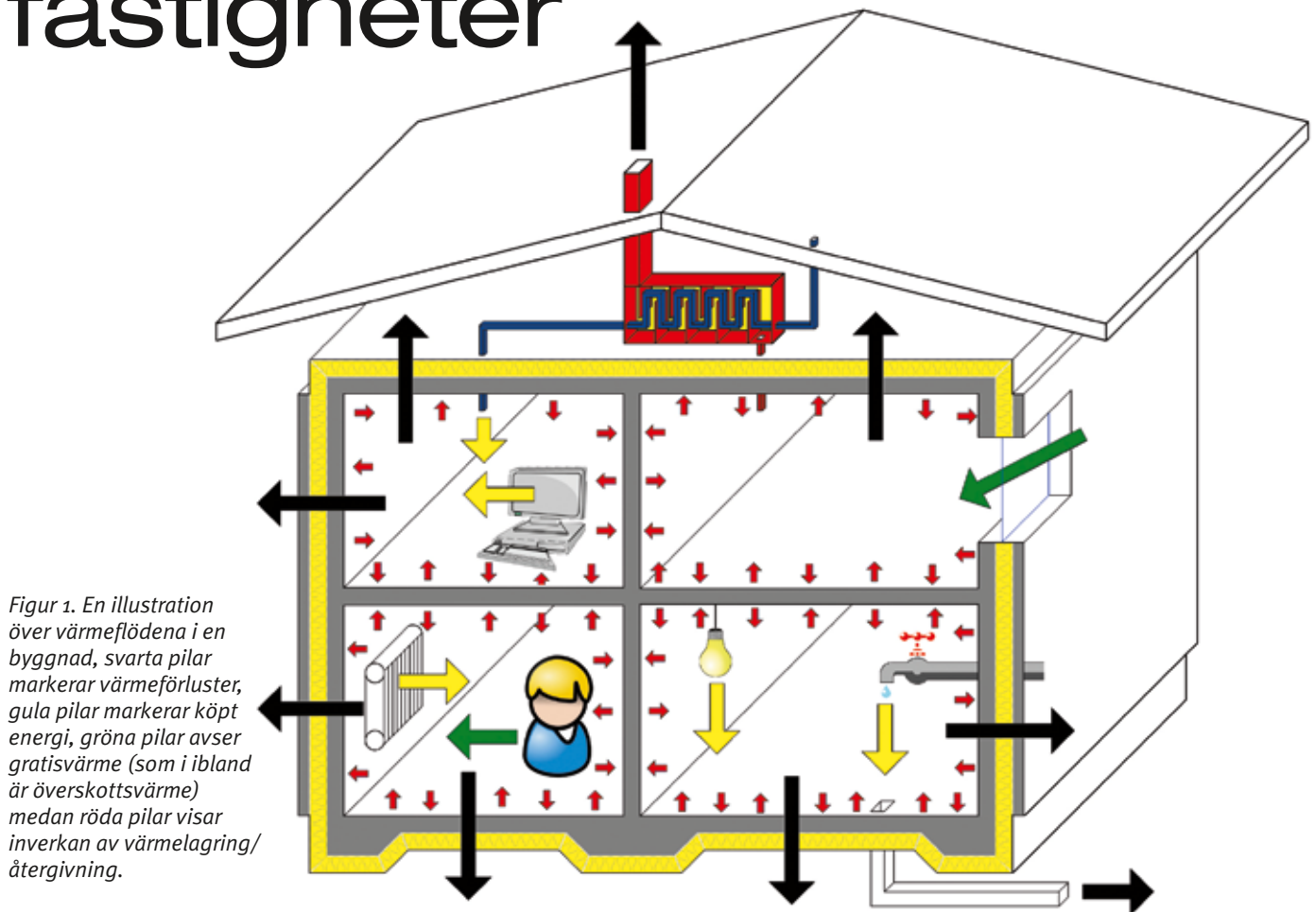


Byt styrstrategi i miljonprogrammets fastigheter



- enkla lösningar i harmoni med den värmedynamiska naturlagen

De allra flesta byggnader som är uppförda i Sverige är värmetröga till sin natur. Detta innebär att stommen har en självreglerande förmåga hålla rätt temperatur, men utnyttjar man det?

