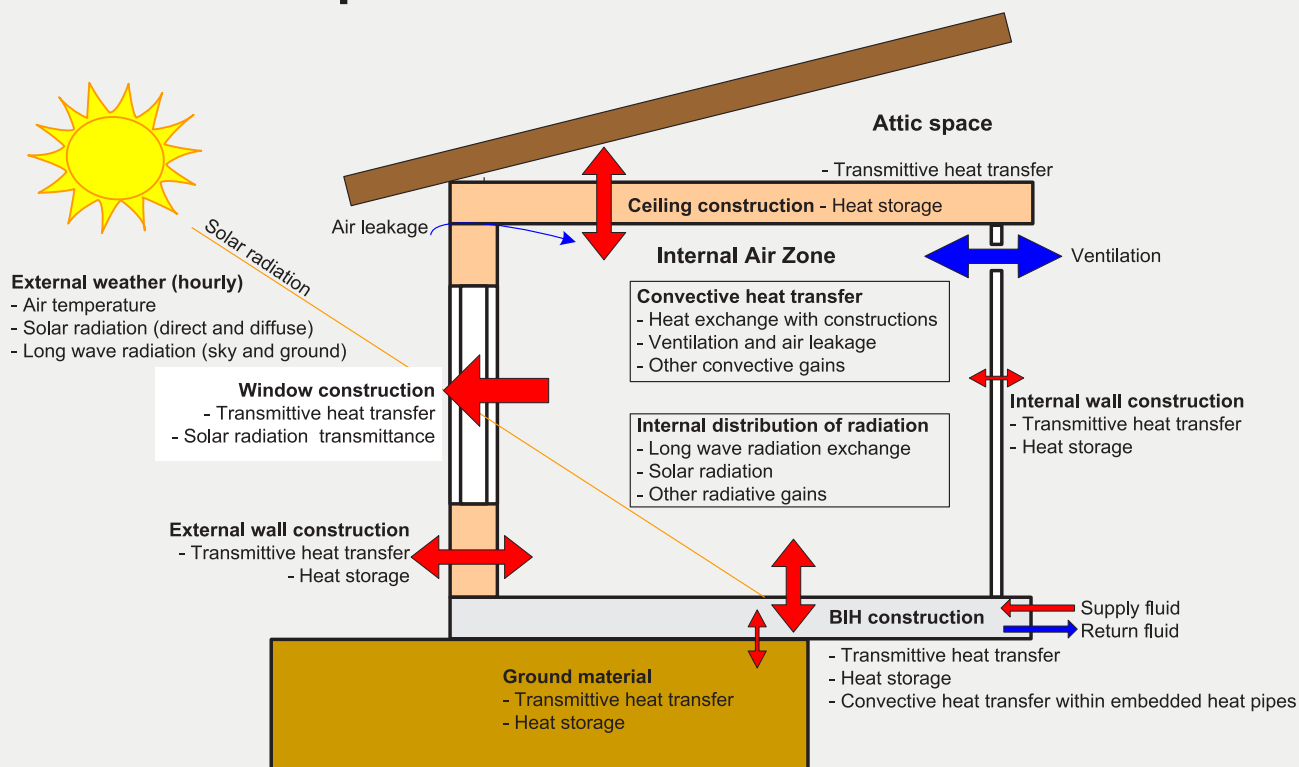


# Byggnadsintegrerad uppvärmning – Golvvärme på enklare sätt



Figur 1 Systemanalys av byggnad med golvvärme.

I detta projekt har man studerat förutsättningarna för vattenburna ingjutna golvvärmesystem med en förenklad systemuppbyggnad avsedda för framtidens energieffektiva bostäder.

## Bakgrund

Alternativa energislag (till exempel solvärme och lågvärdig spillvärme) förutsätter ofta lågtempererade system med vatten som värmebärare. En välisolerad byggnad som värms med ingjutna golvvärme ger en extremt låg framledningstemperatur – endast några få grader över önskad rumstemperatur. Förutom möjligheten att nyttiggöra förnyelsebara energikällor ger detta även fördelar i form av lägre omvandlings- och distributionsförluster i energisystemets genererings- och distributionsskede.

Ingjutna golvvärmesystem är relativt trögreglerade då betongen i golvet fördröjer värmeledet från vattenröret upp till golvytan. Värmetrögheten kan leda till att golvvärmesystemet inte hinner

följa med när värmebehovet förändras över tiden vilket leder till diskomfort (över- eller undertemperatur). Konventionella golvvärmesystem utförs med termostater i varje rum för att säkerställa att värme inte tillförs systemet då temperaturen är hög i rummet. I projektet har alternativ till den konventionella golvvärmen analyserats.

## Syfte

Framtidens bostäder kommer att utformas på ett energieffektivt sätt med ett litet behov av uppvärmning. Syftet med detta projekt har varit att studera systemaspekter och funktion av ett vattenburna och ingjutna golvvärmesystem i kombination med framtidens energieffektiva bostäder.

## Genomförande

Med stöd från SBUF har arbetet utförts av Chalmers och företag inom FoU-Väst (Väst Bygg, NCC och JM). I detta projekt har ingjutna golvvärmesystem i bostäder studerats med hjälp av

teoretiska beräkningar. En unik simuleringsmodell har utvecklats och validerats för detta ändamål. Simuleringsmodellen beräknar tidsförloppet av temperaturer och värmeflöden för ett system bestående av byggnad, vattenburet golvvärmsystem, reglersystem, väder och brukare. Med hjälp av simuleringsmodellen har systemlösningar analyserats. Studien fokuserar på systemlösningar med enkla, robusta, komfortabla och energieffektiva golvvärmsystem som kan finnas i bostäder med låga värmebehov.

## Resultat och slutsatser

Då golvvärme tillämpas i välisolerade bostäder minskar behovet av rumsregleringen. Rumskontroll kan säkerställas tack vare systemets inneboende *självreglerande* förmåga. En förenklad systemuppbyggnad med färre komponenter är därmed möjlig. Det förenklade systemet får på detta sätt en lägre investeringskostnad än det traditionella systemet. I det förenklade golvvärmsystemet styrs endast framledningstemperaturen – vattenflödet är konstant. En teoretisk analys av de termiska processerna visar att det är den aktiva regleringen av golvvärmslingornas vattentemperatur som "aktiverar" självregleringsprocessen. Begreppet självreglering avser värmesystems inneboende förmåga att justera värmeflödet till golvvärmslingan orsakad av en termisk störning i byggnaden. Självregleringen motverkar alltid den termiska störningen. Sett till ett energieffektivitetsperspektiv är särskilt positiva termiska störningar viktiga, självregleringen säkerställer i detta fall att en andel av värmen från värmekällorna utnyttjas genom att värmeflödet till golvvärmslingan nedjusteras. I starkt självreglerande system kan inte värme tillföras golvvärmen samtidigt som övertemperatur råder i byggnaden.

En teoretisk definition av självregleringens utnyttjandegrad har införts. För en tidsbegränsad godtycklig störning justeras alltid den till golvvärmslingan tillförda värmemängden i proportion till systemets utnyttjandegrad. Välisolerade byggnader med god värmeväxling genom golvvärmsystem uppvisar en hög utnyttjandegrad. För mycket välisolerade bostäder, som till exempel passivhus, blir självregleringen betydande. I fallet passivhus kommer cirka 90 % av energiinnehållet från ett oförutsett värmetillskott kunna utnyttjas tack vare självregleringsprocessen. Som en direkt följd av att självregleringen påverkar tillförseln av värme till golvvärmslingorna påverkas även inomhustemperaturen i proportion till utnyttjandegraden.

En metod för att prognostyra framledningstemperaturen i golvvärmsystem har också utvecklats inom projektet. Målet är att eliminera golvvärmsystemets värmetröghet genom att i förväg prognostisera värmehovet och på så sätt justera framledningstemperaturen i precis lagom tid. I möjligaste mån hålls inomhustemperaturen inom ett komfortintervall (övre och undre temperaturer) samtidigt som utnyttjandet av internlasterna maximeras.

En byggnads värmebehov över tiden bestäms av variationer i väder (utetemperatur, solstrålning, vind och så vidare), byggnadens och klimatskalets termiska egenskaper (värmelagring och ledningsförluster), ventilation av byggnaden samt internvärme från personer och utrustning. Detta värmebehov prognostiseras genom en dynamisk simulering baserad på prognoser av väder och användning av byggnaden. Metoden utnyttjar det prognostiserade värmebehovet tillsammans med golvvärmsystemets

och byggnadens dynamiska termiska egenskaper. Optimeringsalgoritmen verkar hela tiden för att finna den "gyllene medelvägen" – lagom mängd värme tillförs, väl avvägt i förhållande till vad man tror kommer att ske med värmebehovet i framtiden och med hänsyn taget till både golvvärmsystemets och byggnadens värmetröghet. Inomhustemperaturen skall varken bli för hög eller låg under någon tidpunkt. Optimeringsalgoritmen ser hela tiden framåt i tiden, det är inte bara den nästkommande tidpunkten som prioriteras. På detta sätt kan reglersystemet i förväg "ta höjd" för vad som förväntas ske med det framtida värmebehovet.

Implementeringen av den optimerade prognosstyrningen visar att det är möjligt att dämpa rumstemperaturens variation genom att anpassa framledningstemperaturen till variationerna i värmebehovet. Hur framledningstemperaturen bör anpassas beror på golvvärmsystemets dynamiska termiska egenskaper. Simuleringsresultat för ett bostadsrum visar att den optimala framledningstemperaturen under långa perioder är relativt konstant. I det specifika fallet är det alltså relativt lite att tjäna på att justera framledningstemperaturen.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Carl-Eric Hagentoft**, Chalmers, tel 031-772 1989,  
e-post: [carl-eric.hagentoft@chalmers.se](mailto:carl-eric.hagentoft@chalmers.se).

### Litteratur:

- Byggnadsintegrerad uppvärmning (Chalmers tekniska högskola, av Henrik Karlsson och Carl-Eric Hagentoft, 44 sidor)
- Thermal Modelling of Water-Based Floor Heating Systems (Chalmers tekniska högskola, Doktorsavhandling nr: 3050, av Henrik Karlsson, 52 sidor, ISBN 978-91-7385-369-9)

Båda publikationerna kan laddas ned från [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se) under projekt 11991.

### Internet:

[www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi](http://www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi)