.1 Empirisk mätstudie av tidsstyrda handdukstorkar .....	6
7.2 Övrig hushållsel .....	7
8. Yttre elvärmare för snösmältning.....	7
9. Verifikationsstudier .....	8

## 1. Bakgrund och syfte

MEBY-projektet har genom fördjupade fältmätningar och enkätmetoder utarbetat en metodbeskrivning och en kravspecifikation för beräkningsprogram för energianvändningen i flerbostadshus. Som underlag och hjälp har även nyckeltal och schablonvärden föreslagits. En del av dessa baseras på väl dokumenterat underlag andra har ett sämre underlag som grund.

Framtida byggande står inför en stor utmaning, att kunna leva upp till de mycket ambitiösa mål som uttalats i Boverkets målbeskrivningar för bebyggelsens energianvändning fram till år 2050. Det innebär att framför allt nyproduktionen måste klara mycket långt gående mål för energihushållningen. Idag finns exempel på radhusbebyggelse uppförda ”utan värmesystem”, dvs i princip så energieffektiva att värmen upprätthålls enbart med värme från personer och apparater och viss solenergi. Detta ställer naturligtvis ändå större krav på de beräkningsprogram som ska kunna simulera energibalanserna i dessa eftersom de kvarvarande energiflödena; personvärme, spillvärme från apparater, varmvattenanvändning, vädring får så mycket större, ja helt avgörande betydelse för utfallet. Det innebär också att våra kunskaper om dessa med beteenderelaterade energiflöden blir allt viktigare.

I övriga rapporter har för olika avsnitt nämnts behov av ytterligare fördjupningar eller forskningsinsatser. Detta avsnitt avser att summera och lista sådana förslag.

## 2. Solinstrålning och skuggning

Trenden mot extremt glasade fasader skapar speciella problem. Inte bara för de boende som måste hantera avskärmningen, speciellt i de lägenheter där arkitekten valt fönster utan inbyggda persiennor, utan också för att energibalansen blir mycket mer känslig mot de antaganden om solenergens bidrag som görs och i slutändan av de krav på aktiv kylning som också kan bli en konsekvens av denna trend. I modellen har införts en ny ”komponent” inre solavskärmning, där en avskärmningsfaktor ökar i takt med glasandelen i fasaden. Detta ger en dämpning av de annars allt för positiva resultat som energibalansberäkningarna ger, men här saknas såväl grundläggande beräkningsunderlag eller empiriska studier.

Problemställningen kompliceras av att det i hög utsträckning är frågan om de boendes reaktioner på solinstrålningen, inre avskärmning, vädring av övertemperaturen och reglersystemets anpassning.

En inledande bredare forskningsinsats som även dokumenterar de för- och nackdelar som nuvarande glasningstrend har på komfort och beteende kan vara en utgångspunkt.

Modellen för den yttre avskärmningen vilar på europeisk metodik, men har kompletterats med svenska tallskogar (se avsnitt 2.3 i Kommentarer och underlag till kravspecifikationen). Här vore det värdefullt med verifierande mätningar för några olika objekt, där modellen jämförs med solmätningar på representativa punkter på objektets fasader, både för den solfattigare vinterperioden och den mer intensiva vårperioden. I detta kan också ingå att ta fram bättre data på vilka solskuggningseffekter som tallskog ger i byggnaders närhet.

Modellen för den inre avskärmningen kan behöva testas mot mer grundläggande studier av de boendes beteende i byggnader med olika glasningsandelar. Ett problem med helt

nyproducerade byggnader med stora glas, är att de normalt inte försetts med persienner av byggherren. Det tar alltså en period innan de boende anpassat och kompletterat på lämpligt sätt. En komplikation med mellanliggande persienner är att fönstertillverkaren inte längre lämnar garantier såvida inte härdat glas använts för den mellanliggande rutan. Och hur ofta har man valt det? Detta är kanske en indikation på att just nu byggs tekniska lösningar som inte är funktionellt genomtänkta.

Exempel på frågeställningar att penetrera:

Finns det kopplingar mellan innetemperatur och persienneanvändning? Påverkas dessa om man fördelningsmätning av värmen?

I enkätstudierna där MEBY-enkäten användes erhöles en del intressanta uppgifter, som dock kan utvecklas för att ge en mer detaljerad bild av persienneanvändning vintertid.

Är persiennerna ständigt nerdragna eller bara soliga dagar? I så fall hur många timmar per dag? Hur varierar detta med vädersträck? Är svaren för sommarfallet tillämpligt även för soliga dagar i april-maj när värmen fortfarande är påslagen och att alltså fler har persiennerna inte bara är neddragna utan även stängda? Hur gör man i de övriga rummen med persiennerna?

### **3. Ventilation**

#### **3.1 Värmeåtervinning med förhinder**

Ventilationen står för en stor del av byggnadernas värmeförluster. En av möjligheterna att minska dessa förluster är genom värmeåtervinning. En av invändningarna mot att installera sådana system är problem med drift och komfort som rapporterades under 80-talet. Ett av de studerade objekten, byggt i mitten av 90-talet har ett värmeåtervinningssystem. Även här rapporterar man om problem med drag vid inblåsningdonen. Lösningen i detta fall är att man ställt upp tilluftstemperaturen till 21,2 grader. Under uppvärmningsperioden är detta inget problem, men under övergångsperioden till sommaren och under kalla somrarnätter kommer värmaren efter växlaren ligga och dra värmeenergi. Vad exemplet visar är att kunskapen om hur bygga bra fungerande värmeåtervinningssystem för flerbostadshus inte är allmänt spridd, inte ens till större allmännyttiga bostadsförvaltningar. Några egentliga studier och uppföljningar av värmeåtervinningssystem i flerbostadshus finns inte rapporterade sedan mitten av 80-talet.

#### **3.2 Styrparametrar för behovsstyrning i biutrymmen**

Ett annat alternativ är genom behovsstyrning av ventilation. Inte bara av bostadens ventilation utan inte minst av de biutrymmen som idag ventileras med konstantflöden utan koppling till det i dessa utrymmen varierande ventilationsbehoven.

Ett treårigt forsknings- och utvecklingsprojekt (EU-projekt RESCHYVENT) för hybridventilation i bostäder har startat 2002, med svenskt deltagande och med fokus på teknik för behovsstyrning av flerbostadshusens ventilation. Projektets svenska deltagande har ännu bara EU-finansiering och saknar fortfarande kompletterande stöd från svensk sida (ansökan ligger hos STEM sedan ett år tillbaka).

Som ett resultat av en teknikupphandling har ett av två fullskaleprojekt nu kommit igång avseende bostadsdelens styrning.

Som komplement till nämnda projekt skulle praktiska försök behöva genomföras för behovsstyrning av biutrymmen, så att luftkvalitén i dessa kan beskrivas utifrån styrbara parametrar och att tester sedan genomförs för att ge förslag på inställningsvärden.

### **3.3 Utetemperaturstyrd frånluftsventilation i praktisk drift**

Utetemperaturstyrd frånluftsventilation är idag mycket vanligt i nyproduktion och vid upprustning. Tidigare genomförd studie<sup>1</sup> skulle nu behöva uppdateras med en bredare uppföljning av vilka system och inställningsvärden som normalt förekommer, hur dessa i praktiken fungerar och att utarbeta rekommendationer.

## **4. Vädring**

### **4.1 Vädringsindex ett mått på luftflödet**

I MEBY projektet har utvecklats en metod för att beskriva, mäta och beräkna konsekvenserna av vädring. Mätningen sker i samband med verifikationsuppföljningen under den solfattigaste delen av vinterperioden. Metoden har vidare testats i två objekt och förefaller fungera.

