

Stommaterialets betydelse för komforten i en byggnad vid ett framtida varmare klimat

Ulf Ohlsson

Victoria Bonath

Mats Emborg

1. Inledning

Forskarna är ense om att dagens klimat kommer att förändras. En global uppvärmning orsakad av mänskliga aktiviteter sker i den närmaste framtiden, IPCC (2007). Olika klimatmodeller förutspår en kontinuerlig uppvärmning fram till år 2100. Dessa förändringar leder inte bara till temperaturökningar utan även till förändringar i nederbörd, solinstrålning och vindförhållanden. Dessa faktorer påverkar i sin tur rumsklimatet i byggnader. Med tanke på ett hållbart samhällsbyggande är det absolut nödvändigt att ta hänsyn till klimatförändringarna, framför allt vid nybyggnationer, men även vid renoveringar av gamla byggnader. För att kunna skapa ett stabilt och komfortabelt inomhusklimat på mest miljövänliga sätt kommer man i framtiden ställa nya krav på byggnader och konstruktionsmaterial.

I detta arbete studeras effekten av klimatförändringar för hus belägna i Luleå och Malmö under perioden 2001 till år 2100. Uppvärmnings – och kylbehovet för en studentlägenhet beräknades med hjälp av beräkningsprogrammet VIP- Energy 1.5.3. Stommaterialets inverkan på inomhusklimatet i nutid och framtid undersöktes genom att i samma byggnad jämföra olika betongtyper med varierande värmeegenskaper. Både energibehov och komfortparameter ingår i utvärderingen. Dessutom kompletteras byggnaden med ett tänkbart solskydd för att studera effekten på rumsklimatet.

2. Klimatscenarier

En prognosmodell används för att förutsäga vädret för en viss plats och tidpunkt. En klimatmodell ska däremot kunna beskriva vädret i medeltal under en längre period och i ett större område. Klimatmodeller är liksom prognosmodellerna tredimensionella matematiska beskrivningar av atmosfären, landytan och haven.

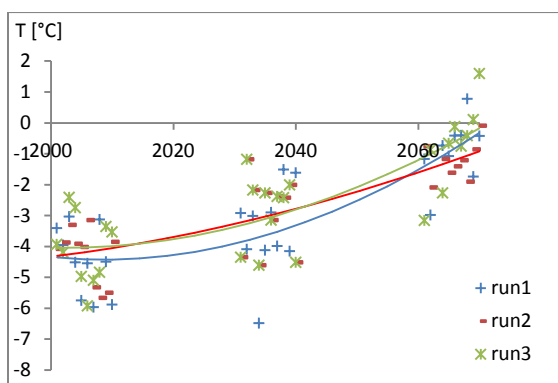
Klimatmodeller representerar fysikaliska processer som har ett globalt samband. Därför är det viktigt att utgå från en global klimatmodell för att kunna skapa en regional klimatmodell. Globala klimatmodeller, som har en låg upplösning, levererar randvillkoren till de mer detaljerade regionala klimatmodellerna. RCA3 är en regional klimatmodell för Europa som skapades av Rosby Centre vid SMHI. Randvillkoren kommer från globalmodellerna ECHAM4 och ECHAM5, Roeckner et al. (2003), från Max-Planck-Institutet för meteorologi i Hamburg.

Klimatförändringar i framtiden beror på av människan skapade effekter som förändrade förhållanden i befolkningen, markanvändningen, teknik, osv. som påverkar utvecklingen för utsläppen av växthusgaser. Beroende på olika möjliga utvecklingar av dessa förhållanden har man tagit fram olika utsläppsscenarier till året 2100.

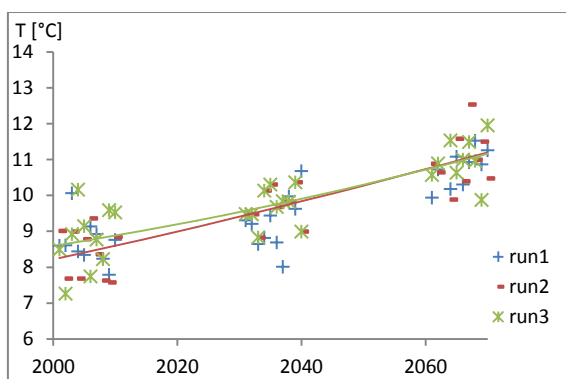
I denna studie används en lokal klimatmodell som bygger på utsläppscenariot A1B, ett av fyra scenarier från IPCC (Intergovernmental Panel on climate change). I detta utsläppsscenario antas en långsam befolkningstillväxt, en snabb global utveckling mot mer effektiva teknologier samt en balanserad användning av fossila bränslen och förnyelsebar energi. A1B ger en framtida temperaturförändring som hamnar mellan de andra tillgängliga utsläppsscenarierna. För detta scenario gjordes tre körningar med den globala klimatmodellen ECHAM5 med olika initialvillkor. RCA3 skalar ned ECHAM5 på en regional upplösning av 49 X 49 km² för tidsperioden 1961-2100. För beräkningarna i VIP-climate användes ett medelvärde från nio beräkningsrutor omkring de valda orterna Luleå och Malmö, där varje beräkningsruta har en storlek av 49 x 49 km². Detta leder till att eventuella lokala effekter jämnas ut.