De flesta styr- och regleringssystem som används i dag är i mångt och mycket uppbyggda på att ögonblickligen kompensera för minsta lilla avvikelse. Detta får till följd att de installations-tekniska systemen blir onödigt komplicerade vilket i sin tur leder till slöseri med både kyl- och värmeeffekter.

I denna artikel ges exempel på hur moderna styr- och reglersystem kan utformas så att husets värmedynamiska egenskaper utnyttjas på bästa vilket leder till en minskad energianvändning och lägre effektoppar.

Hus är värmetröga

Det mest uppenbara sättet att åstadkomma låg energianvändning i våra byggnader är genom värmeisolering med hjälp av tjocka skikt av mineralull, cellplast eller isolering av återvunnet tidningspapper tillsammans med högvärdiga fönsterkonstruktioner. I ett sådant välisolerat hus är värmeförlusten genom klimatskalet låg, och därför blir ventilationens andel av värmeförlusterna betydelsefulla. Efter isolering är därför nästa steg att införa värmeåtervinning, vilket i sin tur kräver täta hus så att man kan styra luftflödena [1]. Något som då ofta glöms bort är att ett välisolerat och tätt hus med värmeåtervinning är mycket värmetrögt av sin natur.

Byggnadens värmedynamiska funktion

En värmetrög byggnad kan lagra överskottsvarme vid övertemperaturer, och sedan avge denna värme när temperaturen sjunker. Figur 1 illustrerar de vanligaste värme-flödena i en byggnad. Vi har värmeförluster genom klimatskalet, via ventilation och otätheter samt via bortspolat varmvatten. För att hålla en behaglig innetemperatur behöver byggnaden värmas under den kalla årstiden med ett uppvärmningssystem och eventuellt behövs också byggnaden kylas sommartid. Även varmvatten och elektriska apparater tillför byggnaden värme. Samtliga dessa källor definierar vi som köpt energi och de är gulmarkerade i figuren. Förutom den köpta energin tillförs byggnaden också värme från solen eller uteklimatet vid varm väderlek och brukarna bidrar med också med sin kroppsvärme. Dessa källor är grönmärkade i figuren och



Anders Rönneblad,
civ ing V SVR,
K94, tekn lic,
Cementa AB
och Bygg-
produktion,
LTU



Jan Forslund,
civ ing V.
K78, JIFAB,
Tidigare ut-
vecklingschef
på Fastighets-
ägaren Sverige



Ronny Andersson,
civ ing SVR,
L81,
Cementa AB
samt gäst
professor LTH

definierade som gratisvärme. Gratisvärmen och delar av den köpta energin, framför allt den som går åt för att driva elektrisk utrustning, är ofta svåra att styra över, och orsakar oönskade övertemperaturer under soliga delar av året. För att utnyttja gratisvärmen på bästa sätt kan husets värmetröghet användas så att huset lagrar energi när det finns ett överskott på gratisvärme som sedan kan användas när det finns ett underskott. För att lyckas med detta kvävs dock att innetemperaturen får variera något. Värme lagring/återgivning illustreras av de röda pilarna i figuren [1].

Tidskonstanten och lastvariationer

Ett mått på en byggnads värmetröghet är den så kallade tidskonstanten som är kvoten av byggnadens värmekapacitet dividerat med ventilations- och transmissionsförlusterna. Värmeåtervinning beaktas i ventilationsförlusterna när tidskonstanten beräknas. Tidskonstanten kan också beräknas som den tid som det tar innan 63% av sluttemperaturen är uppnådd när en temperaturändring har inträffat. En temperaturändring kan antingen bero på att uttemperaturen eller någon av de interna laster förändras. Vid en renovering av en befintlig byggnad med tung stomme förekommer ofta tidskonstanter uppåt 250-300 timmar. Detta betyder att kortvariga förändringar, såsom dygnsvariationer, av uttemperaturen respektive interna laster inte påverkar innetemperaturen nämnvärt. Detta betyder i sin tur att kyl- och värmesystemet effektbehovet inte heller påverkas särskilt mycket av dessa kortvariga temperaturförändringar.

