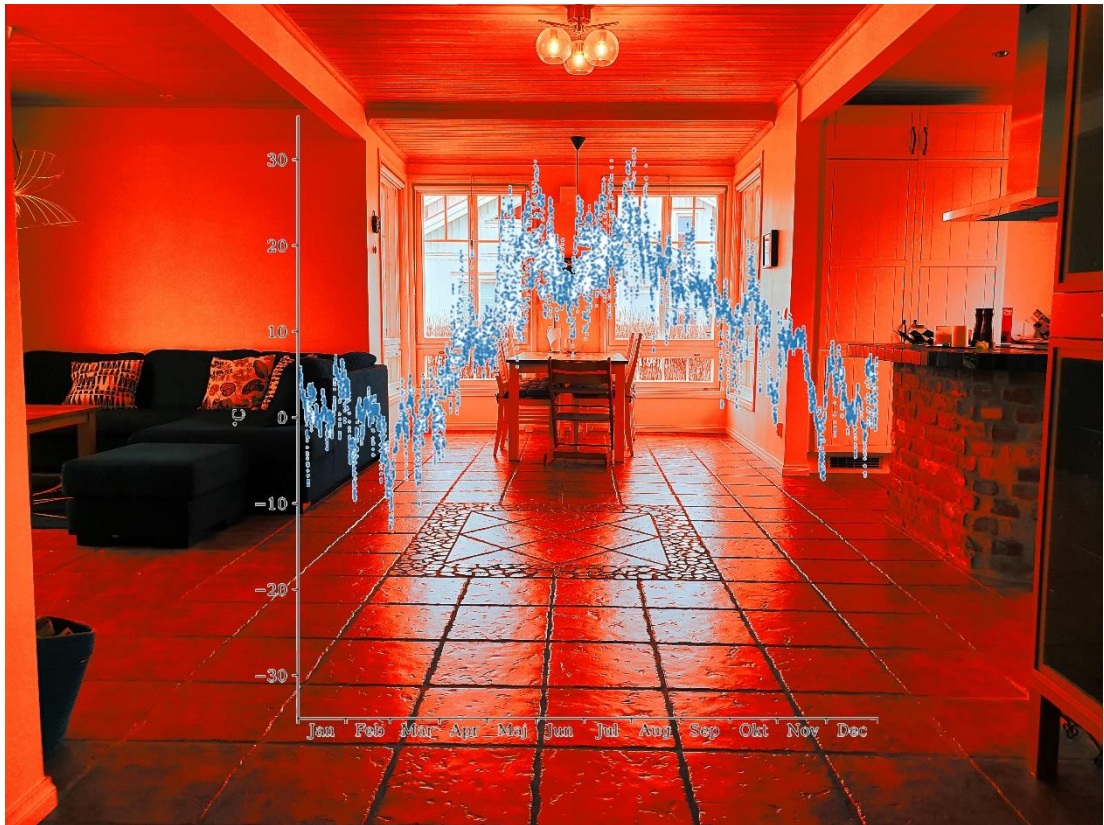


# TERMISK INOMHUSKOMFORT VID VÄRMEBÖLJOR



**Peter Ylmén och Jutta Schade**

**2021-03-30**

# Termisk inomhuskomfort vid värmeböljor

Peter Ylmén  
Jutta Schade

# Abstract

## **Thermal comfort indoors during heat waves**

Climate change with more frequent and longer heat waves in the future will be a challenge for the cities in Sweden. With more frequent heat waves the demand for mechanical cooling will increase. This will lead to higher energy consumption with the consequence that the emissions of greenhouse gases increase and affect climate change even further. To avoid thermal discomfort during the summers the design and constructions in the building have central roles. Sun protecting measures like awnings and shadings as well as window airing can have a large impact on the indoor temperature.

This study investigates how different climates affect the indoor temperature in buildings and the results illustrate the problems with thermal comfort that can arise. Additionally, long lasting technical solutions to mitigate high indoor temperatures during heat waves were evaluated.

The results show how different prerequisites, as well as common solutions, for buildings affect the thermal comfort. They also identify the importance of a holistic system view of the building during the design so that the thermal comfort aspects are considered together with energy improvement measures.

Key words: Thermal comfort; heat wave; building; simulation

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2021:36

ISBN: 978-91-89385-21-4

Borås 2021

# Innehåll

<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>Innehåll</b> .....	<b>2</b>
<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 Syfte .....	6
<b>2 Metod</b> .....	<b>6</b>
2.1 Byggnaden .....	6
2.2 Undersökta parametrar .....	8
2.3 Datahantering .....	9
<b>3 Resultat</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Klimatdata för de olika städerna.....	11
3.1.2 Simulering utan vädring och solavskärmning .....	12
3.1.3 Simulering i Göteborg med olika byggnadsparametrar .....	15
3.1.4 Simulering med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för de olika städerna .....	18
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Slutsatser</b> .....	<b>22</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>23</b>

# Förord

Det här forskningsprojektet har finansierats av SBUF, VGR och RISE. Styrgrupp med representanter från industrin har bestått av följande personer

Pär Åhman, Byggföretagen

Rolf Jonsson, Besab

Johan Svensson, Peab

Fredrik Lansinger, Veidekke

Henric Wahlström, F O Pettersson & Söner

Kaisa Nordh, Skanska

# Sammanfattning

Klimatförändring i form av mer frekventa och långvariga värmeböljor kommer bli en utmaning för Sveriges städer i framtiden. Med förväntade fler och återkommande värmeböljor blir efterfrågan på invändig komfortkylning större, vilket i sin tur leder till en högre energianvändning med konsekvensen att utsläpp av växthusgaser stiger vilket därmed kan komma att påverka klimatförändringen ytterligare. För att undvika övertemperaturer i flerbostadshus under sommaren spelar utformning, design och byggnadskonstruktion en central roll. Solavskärmning och vädringsfönster kan få en stor inverkan på inomhustemperaturen.

I det utförda projektet studerades hur värmeböljor i olika klimatzoner påverkar inomhustemperaturen i byggnader och resultaten belyser vilka termiska komfortproblem som kan uppstå. Dessutom utvärderas långsiktigt hållbara byggnadstekniska lösningar som kan användas för att minimera risken för övertemperaturer inomhus under värmeböljor.

Resultaten i den här rapporten visar hur olika förutsättningar för byggnader påverkar den termiska komforten och hur de vanligaste individuella lösningarna påverkar samt vikten av att se helheten vid projektering av olika designlösningar för att minska energianvändningen.

# 1 Inledning

Klimatförändring i form av mer frekventa och långvariga värmeböljor kommer bli en utmaning för Sveriges städer i framtiden. Dagens byggnader är anpassade för kallt klimat för att säkerställa god termisk komfort under vinterhalvåret och är vanligtvis välisolerade för att spara energi. Befintlig bebyggelse är sällan byggnadstekniskt eller arkitektoniskt optimerade för den varma säsongen. Redan idag är resultatet att under värmeböljor uppstår övertemperaturer inomhus och efterfrågan på komfortkylning ökar. Begreppet övertemperatur definieras som höga inomhustemperaturer som överstiger Folkhälsomyndighetens allmän råd om temperatur inomhus [1], vilket innebär att den operativa temperaturen inte får överstiga 26 °C varaktigt eller 28 °C kortvarigt under sommarmånaderna. Termerna varaktigt och kortvarigt är inte klart definierade utan ska enligt Folkhälsomyndighetens allmän råd tolkas av den lokala Miljönämnden.

Med förväntade fler och återkommande värmeböljor blir efterfrågan på invändig komfortkylning större, vilket i sin tur leder till en högre energianvändning med konsekvensen att utsläpp av växthusgaser stiger vilket därmed kan komma att påverka klimatförändringen ytterligare. Dessutom bidrar installerad luftkonditionering till ett varmare mikroklimat runt byggnaderna på grund av den värme som avges.

En studie från USA visar att under värmeböljor kan inomhustemperaturen stiga upp till 54,3 °C [2]. Detta är 18,8 °C högre än utomhustemperaturen vilket uppmättes i samband med en värmebölja i Philadelphia 1994. Sambandet mellan inomhustemperatur och utomhustemperatur finns men är komplext och beror på flera faktorer som stadens struktur, bostadsområde och invånarnas beteende. Även i samma byggnad kan utetemperaturen påverka innertemperaturen olika, på grund av skuggning orientering och placering av lägenhet. Temperaturen har också en tendens att öka med våningshöjd och närheten till centrum (mindre gröna utrymmen) [3]

I Sverige finns några få studier där innetemperaturen är mätt i lågenergihus under sommaren. Ett exempel är [4] som bland annat har följt upp lufttemperaturen för Hamnhuset i Göteborg. Resultaten visar att flera lägenheter hade en maxtemperatur över 28°C under sommaren. Mätningarna visar att under tidig höst har många lägenheter höga innetemperaturer p.g.a. att solen står så lågt att balkongerna inte klarar av att skärma av solinstrålningen, vilket leder till högre innetemperaturer.

I HSB Living Lab har innetemperaturen mätts under perioden 2016–2017 för två olika lägenheter [5]. Tyvärr saknas mätdata för sommarperioderna, men det kan ändå konstateras att innetemperaturen legat högt, runt 25 °C när temperaturen ute varit under 20 °C.

En del komfortberäkningar har utförts för Hamnhuset i Göteborg som finns rapporterade i LÅGAN [6]. Resultaten visar att genom korsdrag större delen av dygnet kan man nå acceptabla temperaturnivåer under 28 °C sommartid. Vidare har det studerats att ett utvändigt solskydd monterat på den solutsatta fasaden kan klara att sänka temperaturen till under 28 °C. Detta tyder på att det kan bli svårt att klara Folkhälsomyndighetens rekommendation på max 28 °C under sommaren, med tanke på framtidens förväntade klimat.

För att undvika övertemperaturer i flerbostadshus under sommaren spelar utformning, design och byggnadskonstruktion en central roll. Solavskärmning och vädringsfönster kan få en stor inverkan på inomhustemperaturen. Hagström och Westlund undersökte passiva åtgärder för att reducera sommartemperaturen i ett sovrum i bostadsområdet Flagghusen i Västra Hamnen i Malmö [7]. Resultaten visar att det mest effektiva är att använda någon form av solskydd i form av solavskärmning eller solskyddsglas. Ökning av forcerad ventilation eller behovsstyrd ventilation visar sig också göra effekt, men påverkar energianvändningen. För byggtreprenörer är det viktigt att få förståelse för vilken påverkan olika byggnadstekniska åtgärder kan få på innetemperaturen. Både avseende utförandet som möjligheten att med rätt kunskap kunna medverka till att ta fram bra lösningar för slutprodukten.

