



**Energianvändning i studentlägenheter.
Parameterstudie av olika betong- och
driftsegenskaper**

Ulf Ohlsson

Victoria Bonath

Mats Emborg

Avdelningen för byggkonstruktion och -produktion
Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

Energianvändning studentlägenheter - parameterstudie av olika betongegenskaper och driftalternativ

1. Inledning

Ett stabilt inomhusklimat ökar människans välbefinnande och prestationsförmåga. Temperaturer utanför komfortgränserna kan leda till sjukdom, missnöje och förhöjd olycksrisk. Samtidigt är en effektiv energianvändning oundgänglig med tanke på en ekologisk hållbar utveckling.

Värmebalansen i en byggnad bestäms av värmeförluster å ena sidan och värmeförluster samt lagrad värme å andra sidan. Värme tillförs genom personvärme, sol, hushållsel, varmvatten och värmesystem. Värmeförluster uppstår genom transmission, luftläckage, ventilation och spillvatten. Dessa värmeförluster kan minskas genom att öka den lagrade värmen i stommen som kan utnyttjas i kallare perioder så att den erforderliga energitillförseln minskas för att kunna skapa ett gott inomhusklimat. Dessutom är det energieffektivare att lagra värmen istället för att kyla bort värmen.

I det följande studeras energibehovet i en studentlägenhet med olika typer av stomme med olika värmelagringsegenskaper. För att se möjligheter att effektivisera ventilationssystemet med hänsyn på inomhusklimatet studeras även några ventilationsdriftfall. Detta eftersom det har visats sig att om ventilationssystemet är anpassat till stommens egenskaper kan energibehovet minskas tydligt.

Energibehovet för sju olika driftfall för ventilationen beräknades för studentlägenheten med en tung stomme. Beräkningar utfördes med programmet VIP-Energy, vilket är optimerat för beräkning av energibehovet för både värme och kyla. Programmet är baserat på en dynamisk beräkningsmodell som beräknar energiflödena timme för timme. Som indata används en fysisk modell av bygganden, vilken kan delas in i olika zoner och lokala klimatdata med en timmarsvärde. De betraktade klimatorter inom den här studien är Malmö och Luleå under året 2008 där information om temperatur, solinstrålning, vind och luftens relativa fuktighet ges.

2. Byggnaden

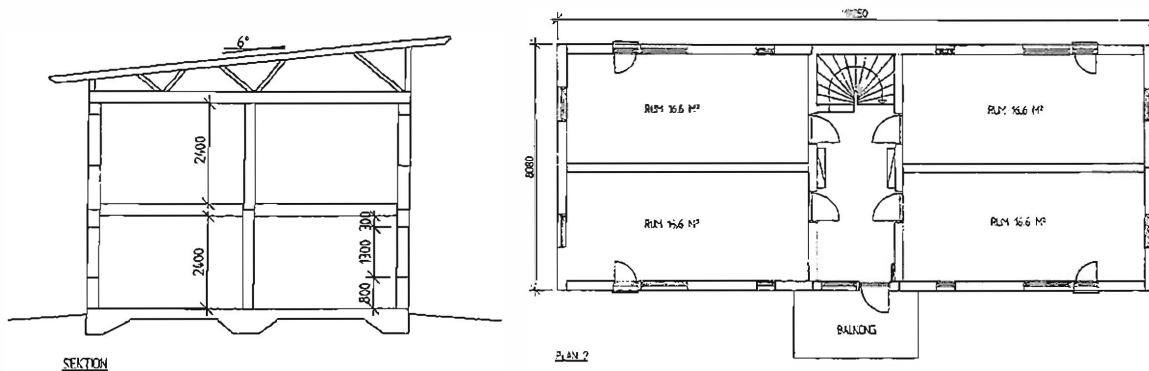
Studentlägenheten ingår i en byggnaden bestående av två våningar och fyra lägenheter på varje våning, se figur 1. Hela byggnaden betraktas inledningsvis som en klimatzon. I en annan del av studien utförs en flerzonsberäkning, se kapitel 6. Tre stommar med olika materialegenskaper användes för beräkningarna, se tabell 1 och 2. Stomalternativen är i viss mån fiktiva men kan åstadkommas idag med lättbyggnadsteknik, vanlig betonglösning respektive med en lösning bestående av tung betong.

Tabell 1. Data för varje studentlägenhet för fall lätt, normal respektive tung stomme.

Byggdela	Area [m ²]	U-Värde (Lätt stomme) [W/(m ² ,K)]	U-Värde (Normal stomme) [W/(m ² ,K)]	U-Värde (Tung stomme) [W/(m ² ,K)]
Tak (160 mm btg, 400 mm min.ull)	155,5	0,097	0,097	0,097
Ytterväggar (150 mm btg, 200 min.ull, 70 mm btg)	234,1	0,201	0,201	0,202
Innerväggar (200 mm btg)	287	3,476	3,476	4
Mellanbjälklag (160 mm btg)	311	0,738	0,738	0,755
Fönster	50	1	1	1
Grundplatta (100 mm btg, 200 mm cellplast)	155,5	0,142	0,142	0,142

Tabell 2. Stommaterial: värmeledning, densitet och värmekapacitet för olika stomalternativ.

Stommar	Värmeledningstal [W/(m,K)]	Densitet [kg/m ³]	Värmekapacitet [Ws/(kg,K)]
Lättstomme	1700	2300	80
Normalstomme	1700	2300	800
Tungstomme	2500	4000	830



Figur 1. Studerad byggnad med fyra studentlägenheter per våning.

3. Driftfall för Ventilationssystemet

För ventilationssystemet i byggnaden används ett ventilationsaggregat som styrs av fastlagda drifttider för hela veckan. Ventilationssystemet fungerar som ett från- och tilluftssystem, där tilluftsflöden är lika stora som frånluftsflöden. Fläkttrycket för frånluft är 500 Pa och för tilluft 600 Pa. Fläktverkningsgraden som anger uträttad fläkt arbete i förhållande till förbrukad elenergi, antas vara 70 %. Vidare antas verkningsgraden för återvinningen av energiinnehållet i frånluften ha ett konstant värde av 80 %. Den lägsta tillåtna inblåsningstemperatur för tilluft bestäms till 20°C.

3.1. Driftfall för Ventilationssystemet

I beräkningarna studeras sju variationer enligt tabell 3. I beräkningsfall 1 till 3 har från- och tilluftsflöden för den tidsstyrda ventilationen ett konstant värde året och dygnet runt. I beräkningsfall 1 är flöden satt till 0,35 l/(s,m²) som motsvarar det minsta föreskrivna värdet för ventilationsflödet. I beräkningsfall 2 dubblas flödet till 0,7 l/(s,m²). Beräkningsfall 3 har samma från- och tilluftsflöden som fall 1, men verkningsgraden för energiåtervinning sätts här till noll. Detta för att studera inverkan under sommarmånaderna där förvärmning av tilluften inte är önskvärd.

I beräkningsfallen fyra och fem ökas ventilationsflödena under sommartiden till 0,7 l/(s,m²), under det att under vintermånader körs ventilationen på en minimal nivå av 0,35 l/(s,m²), se tabell 3. Fall fem skiljer sig från fyra genom att under sommaren endast under natten används ett ökat ventilationsflöde. Detta för att slippa höga yttemperaturer dagtid. Efter att beräkningar för fall 4 utfördes, modifierades detta fall genom att ställa in dubbelt ventilationsflöde under den tidsperioden då inomhustemperaturen överskrider 24°C.

I det sista beräkningsfallet (nr 6) kopplades ett temperaturstyrt ventilationssystem med passiv forcering till den tidsstyrda ventilationen. Detta innebär att det totala ventilationsflödet ökas till ett angivet värde om rumstemperaturen överstiger en viss gräns. Ingen värme eller kyla tillförs till det forcerade luftflödet vid passiv forcering. För att passiv forcering aktiveras ska rumstemperaturen vara minst 24°C och temperaturdifferensen mellan tilluft och rumsluft ska vara större än 5°C. Tilluftstemperaturen bestäms av både yttemperatur och temperaturhöjningen i tilluftsfläkten. Den tidsstyrda ventilationen motsvarar driftfall 1. Här sker även en variation av tillgänglig effekt där alternativen obegränsad effekt studeras i jämförelse med begränsad effekt så att $T_{inne} > 18$ °C under den kallaste vinterperioden, se avsnitt 4.1.

3.2. Resultat

Med hjälp av VIP- Energy beräknas temperaturer, energiförbrukningen för kylning samt för uppvärmning av huset under året. Figur 2 och 3 visar exempel på rumstemperaturer för fall 1 i jämförelse med fall 3 respektive i jämförelse med fall 6. Tydliga skillnader i temperaturer kan observeras.

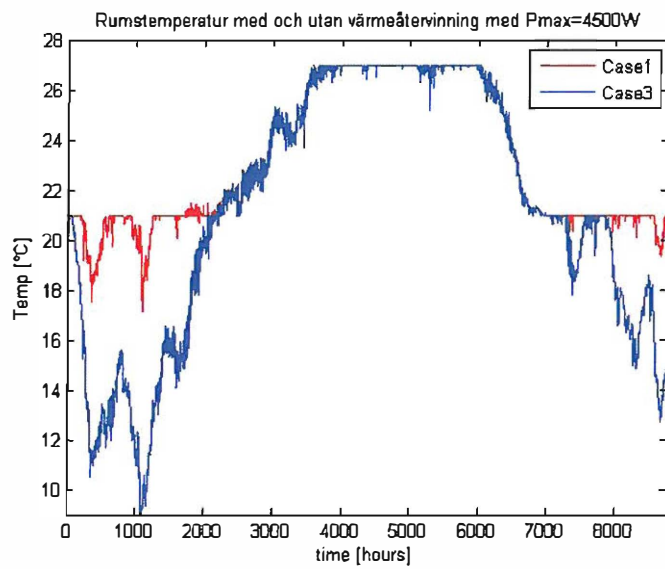
Tabell 3 ger även en sammanställning av uppvärmnings- och kylbehov för de olika driftfallen under ett år. Det lägsta behovet av värmeförsel erhålls från beräkningsfall 1, där ventilationsflödet är minst. Däremot är kylbehovet störst för detta fall för att hålla rumstemperaturen under 27°C (som visas i figur 1).

Återvinningen av energiinnehållet i frånluften har stor betydelse i kalla perioder vilket studerades i fall 3. Under sommarmånaderna är det inte önskvärt att värma upp tilluftsflödet men nackdelen är att den tillgängliga begränsade effekten inte är tillräcklig för att hålla temperaturen inom komfortgränserna under vintermånaderna, se figur 2. Uppvärmningsbehovet fördubblas därför. Skillnaden under nedkylningstiden är försumbar dvs värmeåtervinningen har inte någon särskild negativ effekt på inomhusklimatet.

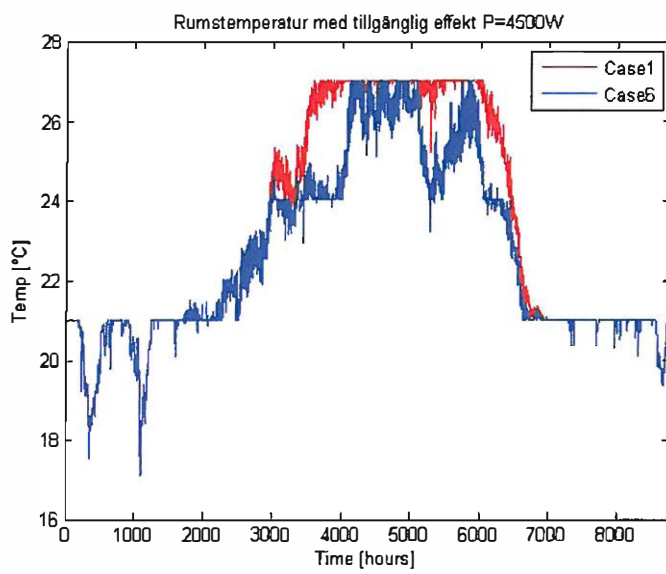
För beräkningsfall 6, där det tas hänsyn till både ventilationsbehovet enligt inomhustemperatur och temperaturskillnaden mellan tilluft och inomhusklimat, är kylbehovet tydlig lägre än i de andra fallen. Figur 3 visar att tidsperioderna där rumstemperaturen når 27°C är betydligt kortare än med endast tidsstyrd ventilation så att inomhusklimatet utmärker sig med en mycket högre komfort under sommaren. Med denna utformning av ventilationssystem undviks att släppa in för varmt luft i byggnaden. Ett lite högre uppvärmningsbehov i fall 6 kan förklaras genom att mer värme lagras i fall 1 i den tunga stommen, som kan nyttas lite längre in på hösten.

Tabell 3. Beräkningsfall och energibehov för kylning och värmeförsörjning.

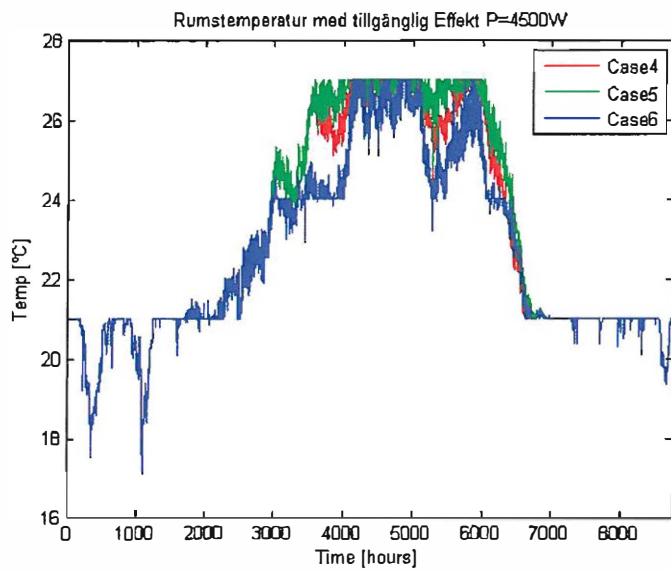
Fall	Varians	Kylbehov [kWh]	Värmeförsörjning [kWh]
Fall 1	från- och tillflöde 0,35 l/(s,m ²)	2252,8	12266,1
Fall 2	från- och tillflöde 0,7 l/(s,m ²)	629,8	14677,2
Fall 3	enligt fall 1, ingen värmeåtervinning	2252,7	23867,1
Fall 4	sommar 0,7 l/(s,m ²) cinter 0,35 l/(s,m ²)	646,3	12338,3
Fall 4mod	se 4: dubbel vent vid T över 24 °C	630,2	12317,4
Fall 5	se 4: Endast ökning nattvent. sommaren	1672,6	12288,6
Fall 6	temp.styrn (T _{in} > 24 °C, T _{in} -T _{ut} > 5 °C)	259,7	12318,1



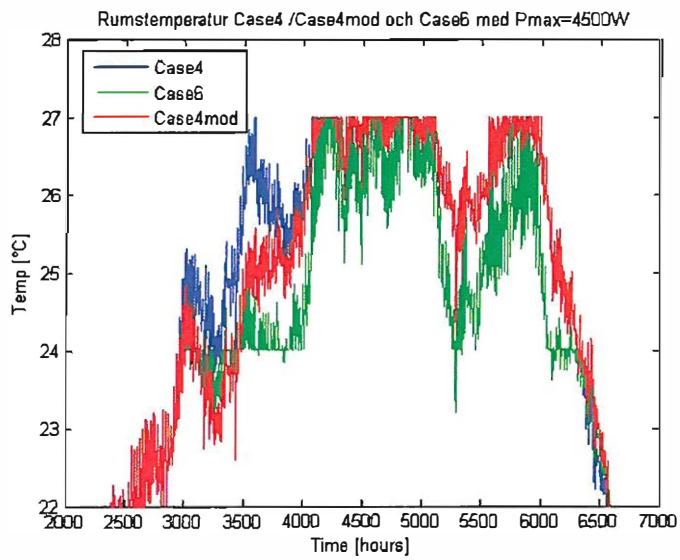
Figur 2. Rumstemperatur för driftfall 1 och 3 under ett år



Figur 3. Rumstemperatur för driftfall 1 och 6 under ett år



Figur 4. Rumstemperatur för driftfall 4, 5 och 6 under ett år

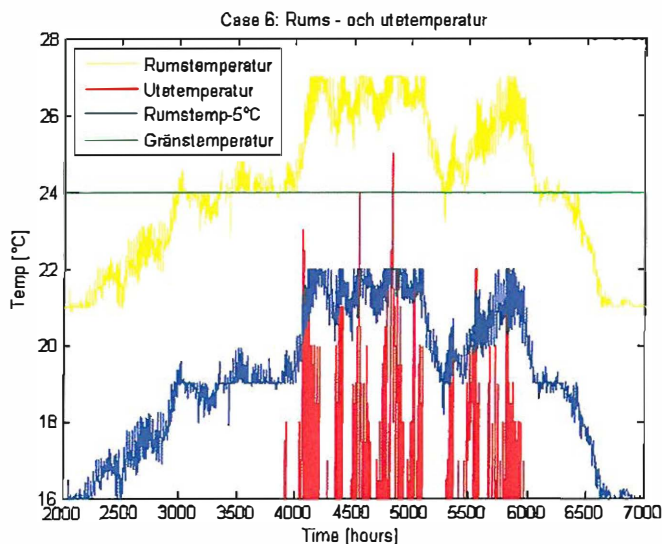


Figur 5. Rumstemperatur för driftfall 4, 6 och modifierat 4 under ett år

En ökad nattventilation kan vara fördelaktig så att byggnaden kan kylas ner med en kallare uteluft, se figur 4. Värmen kan dras ur av stommen. I jämförelse med fall 1 kan kylbehovet minska tydligt för fall 4. Dessutom visar beräkningsfallet, där ventilationen således har ökat både dag- och nattid under hela sommaren, på ett mycket bättre inomhusklimat. Det innebär att tilluftens temperatur oftast är lägre än frånluftens temperatur, så att inga negativa ventilationseffekter uppstår i det valda klimatet.

I beräkningsfall 4 uppträder de första höga inomhustemperaturer redan från timme 3000 och håller i sig till timme 6300, se figur 5. Därför modifieras detta beräkningsfall så att ventilationen ökas istället under den nämnda tidsramen. Timme 6300 motsvarar värdet där inomhustemperaturen sjunker till 24°C. En ytterligare ökad ventilation därefter skulle leda till att den lagrade värmen i stommen kyls bort istället för att utnyttjas för att hålla ett bra inomhusklimat under hösten. Detta visar sig vara rimligt för att uppvärmningsbehovet är mindre i det modifierade fallet. Det observeras vidare från figur 5 att rumstemperaturen sjunker snabbare från och med timme 6300 utan modifiering.

I figur 6 visas inomhusklimatet mellan timmarna 2000 och 7000. För att den tidsstyrda ventilationen ska sättas igång är det flera krav som ska uppfyllas enligt tidigare. Mellan timmar 2900 och 6300 överskrids den valda gränstemperaturen nästan hela tiden. Det innebär att ventilationen ökar under samma tid. Dock finns det fler tillfällen där tilluften inte kan infria en minimal temperaturdifferens av 5°C med hänsyn till rumstemperaturen. Därmed undviks ytterligare en onödig uppvärmning.

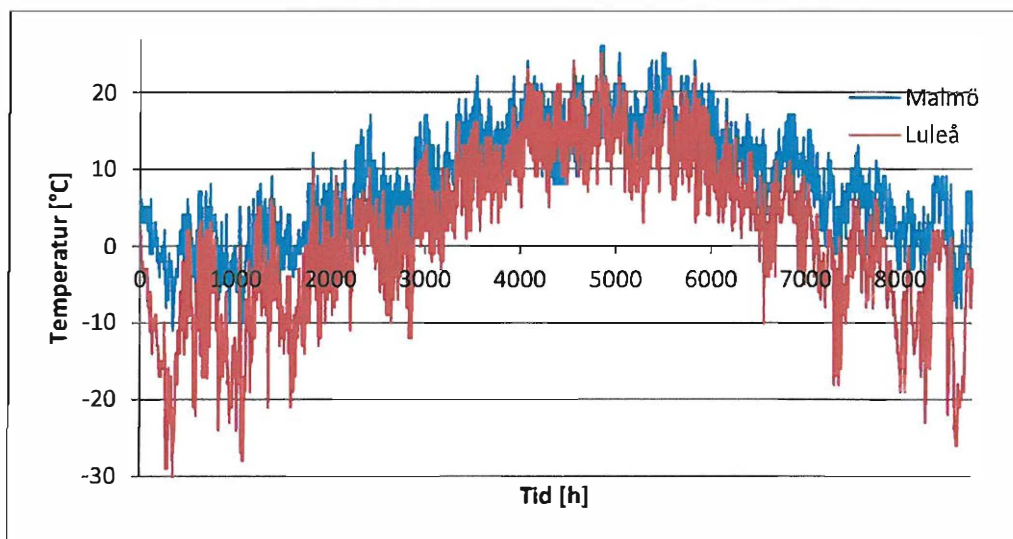


Figur 6. Rumstemperaturer och andra relevanta temperaturer för igångsättning av den temperaturstyrda ventilationen. Driftfall 6 under ett år.