Traditionella styr- och reglersystem

Transmissions- och ventilationsförlusterna är direkt proportionella mot uttemperaturen och detta har styrt ingenjörer i VVS-branschen att utveckla reglersystem som byg-

ger på detta. Traditionella system söker därför en konstant innetemperatur baserad på uttemperaturen. Byggnadens värmetröghet gör dock att installationsystemet ofta ligger ur fas. Inställning med hänsyn till byggnadens dynamiska beteende sker endast hjälpligt via så kallade värmeregleringskurvor, men detta sker dock oftast empiriskt och sällan optimalt. Många befintliga styr- och reglersystem är dessutom onödigt komplicerade vilket kan leda till att de motverkar de värmedynamiska förloppen. I värsta fall värms och kyls fastigheterna samtidigt.

Engelbrekt Isfälts forskningsresultat

Engelbrekt Isfält (1935–2004), forskare och docent på KTH, visade redan på 1970-talet hur viktigt det är att ha en helhetssyn och utnyttja byggnadsstommens värmedynamiska egenskaper. Grundidén är att utnyttja den värme från exempelvis maskiner och människor som lagras i husets stomme. Styr- och reglertekniken behöver egentligen bara beakta temperaturförloppen och ingripa när det blir nödvändigt. Engelbrekt fick Stora Energipriset 1990 för sin forskning som visade att det går att spara så mycket som 25 procent energi även när de vanliga besparingsåtgärderna utförts. Engelbrekt Isfälts teori är enkel och bygger på att byggnaden delas in i olika termiska zoner. Indelningen beror på, förutom på zonens värmetröghet, också på solinstrålning och övriga kända värmelaster. Varje zon har en egen lokal tidskonstant och i respektive zon placeras en eller flera temperaturgivare. Systemet styrs sedan i huvudsak via innetemperaturerna efter ett givet komfortkrav [3].

Temperaturvariationer under kontrollerade förhållanden

En vanligt förekommande missuppfattning är att system ska konstrueras för att hålla en konstant innetemperatur för att få ett bra

inomhusklimat och därmed nöjda brukare. Eftersom ett traditionellt system endast styrs av utetemperatur och att värmesystemen har en egen inbyggd tröghet är detta i praktiken omöjligt att uppnå. Det är betydligt bättre att låta inomhusklimatet följa med naturlagarna och styra med hjälp av aktuella innetemperaturer. På så sätt får vi automatiskt med byggnadens värmedynamiska förutsättningar i regleringen. Det viktiga är alltså att styrningen sker under kontrollerade förhållanden. Många fastighetsägare vittnar om ett förbättrat inomhusklimat i samband med övergång från ett traditionellt system till ett dynamiskt kontrollerat system.

Implementering

Som ett resultat av ett allt större intresse för energi- och inneklimatfrågor har utbudet av kommersiella installationssystem som utgår från huset värmedynamik ökat under de senaste åren. Sådana system bygger ofta på Isfälts teorier, eller delar av dessa teorier. Styrprincipen kan variera något och två olika exempel på detta återfinns nedan. Ibland används även själva byggnadsstommen aktivt, till exempel via inbyggd värmeväxling med långsamma luftflöden och låga vattentemperaturer. Många av dessa system är utvecklade med hjälp av svenska patenterade lösningar, vilket är till nytta både för fastighetsägarna och för utvecklingen av nya svenska innovativa teknikföretag. I ett pågående examensarbete på avdelningen för Installationsteknik på LTH beskrivs och analyseras fem stycken av dessa svenska system [2]. Examensarbete kommer att presenteras och publiceras innan årsskiftet.