De problem med övertemperaturer som man upplever gör att behov och önskemål om komfortkyla kommer att efterfrågas om inga andra metoder har visat sig fungera. Man vill ha samma komfort i sina bostäder som finns på kontoret, i bilen eller i kollektivtrafiken.

## 1.1 Syfte

Syftet med projektet var att ge byggtreprenörer och fastighetsägare en bättre förståelse för hur värmeböljor i olika klimatzoner påverkar inomhustemperaturen i byggnader och belysa vilka termiska komfortproblem som kan uppstå. Dessutom utvärderades långsiktigt hållbara byggnadstekniska lösningar som kan användas för att minimera risken för övertemperaturer inomhus under värmeböljor.

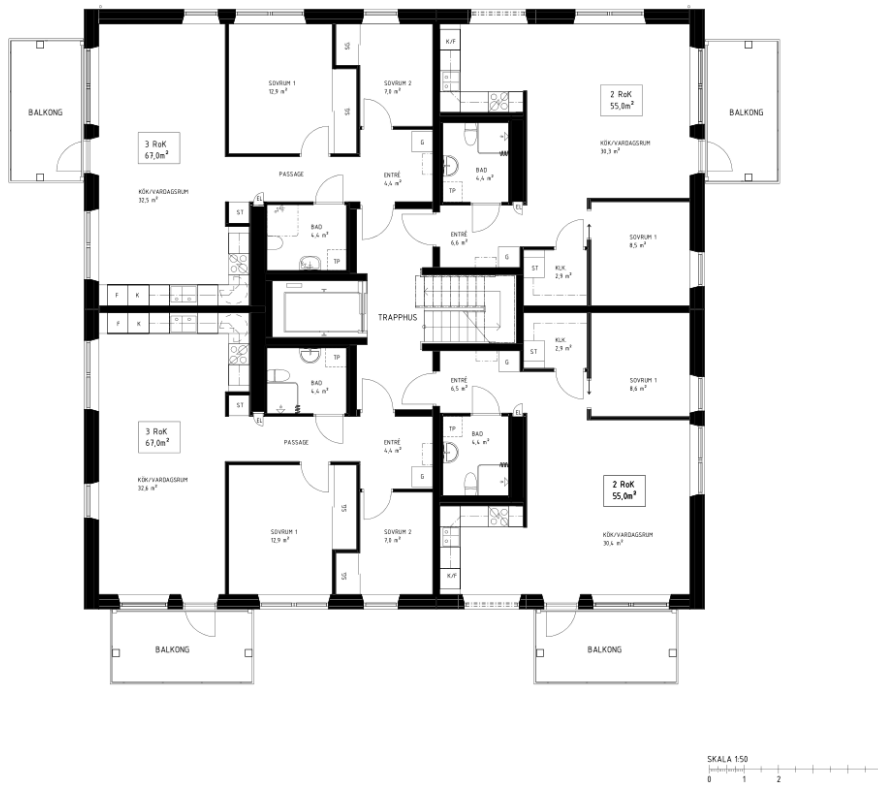
## 2 Metod

Energianvändning och termisk komfort simulerades i ett flerbostadshus placerat i 4 olika orter som ansågs representativa för olika klimatzoner i Sverige. De undersökta orterna var Malmö, Göteborg, Stockholm och Kiruna. För att genomföra beräkningarna användes IDA ICE då det kan utföra dynamiska energi- och värmebalansberäkningar för att utvärdera inomhustemperaturen med olika klimatfiler. I simuleringar användes klimatdata från 2018 eftersom det var ett år med höga sommartemperaturer som kan ge realistiska resultat för framtida somrar. För indata avseende internlast, varmvattenanvändning och övriga brukarberoende faktorer användes SVEBY's rekommendationer [8].

### 2.1 Byggnaden

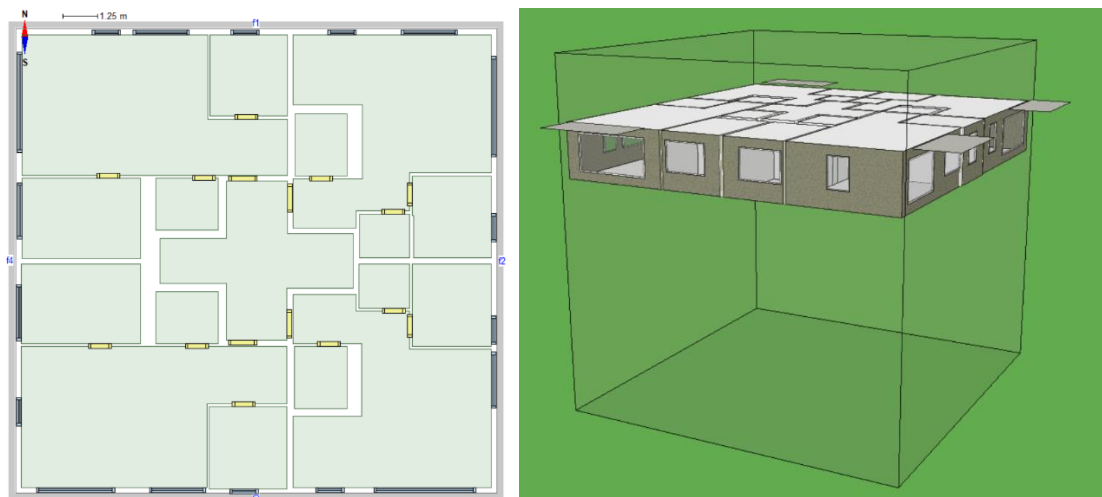
Bostadshusets utformning och konstruktion valdes så att det klarar de krav som idag ställs på energianvändning med SABO-koncepthus som utgångspunkt.





Figur 1. Skiss över våningen som användes som bas för simuleringarna.

Att simulera hela byggnaden på önskad detaljnivå ökar simuleringstiden och datahantering dramatiskt men tillför lite ny information och påverkar inte dragna slutsatser. Därför valdes att studera ett våningsplan som justerats för att få minst ett sovrum i varje väderstreck. I syfte att få representativa resultat för ett normalfall simulerades ett mellanliggande våningsplan med adiabatiska golv och tak.



Figur 2. Simuleringsmodell i IDA ICE.

## 2.2 Undersökta parametrar

För att studera hur byggnaden påverkas av olika parametrar gjordes flertalet simuleringar av olika g-värde, U-värde, vädring och solavskärmning. Ett urval av dessa tas upp i rapporten för att redovisa relevanta resultat och slutsatser. Dessa är redovisade i Tabell 1.

Tabell 1. Översikt över de olika simuleringsfallen.

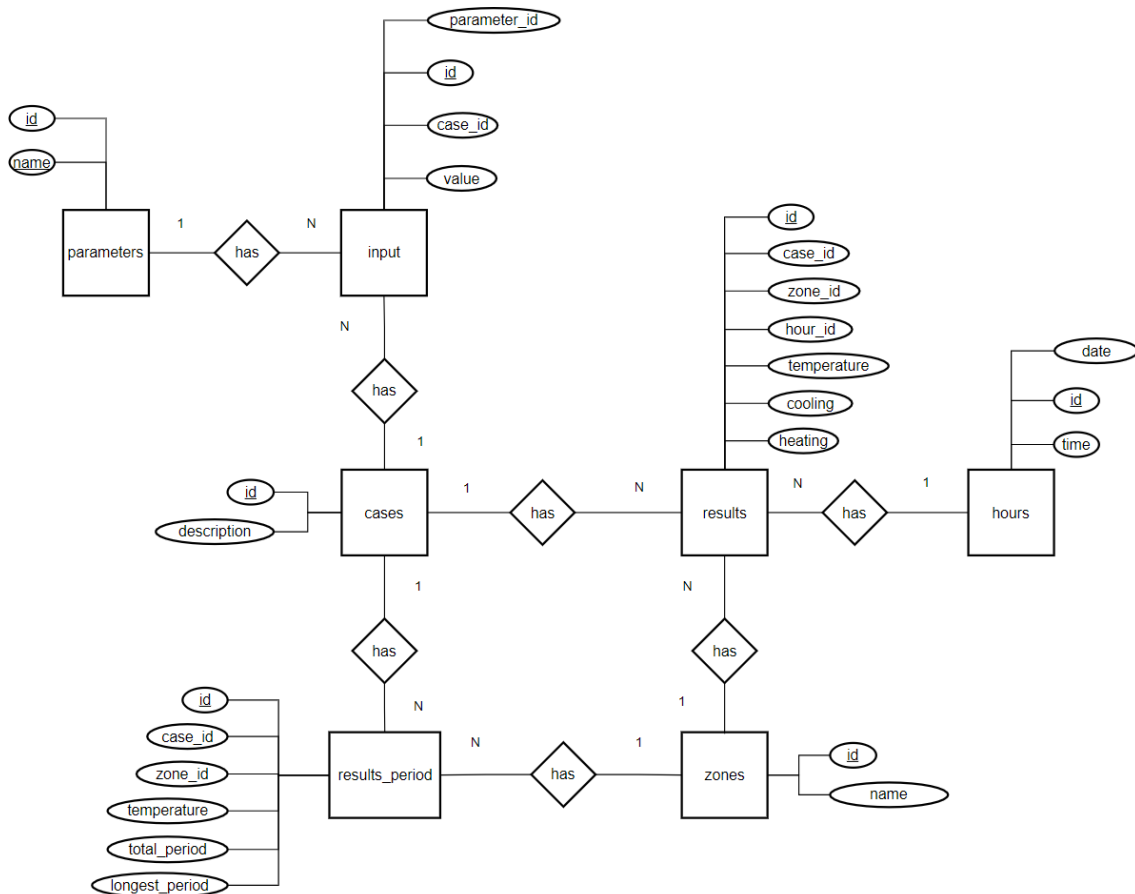
ID	Ort	U-värde fönster [W/(m <sup>2</sup> K)]	g-värde fönster	Vädring	Solavskärmning
1	Göteborg	0,9	0,55	Nej	Nej
2	Stockholm	0,9	0,55	Nej	Nej
3	Malmö	0,9	0,55	Nej	Nej
4	Kiruna	0,9	0,55	Nej	Nej
5	Göteborg	1,2	0,55	Nej	Nej
6	Göteborg	0,9	0,15	Nej	Fast
7	Göteborg	1,2	0,15	Nej	Fast
8	Göteborg	0,9	0,55	Ja (extrem)	Nej
9	Göteborg	0,9	0,55	Nej	Rörlig
10	Göteborg	0,9	0,55	Ja	Nej
11	Göteborg	0,9	0,55	Ja	Rörlig
12	Stockholm	0,9	0,55	Ja	Rörlig
13	Malmö	0,9	0,55	Ja	Rörlig
14	Kiruna	0,9	0,55	Ja	Rörlig

Simuleringarna 1–8 ska inte ses som realistiska uppställningar av en normal byggnad utan användes för att illustrera hur isolering, vädring, solavskärmning och klimat påverkar den termiska komforten i en byggnad ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv. Simulering med lågt g-värde får liknande effekt som en täckande fast solavskärmning, som inte är praktiskt tillämpbart om man vill få in solljus stora delar av året. Extrem vädring i simulering 8 innebär att fönstren öppnas helt när det är över 24 °C inomhus och samtidigt kallare ute, oavsett tid på dygnet. Detta medför dock praktiska svårigheter i en verklig byggnad.

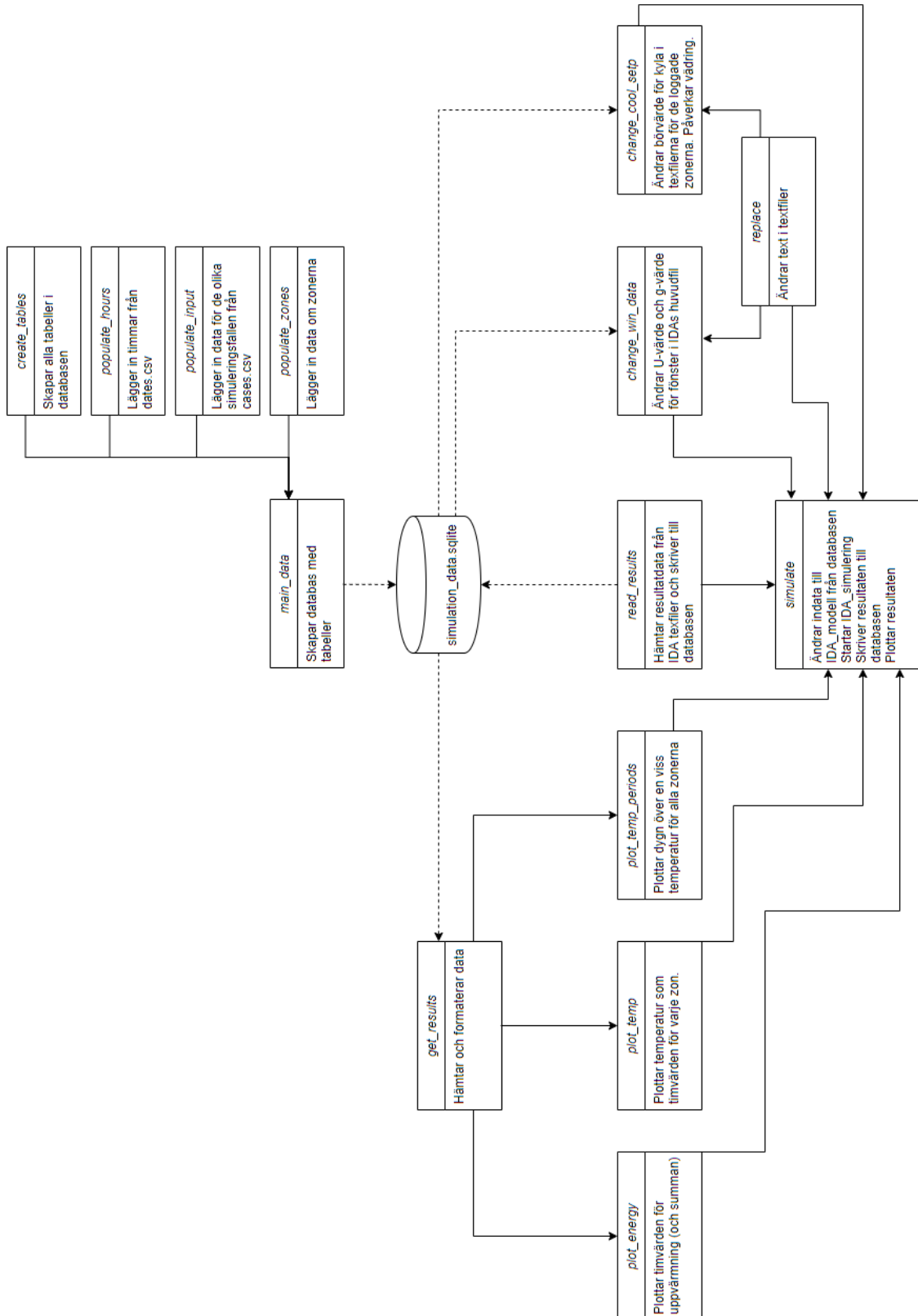
Hur vädring sker av brukarna i en byggnad kan var väldigt varierat. I verkligheten är det möjligt att brukarna vädrar när det är varmare ute än inne, vilket släpper in värme och ökar inomhustemperaturen. På landsbygden är det möjligt att sova med öppet fönster på natten, medan det kan vara svårt inne i städer på grund av buller och föroreningar. I studien ansattes att fönstren öppnades på glänt, med 20 % öppningsgrad, på kvällen mellan klockan 18:00 till 21:00 när det var över 24 °C inomhus och kallare utomhus. Det ger en effektiv kylning då det ofta är svalare på kvällen och det är samtidigt realistiskt att brukarna är hemma och vakna vid den tiden. Rörlig solavskärmning innebär att en utanpåliggande jalousi fälls ner när det är soligt ute, mer precis när solinstrålningen överstiger 100 W/m<sup>2</sup> på utsida glas.

## 2.3 Datahantering

Vid simuleringen beräknades operativ temperatur på timbasis för vardagsrum och sovrum i alla väderstreck. Vilket innebär totalt 10 rum på en våning. Det gjordes även energisimuleringar för att studera om energianvändningen ökades vid olika åtgärder. Detta genererade mycket data för varje simulering så data och resultat exporterades till en relationsdatabas (SQLite) och efterbehandlades med hjälp av Python. Efterbehandlingen bestod av att beräkna hur lång tid den operativa inomhustemperaturen är över en viss temperatur totalt under året och längsta sammanhållande intervall. Databasen *simulation\_data.sqlite* är uppbyggd enligt relationsdiagrammet i Figur 3 och en översikt av simuleringsprocessen är illustrerad i Figur 4.



Figur 3. Relationsdiagram över databasen som visar hur simuleringsdata och resultat är strukturerade i den. Rektanglarna symboliserar tabellerna som finns i databasen med sina respektive data entiteter i ovalerna. Linjerna och stående kvadrater mellan rektanglarna visar hur olika dataentiteter relaterar till varandra.

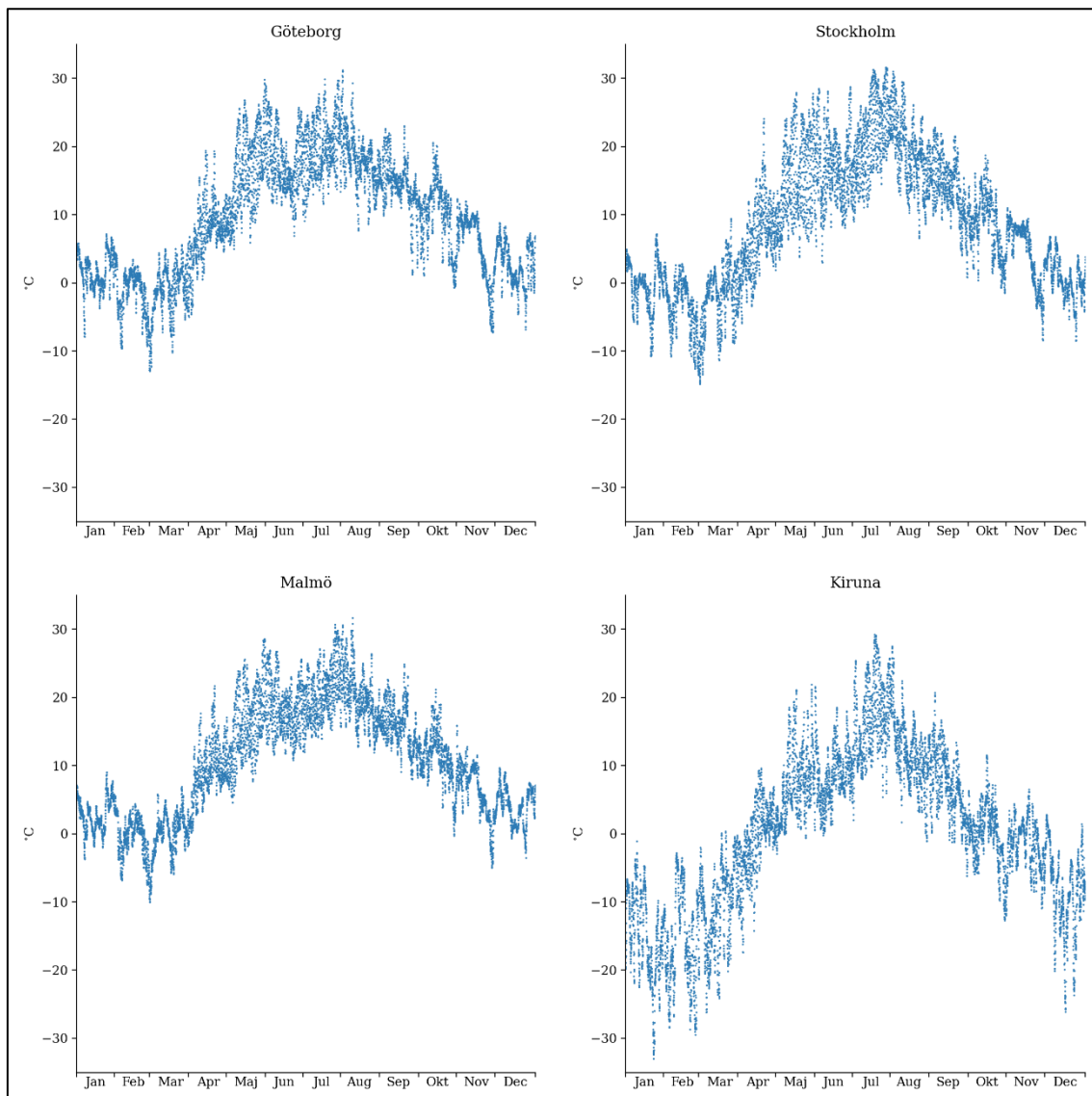


Figur 4. Översikt över simuleringsförfarandet. Varje ruta visar namnet på varje funktion och en kort beskrivning av vad den gör. Cylindern symboliserar databasen som hanterar all data. De heldragna pilarna visar hur de olika funktionerna är relaterade till varandra medan de streckade pilarna visar hur data förflyttad mellan databasen och funktionerna.