På grund av att klimatmodeller bygger på antaganden i utsläppsscenarioer och olika randvillkor kan det inte förväntas att den simulerade variationen är i fas med den naturliga variationen. Däremot erhålls bra medelvärde och en representativ karakteristisk variabilitet av klimatet såsom antal kalla och varma vintrar under en längre tidsperiod. Dessutom är det möjligt att realistiskt beräkna utvecklingen av klimatet över längre tid.

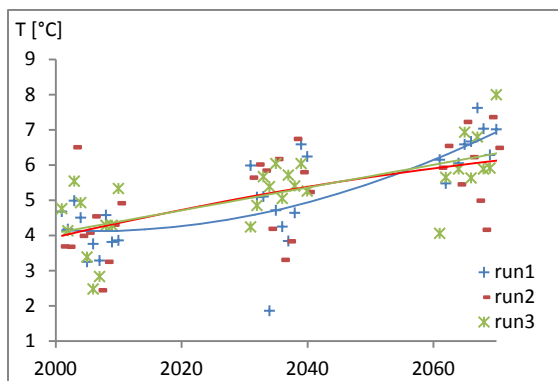
De scenariodata för perioden 2001-2070 som visas i figur 1-4 och i tabell 1 är resultat från tre olika beräkningar med klimatmodellen, run 1,2 och 3. De olika beräkningarna har gjorts med olika initialvillkor och resultaten skiljer sig därför något. Utsläppsscenario A1B har använts i samtliga fall. I figur 1 till figur 4 visas medeltemperaturen under vinter- och sommarperioden i Luleå och Malmö under åren 2001-2010, 2031-2040 och 2061-2070. Tre olika medeltemperaturer erhålls för varje år beroende av vilket initialvillkor som använts. I figurerna visas även en kurvanpassning av de tre olika beräkningarna.



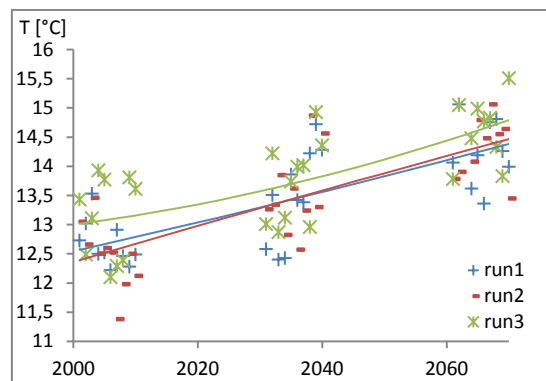
Figur 1 Medeltemperatur för vinterperioden i Luleå



Figur 2 Medeltemperatur för sommarperioden i Luleå



Figur 3 Medeltemperatur för vinterperioden i Malmö



Figur 4 Medeltemperatur för sommarperioden i Malmö

De beräknade medeltemperaturerna för Luleå och Malmö är sammanställda i tabell 1. Temperaturökningen ΔT mellan åren 2000 och 2070 skiljer sig bara lite mellan de tre olika beräkningarna, run 1, 2 och 3, som utförts med olika initialvillkor. I de följande energiberäkningarna används klimatdata från körning två. Därmed antas temperaturökning av $3,03^{\circ}\text{C}$ under vinterperioden och $2,46^{\circ}\text{C}$ under sommarperioden för Luleå. I Malmö är den förväntade temperaturökningen lägre med $1,92^{\circ}\text{C}$ under somrarna och $1,84^{\circ}\text{C}$ i vintern.

Tabell 1 Medeltemperaturer under vinter och sommarperiod för tre beräkningar, run 1,2 och 3, med olika initialvillkor. Den regionala klimatmodellen RCA3 med utsläppsscenario A1B har använts. Vid fortsatta beräkningar av byggnadens energi- och effektbehov används scenariodata från run 2.