”Översättningen” från erhållet vädringsindex i enkäterna till resulterande luftflöde saknar underlag från mer ingående beräkningar där också hänsyn tas till de undertryck som förekommer i frånluftssystem. Ett mätprojekt kan också övervägas som syftar till att närmre studera om den modell för vädringsindex som föreslagits i detta projekt ger tillförlitliga resultat. Det är inte säkert att luftflödet är proportionellt med fönstrets öppning inom hela intervallet, etc. Mer detaljerade analyser över vilka luftflöden som i praktiken uppstår med vädring motsvarande några olika vädringsindextal vore värdefullt för att säkra nivån på våra antaganden. Här skulle man kunna tänka sig några alternativa mätförfaranden, t.ex:

- spårgasmätningar, korttid under kontrollerade väderleksförhållanden för lägenheter med individuella mätare och långtidsmätningar
- mätning av tillförd energi och konstanttemperaturhållning
- mätning av tillförd energi och temperaturnivå i mätlägenhet parallellt med omgivande lägenheter

### **4.2 Varför vädrar vi?**

Erhållet vädringsindex avser den mörka och kalla delen av uppvärmningsperioden. Vi kan ana att vädringsbeteendet förstärks vartefter utetemperaturen höjs, men vi vet inte om det resulterar i högre luftflöden eller inte. Vi vet fortfarande mycket litet om drivkrafterna bakom vädringen och hur sambanden ser ut mellan vädringsbeteende och solinstrålning, värmeregleringssystem, innetemperatur, incitament att spara värme, etc.

---

1. Wickman Per, Engvall Karin. Väderleksanpassad ventilation i bostäder. BFR A5:1996

Det finns underlag för att med det befintliga materialet analysera mer i detalj eventuella samband mellan vädring och olika parametrar, t.ex. sambandet mellan bedömningen av luftkvaliteten, unken lukt etc och vädringsbeteende om den boende faktiskt själv är konsekvent här dvs är det de som tycker att det är unken och instängd luft/luft som också vädrar. Hur ser sambandet ut mellan luftflöden och vädringsindex.

En beteendevetenskaplig analys kan arbeta utifrån modeller där man samtidigt konstanthåller personliga faktorer t ex kön, ålder, rökning, personbelastning, vistelsetid hemma för att sedan ta in innetemperatur och studera risken för vädring, ute temperatur och risken för vädring, husstorlek och risken för vädring, lukter och risken för att vädra, dragupplevelse och risken för vädring etc olika faktorer som man tror påverkar risken för att vädra.

Ett förhållande man ska vara medveten om vid sådana studier där fler sovrum används, är att med normala frånluftsbaserade ventilationssystem, så kommer vädringsfönster på glänt i ena sovrummet att direkt sänka luftflödet i det andra. Luften tar den enklaste vägen in.

## 5. Värmesystemet

### 5.1 Förluster i produktion och distribution

De föreslagna schablonvärdena för förluster i produktionssystem (fjärrvärmens undercentral som vanligaste och mest generella system) och i distributionssystem borde egentligen baseras på mer grundliga värmetekniska analyser för olika systemlösningar och isoleringsnivåer. Detta kunde kanske vara en lämplig uppgift för något examensarbete? Värdena kan sedan justeras vart efter bättre underlag föreligger.

### 5.2 Vilka byggnadskonstruktioner ger mest kundnytta?

Skillnaden mellan simulerad värmeanvändning, även om baserat på verifierade data enligt verifieringsmodellen (se delrapport 6) och verklig energianvändning indikerar att värmesystemet med sin styrning inte har förmåga att anpassa innetemperaturen till de boendes varierande behov eller till varierande yttre förutsättningar som väderomslag och större solinstrålning. Det finns en trend mot mer kundorienterade system, där de boende själva ska få välja sin egen innetemperatur, men då också betala för det (fördelningsmätning). Valet av konstruktionslösningar för främst golvbjälklag har då mycket stor betydelse för vilka egentliga temperaturskillnader som är praktiskt realiserbara. Ska man i ena lägenheten kunna välja 18 grader i sovrummet och i grannlägenheten 24 grader, så blir detta mycket beroende av valda konstruktionslösningar. Värdet av den utökade kundnyttan, liksom möjliga energibesparingar, ska vägas mot utökade konstruktionskostnader. Detta är frågor av branschgemensamt intresse som har flera olika intressekopplingar.

