

Betydelsen av värmetröga konstruktioner

Värmetrögheten i byggnader har betydelse för energiförbrukning, komfort och dimensionering av energisystem. Med värmetröghet menar vi förmåga att lagra värme och kyla genom temperaturändring i material. Detta sker främst i tunga konstruktioner av betong och andra mineraliska material [1]. Dess praktiska inverkan har diskuterats, och varierar givetvis beroende på den faktiska byggnaden, dess energiförsörjning med mera, men ofta anges det att man kan spara en till fem procent med passiv energilagring och fem till tjugo procent med aktiv energilagring.

Värmelagring kan delas in i passiv och aktiv lagring. Passiv värmelagring är värmeupptagning av övertemperaturer – exempelvis ifrån solinstrålning, apparater och människor – direkt i en konstruktionsdel genom värmeledning. Observera att även omhändertagandet av undertemperaturer, det vill säga kyla också, innefattas i begreppet ”värmelagring”. Passiv värmelagring i byggnader sker främst i betong, men även i andra material med hög värmekapacitet per volymenhet.

Faktaruta

Värmekapacitet per volymenhet är materialets specifika värmekapacitet multiplicerat med dess densitet (J/m^3K), det vill säga hur mycket energi som krävs för att ändra temperaturen på en kubikmeter material med en grad.

Aktiv värmelagring är omfördelning av värme i en byggnad genom aktiva system med pumpar, fläktar, kanalsystem etcetera. En princip som är vanlig är att utnyttja nattkyla till byggnader med exempelvis kontorslandskap där datorer, människor och solinstrålning gör att arbets-

förhållandena blir krävande på grund av att temperaturen i lokalen lätt blir hög. Det är kostsamt att kyla lokalen med en kylmaskin varför alternativet att utnyttja nattens lägre utetemperatur (nattkylan) tillsammans med möjligheten att lagra denna kyla i byggnaden används. Detta sker till exempel med hjälp av en luftkonvektor som direkt eller via ett vätskeburet system transporterar in nattens kyla till ett betongbjälklag. På så sätt kan man spara miljö och kostnader för drift och underhåll av en kylmaskin, men det kräver att man har en konstruktion med hög värmekapacitet som det är möjligt att sänka temperaturen i under natten.