	Medeltemperatur för vinterperioden i Luleå			Medeltemperatur för sommarperioden i Luleå		
	run 1	run 2	run 3	run 1	run 2	run 3
2001-2010	-4,47	-4,27	-4,10	8,69	8,39	8,78
2031-2040	-3,48	-2,91	-2,91	9,24	9,69	9,69
2061-2070	-1,13	-1,24	-0,77	10,71	10,85	10,94
ΔT [°C]	3,34	3,03	3,33	2,02	2,46	2,16
	Medeltemperatur för vinterperioden i Malmö			Medeltemperatur i sommar för Malmö		
	run 1	run 2	run 3	run 1	run 2	run 3
2001-2010	4,09	4,13	4,19	12,67	12,48	13,09
2031-2040	4,83	5,27	5,36	13,48	13,54	13,72
2061-2070	6,27	6,05	6,14	14,22	14,32	14,58
ΔT [°C]	2,18	1,92	1,95	1,55	1,84	1,49

Förutom temperatur innehåller beräknade scenariodata från Rossby Centre värden på solinstrålningens effekt, vindhastighet och luftens relativa fuktighet. Värdena redovisas som medelvärden för varje tretimmarsperiod under respektive 10-årsperiod. Vid beräkningar med programmet VIP – Energy där man använder uppmätta timbaserade klimatdata beräknas energibalansen för varje timme. För beräkningar med scenariodata kommer värdena vara konstanta under varje tretimmarsperiod vilket medför att vissa extremvärden kommer att försvinna. Detta leder till en minskad dynamik i beräkningarna. Det är därför svårt att direkt jämföra beräkningar med som är gjorda med uppmätta timbaserade klimatdata med beräkningar gjorda med scenariodata.

3. Energiberäkningar

3.1. Indata för byggnadsdelar

Den studerade byggnaden är en studentlägenhet med två våningar och fyra lägenheter på varje våning. Hela byggnaden betraktas som en klimatzon. Två olika stommar med olika materialegenskaper användes för beräkningarna. Materialet i de två olika stommarna har olika värmekonduktivitet, densitet och specifik värmekapacitet. Värdena simulerar en betongstomme med tung betong (betong med magnetitballast) och en fiktiv lätt stomme med låg värmekapacitet. Termiska data för de olika byggnadsdelarna finns sammanställda i tabell 2 och 3.

Tabell 2 Area och termiska data för olika stomdelar i byggnaden.

Byggdela	Area [m ²]	U-värde för lätt stomme [W/(m ² K)]	U-värde för stomme med tung betong [W/(m ² K)]
Tak	155,5	0,097	0,097
Ytterväggar	234,1	0,201	0,202
Innervägg	287	3,476	4
Mellanbjälklag	311	0,738	0,755
Fönster	50	1,000	1,000
Grundplatta	155,5	0,142	0,142

Tabell 3 Materialegenskaper för olika stomtyper

Stomtyp	Värmeledningstal [W/(m,K)]	Densitet [kg/m ³]	Värmekapacitet [Ws/(kg,K)]
Lätt stomme	1,7	2300	80
Stomme med tung betong	2,5	4000	830

3.2. Indata för installationer och interna laster

Den verksamhetsenergi som tillförs rumsluften antas vara 2 W/m^2 och 200 W/lägenhet under hela dygnet. Dessutom tillförs 1 W/m^2 personvärme i energibalansen. Vid beräkning av värmeförsörjningsbehov och kylbehov tillåts rumstemperaturen att variera mellan 21°C och 27°C . Energibehov för att öka rumstemperaturen till 21°C beräknas. Kylning sker genom s.k. passiv kylning när rumstemperaturen överstiger 27°C . Beräkningsprogrammet räknar då ut hur mycket värmeenergi som skulle behöva bortföras för att minska temperaturen till 27°C . Ventilationsflöden sätts till ett konstant till- och frånluftsflöde av $0,35 \text{ l/(s m}^2\text{)}$. Fläkttrycket för ventilationsaggregatens frånluft är 500 Pa med en fläktverkningsgrad av 70% . Verkningsgraden för återvinning av energiinnehållet i frånluften är 80% .

3.3. Solskydd

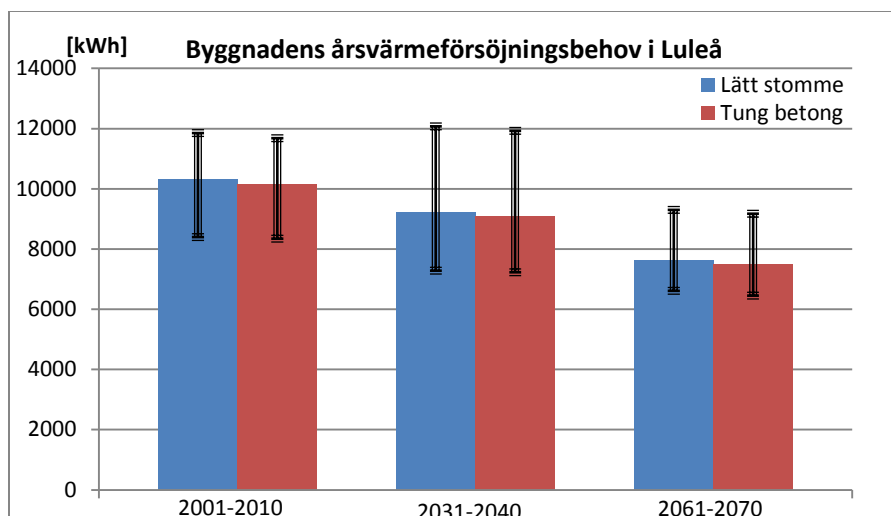
Beräkningar utfördes först utan att ta hänsyn till några solskyddsinstallationer. Eftersom solinstrålning så påtagligt påverkade rumstemperaturen, genomfördes ytterligare beräkningar med rumsreglerade persienner i alla fönster, ett mycket effektivt solskydd. Dessa beräkningar utfördes endast för orten Malmö. Solskyddsfunktionen styrs endast av innetemperaturen och aktiveras när rumstemperaturen överstiger 24°C .

4. Resultat utan solavskärmning

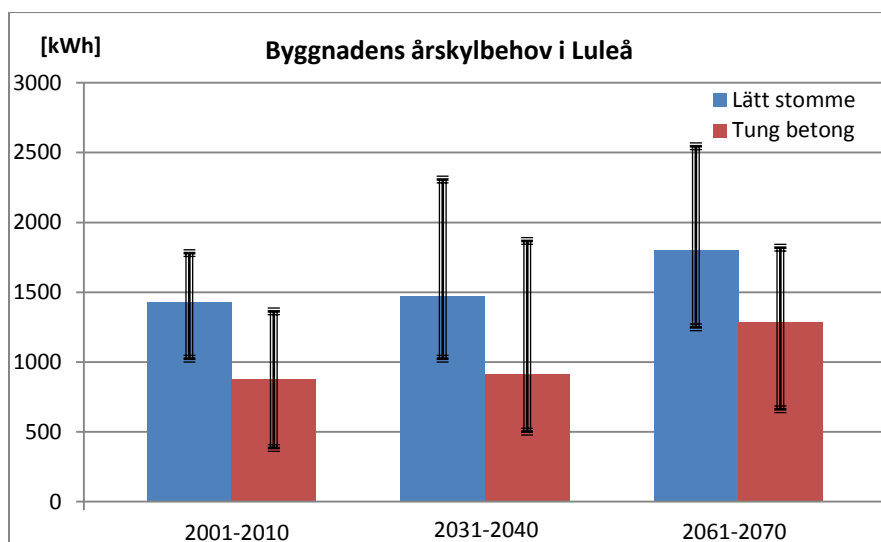
4.1. Kyl – och värmebehov för orterna Luleå och Malmö

Figur 5-8 och tabell 4-5 visar beräknad uppvärmnings- resp. kylbehov för byggnaden under åren 2001-2070. I figur 5-8 har även spridningen mellan kallaste och varmaste år markerats. Beräkningarna visar att uppvärmningsbehovet för den studerade byggnaden kommer att minska i framtiden. För den tunga stommen i Luleå minskar det genomsnittliga värmeförsörjningsbehovet från 10152 kWh/år under perioden 2001-2010 till 7486 kWh/år under perioden 2061-2070. Skillnaderna mellan lätt och tung stomme är inte så stora. Den tunga stommen får ett något lägre värmeförsörjningsbehov. Värt att notera är att både värme- och kylbehov varierar mycket mellan de enskilda åren. Vissa år under perioden 2061-2070 kan byggnaden ha ett högre värmebehov än det genomsnittliga värmebehovet under åren 2001-2010.

Det varmare klimatet i framtiden medför även att kylbehovet för den studerade byggnaden kommer att öka. När byggnaden är placerad i Malmö ökar det genomsnittliga kylbehovet från 2013 kWh/år under perioden 2001-2010 till 3078 kWh/år under perioden 2061-2070. Skillnaderna mellan lätt och tung stomme är signifikanta. Den tunga stommen får ett lägre kylbehov än den lätta stommen. Skillnaden är ca 500 kWh/år till den tunga stommens fördel. Detta medför att den tunga stommen senarelägger konsekvenserna av ökat kylbehov.



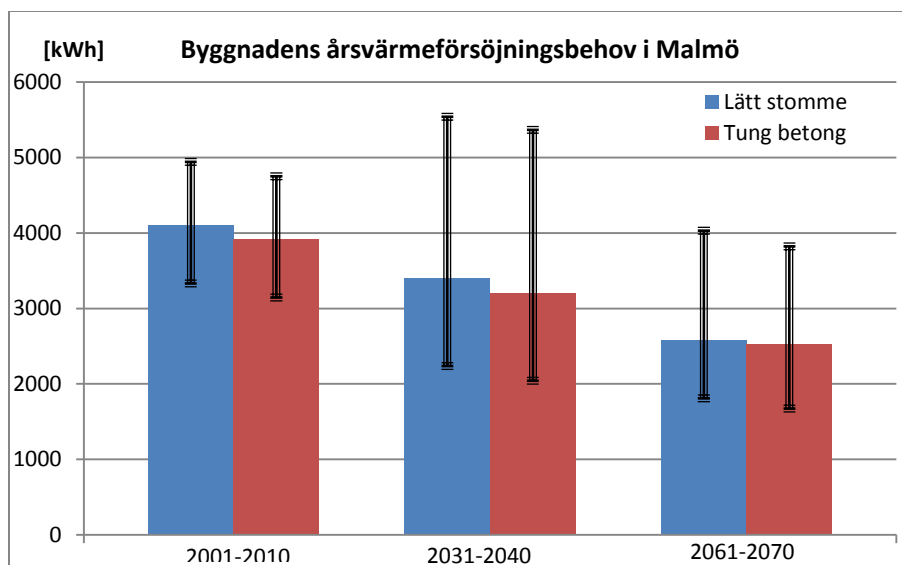
Figur 5 Värmeförsörjningsbehovet för byggnad placerad i Luleå från år 2001 till år 2070. Spridningen mellan varmaste och kallaste år har markerats.



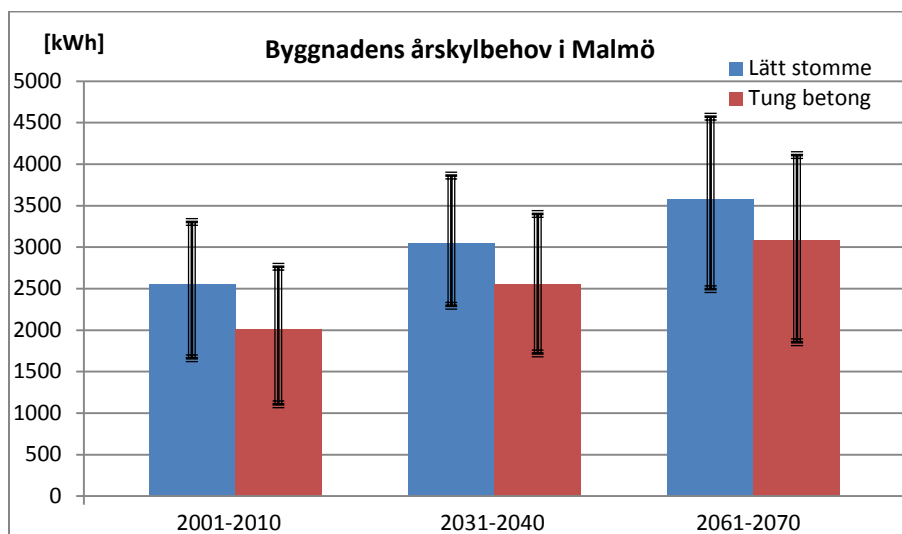
Figur 6 Kylbehovet för byggnad placerad i Luleå från år 2001 till år 2070. Spridningen mellan varmaste och kallaste år har markerats.

Tabell 4 Årsmedelkylbehov och årsmedelvärmehöjningsbehov från år 2001 till 2070 för byggnad placerad i Luleå.

Luleå	Årsmedelkylbehov [kWh]			Årsmedelvärmehöjningsbehov [kWh]		
	Lätt stomme	Tung betong	Δ (Lätt-Tung)	Lätt stomme	Tung betong	Δ (Lätt-Tung)
2001-2010	1426,2	880,1	546,1	10318,8	10152,5	166,3
2031-2040	1469,2	914,6	554,6	9217,1	9070,7	146,4
2061-2070	1799,6	1283,9	515,7	7618,3	7485,8	132,5



Figur 7 Värmeförsörjningsbehovet för byggnad placerad i Malmö från år 2001 till år 2070. Spridningen mellan varmaste och kallaste år har markerats.



Figur 8 Kylbehovet för byggnad placerad i Malmö från år 2001 till år 2070. Spridningen mellan varmaste och kallaste år har markerats.

Tabell 5 Årsmedelkylbehov och årsmedelvärmehov från år 2001 till 2070 för byggnad placerad i Malmö.

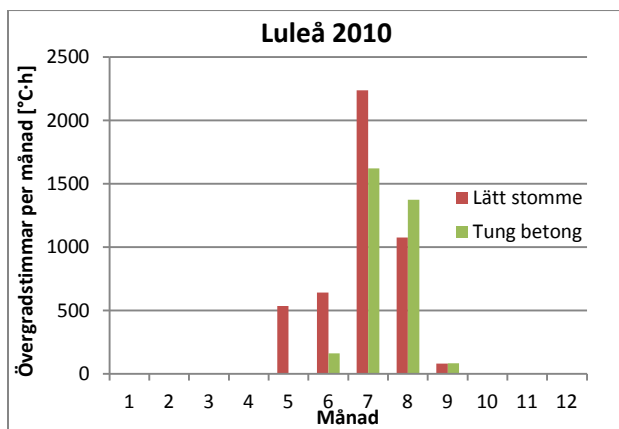
Malmö	Årsmedelkylbehov [kWh]			Årsmedelvärmehov [kWh]		
	Lätt stomme	Tung betong	Δ (Lätt-Tung)	Lätt stomme	Tung betong	Δ (Lätt-Tung)
2001-2010	2554,5	2012,9	541,6	4100,2	3922,6	177,6
2031-2040	3045,0	2547,5	497,5	3395,3	3206,7	188,6
2061-2070	3573,6	3078,5	495,1	2581,3	2526,9	54,4

4.2. Övergradstimmar för orterna Luleå och Malmö

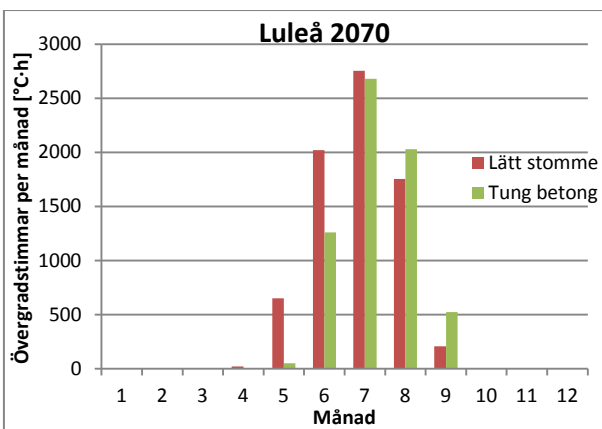
Det varmare klimatet i framtiden påverkar även antalet gradtimmar då temperaturen inomhus överstiger +27°C. I denna jämförelse har två enskilda år, 2010 och 2070 valts ut. Dessa år anses representativa för sin 10-årsperiod då medeltemperaturen för året ligger nära medelvärdet för 10-årsperioden. Figur 9-12 och tabell 6 visar antalet övergradstimmar [°C h] för orterna Luleå och Malmö för de två åren 2010 och 2070.

Övergradstimmarerna är många eftersom byggnaden saknar solskydd och de interna lasterna (verksamhetsenergi) är relativt höga. När byggnaden är placerad i Luleå för år 2010 kommer de första övergradstimmarerna under maj månad för den lätta stommen. För den tunga stommen uppträder de första övergradstimmarerna under juni månad. Byggnaden med tung stomme får ett svalare inomhusklimat under maj, juni och juli månad. Under augusti månad ger den tunga stommen något högre inomhustemperaturer än den lätta eftersom stommen då är uppvärmd och värmer inomhusluften även under svalare dagar i augusti. För år 2070 i Luleå ökar antalet övergradstimmar. Den tunga stommen ger ett svalare inomhusklimat under april-juni. Under juli är stommarna likvärdiga och under augusti och september ger den tunga stommen en något högre inomhustemperatur. Den tunga stommen ger totalt färre övergradstimmar under hela året.

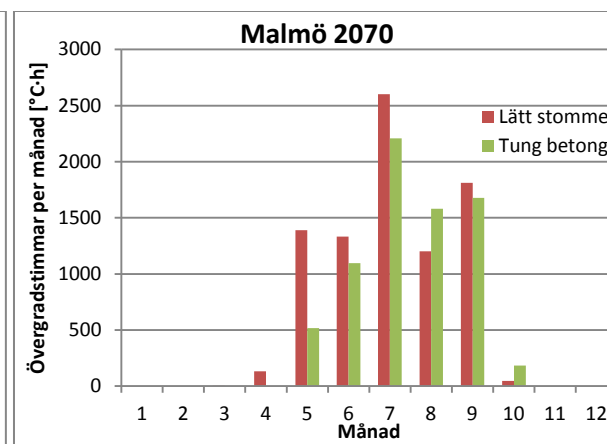
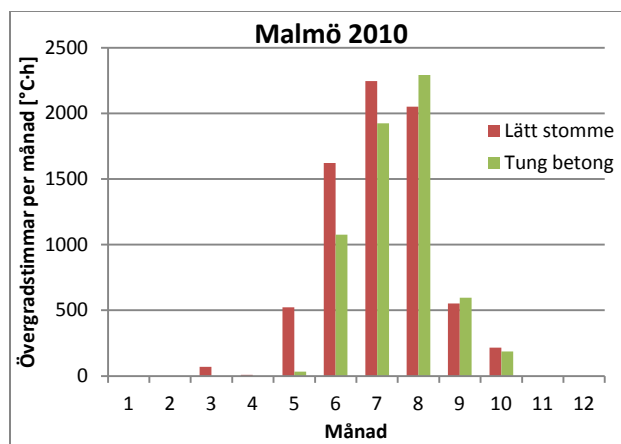
Om byggnaden placeras i Malmö kan man se liknande effekter som i Luleå, men antalet övergradstimmar blir generellt högre och de kan också uppkomma tidigare på våren och senare på hösten. Den tunga betongen ger fördelar under våren och sommaren fram till juli och kommer ge något varmare eller likvärdig inomhustemperatur under augusti-oktober. I data från klimatscenarioer visar sig augusti månad år 2070 vara något svalare med lägre solinstrålning än september 2070 för orten Malmö. Detta medför att september månad får fler övergradstimmar än augusti.