4. Betongegenskapernas påverkan på inomhusklimat

Det är känt att en tung betongstomme ger bättre möjligheter till att lagra energi som kan avges senare när det finns ett energibehov istället för kyla bort energin i onödan. Dessutom reagerar en tung stomme med större tidsfördröjning på förändringar i utomhusklimatet jämför med en lätt stomme. Det innebär att effektbehovet för att kompensera för både en yttre temperaturhöjning och en temperatursänkning kan vara lägre.

Således har i projektet studerats den effekt och energi som fordras för att hålla rumstemperaturen mellan 18 °C och 27 °C, resp. 21 °C och 27 °C för de tre stommarna enligt tidigare samt för två olika klimatorter. Klimatorterna är Luleå, med långa kalla vintrar och moderata sommartemperaturer, och Malmö, med milda vintrar och lång ihållande värmeperioder, se figur 7. Betongens egenskaper visas i tabell 1 och 2 där U-värdena för lätt – och normalstommen är desamma medan värmekapaciteten är tio gånger högre i normalstommen och ytterligare något högre för den tunga stommen som i sin tur utmärkt med en betydligt högre densitet jämfört med de övriga stomalternativen. Beräkningarna utfördes med ovan nämnda driftsfall 6 och frekvensen av hur ofta effektbehovet uppträder togs fram liksom energianvändningsbehovet.



Figur 7. Lufttemperaturer för valda klimatorter under en 10 års period enligt SMHI.

4.1. Parameterstudie av olika betongstomme i kallt klimat

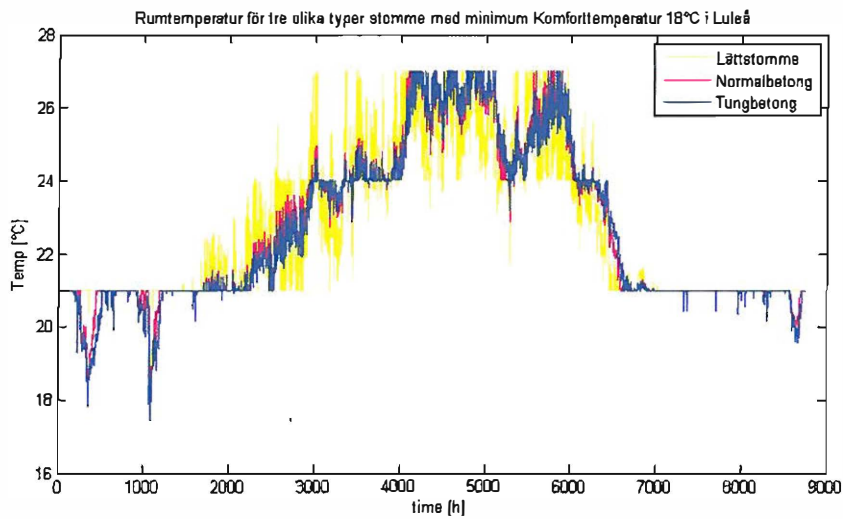
Tillåter man att innetemperaturen sjunker till 18 °C i vinterperioderna fås olika erforderliga effekter för de olika stommarna, se tabell 6. Den lätta stommen kräver en maximal effekt av 8500 W medan den tunga stommen klarar sig med 4700 W. Samtidigt är kyl- och uppvärmningsbehovet mycket lägre med den tunga stommen.

Det lägre energibehovet förklaras logiskt att den tunga stommen utnyttjar den tillförda energin på ett effektivare sätt genom sin värmetröghet så att den reagerar långsammare på förändringar i utomhustemperaturen. Om den tillgängliga effekten är större än nödvändigt kan energibehovet följaktligen öka genom att samtidigt mer energi används än det krävs. Detta syns när effekten antas obegränsad. Då använder sig alla tre stommar av nästan samma maximala effekt. Den största effektökningen med obegränsad effekt fås med den tunga stommen, se tabell 4. Här sker även den största ökningen i energibehov vilket tyder på att mer energi används än den som verkligen behövs för att hålla rumstemperaturen på minst 21°C. I figur 8 observeras även att amplituden av temperatursvängningarna under kortare tidsperioder är mindre för den tunga stommen med högre värmekapacitet så att rumsklimatet blir jämnare. Både uppvärmning och nedkyllning krävs för den lätta stommen in till slut av maj dvs under en längre period än övriga stomalternativ.

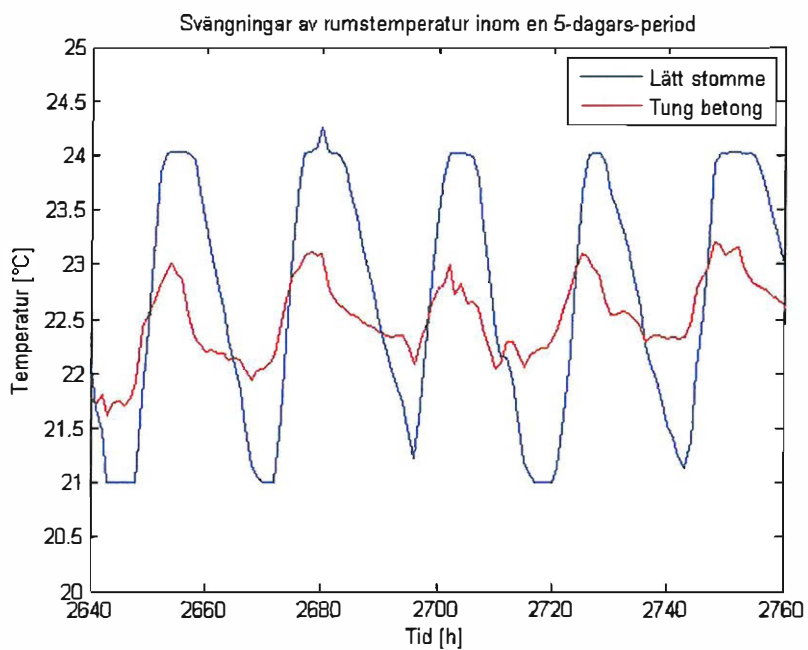
Figur 9 visar exempel på temperaturer för Luleåfallet med begränsat effektuttag där det tydligt observeras större svängningar i rumstemperatur för den lätta stommen i jämförelse med det tunga alternativet.

Tabell 4. Erforderligt effektbehov och energibehov för olika stommar belägna i Luleå

Typ	Med begränsad effekt och tillåten minimum temperatur av 18°C			Med obegränsad effekt och tillåten minimum temperatur av 21°C		
	Erforderlig Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]	Erforderlig Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Lätt stomme	8500	985	12867	12620	985	12886
Normal stomme	5300	382	12516	12458	382	12660
Tung stomme	4700	260	12388	12309	260	12632



Figur 8. Rumtemperatur för olika stommar belägna i Luleå med begränsad effekt, fall 6 enligt tabell 3.



Figur 9. Rumtemperatur för olika stommar belägna i Luleå under en 5-dagarsperiod. Begränsad effekt, fall 6 enligt tabell 3.

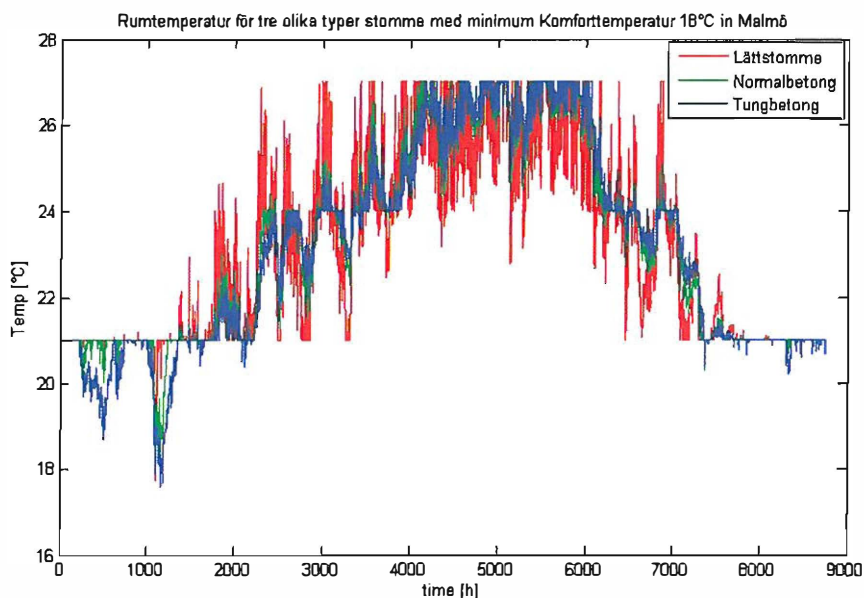
4.2. Parameterstudie av olika betongstomme i moderat klimat

Samma fenomen beträffande energi- och effektbehov inträffar även för det varmare klimatet i Malmö, se tabell 5 och figur 10. Effektbehovet är totalt sett lägre än i Luleå genom att temperaturextremer i vintern är mycket lägre. Däremot är temperatursvängningarna av inomhustemperaturer större, vilket gynnar tunga stommar framför allt under våren och höst som utsträcker sig över en längre tidsperiod i Malmö.

Tabell 5. Erforderligt effektbehov och energibehov för olika stommar belägna i Malmö

Typ	Med begränsad effekt och tillåten minimum temperatur av 18°C			Med obegränsad effekt och tillåten minimum temperatur av 21°C		
	Erforderl. effekt [W]	Kylbehov [kWh]	Uppvärmings behov[kWh]	Erforderl. effekt [W]	Kylbehov [kWh]	Uppvärmings behov[kWh]
Lätt stomme	5500	1403	6365	9192	1403	6391
Normal stomme	3500	722	5915	9148	722	6023
Tung stomme	2500	621	5641	9117	620	5955

Normalstommen och den tunga stommen har enligt tidigare båda ca tio gånger högre värmekapacitet än den lätta stommen vilket följaktligen ger ett bättre utnyttjande av den befintliga energin och ett samt ett stabilare inomhusklimat. Annars förhåller sig dessa båda stommarna sig ganska lika till varandra med hänsyn till variationer i inomhustemperaturen. Skillnaderna jämfört med lättstommen är dock tydliga.



Figur 10. Rumstemperatur för olika stommar belägna i Malmö med begränsad effekt, fall 6 enligt tabell 3.

5. Modifierad person- och processenergi

En viktig energikälla i värmebalansen är person- och processenergin, som frigörs genom personvärme och hushållsel. Hittills antogs denna energi vara konstant dygnet runt, men i realiteten finns även här stora variationer. I det följande antas processenergin högre under dagtid än under nattiden. Värmetillförseln blir därmed ännu högre under dagtid, se tabell 6. Denna ogynnsammare fördelning av processenergin påverkar mest den lätta stommen där speciellt kylbehovet ökar, se tabell 7. Både kyl- och uppvärmningsbehovet ökas tydlig mer jämfört med den lätta stommen.

Tabell 6. Indata för processenergi och personvärme till beräkningar

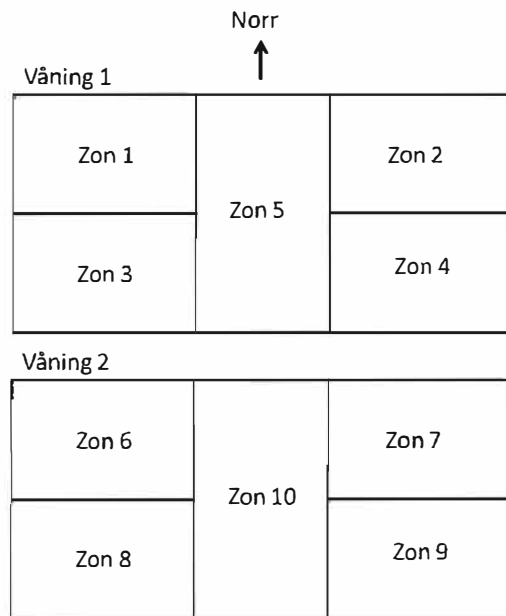
	Verksamhetsenergi		Personvärme	
	Till Rumsluft	Extern		
Dagtid (12.00–24.00)	3 W/m ²	300 W/lgh	3 W/m ²	1,5 W/m ²
Nattid (00.00-12.00)	1 W/m ²	100 W/lgh	1 W/m ²	0,5 W/m ²

Tabell 7. Energiförbehov för en lättstomme och en tungstomme med jämnt och anpassad värmetillförsel genom verksamhet

Typ	Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Lättstomme	8500	985	12867
Lättstomme, processenergi	8500	1222	13088
Tungbetong	4700	260	12388
Tungbetong, processenergi	4700	375	12400

6. Zonberäkning

Effekter av indelning i olika zoner av huset enligt figur 10 studerades för stomalternativet normalfall och tung stomme. Data för de olika zonerna ges i bilaga 1.