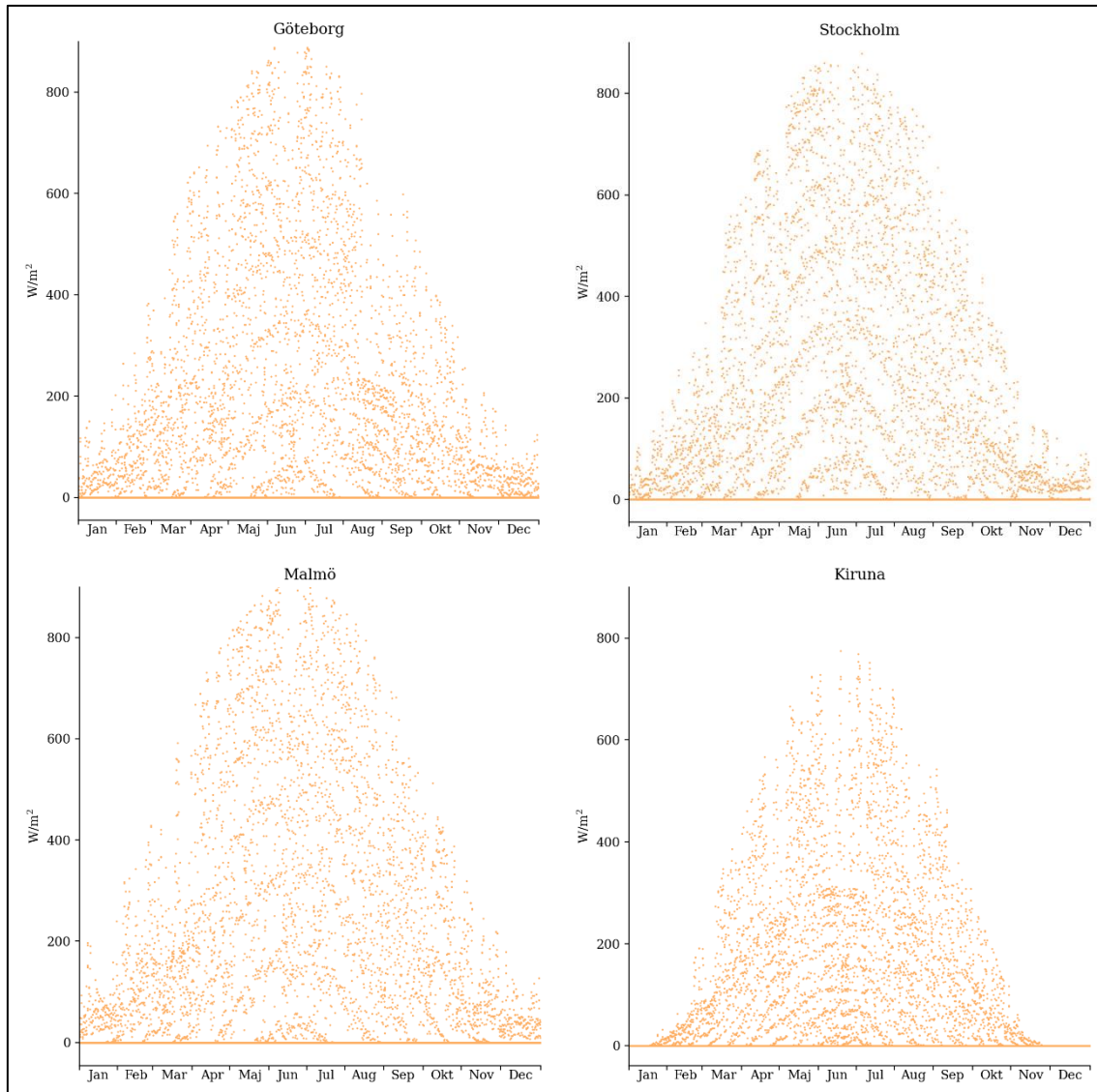
## 3 Resultat

### 3.1.1 Klimatdata för de olika städerna

Förutsättningarna för att upprätthålla ett godtagbart termiskt inomhusklimat är olika beroende på det omgivande klimatet. Det är det lokala klimatet kring byggnaden som är mest relevant och för att undersöka hur parametrar som utomhustemperatur och solinstrålning påverkar resultaten användes SVEBY's klimatfiler från år 2018 med temperatur och global solinstrålning enligt Figur 5 och Figur 6.



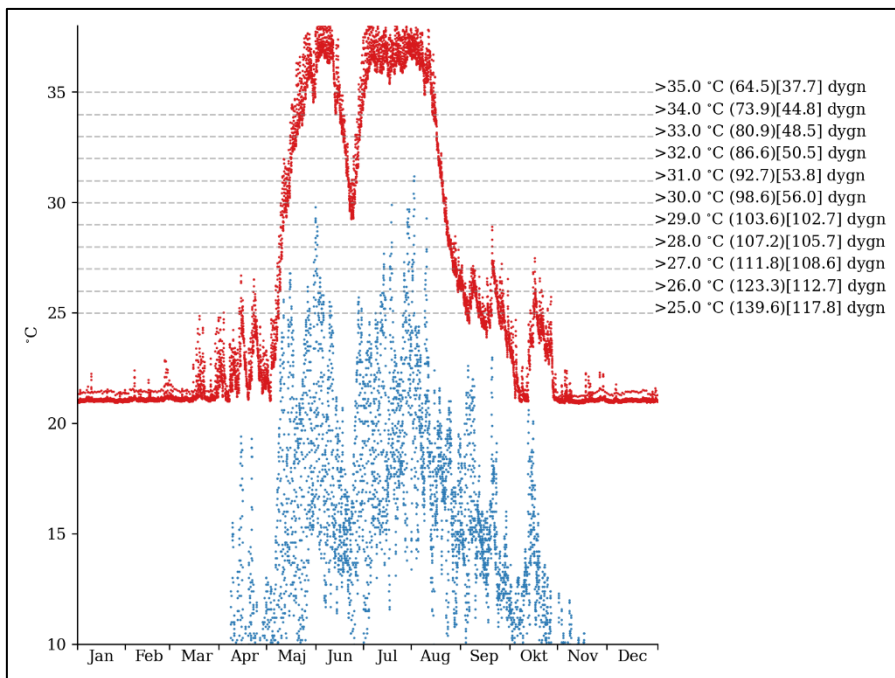
Figur 5. Timvisa utomhustemperatur för de simulerade städerna under år 2018.



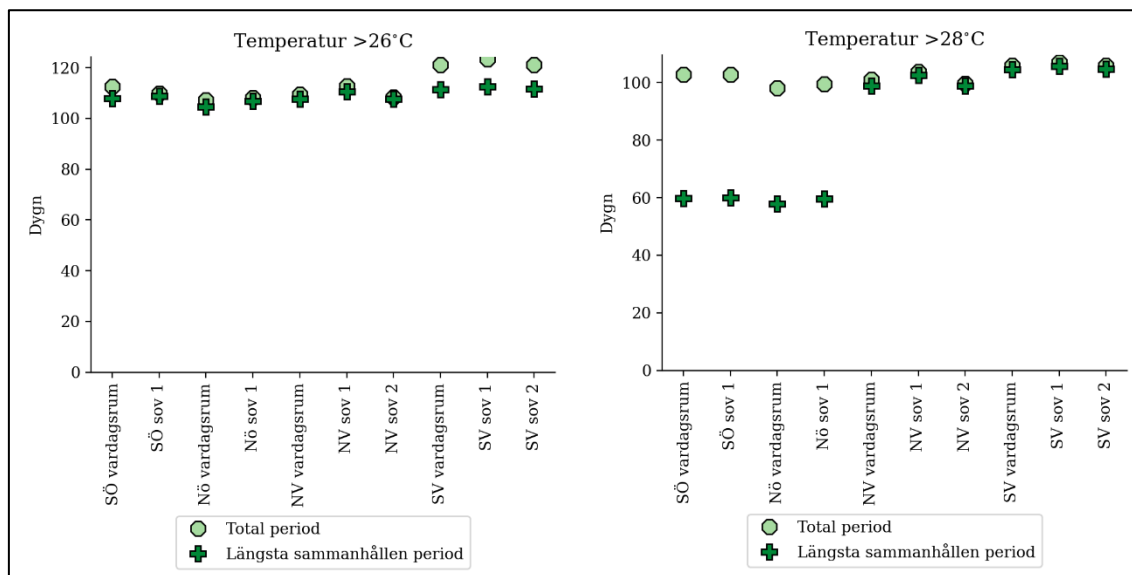
Figur 6. Timvis global horisontell solinstrålning för de simulerade städerna under år 2018.

### 3.1.2 Simulering utan vädring och solavskärmning

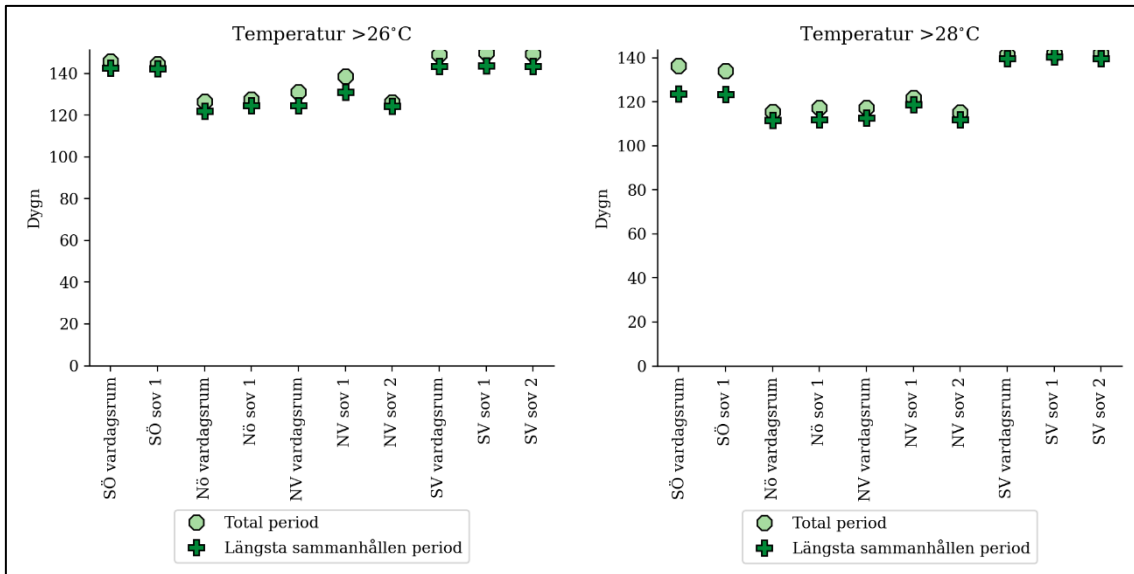
Simuleringarna visar att om det inte finns möjlighet till extra vädring utöver normal ventilation eller solavskärmning kommer inomhustemperaturen att bli oacceptabel hög vid temperaturer som år 2018. Detta gäller samtliga undersökta orter men det är ändå stor skillnad i maximal operativ inomhustemperatur och hur lång perioden är med för höga temperaturer. Figur 8 till Figur 11 visar att för Malmö och Stockholm är detta problem större än för Göteborg medan det är mindre för Kiruna, vilket är ett förväntat resultat då Göteborg, Malmö och Stockholm har varmare utomhustemperatur på sommaren än Kiruna. Det kan bli oacceptabelt varmt om det saknas solavskärmning och möjlighet till vädring. Figur 7 visar till exempel att sovrummet i sydvästlig riktning kan uppnå operativ inomhustemperatur över  $35\text{ }^\circ\text{C}$  vissa perioder. I samtliga rum blir det över  $28\text{ }^\circ\text{C}$  i mer än 30 dygn. Det visar att fasta fönster med avsaknad av vädringsmöjligheter och solavskärmning inte är lämpligt om mekanisk kyla ska undvikas i byggnader.