Implementeringsexempel: Kabona/ Ecopilot

Företaget Kabona har utvecklat systemet Ecopilot som bygger på en kombination av prognos- och rumstemperaturstyrning. I ett rumstemperaturstyrningssystem sker



Figur 2. Hjärnan i Kabonas styrsystemet är hårdvaran WDC som styrs av den tillhörande mjukvaran Ecopilot. För att utnyttja byggnadens värmedynamiska egenskaper kopplas systemet samman med rumsgivare i varje temperaturzon.



Figur 3. Med en trådlös givare minskas investeringskostnaden och justeringsmöjligheterna ökar då driftpersonalen får en möjlighet att flytta givaren i efterhand.

styrningen med hjälp av en kombination av ute- och innetemperaturen. Ecopilot hanterar inte enbart värmesystem utan även ventilation och kyla. Företaget har sedan starten 2001 cirka 1400 installationer i drift i Sverige och ytterligare cirka 300 i Europa. Enligt Kabona är medelbesparingen på anläggningar med ecopilot sedan våren 2008, 25% för värme, 15% för el och 30% för kyla (samtliga värden är normalårskorrigerade). I samband med drifttagandet tecknas normalt ett tvåårsavtal för injustering och utbildning. Uppföljningsarbetet av energi och komfort underlättas av ett integrerat analysverktyg. Utöver energibesparingar kan systemet även ge ett jämnare inneklimat [www.kabona.se].

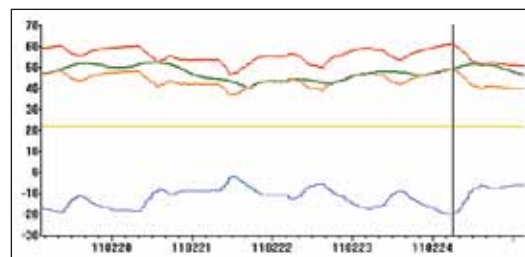
Implementeringsexempel: EnReduce

Företaget EnReduce använder Isfälts teorier fullt ut och har gått ett steg vidare genom att bara styra på innetemperaturen. Isfält var mentor och handledare till Lars Blekastad när han utvecklade EnReduce i början av 90 talet. Enligt EnReduce minskar energianvändningen mellan 15 och 25% (normalårskorrigerade) i anläggningar som kör deras system och detta inkluderar då inte de besparingar som andra åtgärder såsom ventilation och injustering ger. I de fall man har gjort andra åtgärder i installationssystemet är

besparingen mellan 30 och 40 %. Utöver energibesparingarna sägs systemet även ge ett jämnare inneklimat. Cirka 50000 lägenheter har i dag systemet installerat [www.enreduce.se].

Åtgärdsförslag för miljonprogrammet

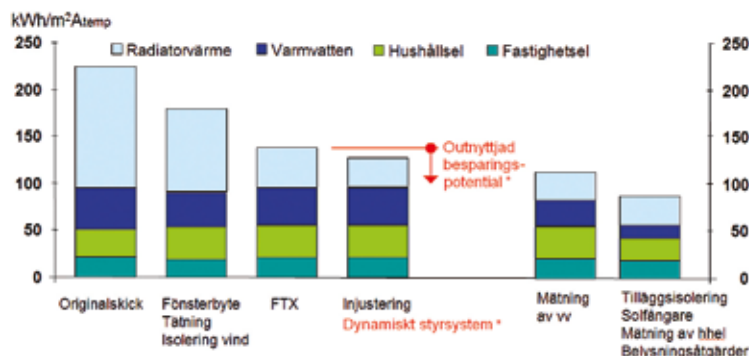
Enligt Industrifakta kommer det under tio år att kosta mellan 300 och 500 miljarder att fräscha till miljonprogrammet vars tekniska livslängd har gått ut. Totalt finns det cirka 830 000 lägenheter