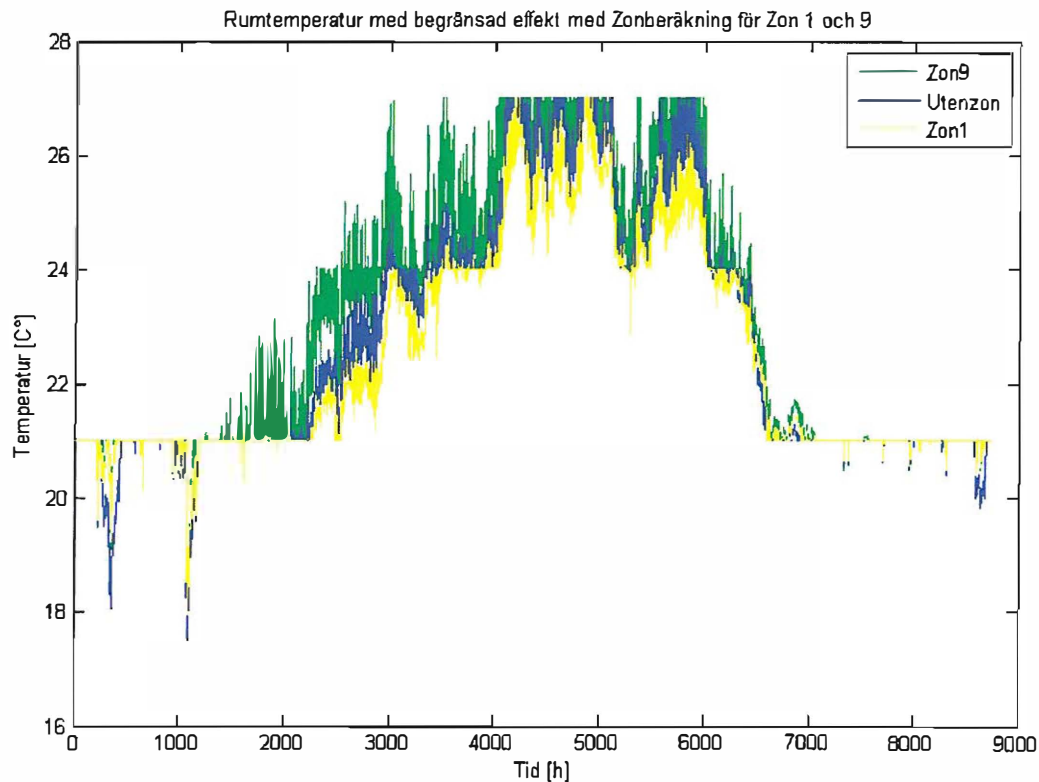


Figur 10. Zonindelning

6.1 Beräkningsfall

För normalbetongstommen gjordes zonberäkningar med både begränsad (5300W, fördelad efter rumsvolym) och obegränsad effekt (satt till 53000W). Kylbehovet är lika stort, medan uppvärmningsbehovet är lite högre med obegränsad effekt, se tabell 8. Detta beror på att rumstemperaturen aldrig underskrider 21 grader med obegränsad effekt. Ytterligare utvärdering gjordes med resultat från beräkningar med begränsad effekt för att kunna jämföra med tidigare beräkningar utan zonindelning.

Rumstemperaturen med begränsad effekt visas i figur 11 i jämförelse med rumstemperaturen utan zonberäkning. Man kan tydligt se temperaturskillnaden mellan zon 1 och zon 9. Zon 9 är riktad mot söder och befinner sig i andra våningen av byggnaden. En mycket större solinstrålning leder till ett helt annat rumsklimat än i zon 1 som motsvarar lägenheten i bottenvåningen mot norr.



Figur 11 Rumstemperatur, begränsad effekt, fall 6, zonberäkning , zon 1 och 9 i jämförelse med beräkning utan zonindelning. Normal betongstomme

Tabell 8. Effektbehov, kylbehov och uppvärmningsbehov zonberäkning, normalbetong

Fall	Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Begränsad effekt	5300	572	10930
Obegränsad effekt	53000	572	10986
Utan zon	5300	382	12516

Tabell 9. Effektbehov, kylbehov och uppvärmningsbehov zonberäkning, normalbetong

Fall	Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Zon 1	560,7	1,92	1204
Zon 9	560,7	191,9	1029

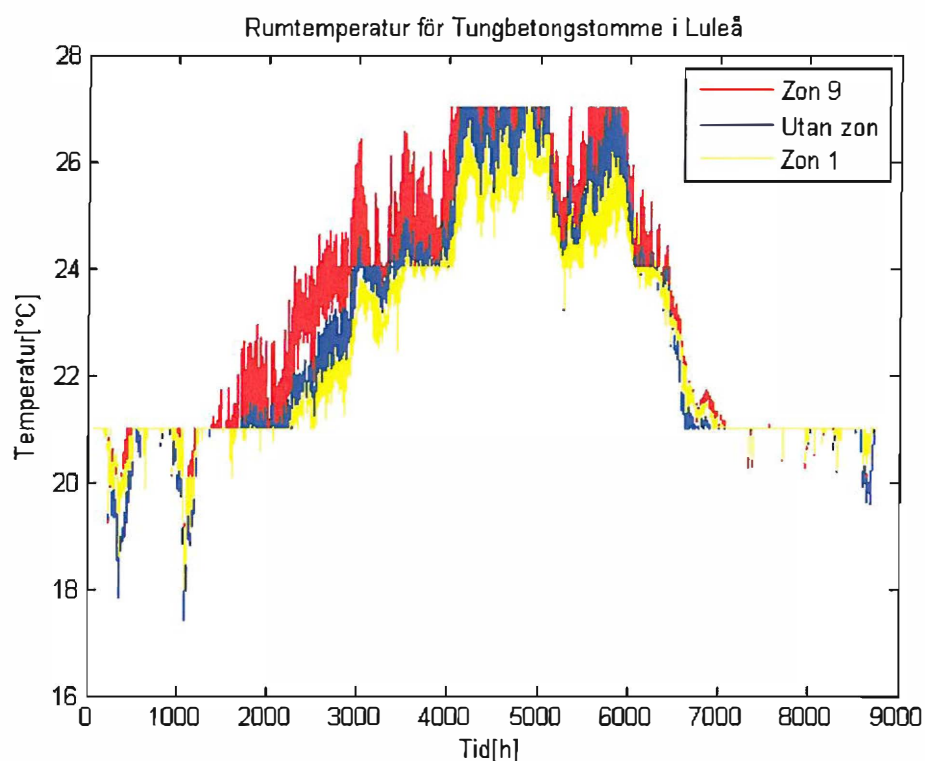
Zonberäkningar för tung betong gjordes med begränsad effekt på totalt 4700 W. Effekten fördelades på de olika zonerna enligt rumsvolym. Resultat visas i figur 12, tabell 10 och tabell 11. Även med zonberäkningar för tungbetong kan man tydlig se att det finns stora skillnader av inomhustemperaturen beroende på var rummet ligger. Ett mycket större kylbehov i zon 9 visar att solstrålningen har en stor påverkan på rumsklimat. Skillnaden på uppvärmningsbehov är inte lika stor.

Tabell 10. Effektbehov, kylbehov och uppvärmningsbehov zonberäkning, tung betong.

Fall	Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Begränsad effekt	4700	431	10821
Utan zon	4700	260	12387

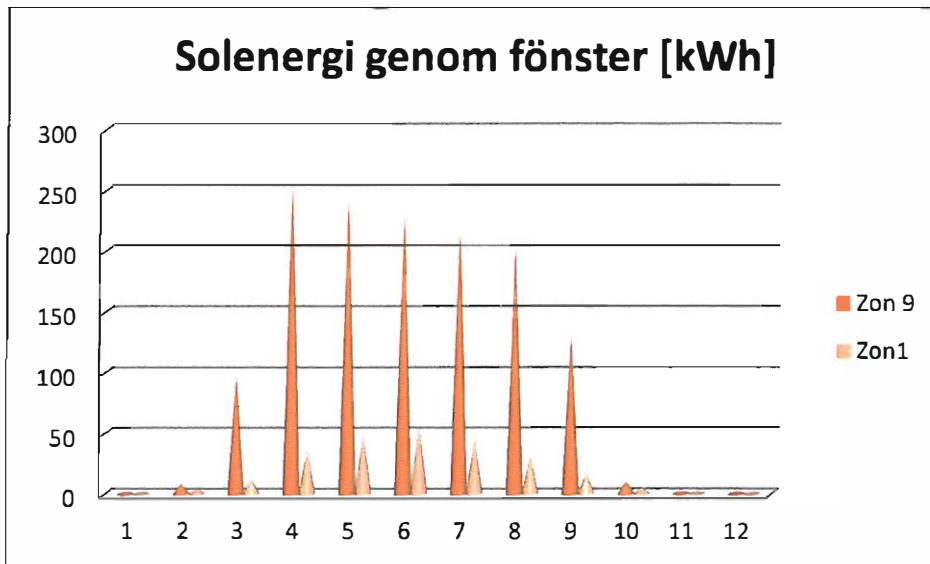
Tabell 11. Effektbehov, kylbehov och uppvärmningsbehov zonberäkning, tung betong.

Fall	Effekt [W]	Kylbehov[kWh]	Uppvärmningsbehov[kWh]
Zon1	476	0,14	1193
Zon9	476	161	1018



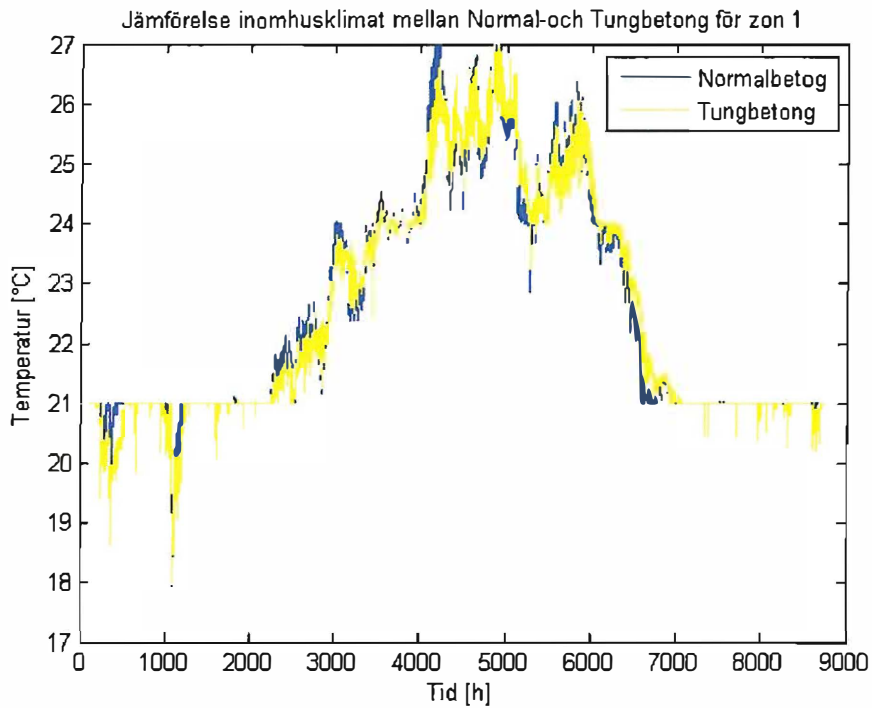
Figur 12 Rumstemperatur, begränsad effekt, fall 6, zonberäkning, zon 1 och 9 i jämförelse med beräkning utan zonindelning. Tung betongstomme.

Optimeringar borde kunna göras genom en solskydd. Skillnaden av solstrålning genom fönster visas i diagram figur 13. Det utreddes om solstrålningen i Malmö till exempel kunde reducera uppvärmningsbehovet mycket under vintrarna.

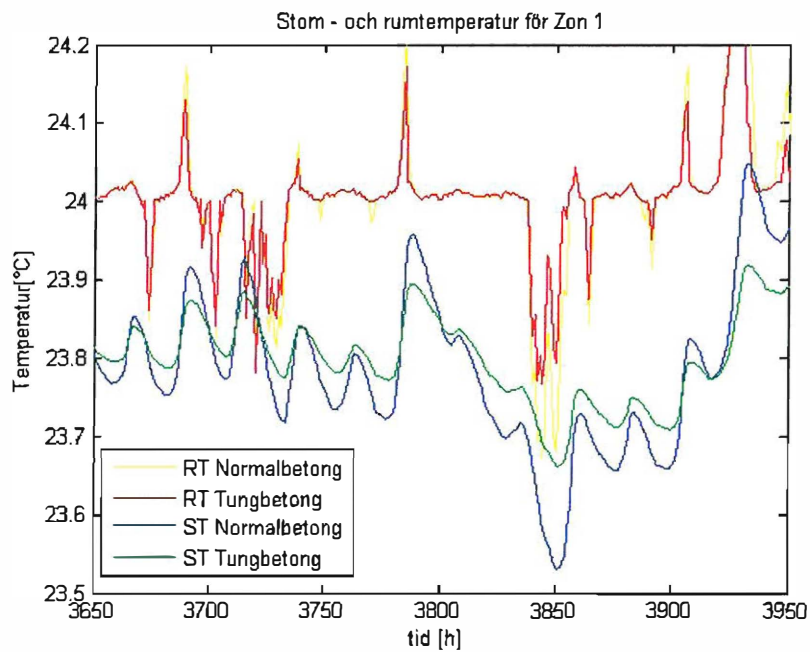


Figur 13. Solenergi genom fönster för zon 1 och 9, Malmöklimat.

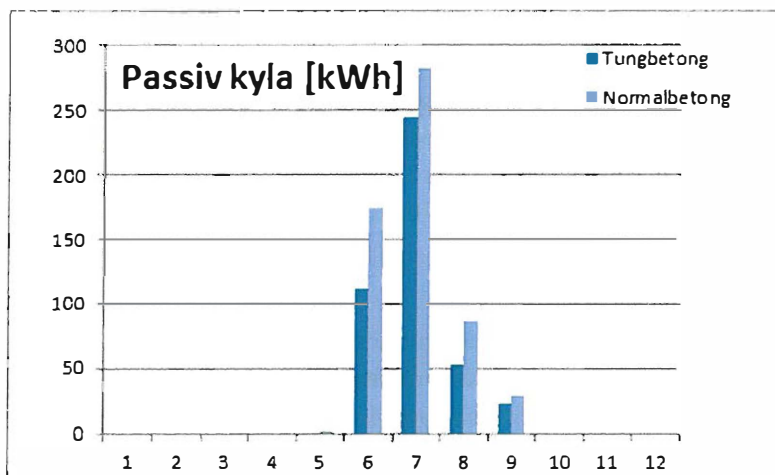
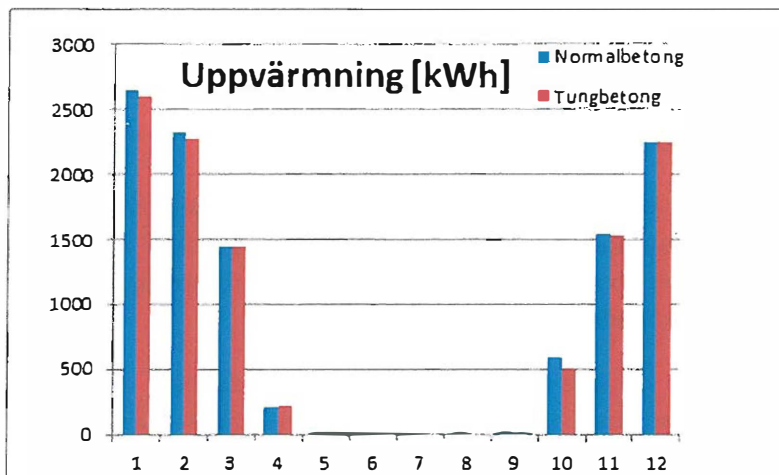
För både zon 1, zon9 och totalt visar sig tungbetong lite mer fördelaktig jämfört med normalbetong om energi tas in från solen, se tabell 12. En lägre energiförbrukning med tungbetong visas mest tydlig under hösten där man kan nytta av tungbetongens positiva värmelagring, se figur 14. I april månad däremot är energiförbrukningen lägre med normalbetongstommen. Detta kan bero på att större temperaturfluktuationer utomhus påverkar normalbetongens stomtemperatur snabbare. I ett detaljerat diagram visas att temperatursvängningar i en stomme av tungbetong har mindre amplituder och därmed ett stabilare inomhusklimat, se figur 15.



Figur 14 Rumstemperatur, begränsad effekt, fall 6, zonberäkning, zon 1 för fall med solinstrålning. Tung betongstomme i jämförelse med stomme av normalbetong.



Figur 15 Stom- och rumtemperatur, begränsad effekt, fall 6, zonberäkning, zon 1 för fall med solinstrålning. Tung betongstomme i jämförelse med stomme av normalbetong.



Figur 16. Behov av uppvärmning och kyla, begränsad effekt, fall 6, zonberäkning, zon 1 för fall med solinstrålning. Tung betongstomme i jämförelse med stomme av normalbetong

7. Slutsatser

7.1 Parameterstudie av olika driftfall för ventilation

Med hjälp av ett effektivt ventilationssystem kan energiförlusterna minskas en hel del under kalla perioder och ett extra kylbehov för ett bra inomhusklimat kan reduceras tydlig. Från driftfall 3 framgår att en energiåtervinning från den varma frånluften ger ett tydligt mindre uppvärmningsbehov under kalla perioder och samtidigt inte visar en negativ effekt under nedkylningsperioder.

En ökad ventilation under sommarmånader visar sig i alla ventilationsfallen som fördelaktig. Ventilationsfall 5, som körs med en ökad nattventilation visar mycket bättre värde än fall 1, utan nattventilation. En ytterligare förbättring uppnås genom en generell högre ventilation under hela nedkylningsperioden, om den anpassas till det aktuella utomhusklimatet.

Driftfall 6 har vid en tidsstyrd ventilation även ett temperaturstyrt ventilationssystem. Fördelen är att ventilationen sätts igång när rumstemperaturen överskrider en viss gräns, men samtidigt avbryts den ökade tilluftsflöden när tilluftstemperaturen blir för höga. Energiförbrukningen för nedkylningen av byggnaden minskas med 90 % i driftfall 6, jämfört med fall 1, där ventilationen är kontinuerlig året runt. Ett effektivt styrt ventilationssystem kan vara av stor betydelse för att energieffektivisera byggnader.

7.2 Parameterstudie av olika betongegenskaper

I parameterstudien om olika betongegenskaper jämförs tre olika stomme som varierar i värmeledningstal, densitet och värmekapacitet. Den lägsta maximala effekten, för att hålla rumstemperaturen inom vissa komfortgränser, erhålls tydligt med den tunga stommen. Även variationer i dygnets temperatursvängningar och energibehov är lägst med den tunga stommen. Interna värmelaster som person- och hushållsvärme påverkar den lätta stommen mest med avseende på ökningen i energiförbrukning. Under våren och hösten, när temperatursvängningar är störst under dygnet, är värmelagringsegenskaper och tröghet hos den tunga stommen fördelaktiga vilket ger ett lågt energiutnyttjande.

Bilaga 1 Zonindelning – data

Se figur 10

Zon 1:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	17,8
Yttervägg II	VÄSTER	9,075
Fönster I	NORR	4
Fönster III	VÄSTER	1,425
PPM 1	PPM 0-1m	11,18
PPM2	PPM 1-6m	21,7
Mellanbjälk I		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 2:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	17,8
Yttervägg III	ÖSTER	9,075
Fönster I	NORR	4
Fönster II	ÖSTER	1,425
PPM 1	PPM 0-1m	11,18
PPM2	PPM 1-6m	21,7
Mellanbjälk I		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 3:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg IV	SÖDER	16,445
Yttervägg II	VÄSTER	9,075
Fönster IV	SÖDER	5,125
Fönster III	VÄSTER	1,425
PPM 1	PPM 0-1m	11,18
PPM2	PPM 1-6m	21,7
Mellanbjälk I		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 4:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg IV	SÖDER	16,445
Yttervägg III	ÖSTER	9,075
Fönster IV	SÖDER	5,125
Fönster II	ÖSTER	1,425
PPM 1	PPM 0-1m	11,18
PPM2	PPM 1-6m	21,7
Mellanbjälk I		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 5:

Ventilerad Rumsvolym: 57,415 m³

Golvarea: 23,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	6,86
Yttervägg III	SÖDER	4,76
Dörr	SÖDER	2,1
PPM 1	PPM 0-1m	5,98
PPM2	PPM 1-6m	18,1
Mellanbjälk		23,9
Innerväggar		39,1

Zon 6:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	17,8
Yttervägg II	VÄSTER	9,075
Fönster I	NORR	4
Fönster III	VÄSTER	1,425
Tak		32,9
Mellanbjälk II		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 7:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	17,8
Yttervägg III	ÖSTER	9,075
Fönster I	NORR	4
Fönster II	ÖSTER	1,425
Tak		32,9
Mellanbjälk II		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 8:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg IV	SÖDER	16,445
Yttervägg II	VÄSTER	9,075
Fönster IV	SÖDER	5,125
Fönster III	VÄSTER	1,425
Tak		32,9
Mellanbjälk II		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 9:

Ventilerad Rumsvolym: 78,97 m³

Golvarea: 32,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg IV	SÖDER	16,445
Yttervägg III	ÖSTER	9,075
Fönster IV	SÖDER	5,125
Fönster II	ÖSTER	1,425
Tak		32,9
Mellanbjälk II		32,9
Innerväggar		26,1

Zon 10:

Ventilerad Rumsvolym: 57,415 m³

Golvarea: 23,9 m²

Beskrivning	Orientering	Mängd [m ²]
Yttervägg I	NORR	6,86
Yttervägg III	SÖDER	6,86
Tak		23,9
Mellanbjälk II		23,9
Innerväggar		39,1