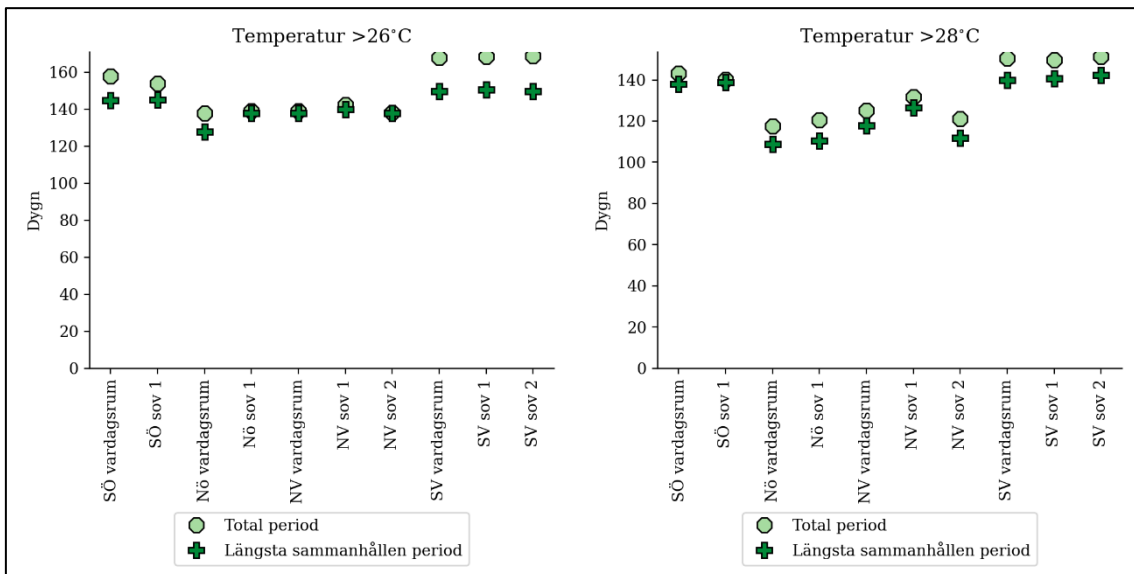
Figur 7. Göteborg, sydvästlig riktning, Sovrum 1, Simulering 1. Röda punkter visar operativ inomhustemperatur i rummet och blåa punkter visar utomhustemperatur. Noteringen vid de streckade linjerna visar totalt antal dygn inom parenteserna som den operativa inomhustemperaturen överstiger en viss temperatur och totalt antal dygn inom hakparenteserna.



Figur 8. Göteborg, Simulering 1. Ringarna indikerar totalt antal dygn som aktuell operativ inomhustemperatur överstigs (t. v. 26 °C, t. h. 28 °C). Kryssen indikerar den längsta sammanhängda period som den operativa temperaturen överstigs.

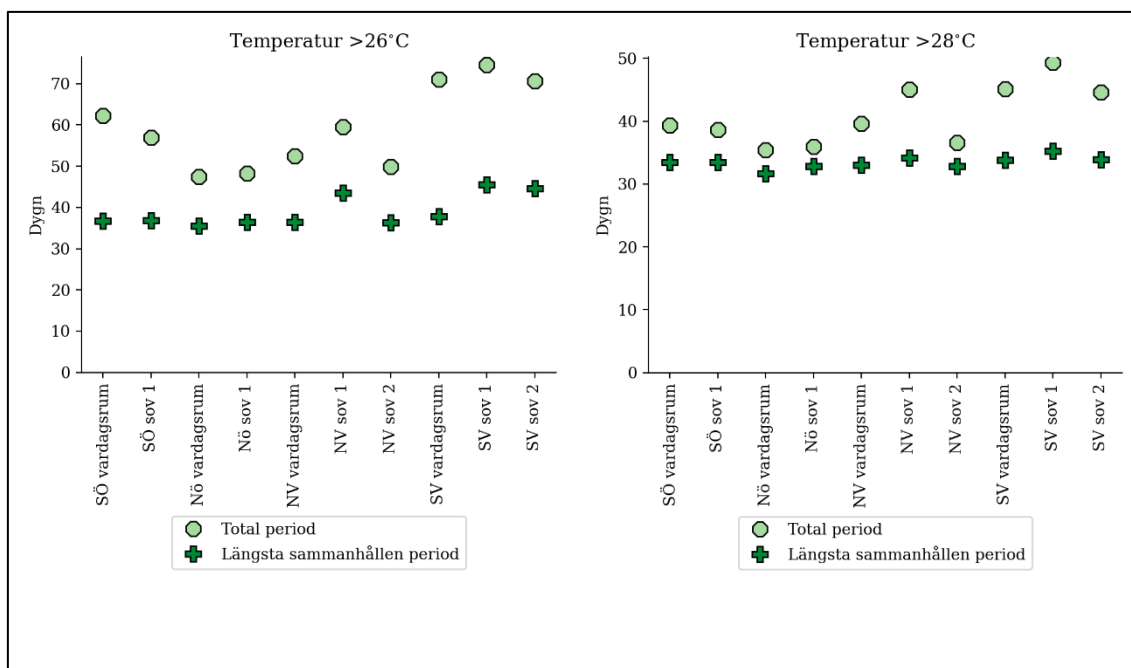


Figur 9. Stockholm, Simulering 2.



Figur 10. Malmö, Simulering 3.

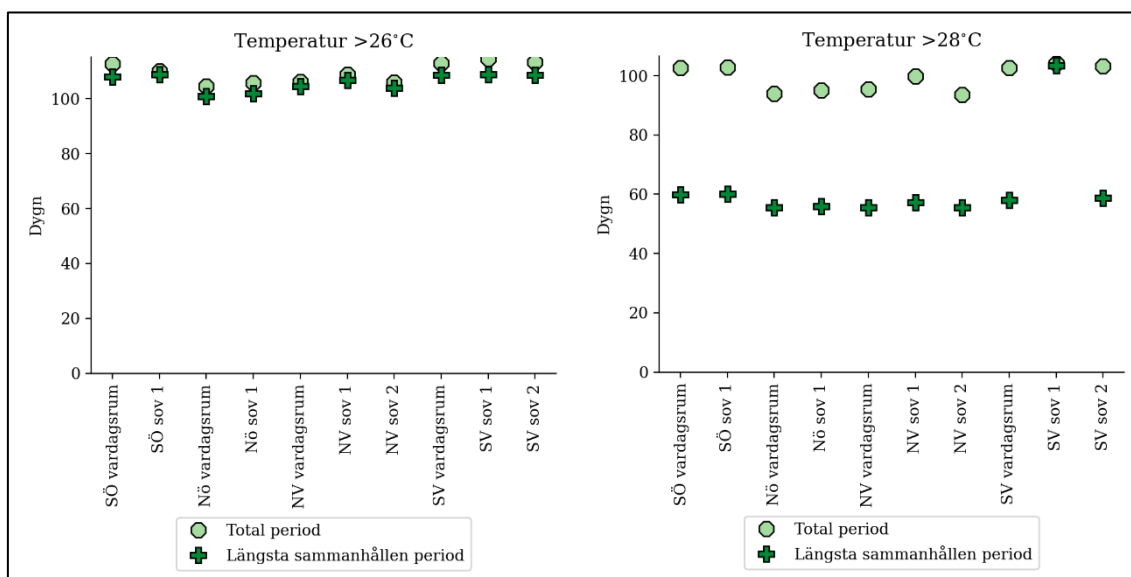




Figur 11. Kiruna, Simulering 4.

### 3.1.3 Simulering i Göteborg med olika byggnadsparmetrar

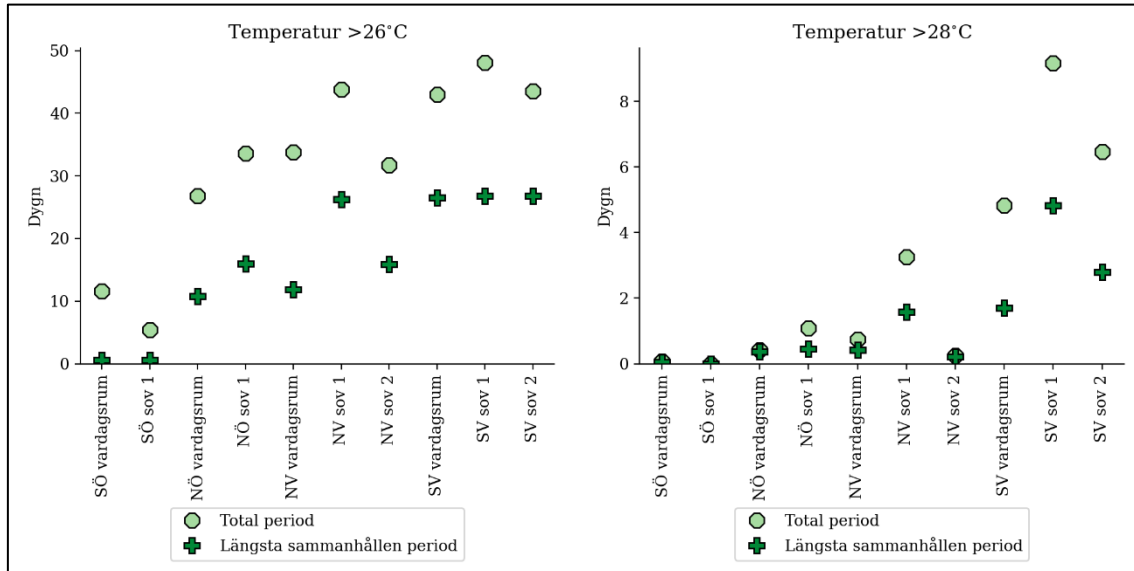
Vid jämförelse mellan Figur 8 och Figur 12 så kan man se att ökad isoleringsgrad av klimatskalet kan ge ett större problem med övertemperaturer. I Figur 12 fås kortare perioder med övertemperaturer än när fönster med lägre U-värden används. Den troliga förklaringen är att när det är varmare inomhus än utomhus är det svårare för värmen att ta sig ut då byggnaden är mer värmeisolerad.



Figur 12. Simulering 5, U-värde 1,2 W/(m<sup>2</sup>K) för fönster.

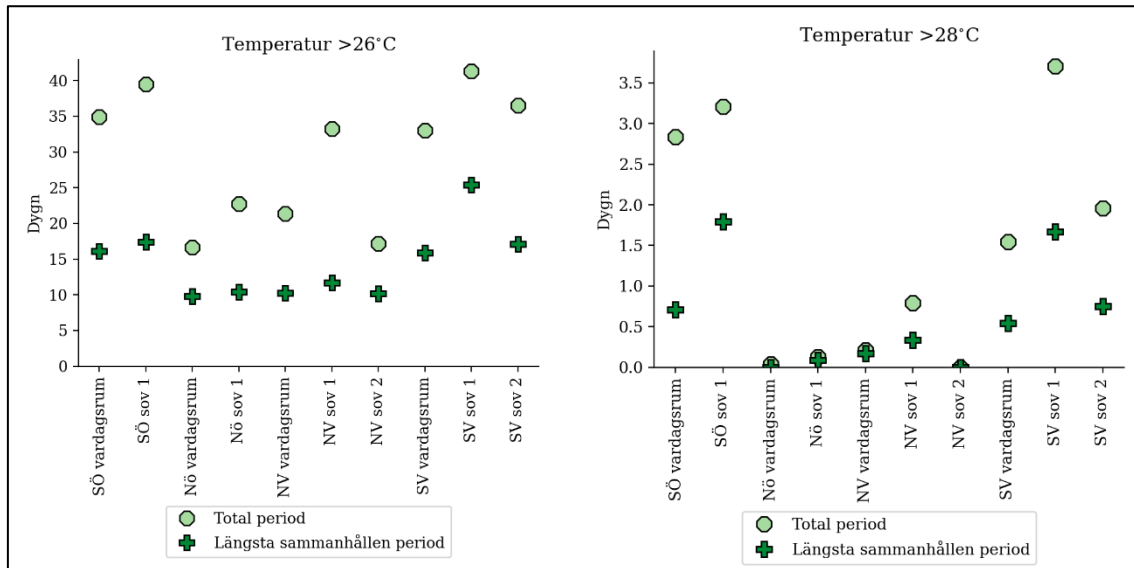
För att visa effekten av solinstrålning utfördes en simulering med lågt g-värde av 0,15 på fönstren. Detta simulerar permanent solavskärmning, t. ex. i form av fast solavskärmning eller solskyddsfilm. Detta är förmodligen ingen realistisk lösning i

praktiken då det hindrar sikt och ökar uppvärmningsenergin på vintern, men illustrerar potentialen för solavskärmning. Som kan ses i Figur 13 får denna typ av solavskärmning en stor positiv effekt för att sänka övertemperaturer inomhus men kommer inte enbart att räcka för att i tillräcklig grad undvika övertemperaturer.

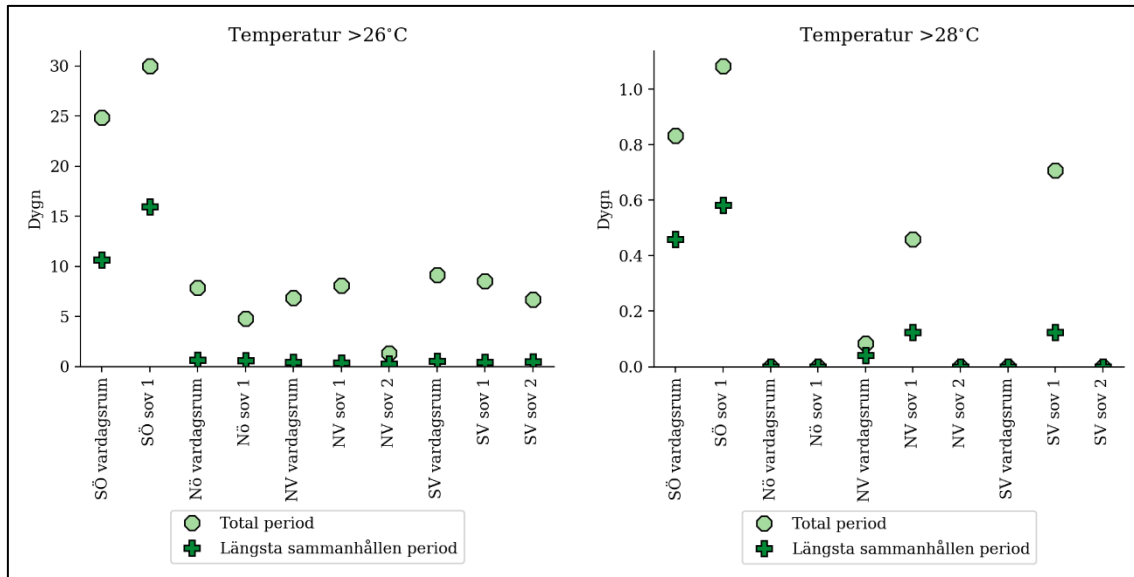


Figur 13. Simulering 6 med lågt g-värde på fönster (0,15).

Om högre isolering kombineras med lågt g-värde så närmar den operativa temperaturen acceptabla nivåer för Göteborg i rum med gynnsamma förhållanden. I Figur 14 kan t. ex. ses att vardagsrummet i nordöstligt väderstreck har största sammanlagda perioden med över 26 °C som är kortare än 10 dygn och klarar att inte överstiga 28 °C för ett helt dygn för samtliga rum utom sovrummen i sydvästlig och sydöstlig riktning.

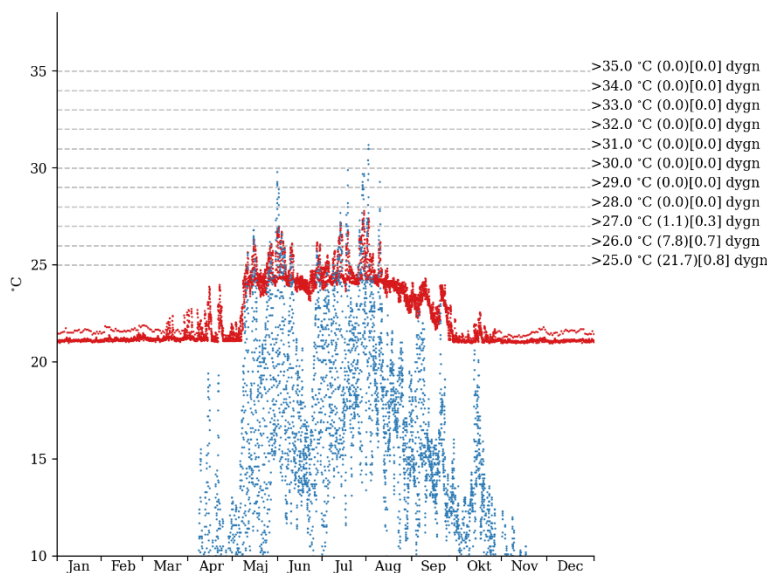


Figur 14. Simulering 7, högt U-värde och lågt g-värde.



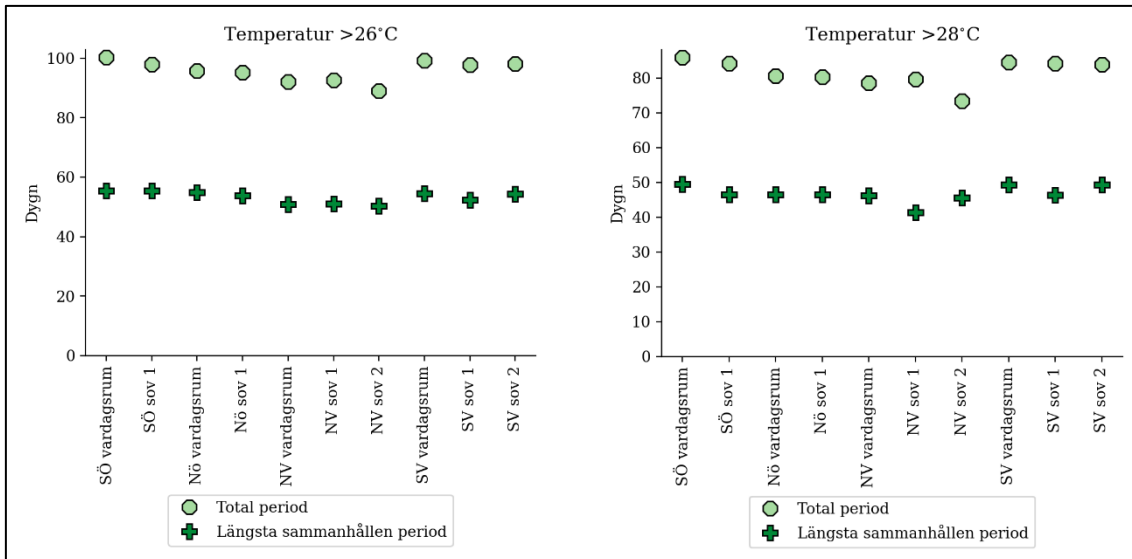
Figur 15. Simulering 8, extrem optimerad vädring.

Att vädra på ett optimalt sätt när det är kallare ute än inomhus är en effektiv åtgärd för att sänka den operativa temperaturen inomhus. Resultaten från simulering av ett sådant fall visas i Figur 15 och visar på acceptabel termisk komfort för hela den undersökta våningen förutom i sydöstlig riktning. Att det är svårare i sydöstlig riktning beror troligen på ökad solinstrålning genom fönstren jämfört med de övriga väderstrecken. Genom att styra ventilationen på detta sätt så är det möjligt att få lägre temperatur inomhus än utomhus när utomhustemperaturen stiger kortvarigt. Detta då materialen i byggnaden har en viss värmelagringskapacitet som kan jämna ut värmetoppar.