Figur 9 Övergradstimmar per månad i Luleå för året 2010



Figur 10 Övergradstimmar per månad i Luleå för året 2070



Figur 11 Övergradstimmar per månad i Malmö för året 2010

Figur 12 Övergradstimmar per månad i Malmö för året 2070

Tabell 6 Total antal övergradstimmar för åren 2010 och 2070 i Luleå och Malmö

	Övergradstimmar [°C·h]			
	Luleå 2010	Luleå 2070	Malmö 2010	Malmö 2070
Lätt stomme	4573	7407	7284	8517
Tung betong	3247	6545	6110	7260
Δ(Lätt-Tung)	1326	862	1174	1257

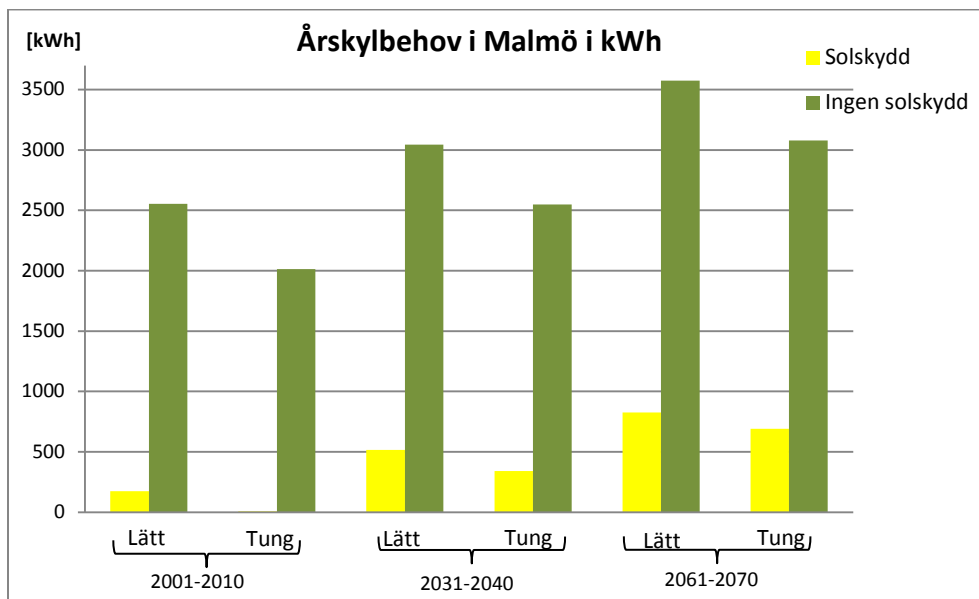
5. Resultat med solavskärmning

Eftersom solinstrålning har en stor inverkan på rumstemperaturen, genomfördes kompletterande beräkningar där byggnaden försetts med rumsreglerade persienner i alla fönster, ett mycket effektivt solskydd. Dessa beräkningar utfördes endast för orten Malmö. Solskyddsfunktionen styrs endast av innetemperaturen och aktiveras när rumstemperaturen överstiger 24°C.

Figur 13 och tabell 7 visar på en mycket stor minskning av årskylbehovet då solskyddsfunktionen aktiveras. För åren 2061-2070 minskar årsmedelkylbehovet från 3574 kWh till 827 kWh för den lätta stommen och från 3078 till 690 kWh för den tunga stommen när solskyddsfunktionen aktiveras.

Den tunga stommen ger fortfarande lägre kylbehov men skillnaden mellan stommarna blir mindre räknat i antalet kWh/år. Utan solskydd är skillnaden i kylbehov mellan tung och lätt stomme ca 500 kWh/år. Med solskydd är skillnaden 137-175 kWh/år.

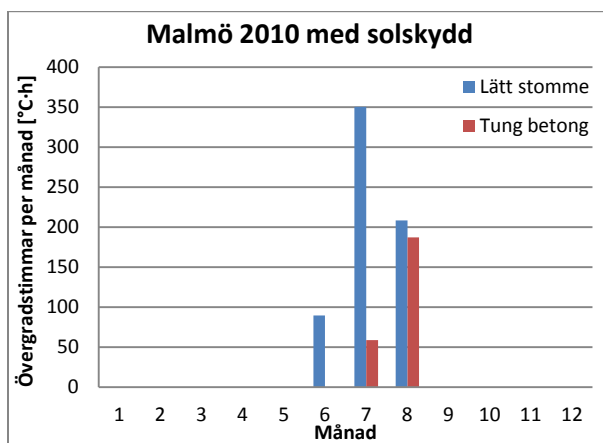
Antalet övergradstimmar med solskydd i Malmö har också studerats. Figur 14 och 15 visar dessa resultat. Solskyddet reducerar kraftigt antalet övergradstimmar. Dessa förekommer nu endast i juni-augusti för år 2010 och i maj-september för år 2070. Antalet övergradstimmar är fortfarande lägre för den tunga stommen. Skillnaden för år 2070 med solskydd är 654 gradstimmar till den tunga stommen fördel. Utan solskydd var skillnaden mellan tung och lätt stomme 1257 gradstimmar.



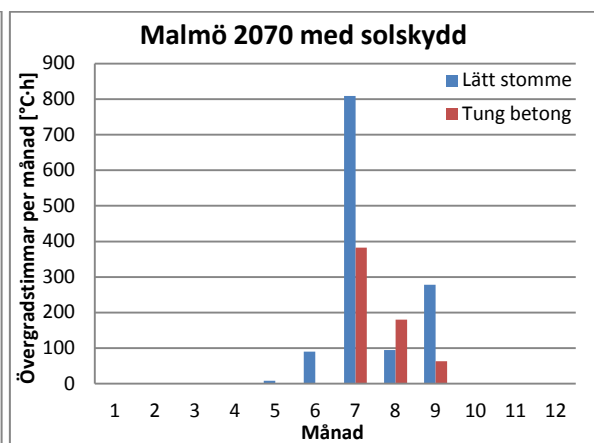
Figur 13 Årskylbehovet för byggnaden i Malmö mellan åren 2001 och 2070 med och utan solskydd

Tabell 7 Årskylbehov för byggnaden i Malmö mellan åren 2001 och 2070 med och utan solskydd

Malmö	Årskylbehov [kWh]					
	Med Solskydd			Utan Solskydd		
	Lätt stomme	Tung betong	$\Delta(\text{Lätt-Tung})$	Lätt stomme	Tung betong	$\Delta(\text{Lätt-Tung})$
2001-2010	174,3	7,5	156,8	2554,5	2012,9	541,6
2031-2040	517,0	341,9	175,1	3045,0	2547,5	497,5
2061-2070	827,0	690,2	136,8	3573,6	3078,5	495,1



Figur 14 Övergradstimmar med solskydd i Malmö 2010



Figur 15 Övergradstimmar med solskydd i Malmö 2070

Tabell 8 Totalt antal övergradstimmar med och utan solskydd i Malmö för åren 2010 och 2070

	Övergradstimmar [°C·h]			
	Med solskydd		Utan solskydd	
	Malmö 2010	Malmö 2070	Malmö 2010	Malmö 2070
Lätt stomme	648	1279	7284	8517
Tung betong	246	625	6110	7260
Δ(Lätt-Tung)	402	654	1174	1257

6. Slutsatser

Beräkningarna visar att framtidens klimat kommer att ställa nya krav på byggnaders energiprestanda.

Det varmare klimatet i framtiden medför att kylbehovet för den studerade byggnaden kommer att öka. Den tunga stommen får ett lägre kylbehov än den lätta stommen. Skillnaden är ca 500 kWh/år till den tunga stommens fördel vid beräkningar utan extra solavskärmning. Detta medför att den tunga stommen senarelägger konsekvenserna av ökat kylbehov.

Beräkningarna visar att uppvärmningsbehovet för den studerade byggnaden kommer att minska i framtiden. Skillnaderna mellan lätt och tung stomme är dock inte så stora.

Antalet övergradstimmar då temperaturen inomhus överstiger +27°C kommer i framtiden att öka. Den tunga stommen ger totalt färre övergradstimmar under hela året och lägre inomhustemperaturer under försommar och högsommar. Under sensommar till höst ger den tunga stommen en något högre inomhustemperatur än den lätta stommen.

Beräkningarna uppvisar en stor minskning av årskylbehovet då solskyddsfunktionen aktiveras. Den tunga stommen ger fortfarande lägre kylbehov men skillnaden mellan stommarna blir mindre räknat i antalet kWh/år. Solkyddet reducerar även kraftigt antalet övergradstimmar.

7. Referenser

IPCC(2007) Climate Change 2007: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change 2007

Roeckner et al. (2003) The atmospheric general circulation model ECHAM5. Model description. Report No. 349. Max Planck Institute for Meteorology. Hamburg 2003.