Figur 4. Loggning av framledningstemperatur. Det gröna grafen är den temperatur som EnReduce har kört ut under en femdagsperiod då utetemperatur varierat från ca -20 °C till ca 0 °C och sedan åter sjunkit till ca -20 °C. Den röda grafen är den tidigare utegivarkurvan som finns inlagd som jämförelse. Av detta framgår det att EnReduce styr ut en betydligt jämnare framledningstemperatur under perioden. Innetemperaturen varierade med någontiondels grad upp och ned under perioden. Allt i harmoni med husets dynamik.

ter i flerbostadshus från perioden 1961-1975. I och med att behovet av att renovera flertalet av dessa fastigheter ökat, har också många olika förslag på energibesparande åtgärder publicerats under de senaste åren. I många av dessa prioriteras och värdesätts olika förslag på tillgängliga åtgärder. I dessa är tätningsåtgärder, fönsterbyte, isolering av vind och installation av värmeåtervinning ofta angivna som effektiva och lönsamma. Även injustering av värmesystemet hamnar med på prioritetlistan. Ett exempel på detta finns beskrivet i Renoveringshandboken för hus byggda 1950-75, se figur 5. Injusteringsåtgärden beskrivs här som anpassning till förbättringar i klimatskalet och ventilationssystemet samt felaktigheter med ojämn värmefördelning i huset som gjort det nödvändigt att vädra bort överskottsvärme i vissa lägenheter. Man räknar här med en potential att tjäna 10 kWh/m² [4]. Gemensamt för de flesta av dessa olika prioriteringslistor är att byte av styr- och reglerstrategi sällan finns med som ett alternativ trots att potentialen att minska energianvändningen och effekttoppar är mycket stor. Om flera av de övrigt högt prioriterade åtgärderna har genomförts ökar också husets värmetröghet vilket gör det ännu mer intressant att installera ett system som just tar tillvara denna egenskap. Vid dessa system får fastighetsägaren dessutom mer detaljerad driftinformation, ofta via ett webbaserat användargränssnitt, som gör det möjligt att finna direkta felaktigheter i värmesystemet som aldrig hade upptäckts i annat fall. Även om man väljer att bibehålla sitt gamla styr- och regelsystem vid en större ombyggnad finns det fortfarande en stor potential att spara energi, som ofta är större än 10 kWh/m², genom något så enkelt som att anpassa husets värmeregleringskurvor till rådande omständigheter och på det sättet säkerställa att värmesystemet inte arbetar emot naturlagarna helt i onödan.

Att även se över möjligheten att byta till ett dynamiskt styrsystem bör vara topprioriterat av fastighetsägarna



Figur 5. Originalfiguren är hämtat från Renoveringshandboken för hus byggda 1950-75 vilket är ett exempel på prioriterade åtgärdsförslag [4]. Rödmarkerad text och pil* har författarna av denna artikel lagt dit för att belysa den outnyttjade potentialen som en förändring i styrstrategi har möjlighet att ge.

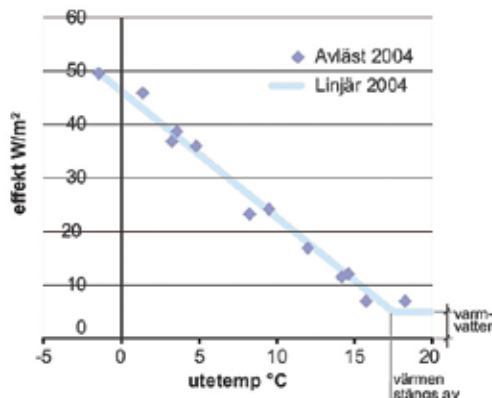
Effektsignaturen borde inte vara linjär

Effektsignaturmetoden går ut på att man ritar en kurva, eller en signatur för det aktuella huset som visar dess värmebehov vid olika utetemperaturer, se figur 6. Tanken är alltså att effektbehovet är en linjär funktion av utetemperaturen. Enligt Renoveringshandboken är det något som är fel om en nytilkommen punkt hamnar över uppvärmningslinjen/normallinjen [4]. Att så inte är fallet när man använder ett system som inte styr med avseende på utetemperaturen är förstås uppenbart och metoden kan alltså inte användas i dessa fall. Det gör inte så mycket eftersom

dessa system normalt inkluderar bra analysverktyg. Där kan man enkelt kontrollera om det aktuella effektuttag svarar korrekt i enlighet med dess tröghet (tidskonstanten) i aktuell temperaturzon. Men även i traditionellt styrsystem möter effektsignaturmetoden på problem om värmeregleringskurvorna är optimalt injusterade. Som vi ser det är en olinjär effektsignatur, dvs punkter över respektive under uppvärmningslinjen/normallinjen, inget fel utan snarare ett tecken på rådande omständigheter.

Styr inte mot naturlagarna

Branschen talar gärna om intelligenta styr- och regelsystem men



Figur 6. Effektsignaturmetoden ger en bra bild av husets värmetekniska egenskap enligt Renoveringshandboken [4]. Artikelförfattarna diskuterar detta i den löpande texten.

glömmer bort den ”intelligens” som redan finns inbyggd i byggnadsstommarnas betong. Det är hög tid att vi börjar tänka enkelt och att vi går med naturlagarna. Om vi tar hänsyn till och använder oss av möjligheterna som värmetröga stommar ger så kan installationerna göras enklare. Följaktligen borde därmed installationskostnaderna kunna reduceras och systemen ger också en bättre funktion och säkerhet i den löpande driften. Att även se över möjligheten att byta till ett dynamiskt styrsystem bör vara topprioriterat av fastighetsägarna vid renovering av miljöprogrammets fastigheter och ett självklart val vid nyproduktion.

Referenser

- [1] Karlsson, Jonathan; Rönneblad, Anders; Kurkinen, Eva-Lotta; Wadsö, Lars. (2010) ”Nyttan med värmetröga konstruktioner”, Samhällsbyggaren 2010:5 sida 12-15.
- [2] Vogel, Daniel; Persson Jens (2011) Examensarbete, Avdelningen för Installationsteknik på Lunds tekniska högskola, ”Utnyttjande av värmelagring i byggnader – Utvärdering av kommersiella systemlösningar”, To be published, Rapport nr TVIT-5030, Lund.
- [3] Isfält, Engelbrekt; Bröms, Gunnar. (1992) ”Effekt- och energibesparing genom förenklad styrning och drift av installationssystem i byggnader, Beräkningar”, Installationsteknik KTH, Meddelande 22, Stockholm.
- [4] Warfvinge, Catarina, et.al. (2009) ”Renoveringshandboken för hus byggda 1950-75”, VVS Företagen, Stockholm, ISBN 978-91-976619-3-5.

Läs mer

Jan Forslunds bok från 2010 ”Bästa inneklimat till lägsta energikostnad”, ISBN 978-91-7333-420-4.

Redovisning av Cerbofprojekt nr 33 ”Energibesparing genom utnyttjande av tunga byggnaders termiska beteende baserat på nya material, konstruktioner och värmelagringssystem” som publiceras inom kort.

Författarnas e-post

anders.ronneblad@cementa.se
jan@jifab.se
ronny.andersson@cementa.se

Kompletterande kommentarer

Kommentarer av Catarina Warfvinge, Bengt Dahlgren AB och delförfattare av Renoveringshandboken.
"Energibesparingen på 10 kWh/m² i begreppet "injustering" är att medeltemperaturen i byggnaden kan sänkas i genomsnitt 1 °C, mindre spillvärme från rörstråk och i schakt samt en minskad benägenhet till vädring. Om flera åtgärder ska genomföras som en paketlösning är det viktigt att tänka på ordningen när besparingen beräknas. I flerbostadshus ska först åtgärder i klimatskal och ventilationssystem genomföras – sen är det dags för injustering av värmesystemet. Bra om man därefter kan fortsätta kedjan med ett smart styr- och reglersystem som kan kapa ytterligare någon kWh/m²."

Annons 1/4 Kontrollmetod