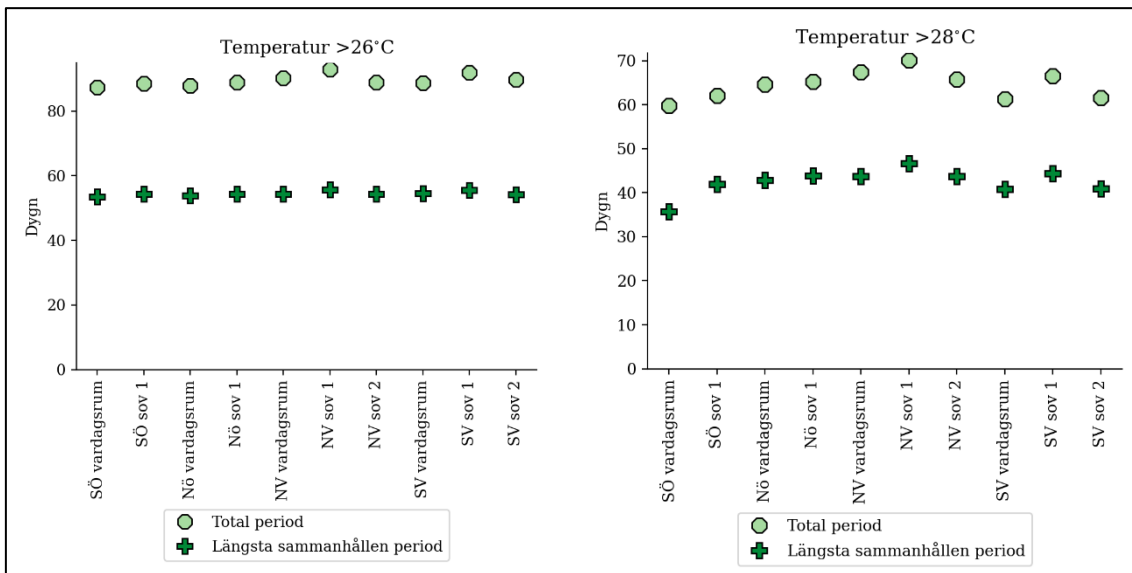


Figur 16. Simulering 8, extrem vädring, vardagsrum nordöstlig riktning. Röda punkter visar operativ inomhustemperatur i rummet och blåa punkter visar utomhustemperatur. Det går att se att vid vissa tider överstiger utomhustemperaturen den operativa inomhustemperaturen.

Om mer praktiskt rimliga lösningar med solavskärmning och vädring används var för sig kommer det att minska problemet med övertemperaturer med det räcker inte för att uppnå acceptabel nivå på det termiska inomhusklimatet, vilket visas i Figur 17 och Figur 18.



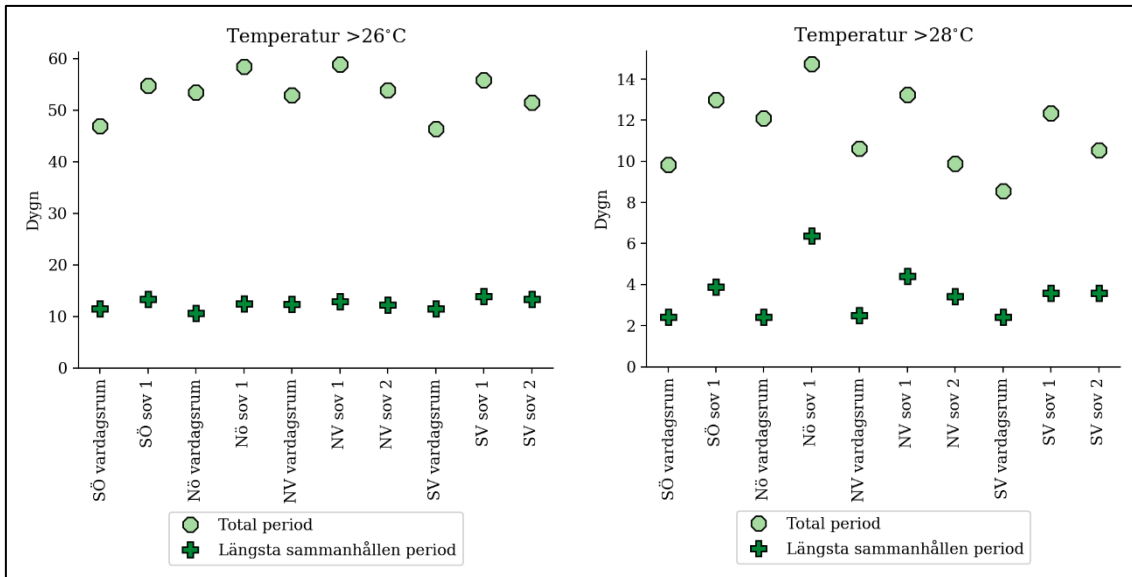
Figur 17. Simulering 9, rörlig solavskärmning.



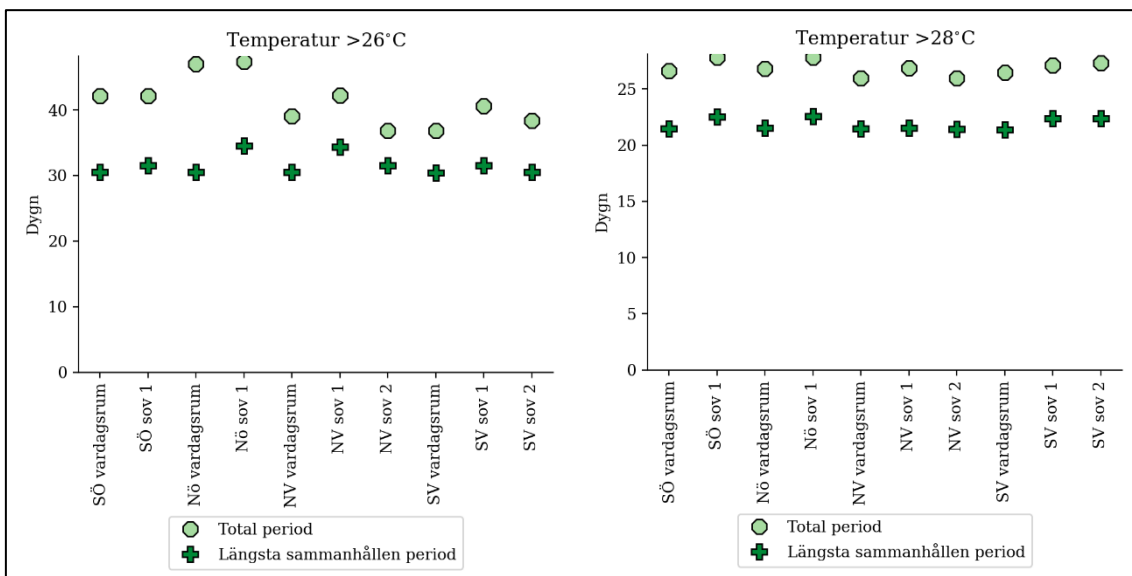
Figur 18. Simulering 10, rimlig vädring.

### 3.1.4 Simulering med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för de olika städerna

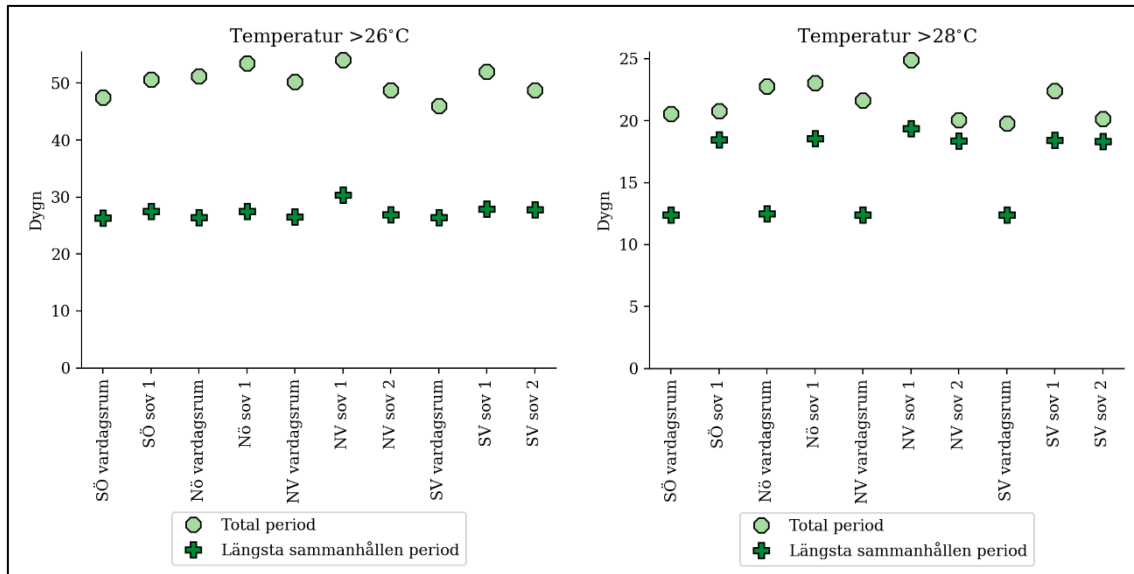
Det simulerades även att kombinera rörlig solavskärmning med ett rimligt vädringsförfarande och resultaten för dessa simuleringar visas i Figur 19 till Figur 22. För klimat som Kiruna visades detta vara tillräckligt för att uppnå acceptabla nivåer för den operativa inomhustemperaturen. För Göteborg kan det bli mindre bekymmer med höga temperaturer. För Stockholm och Malmö kan det bli problem med för hög inomhustemperatur under längre perioder och det krävs ytterligare åtgärder för att få ner den operativa inomhustemperaturen till acceptabla nivåer.



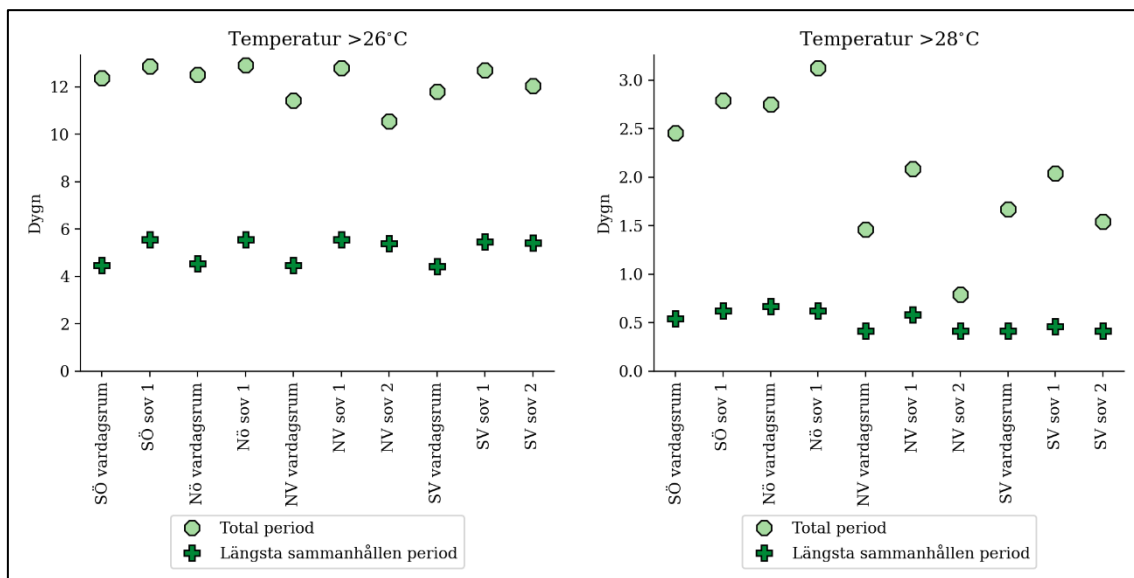
Figur 19. Simulering 11 med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för Göteborg.



Figur 20. Simulering 12 med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för Stockholm.



Figur 21. Simulering 13 med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för Malmö.



Figur 22. Simulering 14 med rörlig solavskärmning och rimliga vädringsdata för Kiruna.

## 4 Diskussion

Syftet med projektet var att ge byggtreprenörer och fastighetsägare en bättre förståelse för hur värmeböljor i olika klimatzoner påverkar inomhustemperaturen i byggnader och belysa vilka termiska komfortproblem som kan uppstå. Dessutom utvärderades långsiktigt hållbara byggnadstekniska lösningar som kan användas för att minimera risken för övertemperaturer inomhus under värmeböljor. Simulering 1–8 i Tabell 1 användes för att belysa hur relevanta byggnadsparametrarna kan påverka den termiska komforten i en byggnad och den teoretiska potentialen hos vanliga lösningar för att minska komfortproblem utan mekanisk kyla. De övriga simuleringar som redovisas i

rapporten visar hur långt man kan komma med praktiskt tillämpbara lösningar som finns ute på marknaden. I simuleringarna valdes att utgå ifrån ett befintligt byggnadskoncept och verkliga väderdata från ett varmt år. Studien kunde gjorts mer teoretisk med olika byggandsdesign och konstgjort klimat utifrån klimatscenario men det skulle medföra mer osäkra tolkningar av resultaten kring byggnadstekniker som tillämpas i dagens byggnation. Att utgå ifrån artificiella design och klimat gör det svårt att applicera tolkning av resultaten på befintlig teknik. Därför valdes att utgå ifrån en befintlig design och verkligt klimat för att få mer handgripliga slutsatser.

Det är viktigt att inse att varje byggnad har unika förutsättningar att skapa god termisk komfort på grund av skillnader i t. ex. tekniska lösningar, lokalt klimat och brukarvanor. Det är därför mer relevant att fokusera på trenderna kvalitativt ifrån de numeriska resultaten istället för att se på resultaten kvantitativt, det vill säga inte fokusera på magnitud och precision i resultaten. Vid projektering av en byggnad är det däremot lämpligt att kvantifiera resultaten mot uppsatta gränsvärden. Framför allt bör man förtydliga vad som är acceptabla nivåer på övertemperaturer, då Folkhälsomyndighetens rekommendation är så pass otydliga. Dessa otydliga rekommendationer gör det svårt att med säkerhet tolka vad som är acceptabla nivåer på den operativa inomhustemperaturen även i den här rapporten. Vid tolkning av resultaten i den här studien har en kortare sammanhängande period än ca. en vecka med temperatur över 26 °C och ett dygn med över 28 °C bedömts rimligt. Däremot kan en väldigt långvarig period med över 25 °C eventuellt upplevas som väldigt obehaglig för vissa personer. Dessutom medför ökade krav på komfort inomhus gör att man kanske installerar mekanisk kyla även om den operativa temperaturen är under Folkhälsomyndighetens rekommendationer. Detta är ytterligare orsaker att det bedömts lämpligare att tolka de numeriska resultaten mer kvalitativt.

Att ventilera bort överflödig värme genom ventilationen visar sig i den här studien inte vara tillräckligt för att uppnå acceptabel termisk komfort i den undersökta byggnaden. Att installera utvändigt solavskärmning minskar problemet avsevärt då det hindrar solinstrålningen men är inte det helt tillräckligt för att hålla nere övertemperaturerna i tillräcklig grad. För att få ner den operativa inomhustemperaturen i tillräcklig grad krävs även möjlighet till ökat luftombyte i lägenheterna, antingen genom forcerad ventilation eller vädring. Kan det ökade luftombytet genomföras optimalt behövs eventuellt inte ens solavskärmning enligt resultaten ifrån simulering 8. Utifrån aspekten med termisk komfort är det irrelevant om det är extra mekanisk ventilation eller vädring som tillämpas. Fördelen med forcerad mekanisk ventilation är att den är enklare att styra och optimera. Nackdelar är att man kan behöva installera fläktsystem och kanaler som klara av att varieras i den utsträckning som krävs, vilket leder till ökade kostnader samt att det kräver ökad elanvändning för ventilationssystemet. Det finns även en risk för ökade problem med ljud från fläktar och kanaler samt drag i lägenheterna. Manuell vädring via fönster har istället flera praktiska problem. Det kan vara svårt att vädra när det behövs på grund av risk för regn, ljud utifrån eller säkerhetsaspekter. Det finns även en uppenbar risk att brukarna vädtrar vid fel tillfälle genom att öppna fönstren när det är varmare ute än inne och därmed släppa in värme. Däremot finns det en psykologisk aspekt att kunna styra när man vill vädra i sin lägenhet. En intressant lösningen att utreda skulle kunna vara automatiskt styrda vädringsluckor som kan öppnas vid behov. Även om de drivs med en motor är sannolikt elförbrukningen lägre än för forcerad ventilation.

För att minska energianvändningen i byggnader är en effektiv åtgärd att minska värmeförluster genom tjockare isolering och installera fönster med lägre U-värden. Detta kommer visserligen att minska uppvärmningsbehovet under uppvärmningsperioden, men som resultaten från simulering 5 visar så kan det också öka problemet med övertemperaturer på sommaren. Detta kan förklaras med att värmen har svårare att ta sig ut när det är svalare ute än inne, t. ex. under natten. Att utföra byggnader med mer isolering och ökad lufttäthet för att tidskonstanten för byggnaden ökar, vilket alltså kan förstärka problemet med övertemperaturer om inte andra åtgärder vidtas. Dock visar simulering 8 att en förlängd tidskonstant kan användas som en tillgång genom optimerad vädring, det vill säga att vädra mer när det är kallare ute än inne och mindre när det är varmare ute än inne. Det är därför viktigt att se till hela byggnaden som ett system vid utvärdering av olika åtgärder för minskad energianvändning och termisk komfort. Det kan vara viktigt från byggherrens sida så att de energikrav som sätts upp för byggnaden även tar hänsyn till krav på den termiska komforten.

Utifrån resultaten från simuleringarna i den här studien och de tidigare studierna nämnda i inledningen kan följande kombinationer vara möjliga för att uppnå tillfredsställande termisk komfort:

- Använd automatiskt styrda vädringsluckor och rörlig solavskärmning
- Använd automatiskt styrda vädringsluckor och fast solavskärmning
- Använd automatiskt styrda vädringsluckor
- Möjliggör manuell vädring och använd rörlig solavskärmning
- Möjliggör manuell vädring och fast solavskärmning
- Automatisk forcerad ventilation och rörlig solavskärmning
- Automatisk forcerad ventilation och fast solavskärmning
- Automatisk forcerad ventilation

Resultaten i den här rapporten visar hur olika förutsättningar för byggnader påverkar den termiska komforten och hur de vanligaste individuella lösningarna påverkar samt vikten av att se helheten vid projektering av olika designlösningar.

## 5 Slutsatser

- Utan vädring och solskydd blir det för varmt inomhus.
- Ökat fast solskydd minskar övertemperaturer men kan fortfarande medföra för höga temperaturer och ökar energianvändning.
- Utan vädring ökar övertemperaturer med mer isolering då värme ”låses” inne.
- År 2018 hade Stockholm och Malmö större problem med övertemperaturer jämfört med Göteborg och Kiruna minst bekymmer.
- Optimerad vädring minskar övertemperaturer effektivt utan att öka uppvärmningsbehovet men kräver automatisk styrning.



- Enbart ”rimlig” vädring inte tillräckligt för den undersökta byggnaden.
- Enbart utvändigt solavskärmning inte tillräckligt för den undersökta byggnaden.
- ”Rimlig” vädring med rörlig utvändigt solavskärmning kan vara tillräckligt beroende på det lokala klimatet och ökar inte energibehovet

## Referenser

- [1] FoHMFS 2014:17 Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus. ISSN 2001-7804. 2014
- [2] L. Hawkings-Bell, JT. Rankin. Heat-related deaths – Philadelphia and United States, 1993-1994. *Morb Mortal Wkly Rep* 43:453-455. 1994
- [3] Franck et al. Heat stress in urban areas: Indoor and outdoor temperatures in different urban structure types and subjectively reported well-being during a heat wave in the city of Leipzig. *Meteorologische Zeitschrift* 22(2):167-177. 2013
- [4] P. Gervind et al. Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändning och termisk komfort. SP Rapport: 2011:79, ISBN 978-91-87017-11-7, ISSN 0284-5172. 2011
- [5] S. Langer et al. Innemiljö i HSB Living Lab: En studie av innemiljön under en fastighets första år. 2017
- [6] C. Johansson, B. Olsson. Tekniska systemlösningar för att undvika övertemperaturer för lågenergiflerbostadshus i stadsmiljö. *Lågan* 2011:25. 2011
- [7] D. Hagström, M. Westlund Passiva åtgärder för att reducera sommartemperaturer i bostäder. Rapport TVIT--11/5028. 2011
- [8] SVEBY. Brukarindata bostäder, Version 1.0. 2012

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

klimatskal och  
byggnadsfysik  
RISE Rapport 2021:36  
ISBN: