

# Energieffektiva golvvärmekonstruktioner kräver såväl minskad värmetröghet som ökad isolering

Sedan ett decennium tillbaka har golvvärme vunnit allt större andel av nyproduktionen. Snart byggs mer än vartannat nytt hus med golvvärme. Golvvärme marknadsförs som energisnål och komfortabel. Verkligheten uppvisar dock många gånger en helt annan bild. Uppföljningar av förhållandena i nya småhus saknas i stort sett, men tre undersökningar under 90-talet av *Gundersen (1992)*, *Harrysson (1997)* och *Norlin (1998)* har fått igång debatten sedan det visat sig att småhus med golvvärme i platta på mark och cirka 100 mm underliggande isolering har cirka 30 procent högre total energianvändning jämfört med likartade hus med radiatorer. Under 1999 har lika stora energikrävningar konstaterats även i Danmark i hus med golvvärme.

Undersökningarna av Harrysson och Norlin är de första jämförande studierna i bebodda hus som gjorts av golvvärme och radiatorer. Boverket har bland annat med hänsyn till resultaten från dessa undersökningar skärpt kraven vid effekt- och energiberäkningar för nya hus och föreskriver att man ska utnyttja aktuell golvtemperatur. Några hus med energieffektiva golvvärmekonstruktioner har hittills inte redovisats i massmedia.

## Energieffektiva lösningar kan spara 30 procent till lägre byggkostnad

Stora skillnader i energianvändning, inomhusmiljö och kostnader förekommer mellan olika tekniska lösningar för småhusens energisystem. En god lösning är en som kombinerar effektiv energianvändning med sund inomhusmiljö (termisk komfort och hygieniskt klimat) och låga årskostnader. Ett exempel på detta är;

Artikelförfattare är *Christer Harrysson, Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.*

- frånluftsventilation,
- vattenradiatorer,
- frånluftsvarmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten,
- väl utförd isolering i väggar, tak och golv med måttliga tjocklekar; treglasfönster,
- god täthet,
- noggrant arbetsutförande.

Den totala energianvändningen för hushållsel, varmvatten och värmesystem är normalt för denna lösning 90 kWh/m<sup>2</sup> år eller 10 000–12 000 kWh/år. Denna energinivå sammanfaller i stort sett med de energisnålaste provhus som har byggts, till exempel de i Nuteks småhus-tävling, som har målsättningen 80 kWh/m<sup>2</sup> år. Den totala energianvändningen i nya småhus är normalt 130 kWh/m<sup>2</sup> år. Mellan nominellt lika småhus föreligger stora variationer i energianvändning beroende på boendevanor, Harrysson (1988). Skillnader på cirka 10 000 kWh/år anses som normalt.

## Granskning av marknadsföringsargument för golvvärme

Den ökande användningen av golvvärme beror bland annat på önskemål om höjd komfort och energibesparing samt att omfattande fukt- och mögelproblem som konstaterats i samband med platta på mark samt träreglar och isolering på över sidan. Utvecklingen av bättre konstruktioner från byggfysiksynpunkt till platta på mark med cirka 100 mm isolering med cellplast eller mineralull under plattan har dock lett till många klagomål på hårda och kalla golv med till exempel plastmattor som golvmaterial. Det har dock visat sig, Harrysson (1994), att det inte är låg yttemperatur på golvet utan hög värmeavledning från foten till golvet som är huvudorsaken. Genom installation av golvvärme tror sig många kunna eliminera/reducera dylika problem. Dessa tillsammans med ett ökat intresse för stenbaserade golvmaterial, till exempel klinkerplattor, har lett till den ökande andelen hus med golvvärme.

Marknadsföringen av golvvärme är mycket kraftfull. Trots den intensiva debatten sedan 1997 används fortfarande bland annat följande argument för golvvärme gentemot radiatorer;

- 1–2 °C lägre lufttemperatur,
- 10–20 procent lägre energianvändning,
- lägre byggkostnader, speciellt för platta på mark,
- lägre vattentemperatur än för radiatorer

av lågtemperaturtyp, dvs maximalt 50 °C, ○ självsjälvvärmeförvärmning.

Golvvärmeförvärmning, till exempel *Ljungqvist (1995)*, rekommenderar att golvet vid platta på mark med underliggande isolering bör isoleras cirka 3 cm extra, dvs med 10 cm på grund av de högre temperaturer och större värmeförluster som golvvärmens annars förorsakar. Då får man enligt *Ljungqvist (1995)* samma temperatur i marken under huset som ett hus utan golvvärme.

## Besvärande avvikelser mellan teori och verklighet

Verkligheten är dock en annan, som ovannämnda undersökningar visar. Påståendena om att hus med golvvärme har lägre energianvändning och lägre lufttemperatur kommer från tillverkarna av golvvärmesystem och baseras på mer teoretiskt inriktade undersökningar (beräkningar) respektive från en dansk undersökning, *Olesen & Zöllner (1970)*, utförd i laboratorium gällande konstruktioner med betongbjälklag, som isolerats på ovansidan och med golvvärmens överst. Detta är helt andra lösningar än de som idag används i Sverige för platta på mark.

Småhus med golvvärme ingjuten i underkanten av plattan och med cirka 100 mm underliggande isolering kan jämfört med radiatorsystem, som Harrysson (1997) och Norlin (1998) visat, medföra;

- mer än 30 procent högre total energianvändning,
- samma lufttemperatur som i radiatorvärmde hus,
- samma eller högre byggkostnader än för hus med radiatorsystem. Särskilt är byggkostnaden högre för hus med kryprumsbjälklag och golvvärme,
- höga yttemperaturer och framledningstemperaturer är vanliga på grund av dålig isolering, olämplig konstruktionsutformning till exempel valet av golvmaterial,
- golvvärmesystemen är ofta igång hela året för att minska riskerna för lossnande plastmattor och omvänd fuktvandring samt för att eliminera känslan av kalla golv med golvmaterial som keramiska plattor etc,
- dålig följsamhet vid kraftiga temperaturväxlingar ute,
- sämre utnyttjande av gratisvärme från till exempel solstrålning och personer,
- sämre komfort till exempel nära ventilationsdon och fönstertytor,
- ökade skaderisker och höga reparationskostnader,

● dålig ekonomi genom högre byggkostnader och driftkostnader (energikostnader).

Golvvärmekonstruktionerna har i en allt mer konkurrensutsatt situation oftast bestämts av byggföretaget med inriktning på att pressa byggkostnaderna utan vederbörlig hänsyn till driftkostnaderna (energianvändningen) eller tillämpning av nya rön för hur man når hög energieffektivitet med mera. Som argument varför man inte vill tillämpa nya rön uppger en tekniskt ansvarig för en stor husfabrik; ”med ökad isolering i två skikt och förbättrad kantisolering med mera ökar byggkostnaden och skaderiskerna kraftigt, samtidigt som vi löper risk att bli utkonkurrerade av mindre seriösa byggföretag, vilka inte har eller vill tillämpa dessa kunskaper”. I marknadsföringen används också argument som ”golvvärmesystemet behöver ingen isolering i golvet, eftersom värme stiger uppåt”!

Vidare har felaktiga uttalanden gjorts som:

□ Yttre delar av betongplattan behöver inte tjockare isolering än inre. Någon extra kantisolering behövs inte.

□ Tre centimeter mer isolering under plattan är tillräckligt för att kompensera för den högre golvtemperaturen och de ökade värmeförlusterna jämfört med radiatorsystem.

## Enbart mer isolering eliminerar inte energiökningen

Enighet tycks råda i golvvärmehöjningsdebatten om att isoleringen under plattan måste ökas till 200 å 300 mm styrencellplast eller likvärdigt från tidigare praxis på 70–100 mm. Samtidigt indikerar inledande mätningar att energiökningen, jämfört med radiatorsystem, inte helt kan elimineras genom ökad isolering. Dessa iakttagelser pekar på att åtgärder även måste vidtas för att kraftigt minska golvvärmekonstruktionens värmeförlust. Energisnåla hus måste ha ett mer följsamt värmesystem för att kunna vara energieffektivt, hålla en jämn inomtemperatur och dra nytta av gratisvärmesystemet. Golvvärmesystemet ger också en ny ”dimension” åt den eviga frågan huruvida byggnader ska ha lätt eller tung stomkonstruktion.

Golvvärmesystemens egenskaper bestäms av utformning och utförande. Utformningen måste kraftigt förbättras för att minska energianvändningen. De åtgärder som hittills vanligtvis införts är för-

bättrad kantisolering och ökad isolering under betongplattan. Inledande undersökningar av hus med tjockare isolering under betongplattan har lett till följande preliminära bedömningar av byggkostnads- och energiökningar vid olika tjocklekar, *tabell 1*:

## Värmeförlusterna en betydelsefull faktor för energianvändning och komfort

Slutsatserna av ovanstående uppgifter är bland annat att energiökningen inte helt kan elimineras enbart genom att öka isoleringen. Klagomål framförs ofta på golvvärmesystemens svårigheter att klara stora väderomslag. Klimatskärmar med allt lägre U-värden och större fönsterytor leder till större komfortskillnader och hus för vilka gratisvärmesystemet relativt sett utgör en allt större del av uppvärmningsbehovet. Vidare utgör ventilationsförlusterna en allt större del av uppvärmningsbehovet.

Trenden att bygga hus med allt större fönsterytor och som går ända ner till golv har lett till ökad frekvens klagomål på komforten i hus med golvvärmesystem jämfört med radiatorer, oavsett om huset har frånluftsventilation eller frånlufts-/tillluftsventilation. I förstnämnda fallet förstärks inverkan av kallras från väggventiler (uteluftsdon), vilket de boende kompenserar med höjd inomtemperatur. I andra fallet klagas man ibland på kalla golv genom att huset primärt värms med ventilationsluften på grund av att tilluftstemperaturen är för hög samtidigt som värmeförlusterna till golvslingorna reglerats ner eller stängts av.

Resultaten från Nuteks småhustävling, *Jahnsson* (1997, 1998) och Energimyndigheten (1999) visar att radiatorer med termostater ger den jämnaste inomtemperaturen samt att värmesystemet ska vara placerat inomhus för att uppnå hög energieffektivitet. Man ifrågasätter också om så extremt tröga värmesystem som golvvärmesystem är lämpliga för energieffektiva småhus med litet effektbehov och i vilka den okontrollerbara andelen gratisvärmesystemet skott från processer, personer och solinstrålning kan ge ett mycket stort bidrag. Hur stor andel av dessa tillskott som kan tillgodogöras beror i hög grad på hur snabbt värmesystemet kan anpassa sig till det aktuella behovet. Genom relativt sett större gratisvärmeandelar i allt energisnå-

lare hus kan man med fog påstå att de blivit mer känsliga för människans beteende. Problemen med värmeförlusterna förstärks naturligtvis av trenden mot allt större fönsterytor.

## Förslag till metodik för energianalys av byggnader med golvvärmesystem

Äldre undersökningar av byggnader med golvvärmesystem är ofta begränsade till teoretiska studier av golvet och/eller termisk komfort. Ibland avser de dessutom helt andra konstruktioner än de i Sverige använda. Ändå ligger de till grund för marknadsföringen. Konstaterade problem, till exempel i form av hög energianvändning för vanliga konstruktioner i byggda och bebodda småhus, måste framgent angripas med ökad helhetssyn. Med hänsyn till ämnets komplexitet beskrivs nedan principiellt olika sätt att genomföra beräkningssimuleringar och experimentella undersökningar samt rekommendationer för hur dylika undersökningar bör genomföras.

### Överslagsberäkningar att föredra framför avancerade datorprogram

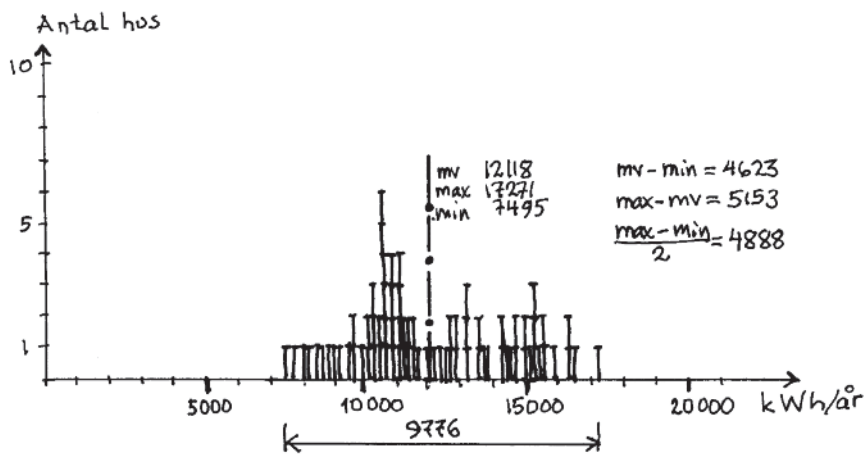
Stora variationer förekommer i småhusets energianvändning mellan olika hus beroende på många olika faktorer. Som nämnts i inledningen har nya småhus normalt en total energianvändning för hushållsel, varmvatten och värmesystem på 13 000–15 000 kWh/år eller cirka 130 kWh/m<sup>2</sup> år. Det finns dock energieffektiva lösningar som ligger på 10 000–12 000 kWh/år eller cirka 90 kWh/m<sup>2</sup> år. Inom ett gruppområde med nominellt lika hus förekommer vanligen variationer på 10 000 kWh/år, vilka domineras av boendevanorna, se *figur 1 på nästa sida*. Eftersom så stora variationer förekommer och många faktorer inverkar föreligger avsevärda svårigheter att nå en god överensstämmelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning för det enskilda huset.

Med beräkningar baserade på ett deterministiskt synsätt (delposter med exakta numeriska värden) och avancerade datorprogram, som relativt noggrant kan modellera inverkan av faktorer, när man trots betydande arbetsinsatser sannolikt inte bättre överensstämmer än ± 10 procent mellan beräknad och uppmätt energianvändning. Svårigheter föreligger att steg för steg följa beräkningarna och olika faktorer inverkan på det fysikaliska förloppet. Ett stort antal beräkningsfall måste dessutom genomföras för att resultaten ska innefatta normala variationer hos inverkan av faktorer och kombinationer av dessa. Detta är ur tillförlitlighetssynpunkt för resultatens användbarhet mindre lämpligt då skillnaden i till exempel energianvändning mellan två beräkningsfall eller konstruktionsalternativ kan vara av samma storleksordning, som uppger för skillnaden i energianvändning mellan småhus med radiatorer och golvvärmesystem.

Tabell 1:

Isolertjocklek cellplast, mm	Ökad byggkostnad, kr/småhus	Ökad total energianvändning jämfört med radiatorer, procent
100	referens	30
200	5 000	20*
300	10 000	10?

\* Trönning Äng, Varberg, figur 1.



Figur 1: Total energianvändning för hushållsel, varmvatten och värmesystem. Trönninge Äng, Varberg. 76 stycken hus. Februari 1996 – februari 1997. Husen har frånluftsvärmepumpar för varmvatten och värmesystem.

spektive mellan olika golvvärmekonstruktioner.

En annan möjlighet och mer intressant metodik för beräkningssimuleringar av mångfaktoriella problem, som småhusets energianvändning, är överslagsmetoder, Harrysson (1988). Denna uppläggning möjliggör ökad förståelse för problemet och parameterstudier av olika delproblem, som bestämning av värmeförlusterna genom golvet respektive inverkan av olika golvvärmekonstruktioners värmekapacitet.

#### Experimentella undersökningar

Experimentella undersökningar kan i princip genomföras på två olika sätt:

- Detaljerade omfattande mätningar, av ekonomiska skäl i något eller några få hus.
- Enkla mätningar i många hus, till exempel av energi- och vattenanvändningen per helår.

Kombinationer av dessa båda sätt är naturligtvis också tänkbara. Urvalet av hus kan göras utifrån slumpmässigt valda hus. Alternativt väljs ett antal hus med kända problem (skadefall).

Detaljerade noggranna experimentella undersökningar i något eller några få hus måste kompletteras med enkla mätningar i ett stort antal hus för att man ska kunna beakta inverkan av faktorer variationer och höja resultatens tillförlitlighet. Om prioritering måste ske utnyttjas tillgängliga resurser bäst genom enkla mätningar i många hus.

#### Föreslagen beräkningsmetodik

Ett praktiskt angreppssätt måste väljas för att få golvvärmesystem mer energieffektiva. Det föreslagna angreppssättet består i att genomföra överslagsberäkningar baserade på ett statistiskt synsätt och parameterstudier av ingående delsystem för att öka kunskaperna om delarna som byggnad och installationer, speciellt golvvärmesystemet. Därigenom kan bättre underlag skapas för bedömning av helheten, dvs småhusets effekt- och energibalans

med beaktande av golvvärmesystemets egenskaper.

Småhusets effekt- och energibalans kan förenklat beskrivas med uttrycket:

$$\text{Transmissionförluster} + \text{Ventilationsförluster} + \text{Lagrad energi} = \text{Gratisvärme} + \text{Tillförd energi via värmesystemet}$$

För längre tidsperioder som månad och så vidare kan lagringstermen försummas. Under kortare perioder exempelvis dygn, kan värmelagringsegenskaperna ha stor betydelse, exempelvis på grund av uteluftstemperaturvariationer, solstrålning samt vid periodiska temperatursänkningar inne beroende på elprisets variation under dygnet.

Analysen görs i två steg:

- Stationära värmeflöden från golvvärmesystemet beräknas dels in i huset dels till marken samt vattentemperaturer för olika konstruktioner, klimatsituationer inne-ute och golvmaterial. Golvvärmens inverkan på det fysikaliska förloppet studeras genom överslagsberäkningar och parameterstudier av ingående delar som byggnaden och installationerna, speciellt golvvärmekonstruktionen. Med ökade kunskaper och säkrare underlag om de olika delarnas egenskaper kan man göra en helhetsbedömning med större förståelse.

- Effekt- och energibalansen upprättas

för huset. Beräkningarna uppdelas i en stationär och en instationär del. Värmelagringens inverkan på det instationära förloppet analyseras med hjälp av TS-metoden, som utvecklats av Harrysson (1988). T står för tidsmässiga variationer och S för slumpmässiga (eller statistiska). Metoden har för tidsmässiga variationer uttestats mot Derob, som är ett avancerat datorprogram. Överensstämmelsen har befunnits vara god vid dygnssvängningsproblem av det här aktuella slaget.

Med den valda uppläggningsplanen kan uppgifter enkelt framtas om total respektive aktiv (medverkande) värmekapacitet vid periodiska svängningar.

#### Modellering enligt TS-metoden och tidsmässiga variationer

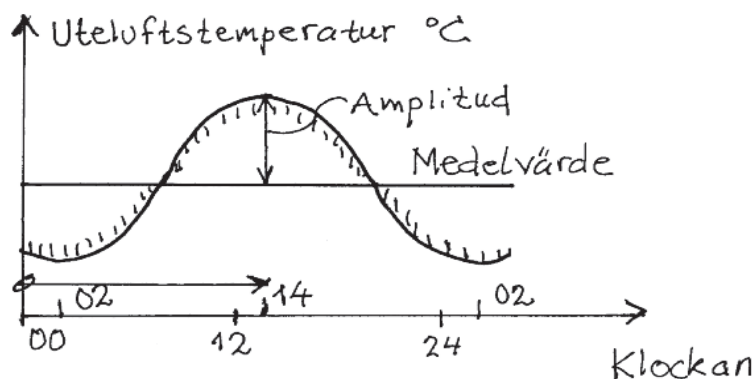
Varje delpost i effekt- och energibalansen kan exakt beskrivas genom fourieranalys med en konstant term och ett oändligt antal cosinustermer. För dygnssvängningsförlopp kan man som tidigare nämnts med god noggrannhet beskriva delposterna med en konstant term och en cosinusterm med fasförskjutning (= tidpunkt då högsta värdet uppträder). Analysen sker i två steg;

- stationär del (aritmetisk summering av delposterna),
- instationär del (vektoriell summering av delposterna, jämför principen för kraftpolygon).

#### Beräkningsexempel

Exemplet har inriktats på att närmare utreda några av orsakerna till konstaterade energiökningar hos hus med golvvärme samt att kvantifiera olika inverkan faktorer. Med hjälp av den föreslagna metodiken analyseras nedan några viktiga iakttagelser som gjorts i hus med golvvärme jämfört med radiatorvärmde:

- Konstaterade energiökningar i hus med golvvärme har inte kunnat elimineras enbart genom ökad isolering under betongplattan.
- Värmeavgivningen till rummet kan reduceras kraftigt beroende på det valda golvmaterialet.



Figur 2: Principen för modellering enligt TS-metoden exemplifieras för uteluftstemperaturens dygnssvängning.

□ Vattentemperaturen är oväntat hög i många hus med golvvärme, bland annat beroende på konstruktionen och golvmaterial. Dessa erfarenheter baseras bland annat på egna mätningar och det faktum att man ofta bygger tvåplanshus för drift med gemensam shunt och samma vattentemperatur hos radiatorerna i övervåningen som hos golvvärmesystemet i bottenvåningen

□ Problem vid kraftiga väderomslag. Åtgärder för att upprätthålla viss inre komfort till exempel lägsta inneluftstemperatur 20 °C. Hur stora innetemperaturvariationer tål man?.

□ Ju energisnålare huset är desto större relativt sett är andelen direkta förluster genom fönster och ventilation.

□ Värmeflödenas tidsfördröjning genom olika byggnadsdelar som golv, tak och väggar.

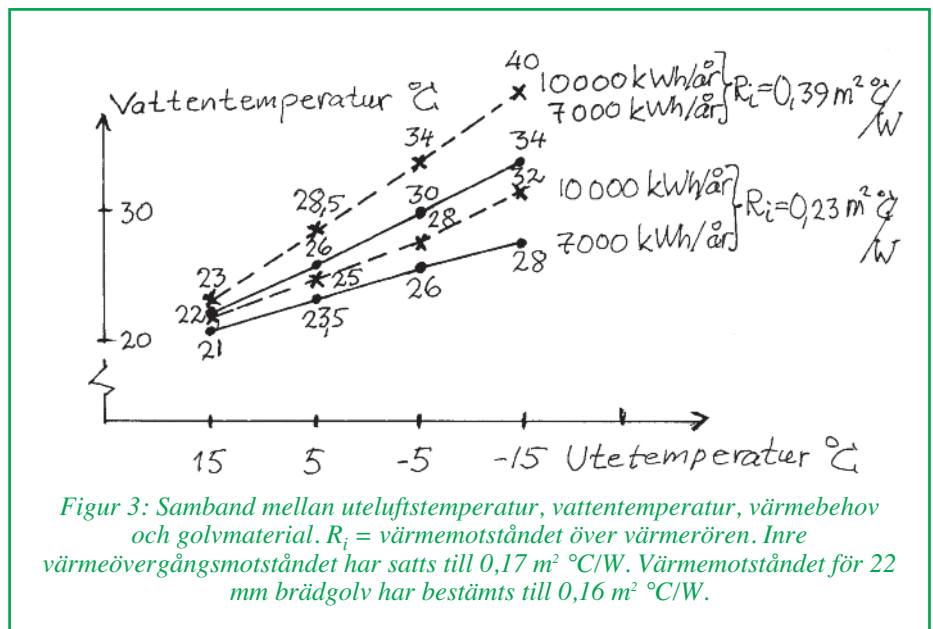
Avsikten är också att närmare utreda om man kan åstadkomma energisnåla golvvärmekonstruktioner, primärt genom att belysa värmekapacitetens inverkan på effekt- och energiuttaget samt på komforten inne. Golvvärmens egenskaper jämförs med radiatorsystem från energi-, komfort- och kostnadssynpunkt. Jämförelserna avser i första hand den vanligaste konstruktionen vid nyproduktion för platta på mark med värmerören ingjutna i plattans underkant och 100, 200 respektive 300 mm underliggande isolering av styrencellplast. Denna konstruktion har en tidsfördröjning på cirka 6–12 timmar mellan tillförd energi via värmerören och värmeavgivningen till rummet.

Värmeförlusterna genom golvet har beräknats för ett normalt energisnålt småhus med träregelstomme samt platta på mark och underliggande isolering. Utgående från information om ingående delar har primärt golvvärmekonstruktionens inverkan på helheten, dvs effekt- och energibalansen studerats.

### Plattans värmeförluster och vattentemperaturer vid stationära förhållanden

Ett enplans småhus med bostadsytan 90 m<sup>2</sup> och inneluftstemperaturen 20 °C har studerats. Energianvändningen till värmesystemet under uppvärmningssäsongen sju månader har antagits till 7000 kWh/år alternativt 10000 kWh/år. Beräkningar har gjorts av värmeflödena uppåt och nedåt genom golvet med respektive utan golvvärme för 100, 200 respektive 300 mm styrencellplastisolering under betongplattan. Slutligen har inverkan av ett 22 mm brädgolv ovanpå betongplattan bestämts på vattentemperaturen och ökningen av förlusterna nedåt. Några resultat:

Av figur 3 kan plattans temperatur vid olika golvmaterial och utetemperatur bedömas. Vid energianvändningen 7000 kWh ökar värmeförlusterna nedåt med cirka 30 procent respektive cirka 40 procent vid 10000 kWh. Detta motsvarar vid



Figur 3: Samband mellan uteluftstemperatur, vattentemperatur, värmebehov och golvmaterial.  $R_i$  = värmemotståndet över värmerören. Inre värmeövergångsmotståndet har satts till  $0,17 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$ . Värmemotståndet för 22 mm brädgolv har bestämts till  $0,16 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$ .

100 mm isolering cirka 700 kWh/år, 200 mm 500 kWh/år och 300 mm 400 kWh/år och orsakas av att plattans temperatur är högre än om huset har radiatorsystem.

Vid oförändrad värmeavgivning till rummet medför ett 22 mm brädgolv att vattentemperaturen måste höjas med cirka 5 °C till 28 respektive 32 °C vid 0 °C och med cirka 10 °C till 34 respektive 40 °C vid -15 °C. Golvvärmesystemets värmeförluster nedåt ökar på grund av brädgolvet med 13 procentenheter vid 7000 kWh och med 17 procentenheter vid 10000 kWh tillförda. Av värdena vid -15 °C framgår att vattentemperaturerna vid golvvärme närmar sig dimensionerande vattentemperatur för ett vattenradiatorsystem av lågtemperatortyp, dvs högst 50 °C.

### Utluftstemperaturens dygnsvariation erfordrar ytterligare höjning av plattans medeltemperatur

För att hålla en bestämd lägsta inneluftstemperatur, till exempel 20 °C och klara normala utluftstemperaturvariationer under dygnet med amplituden 6 °C (variation 12 °C under dygnet) måste plattans medeltemperatur höjas med ytterligare 2 respektive 4 °C vid 6 respektive 12 timmars fördröjning. Detta ökar energitillförseln via golvvärmesystemet med 1600 kWh/år respektive 3200 kWh/år. Golvvärmesystemets värmekapacitet och tidsfördröjningen av värmeförlusterna till rummet minskar gratisvärmeyttjandets. Inneluftstemperaturen höjs periodvis och värmeförlusterna ökar liksom behovet av inköpt energi. Detta kan förklara varför de boende i hus med golvvärme i praktiken inte har lägre inneluftstemperatur än i motsvarande hus med radiatorer.

### Effekt- och energibalans

Tillskotts- och förlustposter i balansen beräknas genom fourieranalis, varvid den konstanta termen och en cosinusterm (ges

som amplitud och fasförskjutning) medtas i beräkningarna. Med den konstanta termen och månadsmedelvärden kan energibalansen fastställas traditionellt.

Därefter bestäms effektbalansen genom vektoriell summering av samtliga poster, figur 2. Instationär del ("lagrad" ovanpå den stationära). Bedömningar görs baserat på den totala värmekapaciteten respektive aktiv (medverkande) värmekapacitet. I effektbalansen finns direkta (momentana) förluster genom fönster och ventilation samt med viss tidsfördröjning förluster genom tak, väggar och golv. Därutöver sker värmelagring i stommen, inredning, möbler med mera.

För E3-huset i Nuteks småhustävling gäller följande numeriska värden, Jahns-son (1997):

direkta förluster;

fönster 17 W/°C (inne – ute)

ventilation 58 W/°C (inne – ute)

viss tidsfördröjning;

tak, väggar och golv 58 W/°C (inne –

ute)

värmelagring  $50 \text{ Wh/m}^2 \text{ °C} \times 91,72 \text{ m}^2 = 4,6 \text{ kWh/°C}$  (yta inne – luft inne)

Uppställningen är ett första försök att kvantifiera delposterna i effektbalansen.

### Sammanfattning av särdrag för golvvärmekonstruktioner

Följande faktorer ökar energianvändningen i hus med golvvärme jämfört med radiatorvärmada:

□ Högre temperatur på plattan på grund av golvvärme ökar värmeförlusterna genom marken med 30–40 procent jämfört med radiatorsystem. Detta motsvarar för 90 m<sup>2</sup> golvyta vid 100 mm isolering cirka 700 kWh/år, 200 mm 500 kWh/år och 300 mm 400 kWh/år.

□ Större värmemotstånd på plattans översida. Ett 22 mm brädgolv ökar förlusterna nedåt med ytterligare 13–17 procentenheter. Samtidigt måste vattentemperaturen höjas med cirka 5 °C vid 0 °C ute och med cirka 10 °C vid -15 °C ute.

□ Systemets värmetröghet. Kompensation måste göras för normala utetemperaturvariationer under dygnet genom ytterligare 2–4 °C höjning av plattans medeltemperatur. Därmed ökar energitillförseln med 1 600–3 200 kWh/år, vilket leder till att onödigt mycket värme tillförs dagtid och laddas in nattetid om golvvärmsystemet är utetemperaturstyrt. Därmed minskar gratisvärmeutnyttjandet och värmeförlusterna ökar, framförallt de direkta (momentana) genom fönster och ventilation.

□ Golvvärmsystemet ligger i klimatskärmen och i kontakt med marken. Fukt, grundvattenytans läge och grundvattenströmning kan öka värmeförlusterna genom golvet.

□ Golvvärmen har rumstermostater, är utetemperaturstyrd och igång även under sommarhalvåret (150 dygn). Om plattan hålls varm med temperaturen 22 °C och uteluftstemperaturen i medeltal är 15 °C ökar energianvändningen vid 300 mm isolering – 100 mm isolering med 1 600–2 400 kWh/år vid 24 timmars drift och med 500–800 kWh/år vid 8 timmars drift per dygn.

□ Golvvärmekonstruktionens värmelagringsegenskaper har stor betydelse för energianvändning och komfort.

□ De boende i hus med golvvärme sänker inte innetemperaturerna jämfört med motsvarande i hus med radiatorer. Denna ”reserv” måste man ha på grund av golvvärmekonstruktionens värmetröghet för att klara normala uteklimatvariationer

□ Vattentemperaturen är i praktiken oväntat hög och endast något lägre (cirka 5–10 °C vid dimensionerande utetemperatur cirka -15 °C) än för radiatorsystem av lågtemperatortyp (max 50 °C). Egna mätningar i hus med vanliga golvvärme-lösningar, Harrysson (1997), styrker detta samt det faktum att man ofta bygger tvåplanshus med golvvärme i bottenvåningen och vattenradiatorer i övervåningen samt att båda systemen har en gemensam shunt, dvs vattentemperaturen är densamma. Vattentemperaturen beror på ytskikt, rördjup etc.

Tidigare genomförda undersökningar, se Harrysson (1997), visar sammanfatt-

ningsvis att golvvärmsystemens energiökning bland annat beror på:

□ Dålig isolering under plattan

□ För dålig kantisolering.

□ För stor värmetröghet.

□ Onoggrann reglering av värmeförseln/rumsreglering saknas.

Nyare rön i denna artikel pekar på ytterligare orsaker som:

□ Brister i arbetsutförandet.

□ Fukt från grunden.

□ Grundvatten(-strömning).

□ Lufttemperaturen inne är samma som i hus med radiatorer.

□ Golvvärmsystemet är igång även sommartid.

□ För att upprätthålla viss lägsta innetemperatur hålls betongplattan onödigt varm på grund av golvvärmekonstruktionens tröghet.

□ Högre yttemperatur på golvet.

### Förbättringsåtgärder

För att golvvärme ska bli energieffektiv och komfortabel krävs kraftfulla förbättringsåtgärder, figur 4, i form av:

□ Minst fördubblad isolering under plattan (minst 200 mm). Några tjälskador i samband med golvvärme och högisolerade konstruktioner för platta på mark är veterligen inte kända.

□ Kraftigt förbättrad kantisolering.

□ Del av isoleringen, minst 50 mm, läggs på betongplattans översida. Vid golv med klinkerplattor behövs ett andra betongskikt över denna isolering och värmerören.

□ Värmetrögheten minskas avsevärt genom att använda golvmaterial som inte erfordrar ett andra betongskikt, till exempel brädgolv. För att öka värmeöverföringen måste värmerören emellertid i så fall läggas på relativt dyra värmefördelade plåtar ovanpå det övre isolerskiktet

□ Rumsvis eller zonvis reglering med utetemperaturstyrd värmeförsel.

Jämfört med vanliga golvvärmekonstruktioner för platta på mark och 100 mm underliggande isolering uppskattas den totala merkostnaden för nämnda förbättringar till cirka 50 000 kronor för ett normalt småhus. Åtgärderna förväntas elimi-

nera större delen av konstaterad energiökning på cirka 30 procent.

### Låga årskostnader och hög komfort med platta på mark, tvåskiktisolerad och radiatorer

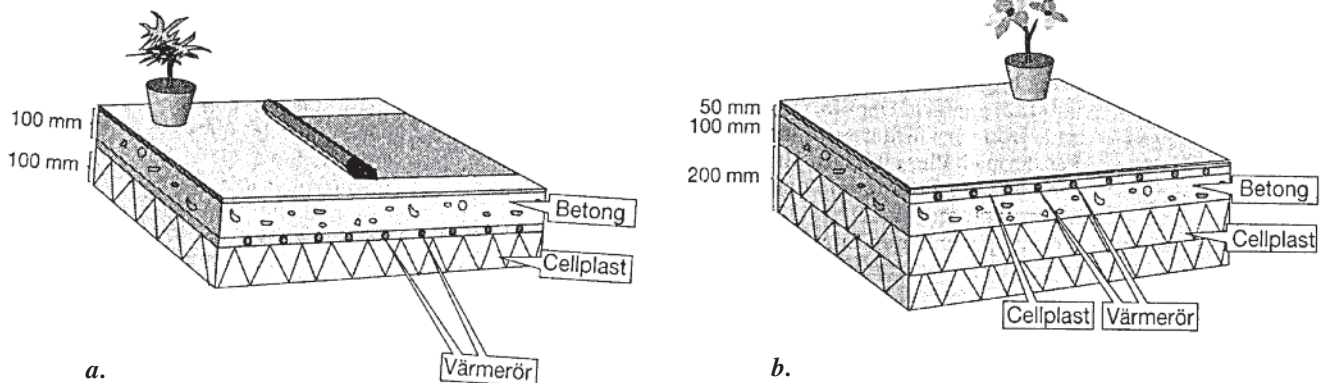
Som framgår räcker det inte enbart med ökad isolering för att eliminera golvvärmens energiökning. För att åstadkomma ett energieffektivt golvvärmsystem krävs även åtgärder för att minska värmetrögheten, i första hand med flerskiktiskonstruktioner. Med hänsyn till den stora mängden klagomål på vanliga golvvärmekonstruktioner med platta på mark och 100 mm underliggande isolering är en välisolerad platta med 250 mm isolering under och 50 mm på ovansidan samt radiatorsystem en mycket intressant lösning från årskostnads- och komfortsynpunkt. Detta kan fås till cirka 40 000 kronor lägre byggkostnad än motsvarande lösningar med energieffektiva (finns?) golvvärmekonstruktioner, vilka måste utformas med liten värmetröghet. Det är i första hand de värmefördelade plåtarna, som är orsaken till den stora ökningen av byggkostnaderna för golvvärme.

### Intressanta utvecklingslinjer

Från årskostnads- och komfortsynpunkt kan följande kombinationer av golvvärme och radiatorsystem vara aktuella:

□ Platta på mark och golvvärme i bottenvåningen samt elradiatorer i övervåningen. Speciell uppmärksamhet måste därvid ägnas åt att golvvärmen görs energieffektiv och har liten värmetröghet.

□ Radiatorer i samtliga utrymmen som basvärme, vilka är i drift under uppvärmningssäsongen. Våtutrymmen, exempelvis badrum och hallar med golvmaterial som ”känns kalla” till exempel klinkerplattor kompletteras med tidstyrd elektrisk golvvärme som komfortvärme, vilken kan vara igång även under sommaren respektive periodvis för att driva ut fukt. Energiökningen bedöms bli marginell med denna lösning.



Figur 4: Golvvärme i platta på mark. a. (tv) Nuvarande vanlig lösning. b. Med föreslagna förbättringsåtgärder. Källa: Sydsvensk Dagbladet.

## Utnyttja erfarenheter från kunskapsbank med hundratals hus!

Husägare i allmänhet har åtskilliga frågor om byggkonstruktioner, värme- och ventilationssystem i samband med nybyggnad eller ombyggnad. En del personer i branschen utan tillräcklig verklighetsförankring har tyvärr funnit en "föd-krok" i att ge husägare diffusa eller felaktiga råd om golvvärmet med byggska-dor och ovanligt höga driftkostnader som följd. Inte förrän under andra hälften av 1990-talet har någon gjort jämförelser av energieffektiviteten i bebodda hus med golvvärme och jämfört dessa med radiatorvärmda. Harrysson (1997) och Norlin (1998) är de första som publicerat resultat från dylika undersökningar. Jämförelser mellan olika tekniska lösningar och praktiska erfarenheter från flera hundra hus finns dessutom redovisade i Harrysson (1988, 1994, 1995, 1999).

Utvecklingen av energieffektiva golvvärmelösningar har hittills bromsats av produktionskostnadsskäl, bristfälliga kunskaper samt otydliga och för lågt ställda myndighetskrav. För att byggare och husägare ska anamma ovan nämnda förbättringsförslag måste satsningar göras på upprepad information och utbildning. Dessutom måste myndighetskraven skärpas. Det är viktigt att snabbt få fram klara och konkreta besked om olika systems energieffektivitet samt att styra upp ut-

vecklingen till gagn för energieffektiva golvvärmekonstruktioner. Därmed skulle redan nu många framtida problem kunna undanröjas. ■

## Referenser

Elmarsson, B (2000). *Räkna med Bengt Elmarsson, lektion nr 11: Golvvärme, något att diskutera?* Bygg & teknik nr 1/00, Stockholm.

Energimyndigheten (1999). *8 000 kWh per år är ingen utopi*. Eskilstuna.

Gundersen, P (1992). *Miljövennlige rimelige lavenergiboliger*. NBI, Prosjekt-rapport 105, 1992, Oslo.

Harrysson, C (1988). *Småhusets energi-sättningsanalys med särskild hänsyn till inverkan av delposters variationer*. CTH, Avd för byggnadskonstruktion, Doktorsavhandling, Publikation 88:2, Göteborg.

Harrysson, C (1994). *Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar*. Boverket, Rapport 1994:8, Stockholm.

Harrysson, C (1995). *Uppvärmningssystem. Innemiljö, energianvändning och kostnader*. En sammanfattning (Större delen av rapporten är publicerad i Energi & Miljö nr 7-8 och 9, 1995). Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (1997). *Golvvärme eller radiatorsystem i småhus. Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktorme-*

*toden, registrering av el-, gas- och vattenanvändning samt enkätundersökning*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (1999). *Golvvärme. Förstudie med lägesrapport och utvecklingsbehov*. Konsumentverket, Stockholm.

Jahansson, S (1997). *2000-talets småhus. Resultat av etapp 1. Granskning och utvärdering under vintern 96/97*. Energimyndigheten, Eskilstuna.

Jahansson, S (1998). *2000-talets småhus. Resultat av etapp 2. Granskning och utvärdering under vintern 97/98*. Energimyndigheten, Eskilstuna.

Ljungqvist, J (1995). *Golvvärme – ett steg i rätt riktning mot det sunda huset. Special – energi i fastigheter*.

Lood, A (1999). *Datorreglerad golvvärme*. LTH, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Rapport TABK-98/1019, Lund.

Norlin, C (1998). *Uppvärmning av småhus. Jämförelse mellan golvvärme och radiatorvärme*. Uppsala universitet, Byggnadsingenjörsprogrammet, Examen-sarbete 10 poäng, Uppsala.

Olesen, B & Zöllner, G (1970). *Experimentelle Untersuchung zum Energieverbrauch unterschiedlicher Heizsysteme bei untereinander vergleichbarer thermischer Behaglichkeit*.

Wilde, J (1994). *Test av golvvärmesystem. Komfort och energiförbrukning*. ELAB, Vattenfall Utveckling, Rapport nr VU – V94:F11, Älvkarleby.