### 5.3 Systemjämförelser

Systematiska uppföljningar av olika reglersystems påverkan på värmebehovet saknas. Exempel på olika sådana system ges i kravspecifikationen.

### 5.4 Komfortavvikelse ett mått på nöjd kund?

När vi jämför energianvändningen mellan olika fastigheter vill vi kunna normalisera t.ex. beteende eller innetemperaturen. Men en fastighet som har samma medeltemperatur men ett

stort antal lägenheter med lägre temperaturer och ett stort antal lägenheter med högre temperaturer innebär ändå avvikelser från referenstemperaturen för många lägenheter. En normalisering borde alltså också baseras på den genomsnittliga avvikelsen mellan uppmätt temperatur och önskad temperatur. Vi skulle kunna kalla denna avvikelse för komfortavvikelsen vilket också skulle kunna vara ett kvalitetsmått på systemets förmåga att svara på kundernas behov/önskemål. En bild av hur dessa avvikelser ser ut har vi för de två objekt som ingick i verifieringsstudien och som redovisats i delrapport 3 om enkätmetoder. En fördjupning inom detta område borde dock ske samordnat med bostadsbranschens behov av att hitta uppföljnings- och beskrivningsmetoder av byggnadens termiska egenskaper utifrån ett kundperspektiv.

### 5.5 Vad vet vi om fördelningsmätning?

Vi kommer framledes att behöva bra mycket mer kunskaper om fördelningsmätningssystemens påverkan på beteende utifrån följande aspekter:

- typ av system för värmemätningen (tillförd energi eller förluster)
- påverkas innetemperaturen eller energianvändningen jämt över året eller speciellt under vissa klimatförhållanden
- hur påverkas resultaten av informationsåterföringen och prisnivå
- möjligheterna att enkelt påverka värmesystemet
- reglersystemets funktion i övrigt (snabbhet, P-band)
- klimatskärmens U-värde
- byggnadens utformning (radhus jfr punkthus)
- etc

Inom detta krävs en långsiktig kunskapsuppbyggnad kanske placerad i högskolemiljö.

## 6. Effektiva vattenarmaturer

I kravspecifikationen har ett antal högst preliminära värden för olika armaturers sparfaktor angivits. Dessa behöver följas upp med verkliga mätuppföljningar. En sådan uppföljning diskuteras i samband med utvärderingen av pågående teknikupphandlingssystem. I samband med detta kan det också tänkas att nya armaturtyper som är mer effektiva kommer fram och som bör implementeras i modellen.

## 7. Hushållsel till elvärmare

Elvärme ansluten till hushållets elmatning kan avse t.ex. handdukstorkar eller/och badrumsgolv och ibland även bostadens golv över portal (kallt golv). Dessa poster i elanvändningen kan variera från 500 kWh/år, lgh (handdukstork) till ca 2000 kWh/år för komfortgolvvärme.

### 7.1 Empirisk mätstudie av tidsstyrda handdukstorkar

I alla MEBY-objekten har handdukstorkar varit installerade. Kommentarer från de boende som haft elvärmda handdukstorkar är att de inte tänkt på att de själva står för kostnaderna genom att låta dem vara på. De har alla varit på. Med en timerstyrning kan drifttiden

begränsas. Vi har antagit 700 timmar/år om timern aktiveras en gång per dag varje dag, men här saknas empiriska uppföljningar, t.ex i de system som installeras i Hammarby Sjöstad (Kv Holmen). Uppföljningen sker enklast via boendekenkät.

## 7.2 Uppföljningar av tidsstyrda elvärmda badrumsgolv

I två av Meby-projekten förekommer elvärmda badrumsgolv, varav ett som standardinstallation. Uppföljning av verkliga drifttider och åtgångstal för golvvärme oavsett om dessa har tidsstyrning eller inte (den typiska installationen idag) är motiverad med tanke på de betydande energimängder som golvvärme drar. Här rekommenderas starkt att mätningar genomförs, men mätarna bör installeras redan som en del av installationsentreprenaden för de objekt man vill följa upp.

Mätningar av verklig elförbrukning är relativt okomplicerad (men kräver kostsamma mätningar), svårare är att mäta eller kvantifiera är andelen av denna energi som är nyttig och hur denna nytta ska definieras. Kanske simuleringsberäkningar kan vara en bra kompletterande metod. Spillvärmens kommer inte bara huset till nytta (i viss utsträckning) den ger också upphov till en ”skada” i form av oönskade övertemperaturer under sommarperioden. Värmen stannar inte i badrummet utan drabbar såväl vardagsrum som sovrum och ger sitt bidrag till diskomfort under den varmare årstiden. Brukaren kan mycket väl vara omedveten om denna termiska koppling eller i annat fall drabbas av grannens golvvärme. Badrumsgolvvärme eller mer generellt komfortvärmare som ”nyttighet” skulle säkert må bra av en mer djuplodande forskningsstudie.

En annan viktig aspekt är hur beteendet kan påverkas dels av vilken styrutrustning som finns med (tidur, timer, manuellt etc) och vilken information de boende får. Normalt är man inte informerad eller medveten om den kostnad som elvärmaren genererar. Hur mycket påverkas sedan denna medvetna kundens användning av betalningsförmågan?

## 7.2 Övrig hushållsel

Hushållsel har i Boverkets anvisningar för beräkning av byggnaders värmeenergibehov baserats på fastighetens antal lägenheter i kombination med bostadens yta. MEBY kravspecifikation baseras på antal lägenheter och antal personer per lägenhet och baseras på ett antagande att detta samband ger bättre överensstämmelse än lägenhetsyta. Nu kan ingen direkt jämförelse genomföras då Boverkets ”hushållsel” även inkluderar fastighetens övriga elanvändning. Däremot kan det finnas skäl att genomföra korrelationsanalyser kring hushållselens användning, om persontäthet är viktigare än lägenhetsyta eller om en kombination av dessa parametrar ger det bästa sambandet. Man kan också tänka sig att persontäthet och lägenhetsyta följs åt. Även andra samband kan behöva studeras.

## 8. Yttre elvärmare för snösmältning

Yttre elvärmare på taken är inte så vanligt förekommande, men kan tänkas öka påtagligt eftersom den numera är fastighetsförvaltaren som är ansvarig för eventuella personskador som kan uppkomma från nedrasande is. Issmältningen baseras på en vädersituation då snö smälter på taket men fryser i rännen. Dagens reglersystem är ganska primitiva och baseras normalt endast på utetemperaturmätning. Andra eller kompletterande principer för att styra denna avsmältning bör vara möjlig. Solceller som mäter solvärmens vid låga utetemperaturer,

fuktavkännare i rännan, etc. Det förefaller som dessa installationer sker utan närmre eftertanke, ibland för ”säkerhets skull”. En bredare fördjupning inom problemområdet vore värdefullt.

## **9. Verifikationsstudier**

I MEBY-projektet har metodiken för verifiering av byggnadens förlustfaktor för ventilation respektive klimatskal testas på två objekt. I samband med att programvaran finns framme är det möjligt att göra ytterligare sådana studier mer rationellt för att öka kunskaperna om metodens fördelar och nackdelar.