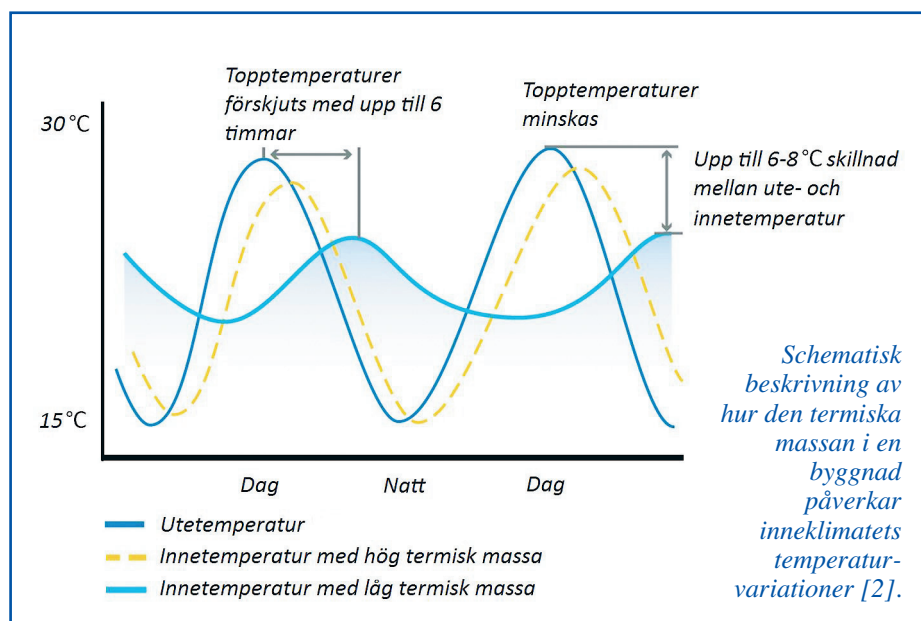
Värmetröghetens betydelse

Det finns tre potentiella fördelar med värmetröga byggnader: lägre energiförbrukning, ökad komfort och möjligheten att minska energiförsörjningssystemens storlek. Det som man huvudsakligen har diskuterat är möjligheten att spara energi, men i jakten på energisnåla byggnader och system får vi inte tappa bort kvalitén på inneklimatet. Val av byggnadsmaterial är en viktig aspekt för det termiska inneklimatet. Tunga material kan bidra till ökad komfort i inomhusmiljön genom att dämpa temperaturvariationer och minska övertemperaturer. Övertemperaturer i byggnader är ett problem som kan bli vanligare i framtiden då vi bygger allt fler välisolerade byggnader samtidigt som klimatet blir varmare. Tunga konstruktioner kan då – genom sin förmåga att lagra värme och jämna ut temperaturvariationer – bidra till ett bättre inneklimat.

En tredje aspekt av värmetröga konstruktioner – förutom att de kan spara energi och ge bättre komfort – är att de jämnar ut effektbehovet, vilket är positivt för både fastighetsägarna och energileverantörerna. Eftersom termiskt tunga byggnader lagrar värme, behövs inte lika stort värmetillskott vid en köldknäpp i ett sådant hus som i en lätt byggnad, även om de har samma U-värde. För fastighetsägaren medför detta att installerad effekt i till exempel värmemaskiner och tillhörande radiatorsystem kan vara mindre i en tung byggnad än i en lätt, det vill säga att installationskostnaderna blir lägre. För energileverantören innebär det att man minskar topplasterna kalla dagar om en stor del av fastighetsbeståndet består av termiskt tunga byggnader. Man kan då

Faktaruta

Tidskonstanten τ är ett mått på hur snabbt en temperaturförändring sker. För en byggnad kan man mäta den genom att stänga av energitillförseln en kall dag och se hur snabbt innetemperaturen sjunker. För en tung byggnad kan tidskonstanten vara 300 timmar, medan tidskonstanten för en lätt byggnad med samma U-värde kan ligga runt 100 timmar [3]. Tidskonstanten har stor betydelse för effektbehovet både vintertid vid köldknäppar och vid varma dagar sommartid. Tidskonstanten har också stor betydelse för känsligheten vid störningar i energiproduktionen, till exempel vid strömavbrott.



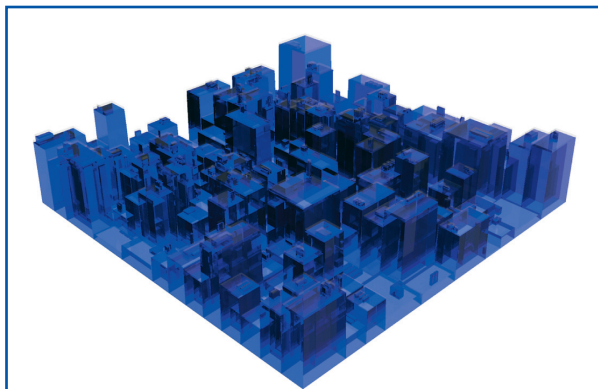
Artikelförfattare är **Jonathan Karlsson**, doktorand, Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lund.



köra sin energiproduktion på mer jämn nivå och slipper dyrare toppeffekter. Både fastighetsägaren och energileverantören vinner på värmetröga byggnader. En byggnads termiska tröghet kan kvantifieras med dess termiska tidskonstant.

Exempel Göteborgs Energi

Ett intressant exempel på nyttan med tungt byggande är Göteborgs Energis

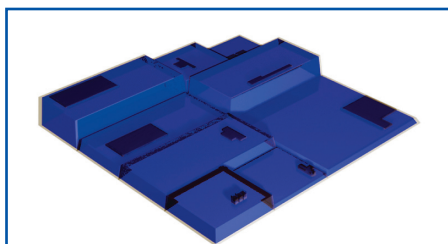


En fjärrvärmeleverantör kan utnyttja bebyggelsen som värmelager för att kapa effekttopparna.

undersökning av hur man utnyttjar bebyggelsen och fjärrvärmenätet som ett energilager. Man har mätt tidskonstanterna (värmetrögheten) hos byggnaderna som är kopplade till fjärrvärmenätet. Detta gör man för att veta hur mycket värme man kan utnyttja ifrån respektive byggnad. Man har även mätt upp vid vilka tidpunkter de olika områdena kräver mest energi (dagliga topparna). När toppbelastningarna sedan kommer ligger redan värmeenergi lagrad i bebyggelsen och genom att låta byggnadernas temperatur sjunka upp till en halv grad undviker man höga toppeffekter i produktionsanläggningarna [3]. Vanligtvis behöver duschning på morgon och kväll en temporär uppstart av en extra energiproduktion vilket normalt är kopplat till fossila bränslen. Detta innebär att Göteborgs Energi kraftigt minskar sin användning av fossila bränslen.

Exempel omfördelning i ett kvarter

Inom byggsektorn försöker vi numera hålla fokus utifrån ett helhetsperspektiv.



I ett kvarter med olika sorters verksamhet kan man genom mellanlagring utnyttja olika överskott av värme och kyla. Detta är fullt realistiskt redan idag.

Vi bör då kombinera olika byggnaders energisystem för att ta till vara på små temperaturskillnader under en längre tid, vilket ger goda resultat i ett längre tidsperspektiv. I mitt examensarbete vid Lunds universitet [4] beskrev jag hur värmesystemen kan integreras i ett område med byggnader med olika brukarfunktioner och energikrav. Det fall som diskuteras i examensarbetet är en kombination av ishall, fotbollsarena, bandyarena, badhall, konferenscenter, ett mindre köpcenter och ett underjordiskt parkeringsgarage. Dessa byggnader har vid olika tidpunkter överskott på värme/kyla som kan komma till nytta genom att omfördelas inom området. Detta kan ske genom att utnyttja befintliga lågtempererade system kombinerat med olika former av energilagring. Några exempel på hur detta skulle kunna fungera:

- Man kan utnyttja värmesystemets kondensorer som en del av värmesystemet genom att lagra denna överskottsvarme i det 0,5 meter tjocka isolerade betongtaket i parkeringsgaraget som är sektionerat i ett antal olika delar där värme/kyla kan lagras. Denna värme skulle då kunna utnyttjas även då kylmaskinerna inte är i drift.

- Man kan utnyttja solinstrålningen på bandyarenans 5000 kvadratmeter stora svarta tak genom att detta är konstruerat som en solfångare. Eftersom värmen transporteras bort kyls taket, vilket även är positivt eftersom kylbehovet då minskar inne i arenan. Skulle detta extratillskott av energi inte kunna utnyttjas direkt – i till exempel omklädningsrummens duschar – kan det vara ett bra alternativ att även lagra denna värme i parkeringsgaraget.



Överskottsvarme och kyla kan lagras i värmetröga byggnadsdelar, till exempel i ett parkeringsgarage. Där kan lämpligen taket isoleras och användas för värmelagring medan golvet utnyttjas för antingen kyla eller värme.

gets tak eller i en annan tung konstruktionsdel.

- Klimatsystemet kan också förkylas genom att dumpa den energi vi inte kan ta tillvara från exempelvis köp- och konferenscentrerna ner i parkeringsgaraget golv eller i marken. Denna värme kan senare utnyttjas av värmepumpar där förångarna utnyttjar markvärmerna och den lagrade värmen.

- Isavskrap ifrån bandy- och ishockeyarenorna är även ett möjligt alternativ för kylning. Exempelvis har Sundsvalls sjukhus gjort en effektiv besparing på 90 procent av sin elförbrukning för kylning genom att lagra snö under hela året, [5].

Detta helhetsperspektiv på ett område med olika verksamheter kan ge betydande energibesparingar om de olika verksamheternas värme- och kylbehov kompletterar varandra.

Exempel bilhall

Ett exempel på ett mindre energisystem som använder sig av omfördelning av värme med ett lågtemperatursystem är en bilhall i Eslöv där den huvudsakliga värmekällan är nio stycken värmepumpar. I denna typ av byggnad med stora fönsterytor blir det lätt höga temperaturer i vissa delar av lokalen när solen skiner. För att minska denna olägenhet har man ett golvvärmesystem där pumparna går även när inget värmebehov föreligger. På så sätt omfördelas värme aktivt från delar av lokalen med övertemperaturer till resten av lokalen. Man utnyttjar på så sätt den stora betongplattans värmetröghet för att lagra energi. Detta sker genom att värmesystemet utnyttjar värmepumparna, solinstrålning och omfördelning av temperaturer i byggnaden. Detta fungerar då man har en aktiv lagring i materialet som klarar av att omfördela energin i systemet på ett effektivt sätt. Den totala energiförbrukningen under ett år för uppvärmning av tvätthall, bilhall och kontor var senaste året 17 kWh/m². Detta trots att det totala U-värde på bilhallen har beräknats till 0,32 W/m²K (passivhus ligger runt 0,12 W/m²K). Inomhuskrav på temperatur var 21 °C på kontor och 18 °C i bilhall.

Utnyttja värmetröga material både i stommen och i klimatskalet

I en byggnad är det viktigt att se helheten kopplad till ägarnas, brukarens och samhällets krav både avseende den specifika byggnaden och dess relation till omgivningen. Energimässigt är detta en komplex situation som inte bara inkluderar byggnadsfysik och arkitektur utan även frågor som installationer, värme- och kylsystem, energilagring, installerad effekt samt energiproduktion. LTH driver därför ihop med SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, LTU, Cementa och MKB Fastighets AB i Malmö nu ett Cerbof-finansierat projekt där vi försöker beakta och involvera alla dessa kompetenser. Som en del i



Bilhall i Eslöv där man utnyttjar den termiska trögheten i golvet kombinerat med lågtemperatursystem.

detta har vi delat upp energibalansen i en del kopplad till den inre stommen, det vill säga den del som beskrivits tidigare i artikeln som passiv och aktiv värmelagring, och en del kopplad till klimatskalet.

Klimatskalet är intressant eftersom dygnsvariationer och väderförhållande är olika på olika delar av en byggnadskonstruktion, jämför till exempel temperaturbelastningen för en grundläggning med en solbelyst fasad och ett tak, inser man att dessa delar har helt olika temperaturlaster med tillhörande olika inverkan på inomhustemperaturen. I projektet studerar vi till exempel hur man effektivare

kan utnyttja den passiva lagringen i stomme och klimatskal genom att anpassa byggnadsmaterial och konstruktionen i förhållande till klimat och väderstreck. Är det till exempel optimalt ur denna aspekt för en sydfasad att ha betongen ytterst, innerst, både och eller enbart mitt i konstruktionen? Genom detta upplägg hoppas vi att i vårt gemensamma projekt kunna optimera värmelagringen i byggnadskonstruktioner.

Av de material som används i byggnader är det framförallt betong som är av intresse för värmelagring, och det är av intresse att se om dess termiska egenskaper

kan förbättras. Om vi använder magnetit (järnmalm) som ballast får vi en bättre värmeledare och en bättre värmelagrare. Om vi istället tillsätter grafit i betongen skulle vi istället få bättre värmeledning, men lägre värmekapacitet.

Det redovisade Cerbof-projektet innefattar både ny- och ombyggnad. Speciellt har vi dock tillsammans med MKB ett samarbete där vi planerar att vid en ombyggnad undersöka om man kan utnyttja värmetröga konstruktioner för att sänka energiförbrukningen och förbättra inommiljön. ■

Referenser

- [1]. Peck, M., Stark, *dauerhaft, energieffizient – zukunftsfähiges Bauen mit Beton*. Detail, 2010. 50(1-2): s. 64–70.
- [2]. *Storbritannien, Thermal mass for housing*, The Concrete Centre publication.
- [3]. Olsson Ingvarson, L.C. & S. Werner. *Building mass used as short term heat storage*. The 11th International Symposium on District Heating and Cooling, . 2008. Reykjavik, Iceland.
- [4]. Karlsson, J., *Hus utan kabel*, i Examensarbete. 2009, Fysiska institutionen, Lunds universitet, s 81.
- [5]. Hedman, Å., *Snökyla spar energi på Sundsvalls sjukhus*, Fastighetstidningen, nr 10 November. 2009.