



# Övertemperaturer i bostäder – Mätdataanalys, konsekvenser och lösningar



# Övertemperaturer i bostäder – Mätdataanalys, konsekvenser och lösningar

Hans Bagge  
Victor Fransson  
Dennis Johansson  
Jesper Rydén



Energimyndighetens projektnummer: P2021-00191

E2B2



## Förord

E2B2s vision är en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

Bebyggelsesektorn svarar för cirka en tredjedel av Sveriges totala energianvändning och en effektivare energianvändning är en viktig del av utvecklingen av energisystemet. Hållbarhet, effektivitet och robusthet i bebyggelsen behöver stärkas och utvecklas. Lösningarna behöver samspela för att fungera och utnyttjas. Forskning, utveckling, innovation och kommersialisering spelar en avgörande roll.

I E2B2 arbetar forskare och andra aktörer tillsammans för att utveckla samhällets byggande och boende och effektivisera energianvändningen. Syftet med E2B2 är att ta fram ny kunskap, teknik, tjänster och metoder som bidrar till en hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen.

E2B2 är ett forsknings- och innovationsprogram från Energimyndigheten där IQ Samhällsbyggnad är koordinator. Programmet startade 2013 och en andra programperiod pågår mellan 2018 och 2024. Projektet som beskrivs i den här rapporten har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten.

Stockholm, 21 december 2022

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Energimyndigheten tar ställning till framförda slutsatser, resultat eller eventuella åsikter.



## Sammanfattning

Projektet tar sig an problematiken med höga inomhustemperaturer i bostäder under sommaren. Klimatförändringarna kan förutom generellt ökande temperatur innebära att det blir vanligare med värmeböljor under sommaren och det påverkar inomhusklimatet så att det mer frekvent och under längre sammanhängande tider kan bli så varmt inomhus att det blir problem för hälsan. Mätdata från 256 bostäder i både enfamiljshus och flerfamiljshus har analyserats utifrån olika sätt att beskriva övertemperaturer. De allra flesta av dessa bostäder finns i byggnader som byggts kring 2010 och kan därför ses som representativa för det som byggs i dagsläget. Från vissa av dessa bostäder finns även data från en inneklimateenkät där de boende har besvarat hur de upplever den termiska komforten sommartid. För att studera hur olika lösningar såsom vädring, solavskärmning m.m. påverkar övertemperaturer samt för att studera vilken energi som skulle behövas för att kyla bostäder har datorsimuleringar gjorts. I de fall detaljerade data om bostäderna finns (area, ventilationsflöde etc.) har statistisk analys använts för att identifiera samband mellan dessa data och olika mått på övertemperaturer från mätdataanalysen. Olika sätt att begränsa inomhustemperaturer sommartid har belysts tvärvetenskapligt för att ge ett underlag för att i ett helhetsperspektiv kunna diskutera olika lösningar.

Resultatet visar att i de studerade bostäderna uppfylls generellt inte Folkhälsomyndighetens riktvärden för höga inomhustemperaturer sommartid. Särskilt under varmare somrar såsom 2018 är det vanligt med temperaturer över 26°C även nattetid. Det innebär att den arkitektur, bygg- och installationsteknik som våra nyare bostäder har inte presterar så att nuvarande riktlinjer uppfylls. Under en varmare sommar såsom 2018 ligger medianen för den längsta sammanhängande perioden med inomhustemperatur över 26°C kring 200 timmar, alltså i snitt en dryg vecka med inomhustemperatur som konstant ligger över 26°C.

För att med säkerhet hålla inomhustemperaturen under 26°C krävs någon form av luftkonditionering, särskilt under varmare somrar. Datorsimuleringarna visar att det går att begränsa inomhustemperaturerna med utvändigt solavskärmning i kombination med omfattande vädring men det räcker inte för att hålla inomhustemperaturen under 26°C när det blir en varm sommar med värmeböljor. Alla åtgärder som sänker inomhustemperaturen innebär att andra kvaliteter påverkas som exempelvis ljud från luftkonditionering eller genom öppna fönster, dagsljus och utsikt. Därför kan det vara prioriterat med lösningar där de boende själva kan påverka så att en individuell avvägning kan göras, exempelvis mellan ljudnivå, temperatur och dagsljus.

*Inneklimat, Innetemperatur, övertemperatur, mätdata, enkät, bostäder*



## Summary

The project addresses the problem of high indoor temperatures in homes during summer. In addition to generally increasing outdoor temperatures, climate change may make heat waves more common during the summer and this will affect the indoor climate so that it can become so hot indoors more frequently and for longer continuous periods that it becomes a health problem as well as an increasing comfort problem. Measurement data from more than 250 dwellings in both single-family homes and apartment buildings have been analysed based on different ways of describing overheating. The vast majority of these homes are in buildings built around 2010 and can therefore be seen as representative of what is being built today. Some of these dwellings also have data from an indoor climate survey where the residents have answered how they experience thermal comfort in summer. Computer simulations have been performed to study how different solutions such as ventilation, solar shading, etc. affect overheating and to study the energy that would be needed to cool dwellings. In cases where detailed data on the dwellings are available (area, ventilation airflow, etc.), statistical analysis has been used to identify relationships between this data and overheating from the measurement data analysis. Different ways of limiting indoor temperatures in summer have been analysed in an interdisciplinary way to provide a basis for discussing different solutions in a holistic perspective.

The results show that in the studied dwellings, the guideline values of the Public Health Agency of Sweden for high indoor temperatures in summer are generally not met. Especially during warmer summers such as 2018, temperatures above 26°C are common even at night. This means that the architecture, building technology and HVAC used in our newer residential buildings do not perform to meet the current guidelines. During a warmer summer such as 2018, the median for the longest continuous period of indoor temperature above 26°C is around 200 hours, i.e. an average of just over a week with indoor temperature constantly above 26°C.

To reliably keep indoor temperatures below 26°C, some form of mechanical air conditioning is required, especially during hotter summers. The computer simulations show that it is possible to limit indoor temperatures with external solar shading combined with extensive ventilation, but this is not enough to keep indoor temperatures below 26°C during a hot summer with heat waves. Any measure that lowers indoor temperatures means that other qualities are affected, such as noise from air conditioning or through open windows, less daylight and views. Therefore, it should be prioritised with solutions where the residents themselves can influence so that an individual trade-off can be made, for example between noise level, temperature and daylight.

*Indoor climate, indoor temperature, overheating, measurements, questionnaire, dwellings*



## INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE OCH MÅL	8
1.3	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR	9
2	GENOMFÖRANDE	10
2.1	DATAMATERIAL	10
2.2	ANALYS AV MÄTDATA	10
2.3	SIMULERINGAR	12
2.4	STATISTISK ANALYS	13
2.5	LÖSNINGAR FÖR ATT MINSKA ÖVERTEMPERATURER SOMMARTID	14
3	RESULTAT	15
3.1	TEMPERATURER OCH TEMPERATURMÅTT	15
3.2	ENKÄTER	20
3.3	SIMULERINGAR	22
3.4	STATISTISK ANALYS	29
3.5	LÖSNINGAR FÖR ATT MINSKA ÖVERTEMPERATURER SOMMARTID	29
4	DISKUSSION	34
5	SLUTSATSER	36
6	PUBLIKATIONSLISTA	37
7	REFERENSER	38



# 1 Inledning och bakgrund

## 1.1 Bakgrund

Klimatförändringarna kan förutom generellt ökande temperatur innebära att det blir vanligare med värmeböljor under sommaren och det påverkar inomhusklimatet så att det mer frekvent och under längre sammanhängande tider kan bli så varmt inomhus att det blir problem för hälsan. I våra bostäder är det en självklarhet med ett värmesystem som ger oss önskad temperatur under vintern medan det inte finns motsvarande system för att kontrollera inomhustemperaturen sommartid. Internationella studier visar att när fokus har varit på att minska energianvändningen för uppvärmning så har problem med övertemperaturer ökat [1]. I energieffektiva hus är uppvärmningssäsongen kort och då ökar andelen av året som det inte finns något styr och regler system för att kontrollera temperaturen. När det är värmeböljor kan uteklimatförhållandena ofta vara sådana att det inte hjälper att vädra. Utetemperaturen generellt kan vara varmare än inomhustemperaturen och mikroklimat med uppvärmd mark och varma fasader kan innebära att vädring höjer inomhustemperaturen.

Ett flertal epidemiologiska och medicinska studier har pekat ut samband mellan inomhustemperatur över 26 °C och flera hälsoproblem [2] samt även sömnkvaliteten vilket direkt relaterar till hälsa [3]. Det kan handla om att höga temperaturer exempelvis kan ge uttorkning och ödem samt minskad produktivitet och koncentration [4, 5]. När det gäller sovrum nattetid har det visat sig att höga temperaturer även i mindre omfattning kan ge låg sömnkvalitet [6]. I samhället finns vissa grupper som kan vara extra känsliga för höga temperaturer. Spädbarn och små barn har svårare att hantera höga temperaturer vilket kan leda till exempelvis uttorkning [7]. Även äldre personer och personer som exempelvis har fetma, hjärt- och kärlsjukdomar eller diabetes kan vara mer påverkade av övertemperaturer inomhus både på grund av mer mottaglighet för värmerelaterade problem och på grund av mer stillasittande och mer tid inomhus [8]. Folkhälsomyndigheten rapporterar att andelen av Sveriges befolkning som tillhör grupper där negativa effekter av värme har visat sig vara störst, personer över 65 år och personer som lever med kronisk sjukdom, ökat [9].

Folkhälsomyndigheten skriver att riktvärdet för högsta inomhustemperatur under sommaren är 26 °C för känsliga grupper. För övriga anges att kan det vara acceptabelt med en något högre temperatur dagtid men att temperaturen nattetid inte bör överskrida 26 °C [10]. I FEBY:s kravspecifikation för termisk komfort i energieffektiva bostäder anges att inomhustemperaturen under perioden april till september inte ska överstiga 26 °C under mer än 10 % av tiden vilket innebär 372 h [11]. I vårt grannland Danmark anges att temperaturen inomhus inte får vara över 27 °C mer än 100 timmar eller över 28 °C i mer än 25 timmar [12] och även i Finland används 27 °C som en gräns som inte får överstigas med mer än 150 gradtimmar (°Ch) under juni–augusti [13].

En finsk studie visar på en signifikant risk för övertemperaturer redan med dagens klimat och konstaterar att användningen av luftkonditionering i bostäder, för att minska problem med övertemperaturer, kommer att ha en avgörande betydelse för elanvändningen. Som en konsekvens av klimatförändringarna bedöms att gradtimmarna över 27°C i bostäder kommer att öka med mer än 50% till 2050. Även om byggnadstekniska och "passiva" lösningar kan vara en del i att minska problemen så krävs det även andra tekniker för att begränsa inomhustemperaturen. [13]



Traditionellt har passiva lösningar så som solavskärmning och aktiva handlingar i form av vädring varit det som i bostäder främst använts för att hantera övertemperaturer på sommaren men det finns flera studier [13, 14, 15] som indikerar att detta inte längre är tillräckligt även i nordligare delar av Europa och Sverige vilket också indikeras av trenden att det blir allt vanligare att hushåll i Sverige installerar kylning på egen hand i form av eldriven luftkonditionering. Luftkonditioneringen står globalt sett för ungefär 3 % av världens koldioxidutsläpp men förväntas att öka [16].

Sett ur ett resursperspektiv bör man också förstå behovet av kyla redan vid projektering. Idag ligger tyngdpunkten på att sänka uppvärmningsenergin, vilket kan motverka ambitionen att hitta bättre sätt att designa byggnaderna för att undvika eller minimera behovet av aktiv kyla. Att kyla installeras på egen hand av de boende kan skapa en inomhusmiljö som ur fuktsynpunkt ställer nya krav på både konstruktionsmaterial och byggnadsdetaljer. Ett exempel är placeringen av ångspärren, som optimeras för uppvärmningssäsongen då det är varmare inomhus än utomhus och inte tvärt om. Scenariot med kyla och kallare inomhusklimat skulle kunna leda till nya fuktproblem som i sin tur leder till att resurser används för att åtgärda skador samtidigt som folkhälsan kan påverkas negativt.

Det saknas statistik och referensmaterial som beskriver de faktiska förhållandena i bostäder i Sverige under sommaren. Tidigare större svenska mätstudier har fokuserat på uppvärmningssäsongen, exempelvis BETSI. Därför har det saknats ett tillräckligt stort mätdataunderlag för att kartlägga och kvantifiera problem med övertemperaturer. En finsk studie undersökte övertemperaturer i ett stort antal lägenheter under två somrar, 2020 och 2021 där 2020 liknade ett normalår medan sommaren 2022 var varmare. Under den varmare sommaren var antalet gradtimmar över 27 °C tre gånger större än under den normalvarma sommaren vilket pekar på vikten av mätperiod för att kunna definiera övertemperaturer [17]. Det finns exempel på enstaka svenska studier som tittat på temperaturer under sommaren men då i få mätobjekt [18]. Däremot finns det många inslag i nyhetsmedia om problem med höga temperaturer i bostäder. Det är därför viktigt att utifrån ett större mätdatamaterial analysera och kvantifiera övertemperaturer.

## 1.2 Syfte och mål

Projektets övergripande syfte är att alla byggnader ska tillgodose en god inomhusmiljö avseende temperatur under hela året. Detta behöver kunna uppnås med beaktande av ett effektivt resursutnyttjande, förnybara energisystem samt flexibilitet och robusthet i energisystemen. Både komforten och folkhälsoaspekten är viktiga vilket gör att problematiken behöver belysas tvärvetenskapligt för att det på samhällsnivå inte ska göras suboptimeringar.

Specifika mål är att:

- Analysera och presentera mätdata från drygt 200 bostäder med avseende på övertemperaturer.
- Simulera olika fall för att bedöma vilket kylbehov som krävs för att begränsa övertemperaturer samt hur långt man kan komma med passiva tekniker såsom vädring och solavskärmning.
- Studera statistiska samband där byggnadsdata och upplevelse av inneklimatet är kovariater och olika mått på övertemperatur är responsvariabler.





- Tvärdisciplinärt belysa för och nackdelar med olika metoder för att begränsa övertemperaturer i bostäder.

### 1.3 Omfattning och avgränsningar

Projektet har studerat temperaturer under sommarmånaderna juni, juli och augusti med avseende på övertemperaturer. Övertemperaturer kan även förekomma utanför dessa sommarmånader. Vissa simuleringar av kylbehov har gjorts för helår. Då övertemperaturer kan förväntas bero på uteklimatet påverkar mätperioden och huruvida sommarperioden under aktuella mätår varit varm och om värmeböljor förekommit eller inte kan troligtvis påverka kvantifieringen av övertemperaturer. Antalet bostäder är ungefär jämt fördelat mellan villor och lägenheter i flerbostadshus men antalet flerbostadshus är förhållandevis få (7 st). Alla byggnader är byggda efter 2005 förutom ett tre flerfamiljshus som är från 1960/70-talet varav två renoverats 2015.



## 2 Genomförande

I detta kapitel presenteras projektets datamaterial och metoder för de olika analyser som genomförts.

### 2.1 Datamaterial

Projektets datamaterial kommer från olika tidigare genomförda mätstudier där inomhustemperaturer uppmätts under sommartid men där de tidigare projekten inte i detalj studerat dessa med avseende på övertemperaturer.

#### Datamaterial 1

- Byggnader: 48 enfamiljshus (villor)
- Byggår: 2006-2015
- Orter: 12 orter spridda från Malmö i söder till Kiruna i norr
- Mätperiod: december 2017 – augusti 2019
- Mätningar i hall och sovrum
- Enkäter kring inneklimat

#### Datamaterial 2

- Byggnader: 92 enfamiljshus (villor)
- Byggår: 2006-2015
- Orter: Jönköping och Umeå
- Mätperiod: vinter 2015/16 - vår 2017
- Mätningar i hall och sovrum
- Enkäter kring inneklimat

#### Datamaterial 3

- Byggnader: Sex flerfamiljshus med mellan 4 och 27 lägenheter, totalt 80 lägenheter
- Byggår: 2006-2015, två av flerfamiljshusen är byggda 1970 men renoverade 2015
- Orter: Byggnader i tre olika klimatzoner
- Mätperiod: sommar 2015 - vår 2019
- Mätningar i lägenheter

#### Datamaterial 4

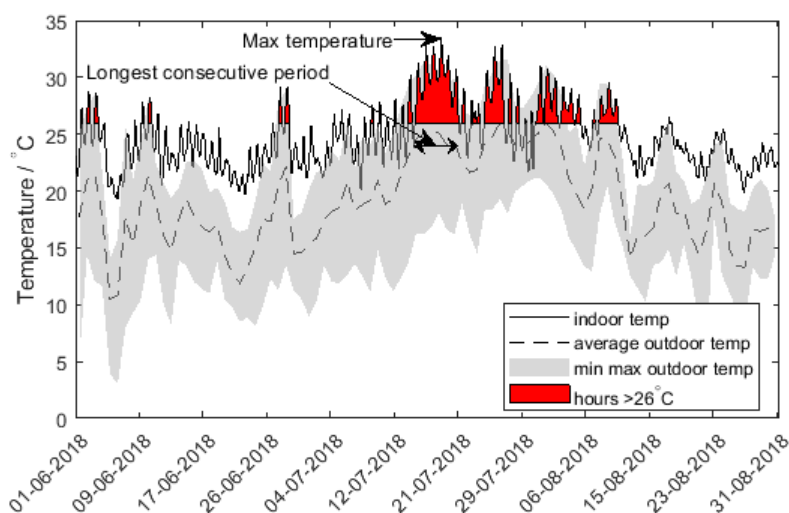
- Byggnader: 36 lägenheter i ett flerbostadshus
- Byggår: 1960/70-tal
- Ort: Karlstad
- Mätperiod: höst 2012 - höst 2016
- Mätningar i central frånluft från respektive lägenhet

### 2.2 Analys av mätdata

För att analysera övertemperaturer i de olika datamaterialens uppmätta inomhustemperaturer tas ett antal olika nyckeltal fram som på olika sätt speglar hur varmt det varit i bostäderna. Några av



nyckeltalen illustreras i Figur 1 som visar ett exempel på en mätserie i materialet. Den svarta kurvan visar inomhustemperaturen i en av bostäderna i datamaterial 1 för perioden juni till augusti 2018. Ett av nyckeltalen är den varmaste timmen under sommaren, även det varmaste dygnet används som nyckeltal (ej illustrerat i figuren). Folkhälsomyndigheten ställer krav på att inomhustemperaturen varaktigt inte bör överstiga 26°C under sommaren varför denna gräns har valts som utgångspunkt för flera av nyckeltalen som också involverar tid, dvs hur länge en temperatur överskridits. Detta representeras av de röda områdena i Figur 1 som visar när temperaturen inomhus varit över 26°C. Utifrån denna gräns tas nyckeltal fram: antalet timmar över 26°C samt längsta ihållande period över 26°C som också analyseras beroende på om det är dag eller natt, där natten är mellan 22:00-07:00. För att kombinera hur högt över 26°C temperaturen varit med hur länge det skett har också nyckeltalet gradtimmar över 26°C tagits fram. Det motsvarar arean av den röda ytan i figuren, det vill säga tid multiplicerat med skillnaden i gradantalet över 26° för respektive timme då gränsen överskridits. Ytterligare ett nyckeltal är den största temperaturpendling som skett under ett sommar dygn, dvs största skillnad mellan min- och maxtemperatur som uppmätts under ett dygn. I datamaterial 1 finns även mätningar av CO<sub>2</sub> vilket kan användas som indikation på närvaro. Generellt är koldioxidhalten i utomhusluften kring 400 PPM och en koldioxidhalt som överstiger det i sovrum kan antas bero på koldioxidproduktion från människor. En felkälla kan vara den avklingning som sker efter att man lämnat ett rum och koldioxidhalten klingar av. Det kan alltså vara en hög koldioxidhalt trots att det inte längre är någon i rummet. Om ett fönster står öppet i ett sovrum skulle den ökade luftomsättningen göra att det blir en låg koldioxidhalt trots att det är människor i rummet. Koldioxidhalten uppmätt i sovrum nattetid (22:00-07:00) har använts för att studera hur många timmar som temperaturen överstigit 26°C samtidigt som koldioxidhalten under samma tid varit över 500 respektive 600 PPM.

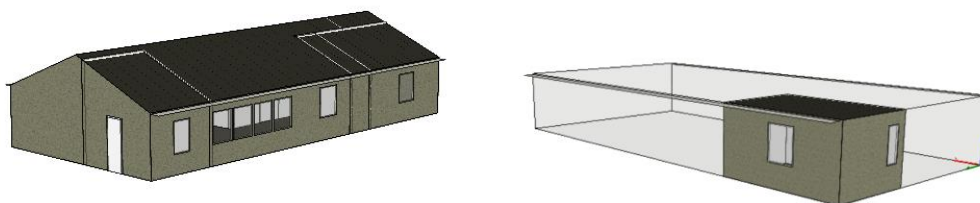


Figur 1 Illustration som visar exempel på nyckeltal som tagits fram för samtliga studerade datamaterial.



### 2.3 Simuleringar

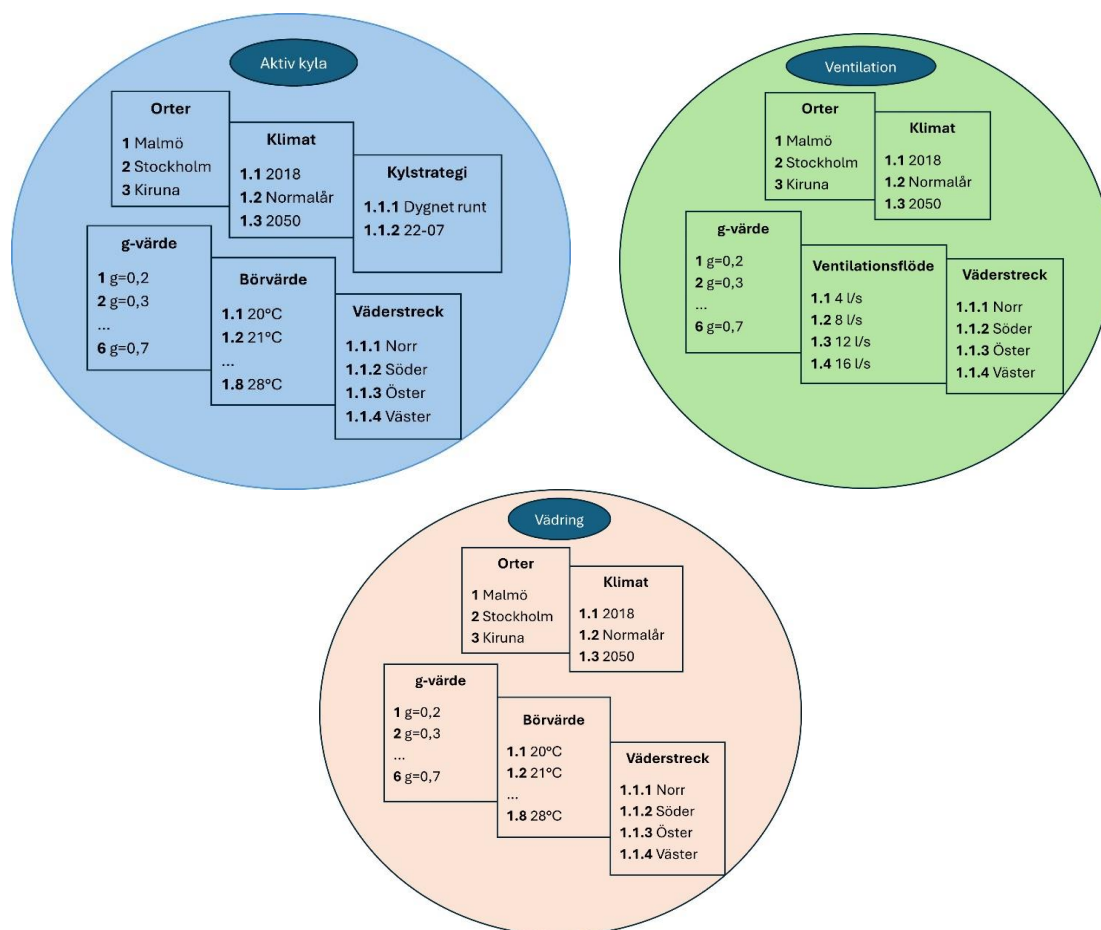
För simuleringarna har en byggnad motsvarande en av de populärare enplansvillorna byggts upp i IDA ICE se Figur 2. Huset har 130 m<sup>2</sup> golvyta och klimatskalets U-medelvärde är 0,2 W/(m<sup>2</sup>·K). Förutom simuleringar för byggnaden som helhet har fokus legat på att analysera hur övertemperaturer kan begränsas i ett av husets större sovrum. Rummet har två ytterväggar med ett fönster på respektive yttervägg, se Figur 2. Rummet är 4,65 meter långt och 3 meter brett och höjden till tak är 2,4 m. Det större fönstret är 1,2x1,2 meter och det mindre fönstret är 0,5x1,2 meter.



Figur 2. 3D-modellen för hela huset och för sovrummet i simuleringsmiljön IDA ICE

Tre strategier för att begränsa övertemperaturer har analyserats; aktiv kyla, vädring och ökat ventilationsflöde utan kylbatteri. För samtliga strategier har olika nivå på solavskärmning i form av olika g-värden studerats.

Figur 3 visar systematiken för simuleringarna och vilka kombinationer som använts. För strategin med aktiv kyla används två kylstrategier (kyla kontinuerligt respektive nattetid), tre orter (för att spegla skillnader i olika delar av landet), tre uteklimat per ort (normalår, 2018 samt framtida klimat för 2050 enligt Meteonorm), sex olika g-värden (för att återspegla olika grad av solavskärmning), börvärde för inomhustemperaturen i åtta steg och fyra olika väderstreck. Detta resulterar i cirka 3500 kombinationer som ger lika många beräknade kylbehov för strategin aktiv kyla. För strategierna Ventilation och Vädring finns motsvarande kombinationer (se Figur 3) som resulterar i olika parametrar som är relevanta för dessa strategier såsom exempelvis hur mycket antalet timmar över 26 °C kan begränsas med ökad ventilation eller hur många timmar med öppet fönster som behövs.



Figur 3. Beskrivning av vilka olika kombinationer som gjorts för olika strategier för att begränsa övertemperaturer.

## 2.4 Statistisk analys

I många sammanhang vill man utreda om en skillnad i förväntat utfall mellan två grupper kan anses statistiskt säkerställd. Beroende på datatyp och datainsamlingens natur kan då olika former av statistiska test utföras. I tillämpad statistik kan ofta resultatet av ett test sammanfattas i ett s.k. p-värde. Om detta är lägre än ett på förhand bestämt värde (vanligtvis 0,05) anses man ha en statistiskt påvisad skillnad.

Flertalet statistiska analyser i denna rapport sker med linjär regressionsanalys. Man har då en uttalad responsvariabel och en eller flera kovariater (enkel resp. multipel regression). I matrisform kan modellen skrivas

$$y = X\beta + e$$



där  $y$  är en vektor med observationer av responsvariabeln. Designmatrisen  $X$  innehåller observationer av kovariaterna och  $e$  är en vektor som betecknar slumpmässigt fel. Vektorn  $\beta$  innehåller regressionskoefficienter motsvarande kovariaterna. En kovariat kan vara en kategorisk variabel, t.ex. beskriva ventilationssystem av två typer. I situationen med endast en kovariat vilken är kategorisk, talar man om variansanalys (Anova), ensidig indelning.

För praktiska ändamål kan en regressionsmodell sammanfattas i tabeller där de skattade regressionskoefficienterna presenteras. I modern programvara presenteras då oftast även ett p-värde för kovariaten i fråga. I modeller med flera ingående kovariater utgör detta ett sätt att utreda om ingående kovariater är statistiskt signifikanta (på statistiskt fackspråk görs test av Wald-typ för varje enskild kovariat). Alternativt kan en skattad modell sammanfattas i en Anovatabell. Även där kan p-värden avläsas.

Skattningar av parametrar i de presenterade modellerna kan ske med metodik baserad på maximum likelihood och finns implementerat i programvara. I detta arbete har programvaran R använts.

Några av fallen testas för ett möjligt statistiskt säkerställt beroende mellan två kategoriska variabler. Typiskt är då att använda varianter av chi2-test. I enklare studier har enbart korrelationen mellan två (kontinuerliga) variabler studerats, alltså ingen regressionsmodell med parametrar att skatta. Även här kan ett test utföras, och ett p-värde kan genereras, vilket kan underlätta beslut kring eventuell statistisk säkerställd korrelation.

Responsvariabler har varit samtliga mått på övertemperaturer enligt kapitel 2.2 och för datamaterial 1 och 2 har följande kovariater använts:

- Byggnadsarea
- Ventilationssystem
- Luftflöde
- Personer per m<sup>2</sup> (från enkät)
- Vädringsmönster (från enkät)
- Upplevelse av inneklimat (från enkät)
- Årsmedeltemperatur utomhus
- Ort

## 2.5 Lösningar för att minska övertemperaturer sommartid

Med bakgrund i analyserna av mätdata, simuleringar och statistisk analys har olika lösningar belysts utifrån olika aspekter för att tvärdisciplinärt ta fram ett underlag som kan vara en del i beslut kring olika lösningar i dels specifika fall, dels generellt för framtida byggnation och renovering. Olika relevanta aktörer har utifrån sin kompetens och erfarenhet tillfört olika kvalitativa aspekter som behövs för att fatta rätt beslut om åtgärder för att begränsa övertemperaturer utifrån ett helhetsperspektiv.



## 3 Resultat

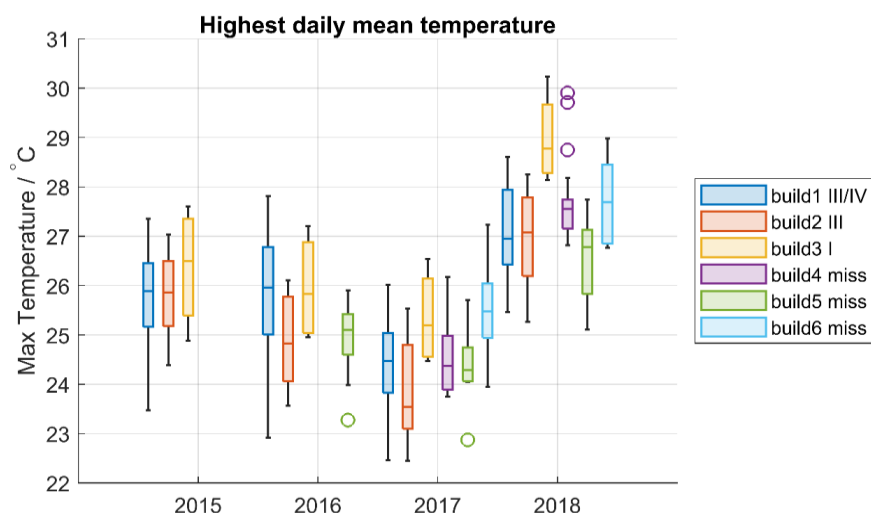
Resultatet från projektet kommer att presenteras i flera olika publikationer, se kapitel 6 Publikationer. I detta kapitel presenteras endast ett urval av figurer från resultatet. Figurerna har valts för att exemplifiera de olika resultat som finns och för att ge ett generellt underlag för diskussion och slutsatser i denna rapport. I rapporten Övertemperaturer i bostäder – Mätdata, analys och simuleringar (rapport från LTH) presenteras samtliga resultatfigurer för de olika datamaterialen och simuleringarna.

### 3.1 Temperaturer och temperaturmått

I kapitlet presenteras figurer som redovisar:

- Högsta uppmätta dygnsmedeltemperatur från datamaterial 3 (2015-2018)
- Den längsta ihållande perioden över 26°C för datamaterial 1 (sommaren 2018) och datamaterial 2 (sommaren 2016).
- Antalet timmar över 26°C under hela sommaren respektive under sommarnätter, 22:00-07:00, för datamaterial 4 (2013-2016).
- Antalet timmar över 26°C i sovrum under sommarnätter (22:00-07:00) då det samtidigt vart CO<sub>2</sub>>500 PPM respektive CO<sub>2</sub>>600 PPM för datamaterial 1 (2018).
- Antalet gradtimmar över 26°C för datamaterial 3 (2015-2018).

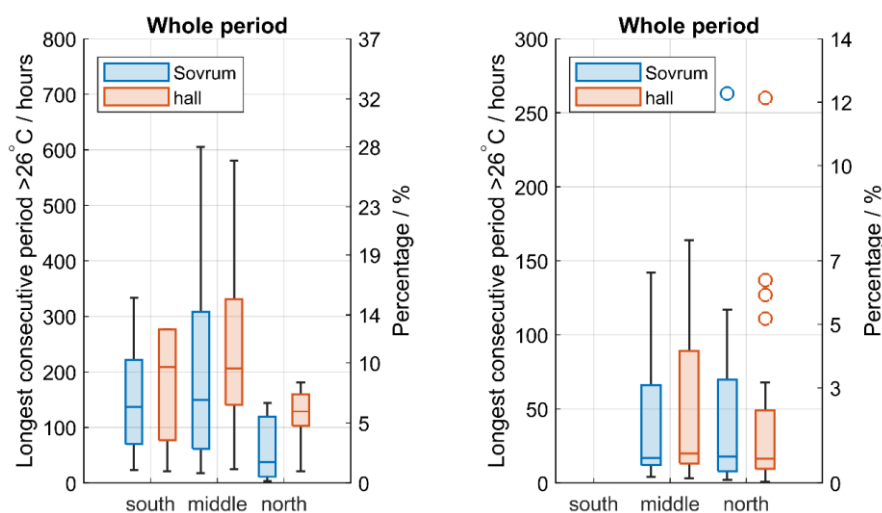
Figur 4 presenterar högsta dygnsmedeltemperatur i lägenheterna i flerbostadshuset för datamaterial 3. Det är tydligt att det kan vara stor skillnad mellan olika somrar. För sommaren 2017 har de olika byggnaderna i median högsta dygnsmedeltemperatur mellan 23,5 och 25,5 °C och lägenheten med högst dygnsmedeltemperatur hade strax över 27 °C. Sommaren 2018 är det väsentligt högre temperaturer. I median för de olika byggnaderna varierar den högsta dygnsmedeltemperaturen för sommaren 2018 mellan 27 och 29 °C och lägenheten med högst dygnsmedeltemperatur hade strax över 30 °C. Det är värt att notera att den lägenheten finns i en byggnad i klimatzon I, alltså i norra Sverige. Det är stor skillnad mellan lägenheter i samma byggnad vilket skulle kunna förklaras av olika orientering eller olika våningsplan som kan innebära att lägenheter utsätts för olika mycket solinstrålning. Sommaren 2018 hade alla lägenheter i de sex byggnaderna en högsta dygnsmedeltemperatur som översteg 25°C och i byggnaden med lägst temperatur (byggnad 5) översteg den högsta dygnsmedeltemperaturen 27°C i nästan 50% av lägenheterna. Den svalare sommaren 2017 var det istället i endast enstaka lägenheter i byggnaden med högst temperatur (byggnad 6) som den högsta dygnsmedeltemperaturen översteg 27°C.



Figur 4 Högsta dygnsmedeltemperaturen för datamaterial 3 (2015-2018).

Figur 5 presenterar den längsta ihållande perioden över 26°C för datamaterial 1 (sommaren 2018) och datamaterial 2 (sommaren 2016). Generellt är det för Datamaterial 1 (sommaren 2018) längre sammanhängande period över 26°C i hall jämfört med i sovrum. En förklaring kan vara att hall ofta är i direkt kontakt med vardagsrum som prioriteras att placeras mot söder och som även kan förväntas ha större fönster medan sovrum oftare placeras mot norr. För Datamaterial 1 är medianvärdet för den längsta perioden över 26°C i de olika geografiska grupperna 50-75 h högre i hall jämfört med i sovrum. För datamaterial 2 är skillnaden mellan medianvärdena i sovrum respektive hall mycket små. När det gäller de absoluta talen så är det en mycket stor skillnad mellan resultatet för datamaterial 1 och 2. För gruppen mellersta Sverige i Datamaterial 2 är den längsta perioden i median cirka 30 h (drygt ett dygn) medan den för samma grupp i Datamaterial 1 är cirka 180 h (drygt en vecka), sex gånger längre. En mycket trolig förklaring till den stora skillnaden är de två olika mätåren där sommaren 2018 var väsentligt varmare än sommaren 2016. Medianvärdets placering inom boxen (värdena mellan 25 och 75 percentilen) skiljer sig åt mellan de båda datamaterialen. För datamaterial 2 ligger medianen nära 25 percentilen medan den för datamaterial 1 generellt ligger närmare mitten av boxen.

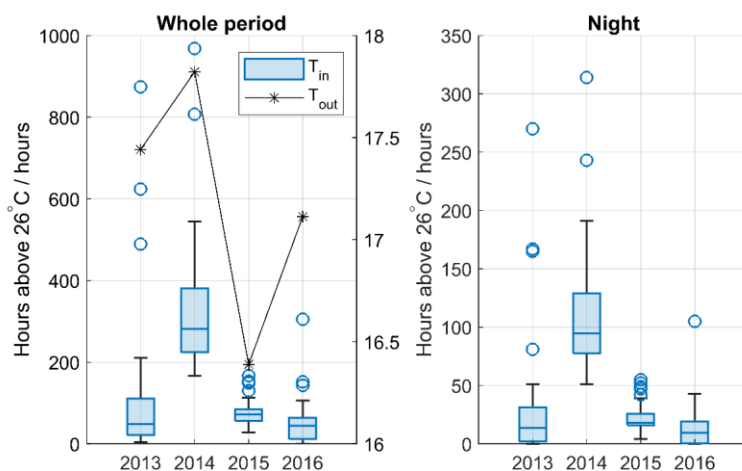




Figur 5 Den längsta ihållande perioden över 26°C för Datamaterial 1 (sommaren 2018) till vänster och för Datamaterial 2 (sommaren 2016) till höger.

Motsvarande skillnad mellan år återfinns även i de andra datamaterialen. I datamaterial 3 ligger den längsta sammanhängande perioden över 26°C under åren 2015-2017 i median kring 30 h eller lägre (med undantag av en byggnad 2016) medan det för 2018 i median per byggnad ligger mellan 60 och 190 h. Även i datamaterial 4 (2012-2016) finns motsvarande skillnad mellan år där det under den varmare sommaren 2014 i median är en sammanhängande period över 26°C på strax över 200 timmar medan det för övriga somrar är mellan 20 och 60 timmar.

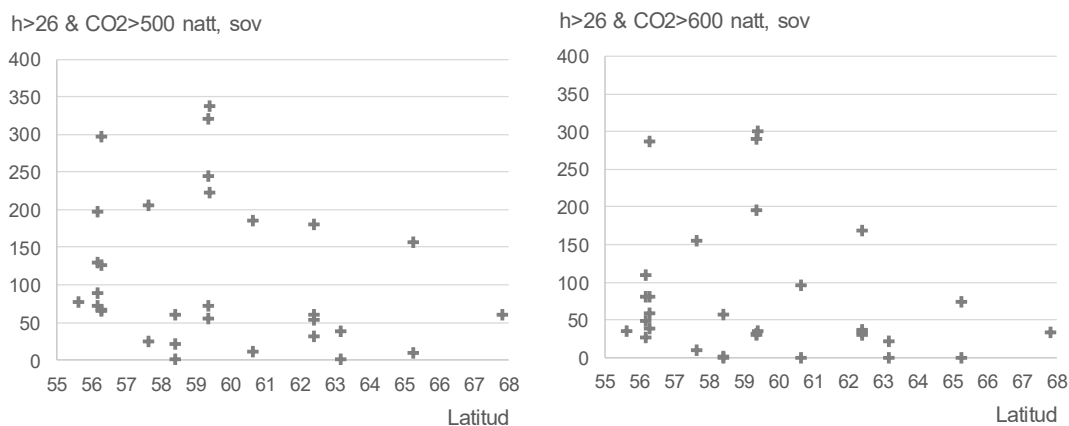
Figur 6 presenterar antalet timmar över 26°C under hela sommaren samt under sommarnätterna, timmarna 22:00-07:00, för datamaterial 4, 2013-2016. Precis som för övriga temperaturmått är det även för antalet timmar som överstiger 26°C under natten mycket stora skillnader mellan olika år. Datamaterial 4 inkluderar inte sommaren 2018 men däremot somrarna åren 2013-2016 och i det materialet finns motsvarande skillnad mellan olika år men där sommaren 2014 sticker ut. Generellt observeras i datamaterial 4 motsvarande skillnaderna mellan de olika temperaturmåten för sommaren 2014 i relation till övriga 3 somrar under mätperioden som det i andra material är mellan sommaren 2018 och intilliggande somrar. Som exempel visas i Figur 6 antalet timmar över 26°C under sommarperioden samt under sommarnätter. Under den varmare sommaren 2014 är det i median cirka 100 timmar över 26°C under natten medan det under de andra tre studerade somrarna är i median under 20 timmar över 26°C. Sommaren 2014 har ingen av lägenheterna färre än 50 timmar över 26°C nattetid medan det under övriga studerade somrar varit färre än 50 timmar över 26°C i alla utom enstaka lägenheter.



Figur 6 Antalet timmar över 26°C (vänster) under hela sommaren samt under sommarnätterna (höger), 22:00-07:00, för datamaterial 4, 2013-2016. I figuren till vänster visas även medeltemperatur utomhus som avläses på sekundär y-axel.

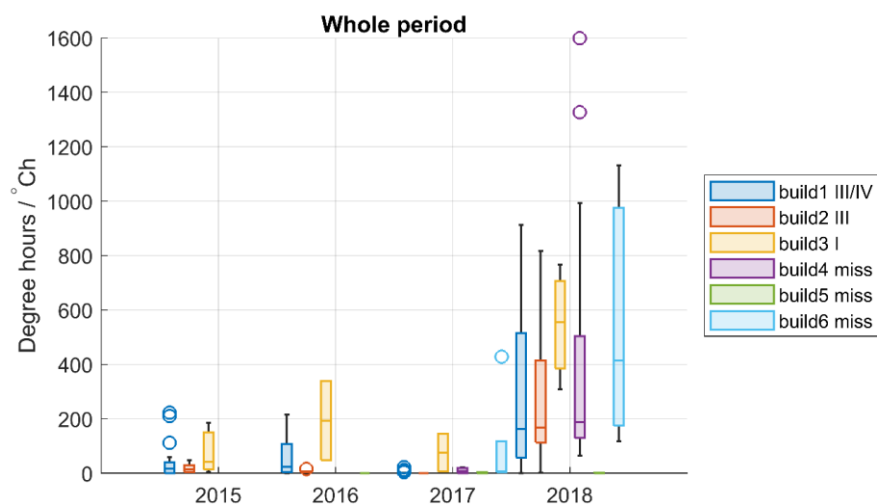
För småhusen i södra och mellersta Sverige i datamaterial 1 (sommaren 2018) är medianen för antalet timmar över 26°C nattetid drygt 200 timmar vilket motsvarar drygt 25% av nattimmarna. För småhusen i datamaterial 2 (sommaren 2016) ligger motsvarande medianvärde på under 20 timmar. För flerfamiljshusen i datamaterial 3 är motsvarande medianvärde mellan cirka 50 och 200 timmar sommaren 2018 medan det för somrarna 2015-2017 ligger mellan 0 och 40 timmar.

Figur 7 presenterar antalet timmar över 26°C i sovrum under sommarnätter (22:00-07:00) då det samtidigt varit CO<sub>2</sub>>500 PPM (till vänster) respektive CO<sub>2</sub>>600 PPM för datamaterial 1, 2018. Koldioxidhalterna indikerar närvaro men det finns osäkerheter i form av avklingning efter att personer lämnat sovrummet som kan ge höga koncentrationer utan samtidig närvaro samt vädring som kan ge låga koncentrationer trots samtidig närvaro. Höga värden återfinns framförallt söderut och på de sydligaste latituderna. I materialet finns det inga värden som är noll. Totalt under sommarmånaderna är det 828 timmar som infaller mellan 22:00-07:00. Om det är 150 timmar över 26°C innebär det att det är varmare än 26°C under nästan 20% av sommarnattimmarna. Det är fallet i nästan en tredjedel av husen om gränsen för närvaro sätts vid 500 PPM och för en femtedel av husen om gränsen för närvaro sätts vid 600 PPM.



Figur 7 Antalet timmar över 26°C i sovrum under sommarnätter (22:00-07:00) då det samtidigt varit CO<sub>2</sub>>500 PPM (till vänster) respektive CO<sub>2</sub>>600 PPM på olika latituder för datamaterial 1, 2018.

Figur 8 presenterar antalet gradtimmar över 26 °C för datamaterial 3. Under somrarna 2015-2017 är gradtimmarna över 26 °C generellt få, i median kring 20 °Ch med något undantag, och lägenheten med högst värde hade cirka 350 °Ch. För sommaren 2018 däremot är antalet gradtimmar över 26 °C väsentligt högre i de flesta fall. Med undantag för en byggnad ligger medianvärdet per byggnad mellan cirka 200 och 600 °Ch och lägenheten med högst värde hade nästan 1200 °Ch. Generellt är det 2018 mycket stor spridning mellan lägenheter i samma byggnad. Med undantag för en byggnad har samtliga byggnader någon lägenhet där det är kring 100 °Ch eller lägre och någon lägenhet där det är kring 800 °Ch eller högre.



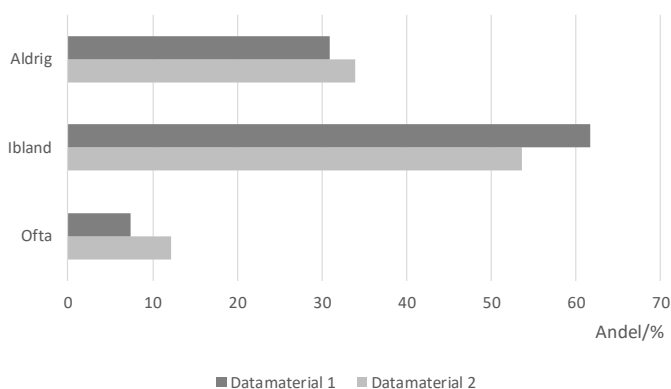
Figur 8 Antalet gradtimmar över 26°C, datamaterial 3 2015-2018.

### 3.2 Enkäter

För husen i Datamaterial 1 finns enkätsvar från totalt 68 vuxna personer och för husen i Datamaterial 2 finns enkätsvar från totalt 147 vuxna personer som besvarat hur de upplever temperatur och värmekomfort inomhus under sommarhalvåret. I enkäten besvarades frågan "Besväras du av att du i bostaden har alltför varmt på sommarhalvåret?" med något av följande tre svarsalternativ:

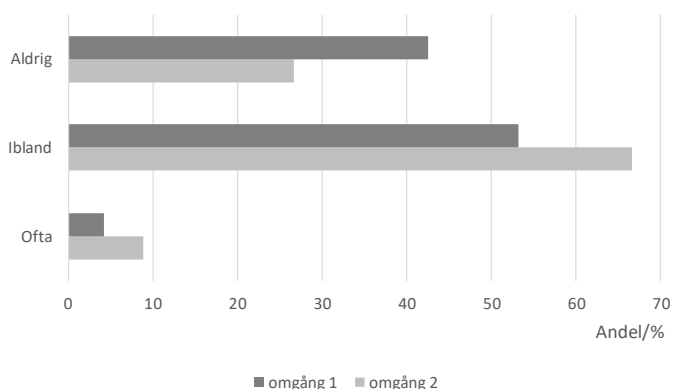
- Ja, ofta (varje vecka)
- Ja, ibland
- Nej, aldrig

Figur 9 presenterar hur svaren fördelar sig i de båda datamaterialen.



Figur 9 Fördelning av svar på enkätfrågan "Besväras du av att du i bostaden har alltför varmt på sommarhalvåret?" från två datamaterial.

För husen i Datamaterial 1 besvarades enkätfrågan "Besväras du av att du i bostaden har alltför varmt på sommarhalvåret?" vid två tillfällen i 25 av husen. Första gången enkäten besvarades var inför sommaren 2018 och andra gången enkäten besvarades var inför sommaren 2019. Från de 25 husen inkom svar från 47 vuxna i omgång 1 och från 45 vuxna i omgång 2. Figur 10 presenterar hur svaren fördelade sig för de två omgångarna. Andelen som svarade "aldrig" minskade med nästan 20 procentenheter medan andelen "ofta" ökade med 5-procentenheter från 4 till 9 %. I två tredjedelar av de 25 husen var det samma svar i båda omgångarna. I 9 av husen hade svaren ändrats och i 8 av dessa hade det ändrats till att det i genomsnitt upplevs som varmare. I 4 av husen har det ändrats från att ingen svarade "ibland" eller "ofta" till att alla svarade "ibland" eller "ofta". I omgång 1 var det 9 hus av de 25 där alla svarat "aldrig" medan det i omgång 2 var 5 hus där alla svarat "aldrig". En hypotes är att med den varma sommaren 2018 fortfarande i minne när enkäten besvarades så påverkade det svaren i omgång 2 jämfört med de inte så varma somrarna som föregick svaren i omgång 1. Resultatet indikerar en förskjutning mot att en större andel besväras ibland eller ofta men skillnaden är inte statistiskt signifikant.



Figur 10 Fördelning av svar på enkätfrågan "Besväras du av att du i bostaden har alltför varmt på sommarhalvåret?" för samma byggnader där omgång 1 avser enkätsvar från våren 2018 och omgång 2 avser enkätsvar från våren 2019.

När det är flera personer i ett hushåll är det inte säkert att alla har en samstämmig uppfattning kring om det är besvärande varmt under sommarhalvåret. För hus där det finns svar från två vuxna har det undersökts hur dessa svarat i förhållande tillvarandra. I Tabell 1 presenteras andelen av olika svarskombinationer för 93 hus med två vuxna. I två tredjedelar av husen finns det en samstämmighet mellan de båda personerna. I cirka en fjärdedel av husen är det en person som besväras ibland medan den andra personen aldrig besväras. Det är mycket ovanligt, endast i 3% av fallen, att en person aldrig besväras medan den andra ofta besväras.

Tabell 1 Andelen av olika svarskombinationer för 93 hus med två vuxna i Datamaterial 1 och 2.

Besväras du av att du i bostaden har alltför varmt på sommarhalvåret?	Person 2: Ofta	Person 2: Ibland	Person 2: Aldrig
Person 1: Ofta	5%		
Person 1: Ibland	5%	42%	
Person 1: Aldrig	3%	24%	20%

### 3.3 Simuleringar

I kapitlet presenteras figurer som redovisar:



- Kylbehov för att kontinuerligt kyla ett sovrum till olika inomhustemperaturer för olika orienteringar och med olika g-värde på fönster under ett normalår och med uteklimat som 2018 i Stockholm.
- Kylbehov för att under sommarnätterna (22-07) kyla ett sovrum till olika inomhustemperaturer för olika orienteringar och med olika g-värde på fönster under ett normalår och med uteklimat som 2018 i Stockholm.
- Vädring för att minska övertemperaturer
- Ökat ventilationsflöde för att minska övertemperaturer

Av resultatet i Figur 11 och Figur 12 framgår att det är skillnader i kylbehov under ett normalår jämfört med ett år med uteklimat som 2018. Skillnaden mellan sommaren 2018 och mer normalvarma somrar var även tydlig i analysen av uppmätta inomhustemperaturer och olika mått för att beskriva övertemperaturer utifrån mätdata i kapitel 3.1. Resultatet i Figur 11 visar exempelvis att i Stockholm är kylbehovet för att hålla inomhustemperaturen under 25 °C i ett sovrum som är orienterat mot öster, söder eller väster cirka 10-20 kWh ett normalår medan det med uteklimat som 2018 är cirka 100-120 kWh om ingen eller lite solavskärmning används (g-värdet 0,6). Med mer omfattande solavskärmning (g-värdet 0,3) behövs under ett normalår ingen kyla för att hålla inomhustemperaturen under 25 °C medan det under ett år med uteklimat som 2018 är ett kylbehov på cirka 60 kWh trots solavskärmning. Det är förhållandevis små skillnader i kylbehov för orientering mot öster, söder och väster. Kylbehovet är väsentligt lägre i sovrum mot norr men skillnaden mellan orienteringarna minskar med ökad solavskärmning (minskat g-värde). Med uteklimat som ett normalår finns inget kylbehov för sovrum mot norr om temperaturen tillåts gå upp till 24 °C. Med uteklimat som 2018 är kylbehovet för ett sovrum mot norr cirka 70 kWh om ingen solavskärmning antas användas (g-värde 0,6) och cirka 40 kWh med antagen solavskärmning (g-värde 0,3).

Om temperaturen istället ska begränsas endast nattetid minskar kylbehovet men i mindre omfattning trots att det bara är cirka två tredjedelar av dygnet som det kyls samtidigt som solvärmen är begränsad nattetid och utetemperaturen typiskt lägre. Jämfört med att hålla temperaturen kontinuerligt under exempelvis 25 °C kommer nattdriftsfallet inför varje natt att behöva kyla ner rummet från den temperatur som uppnåtts under dagen (om den övergår 25 °C) vilket kan innebära ett större energibehov och maxeffektbehov jämfört med om temperaturen hålls på en konstant nivå. Om en inomhustemperatur på 20 °C önskas i ett sovrum orienterat mot öster utan solavskärmning (g-värde 0,6) blir kylbehovet med uteklimat som 2018 cirka 310 kWh om temperaturen hålls kontinuerlig medan kylbehovet blir cirka 260 kWh om det bara kyls under natten. Det är alltså cirka 20% högre kylbehov för att kyla sovrummet dygnet runt jämfört med endast på natten.

I Figur 13 presenteras olika data som beskriver hur långt man kan nå genom vädring. Data för de två fallen Stockholm med uteklimat som 2018 med ingen eller begränsad antagen solavskärmning (g-värde 0,5) samt med antagen solavskärmning (g-värde 0,3) presenteras. Av resultatet framgår att för ett sovrum mot norr med ingen eller begränsad solavskärmning går det att med vädring begränsa gradtimmarna över 26 °C till under 100 °Ch och det har då krävts att fönstret varit öppet under nästan 400 h med en öppningsgrad på i genomsnitt 20% enligt IDA ICE:s definition. För ett sovrum mot öster utan solavskärmning blir det istället cirka 400 °Ch över 26 °C vilket har krävt att fönstret varit öppet drygt 600 h med en medelöppningsgrad på 40%. Om solavskärmning antas användas (g-



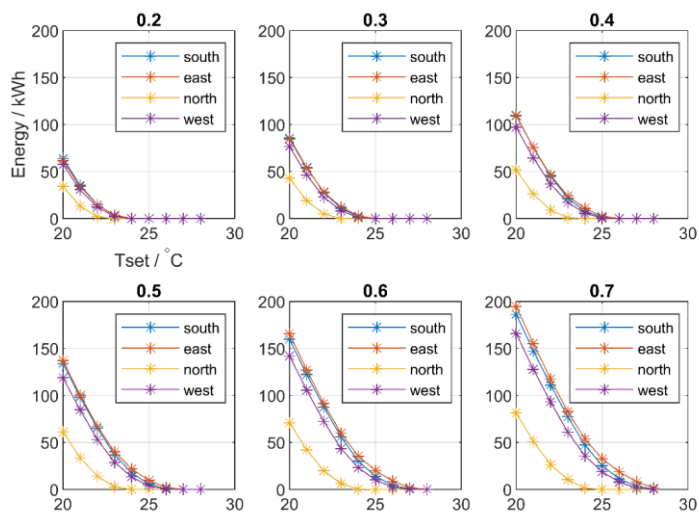
värde 0,3) kan temperaturen i stort sett hållas under 26 °C i ett sovrum mot norr vilket då har krävt att fönstret varit öppet under cirka 200 h med en medelöppningsgrad på cirka 15%. Om sovrummet istället är orienterat mot öster överskrids 26 °C med cirka 150 °Ch vilket kräver att fönstret varit öppet nästan 500 h med en medelöppningsgrad på 30%.

I Figur 14 presenteras olika data som beskriver hur långt man kan nå med att undvika övertemperaturer genom ökat ventilationsflöde. Data för de två fallen Malmö med uteklimat som 2018 med ingen eller begränsad antagen solavskärmning (g-värde 0,5) samt med antagen solavskärmning (g-värde 0,3) presenteras. Av resultatet i figurerna går det att utläsa att en ökning av luftflödet från 8 l/s (normalflöde för två personer) till 12 l/s (en ökning med 50%) minskar antalet timmar över 26 °C från 400 till cirka 150 h i ett sovrum orienterat mot öster. Om ventilationsflödet av någon anledning skulle vara begränsat, exempelvis till 4 l/s, ökar antalet timmar över 26 °C till strax över 700 h. Om solavskärmning antas användas (g-värde 0,3) kan antalet timmar över 26 °C begränsas till 50 om luftflödet ökas till 12 l/s.

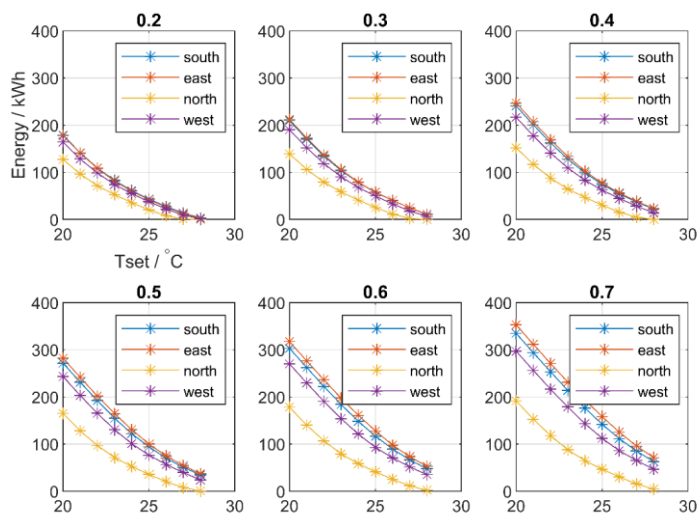




Sthlm Normal cooling strat 24 hours



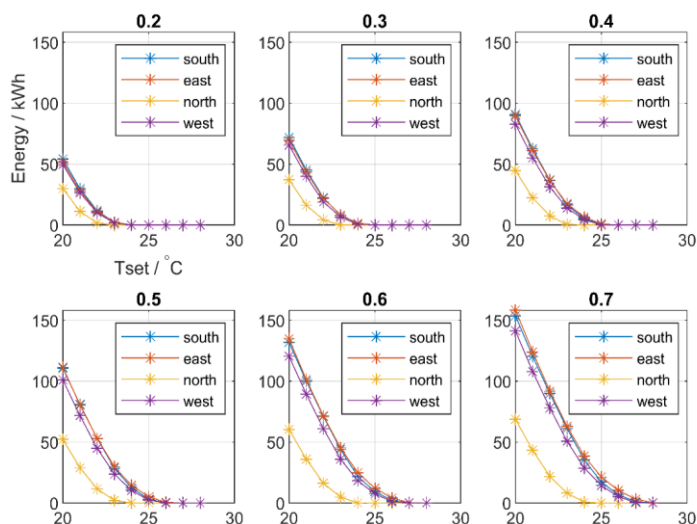
Sthlm 2018 cooling strat 24 hours



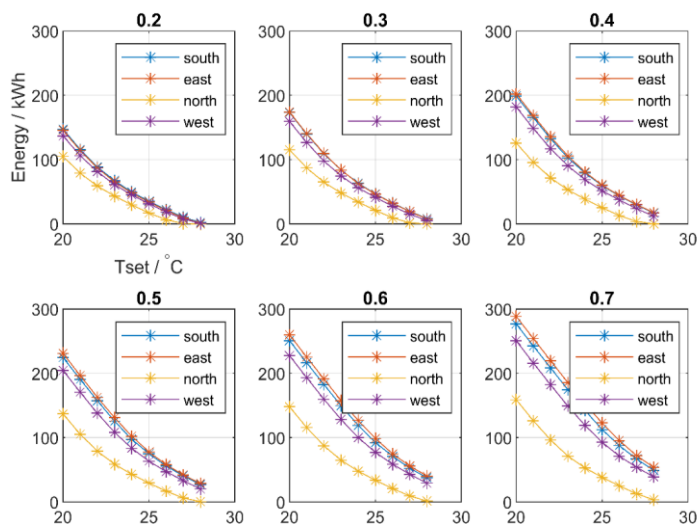
Figur 11. Sex figurer med resultaten för aktiv kyla med kylstrategin att kyla under hela dygnet för ett normalår (överst) och med uteklimat enligt 2018 (nederst). Orten är Stockholm och klimatet som undersökts är sommaren 2018. De sex figurerna visar energin för kyla i kWh för de tre månaderna juni, juli och augusti för sovrummet som en funktion av temperaturbörvärdet Tset. Varje figur innehåller fyra grafer som representerar vilket väderstreck sovrummet varit vänt emot. De sex olika figurerna redovisar resultaten beroende på vilket värde som fönstren haft i stigande ordning.



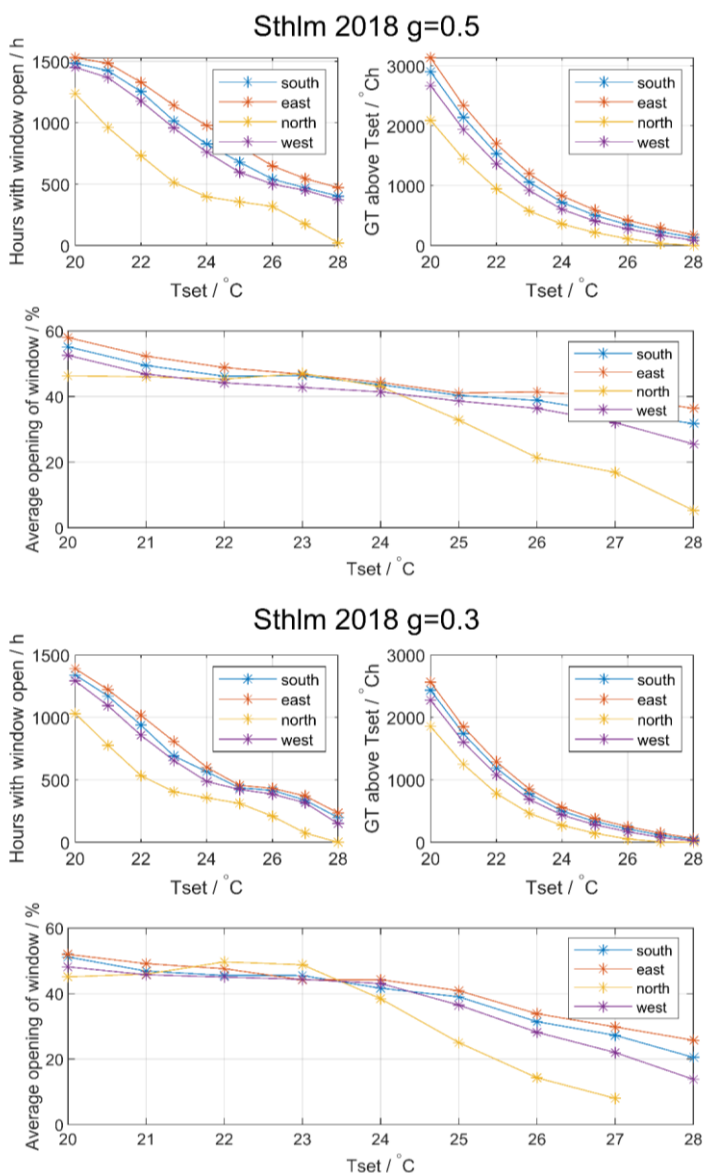
Sthlm Normal cooling strat 22-07



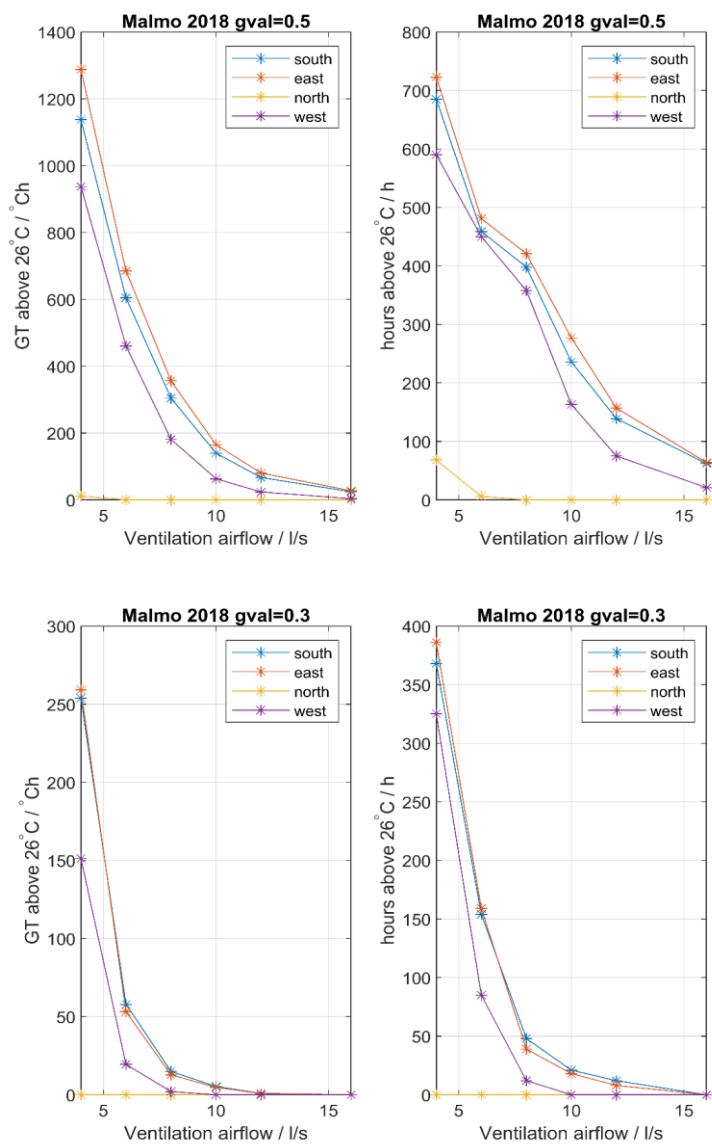
Sthlm 2018 cooling strat 22-07



Figur 12. Sex figurer med resultaten för aktiv kyla med kylstrategin att kyla under natten mellan 22-07 för ett normalår (överst) och med uteklimat enligt 2018 (nederst). Orten är Stockholm. De sex figurerna visar energin för kyla i kWh för de tre månaderna juni, juli och augusti för sovrummet som en funktion av temperaturbörvärdet Tset. Varje figur innehåller fyra grafer som representerar vilket väderstreck sovrummet varit vänt emot. De sex olika figurerna redovisar resultaten beroende på vilket g-värde som fönstren haft i stigande ordning.



Figur 13. Resultatfigurer för vädring för två fall av g-värde (tre figurer per gruppering). Uppe till vänster i respektive gruppering presenteras antal timmar som fönstret varit öppet som en funktion av börvärdet i sovrummet. Uppe till höger är motsvarande antal gradtimmar som inomhustemperaturen varit över respektive börvärde trots att vädringen använts så mycket som det varit möjligt. I den nedre figuren presenteras hur stor andel av fönstrets bredd som varit öppen i medeltal. Den undersökta perioden är juni, juli och augusti och orten är Stockholm och klimatet är sommaren 2018. Fönstrens g-värde är 0,5 och de fyra graferna i respektive figur visar resultaten beroende på mot vilket väderstreck som sovrummet varit orienterat.



Figur 14. Resultatfigurer för olika ventilationsflöden för två olika g-värden (två figurer per g-värde). Till vänster visas gradtimmar över 26 grader och till höger antalet timmar över 26 grader som funktion av ventilationsflödet i sovrummet. Den undersökta perioden är juni, juli och augusti. Orten är Malmö och klimatet är sommaren 2018. De fyra graferna i respektive figur visar resultaten beroende på mot vilket väderstreck sovrummet varit orienterat.



### 3.4 Statistisk analys

För datamaterial 1 och 2 finns uppgifter om byggnadernas storlek, ort mm samtidigt som det finns enkätsvar om inneklimatet. Dessa data har analyserats med avseende på samband till de olika temperaturmåten som beskriver övertemperaturer.

Det finns ett signifikant samband (p-värde på 0,05 nivån) mellan husens area och °Ch över 26°C i hallen för husen i Datamaterial 2 när modellen även har orten som kovariat. Byggs modellen på med kovariaterna personer/m<sup>2</sup> och vädring förstärks sambandet till arean och det blir även ett signifikant samband till personer/m<sup>2</sup>. Motsvarande samband återfinns inte i samma modell för Datamaterial 1. En hypotes är att de olika varma somrarna (2018 för datamaterial 1 och 2016 för datamaterial 2) kan påverka sambanden. Exempelvis skulle internvärme från personer och hushållsel (som kan förväntas bero på personer/m<sup>2</sup>) under en svalare sommar kunna få större relativ påverkan på hur ofta och hur mycket inomhustemperaturen överstiger 26°C jämfört med under en varmare sommar. Generellt är sambanden till temperaturmåten i sovrum svagare.

För Datamaterial 1 finns signifikanta samband (p-värde på 0,05 nivån) mellan om någon i huset någon gång besvärats av höga temperaturer inomhus sommartid och de högsta temperaturerna som uppmätta i sovrum både under dygnet och under natten. Detta samband förstärks om modellen även inkluderar årsmedeltemperatur utomhus och husens area. Till husens area finns då även ett signifikant samband (p-värde på 0,05 nivån). Detta indikerar dels att de boendes enkätsvar relaterar till hur varmt det blir samt att i den gruppen av hus påverkar arean hur varmt det blir. Motsvarande samband hittas inte i Datamaterial 2 och en hypotes är att de olika varma somrarna påverkar vilket genomslag de olika temperaturmåten får där exempelvis maxtemperaturer i sovrum skulle kunna få en större spridning mellan olika hus under en varmare sommar. Exempelvis kan effekten av sovrummets orientering bli större en varma sommar.

Generellt finns det för datamaterial 1 samband mellan temperaturmåten och respektive Orts årsmedeltemperatur (totalt 12 orter). Datamaterial 2 inkluderar hus på två orter (Jönköping och Umeå) men i detta datamaterial återfinns generellt inte motsvarande samband till årsmedeltemperaturen vilket kan förklaras av att utomhustemperaturerna under den varmaste sommarmånaden är förhållandevis lika på de båda orterna.

### 3.5 Lösningar för att minska övertemperaturer sommartid

I detta avsnitt presenteras en tvärvetenskaplig genomlysning av olika lösningar som kan användas för att begränsa övertemperaturer sommartid. Lösningar som diskuteras är:

- Vädring
- Orientering av sovrum
- Utvändig fast avskärmning såsom takutsprång, balkong och fast solavskärmning
- Utvändig markis
- Ökat ventilationsflöde
- Kyla i centralt ventilationssystem
- Kylmaskin, luft-luftvärmepump, fast montage



- Kylmaskin, luft-luftvärmepump, mobil

### Vädring

Vädring är ett sätt att öka luftflödet ganska mycket, speciellt i kallare väder. Övertemperaturer uppstår mest när det är som varmast vilket innebär att nyttan i energisnåla moderna hus under höst och vår, då det blir för varmt även där, ändå är begränsad och att flödet inte blir så stort mitt i sommaren. I andra länder främst, finns automatiserade lösningar för att öppna fönstren, men i Sverige handlar det i alla fall i bostäder om att manuellt öppna fönstret vid behov.

Om det inte är varmare ute än man önskar inne kan det hjälpa till en del, men det räcker ändå ofta inte för att komma ner i önskad temperatur. Fördelar med vädring är att det är beprövat och om det används rätt så är det energieffektivt. Risken är att det är öppet så att det blir värmebehov och eventuellt värmeförlust från värmesystemet på natten om det då blir kallare ute då.

Nackdelar är behovet av hantering av fönstren men också om fönstren sitter på sådant sätt att det finns risk för inbrott etc. Risk finns att buller utifrån ökar, och speciellt i sovrum kan det vara till besvär. På natten blir temperaturen svårreglerad om man sover. Om det saknas möjlighet att få tvädrag genom flera öppna fönster så är det fortfarande risk att det är ett problem att få bort tillräckligt mycket värme.

Ett problem om man har äldre som är beroende av hemtjänst och har svårt att röra sig är att system för att undvika övertemperaturer behöver kunna skötas automatiskt, av andra eller på annat sätt. Fönstervädring för en äldre som inte kan öppna fönstret är exempel på en lösning som riskerar att inte fungera. En fråga som är viktig att reda ut, speciellt som äldre är känsligare för övertemperaturer, är vad hemtjänsten kan ansvara för att drifva. Finns det personer med pollenallergi i hushållet behöver det beaktas då vädring innebär att mängden pollen i inomhusmiljön ökar. Fönster kan förses med pollenfilter för att minska denna påverkan.

### Orientering av sovrum mot norr

Sovrummen tillbringar boende mycket tid i och sömn är viktigt för människors återhämtning. Att ha sovrum i väster, öster och söder leder till solinstrålning och beroende på fönsters storlek och solavskärmning kan det tillföras ganska höga effekter till sovrummet. Även ett helt öppet fönster som det vädras genom släpper in värme om det inte finns utvändigt solavskärmning. Med placering i norr försvinner stora delar av solens direkta instrålning mot fönstret. Arkitektur och planlösning kan vara svåra att lösa om alla sovrum ska läggas mot norr.

### Utvändig fast avskärmning såsom takutsprång, balkong och fast solavskärmning

Alla lösningar för att minska inkommande solstrålning minskar problemet med övertemperaturer men minskar också inkommen värme på vintern. I synnerhet om rummen vetter mot söder, öster eller väster så är dessa strålningsminskande åtgärder effektiva även om det fortfarande kan bli för varmt. Med fast solavskärmning påverkas dagsljusinsläppet negativt och det finns inget sätt för individen att påverka detta på liknande sätt som med rörlig solavskärmning. De negativa effekterna blir särskilt tydliga under vinterhalvåret då tillgång till dagsljus är viktigt för hälsa och välmående. Om fast solavskärmning används är det ur dessa aspekter att föredra solavskärmning som är genomskiktlig genom exempelvis perforering.



### **Utvändig markis**

En markis på utsidan som är ställbar ger en möjlighet att skärma av vid behov. De boende kan anpassa avskärmningen för att prioritera solavskärmning eller dagsljus. Försök har gjorts och system finns idag för att styra dessa markiser automatiskt efter värmebehovet men dessa har nog inte tillämpats på bostäder i någon större skala. Det ges möjlighet med rätt styrning eller manuell manövrering att få in värmen när den behövs och hålla den ute när det inte behövs. Invändiga lösningar har inte lika stor effekt. I en bostadsmiljö är lösningar där individen kan påverka funktionen önskvärda.

En markis är vindkänslig och det finns automatiska som dras in vid för kraftig vind. Om ingen automatik används krävs manuell hantering och det kan påverka hur effektiv lösningen är, exempelvis kanske inte markisen lämnas utfälld när man inte är hemma och då kan huset värmas upp till oönskat hög temperatur. Markiser monteras ofta mot fasaden med genomföringar genom fasaden vilket kan påverka fasadens funktion när det gäller regntätethet och vindsydd och det kan påverka ytterväggens fuktsäkerhet.

Utvändiga markiser förekommer på kontorshus men är ovanliga på flerbostadshus. På kontorshus styrs dessa vanligen koordinerat vilket ökar effektiviteten och ger en enhetlig fasad jämfört med om de skulle styras individuellt från varje lägenhet i ett flerbostadshus. En koordinerad styrning på flerbostadshus skulle på ett negativt sätt begränsa individens möjlighet att styra dagsljusinsläppet och samtidigt skulle en individuell styrning påverka effektiviteten och fasadens arkitektur samtidigt som tekniken skulle kräva underhåll på lägenhetsnivå.

### **Ökat ventilationsflöde**

Ökat ventilationsflöde ger likt fönstervädning en möjlighet att få innetemperaturen att närma sig utetemperaturen, dock med en annan möjlighet till kontinuerlighet än vad man normalt kan åstadkomma med fönster. Utan kylbatteri i aggregatet kan inte tilluften bli kallare än något varmare än uteluften vilket är otillräckligt vid varmt väder men ändå minskar övertemperaturen många av sommarens timmar. I kalla klimat kan man komma närmare en komfortabel innetemperatur än i varma klimat.

Nackdelen är att det bör kombineras med någon form av behovsstyrning så att inte flödet är högt året runt och ökar värmebehovet på vintern. Behovsstyrningen skulle även behöva hantera situationen när utetemperaturen överstiger inomhustemperaturen. Vid frånluftsventilation är risken att man ändå inte får in så mycket luft i sovrummen där problemet accentueras med övertemperaturer på nätterna. Ett ökat ventilationsflöde skulle även innebära att ljudnivån ökar vilket kan påverka sömnen negativt och så ökar elanvändningen för fläkten.

Nattkyla i form av att öka ventilationsflödet på natten, med eller utan kylbatteri men framför allt utan i bostäder, kan vara ett sätt att med termisk lagring hålla nere temperaturerna på dagen. Det kräver då ett varierbart flöde samtidigt som det kräver styrning för detta.

### **Kyla i centralt ventilationssystem**

Om man installerar ett kylbatteri i tilluften så får man tillgång till viss kyleffekt, som troligen klarar de flesta fall av övertemperaturer i bostäder om solavskärmning och fönster är rimliga. Om kylbehovet är större, vilket vi ser i kontorsbyggnader och andra lokaler, behövs lösningar som kan föra bort mer värme, som ökat luftflöde i kombination med kylbatteri, kylbafflar eller fläktdrivna kylare. Detta är



förmodligen inte relevanta lösningar i bostäder i ett helhetsperspektiv även med tanke på kostnader och materialbehov.

Problemet med att bara kyla i tilluften och inte variera flödet är att det inte går att variera kyleffekten till olika rum. Det behövs också någon form av energikälla i form av en kylmaskin eller fjärrkyla. Ett intressant alternativ att utreda är att ta markkyla eller borrhålskyla via ett vätskesystem på sommaren för att sedan förvärma med samma system på vintern. Man kan ta luften genom marken också men då med risk för påväxtproblem på sommaren. Det behövs någon form av reglerteknik och gränssnitt för att bestämma tilluftstemperaturen under året, och det blir fler rum att reda ut detta för i ett flerbostadshus. Man måste tänka på kondensisolering av aggregat, kanaler och genomföringar så att det inte riskeras kondens eller påväxt i konstruktionerna.

Kommersiella system som kan köpas för lägenheter finns i branschen hos till exempel Lindab och Swegon. De säljs över Europa och är lösningar som bedöms hantera övertemperaturerna om övrig projektering är rimlig. Det verkar inte vara några stora andelar av nybyggda hus som dessa system installeras i men enligt branschen förekommer det och trenden är växande. Det är överhuvudtaget ganska rimligt, än mer söder om Sverige, att man vill ha ett kylsystem likaväl som ett värmesystem. I flerbostadshus behöver möjligheten att styra kylan på lägenhetsnivå beaktas då det kan finnas stora skillnader mellan vad olika människor upplever som komfortabelt och hur kylbehovet är i olika lägenheter beroende på väderstreck och våningsplan.

Om det i ett svenskt klimat skulle vara perioder när inomhustemperaturen i bostäder blir lägre än utomhustemperaturen behöver konstruktionernas fuktsäkerhet kontrolleras. Jämfört med i kontor där kyla är vanligare så är fukttillskottet större i bostäder. I Sverige är det vanligt med träregelkonstruktioner både i enfamiljshus och flerbostadshus och fuktskyddet av dessa är planerat utifrån att inomhustemperaturen är högre än utomhustemperaturen. Betong och murkonstruktioner kan vara mindre känsliga för detta men ofta förekommer organiskt material även här i exempelvis takkonstruktionen. Även förhållanden i kryppgrunder och kalla vindar kan påverkas så att fuktrisker där ökar om temperaturen i dessa utrymmen sänks vilket kan bli fallet om det blir en värmetransport från dessa utrymmen till ett kallare bostadsutrymme. Det kan bli särskild stor påverkan i äldre byggnader med begränsad isolering i golv och vindsbjälklag.

#### **Kylmaskin, luft-luftvärmepump, fast montage**

Ett i dagsläget inte helt ovanligt sätt att kyla villor, och även mindre kontorslokaler, är luft-luftvärmepumpar. Detta är en lösning som i en bostad belastar hushållselen, liksom en ren split-AC-enhet, men värmepumpen är ofta billigare och optimerad för att värma under uppvärmningssäsongen men samtidigt kan den även ge kyla. Om man vill kyla en hel villa eller ett helt flerbostadshus så måste det ofta till orimligt många enheter. Speciellt i villor med direktvärme är luft-luftvärmepump ett av få rimliga alternativ för att spara energikostnad och då följer kylmöjligheten med på köpet. Nackdelen är just att den bara täcker vissa rum. Å andra sidan läggs då ingen energi på att kyla hela bostaden. Ur ett värmeperspektiv görs placeringen i en så stor sammanhängande volym som möjligt vilket ofta blir hall eller vardagsrum. Då är möjligheten att kyla sovrum för att öka kvalitén på sömnen begränsad.

Med tanke på fuktsäkerhetsaspekter gäller samma resonemang som för Kyla i centralt ventilationssystem men kylmaskinen kan lokalt ge väsentligt lägre temperaturer. Det kan då även lokalt ge större påverkan på kalla vindar och i kryppgrunder i mindre isolerade hus. Påblåsning mot tak kan förstärka effekterna på kalla vindar. När inte hela bostaden har samma temperatur kommer det





att bli temperaturgradienter över innerväggar och med lokal fuktproduktion kan det uppkomma kritiska fuktnivåer i byggnadsdelar som inte konstruerats med det i beaktande.

Mindre enheter kan monteras i sovrum för att ge komfortabla temperaturer för god sömn men ljudnivån kan ge sämre sömnkvalitet. En kylmaskin skulle kunna kyla sovrummet till en komfortabel temperatur inför sänggående och därefter skulle vädring kunna användas under natten i de fall det räcker för att hålla temperaturen och om ljud utifrån inte stör mer än kylmaskinen skulle gjort.

Installationen kräver genomföring genom byggnadens klimatskal, ofta genom ytterväggen och beroende på byggnadskonstruktionen kan ett korrekt utförande vara mer eller mindre komplicerat och brister i utförandet kan innebära att risken för fuktproblem i konstruktionen kan öka. Förutom ljud i bostaden blir det även ljud från utedelen och beroende på omgivningen kan det påverka grannar. Exempelvis kan ljudet från en grannes värmepump påverka möjligheten att vädra utan att störas av buller nattetid. Denna problematik kan vara mer påtaglig i ett flerbostadshus, där det är närmare till grannar, om utedelar placeras på fasaden. Här kan även arkitekturen påverkas väsentligt och det skulle behöva utvecklas teknik och design för att enheterna ska passa in på olika fasader och i olika miljöer.

Med tanke på erfarenheten av höga temperaturer inomhus, ett förväntat varmare klimat samt fler och längre värmeböljor kan det vara värt att utreda om det kan vara lämpligt att förbereda för kylmaskin i exempelvis ett prioriterat sovrum genom förberedd genomföring genom klimatskalet i nyproducerade hus samt i hus där ytterväggar renoveras. Det skulle ge möjligheten att nå folkhälsomyndighetens rekommenderade värden. Att sedan installera själva kylanläggningen skulle kunna göras när behov uppkommer vilket säkert kan variera med olika personer som använder bostaden över den tid som huset finns. Billigare flyttbara system skulle kunna flyttas till mer känsliga boende eller boende som vill prioritera kylsystem eller boende som vill ha varmare. Å andra sidan kan dessa förflyttningar av system som kanske innehåller köldmedia kosta mer än det gör att installera på ett bra sätt från början. Kombination med solceller kan vara en intressant lösning då det när behovet av kyla är som störst sannolikt även finns stor solinstrålning.

### **Kylmaskin, luft-luftvärmepump, mobil**

En speciell lösning är mobila luft-luftvärmepumpar avsedda för att ställas vid fönster med slang ut för att få ut värmen som skapas. I sämsta och vanligaste fallet tas en slang ut genom vägg eller fönster vilket leder till ökat ventilationsflöde utan kylåtervinning. I bästa fall finns två slangar, en för varje luftström, vilket då inte påverkar byggnadens tryckbalans. COP för dessa enheter är inte den bästa, effekten är låg, det finns i stort sett bara 1-fasvarianter och ljudeffekten från dem är inte önskvärd, speciellt i sovrum. När det gäller fukt finns samma problematik som för fast monterad kylmaskin (se ovanstående avsnitt).

Kanske finns det utvecklingspotential för dessa enheter, men idag är de nog att betrakta som nödlösningar som ändå är ganska billiga i inköp och som inte kräver öppning av köldmediets krets för att installeras. Förberedda genomföringar i klimatskalet skulle kunna underlätta och förbättra användningen och prestandan även av dessa system (se resonemang i avsnittet ovan). I lägenheter i flerbostadshus kan denna typ av kylanläggning vara den enda möjligheten till att sänka inomhustemperaturen utöver vad vädring kan ge. Det kan därför vara extra viktigt att genom arkitektur, bygg- och installationsteknik planera för att begränsa övertemperaturer i flerbostadshus där de boende ofta inte kommer att ha möjlighet att fatta beslut om installation av utvändigt solavskärmning eller installation av effektivare kylmaskiner.



## 4 Diskussion

Resultatet visar att i de studerade bostäderna uppfylls generellt inte Folkhälsomyndighetens riktvärden för höga inomhustemperaturer sommartid [10]. Under den varma sommaren 2018 översteg inomhustemperaturen nattetid 26°C i det stora flertalet av de studerade bostäderna och då under en inte försumbar andel av nattimmarna (median på mellan 50 och 200 i de olika mätadatamaterialen). Folkhälsomyndigheten anger även 26°C som generell riktlinje för högsta inomhustemperatur för känsliga grupper men att det kan vara acceptabelt med en något högre temperatur dagtid för övriga. Det anges inget mått på vad något högre kan innebära. I de olika studerade mätadatamaterialen där inomhustemperaturen mätts 2018 var medianen för den högsta dygnsmedeltemperaturen mellan 27 och 29°C. I de mätadatamaterial där inomhustemperaturen mätts 2016 var medianen för den högsta dygnsmedeltemperaturen kring 26°C men med 75 percentilen generellt kring 27°C vilket innebär att 25% av bostäderna hade en högsta dygnsmedeltemperatur över 27°C. Under varmare somrar ligger medianen för den längsta sammanhängande perioden med inomhustemperatur över 26°C kring 200 timmar, alltså i snitt en dryg vecka med inomhustemperatur som inte understiger 26°C.

Ovanstående skulle kunna indikera att det i många av de studerade bostäderna är mer än något högre temperatur än 26°C dagtid. I så fall innebär det att den arkitektur, bygg- och installationsteknik som våra bostäder har inte presterar så att folkhälsomyndighetens nuvarande riktlinjer uppfylls. Flertalet av de studerade bostäderna finns i hus byggda kring 2010 och bedöms därför representera samtida teknik och gestaltning. Med tanke på att framtida klimat förväntas bli varmare och med mer inslag av värmeböljor bör det vara angeläget att uppdatera hur byggnader projekteras eftersom det med dagens utformning inte ser ut att vara möjligt att begränsa inomhustemperaturerna tillräckligt. Inte minst är detta angeläget med tanke på att andelen av befolkningen som tillhör grupper som särskilt påverkas negativt av höga temperaturer ökar. Med tanke på detta och med tanke på att det i förväg inte går att veta vilka som kommer att bo i en bostad över tid är det viktigt och skulle kunna ses som en form av tillgänglighetsgörande att säkerställa möjligheten att begränsa höga inomhustemperaturer.

Genom att exempelvis använda utvändiga solavskärmning (fast eller markis) och vädring visar simuleringarna på att inomhustemperaturen kan begränsas. Dock visar simuleringarna att det oftast inte räcker med dessa åtgärder för att nå folkhälsomyndighetens riktlinjer under varma somrar såsom sommaren 2018 och omfattningen av vädring som krävs är mycket eller orimligt stor gällande både tid och öppningsgrad. Detta är i linje med vad andra studier kommit fram till, exempelvis för finska förhållanden [13]. Simuleringarna visar att ett ökat ventilationsflöde (50% ökning) kan man begränsa tiden som temperaturen går över 26°C men inte heller ett ökat ventilationsflöde räcker för att nå riktlinjerna.

Åtgärder som sänker inomhustemperaturen innebär att andra kvaliteter påverkas som exempelvis ljud från ventilation eller luftkonditionering eller öppna fönster, dagsljus och utsikt. Därför kan det vara prioriterat med lösningar där de boende själva kan påverka så att en individuell avvägning kan göras, exempelvis mellan ljudnivå, temperatur och dagsljus.



Man kan diskutera hur mycket passiva lösningar kostar i förhållande till kostnaden för aktiva kylsystem som löser problemet med säkerhet. Denna analys har inte gjorts i detta projekt och man kan tänka sig vissa passiva åtgärder men inte andra. Ett exempel på en kompromiss att analysera vidare är att lägre g-värde genom fast solavskärmning kommer att öka värmebehovet vissa tider på året, vilket också kostar.

Uppvärmning kräver i de allra flesta bostäder minimalt med interaktion från de boende eftersom det är så generellt med reglerade uppvärmningssystem. För att undvika övertemperaturer krävs med de system som resoneras om här en stor interaktion för att påverka inomhustemperaturen sommartid. Det krävs att individer fattar beslut och gör avvägningar mellan olika aspekter. En typisk applikation idag som ändå ger ganska mycket möjligheter för kontinuerligt reglerad kyla i delar av byggnader är luft-luft-värmepumpar i villor, men oftast är de då ändå inte installerade i sovrum där de skulle kunna vara prioriterade för att möjliggöra bra förhållanden för sömn sommartid, men där också ljudet kan bli ett problem. Äldreboenden har redan undersökts i ett annat E2B2-projekt vad gäller övertemperaturer, och det är ett exempel där de boende saknar rådighet över åtgärder, inklusive kanske att öppna fönstren. Det är viktigt att för bostäder hitta lösningar för tillräcklig rådighet och, i brist på sådan, tillräckligt liten risk för skadliga övertemperaturer.

Projektet har analyserat mätdata från de sex somrarna 2013-2018. Under denna period skiljer somrarna 2014 och 2018 ut sig genom att de var väsentligt varmare än övriga studerade somrar och det har stort genomslag i övertemperaturerna. För att kartlägga inomhustemperatur sommartid är det alltså väsentligt att inkludera tillräckligt många somrar för att fånga de varmare somrarna. Om mätdata inte inkluderat somrarna 2014 och 2018 hade man missat viktig information om de faktiska inomhustemperaturerna under varmare somrar. Vi har en vana vid att göra korrigeringar, framför allt med gradtimmemetoder eller effektsignaturmetoder för att justera för värmebehov, men här kan behöva utvecklas nya korrigeringar för att koppla mätningar från ett visst år till normala värden över längre tid. Den relativa skillnaden i kylbehov är mycket större än för uppvärmningsbehov mellan olika år. Däremot när det gäller svar från inneklimatenkäter som genomförts i delar av bostäderna finns inga statistiskt säkerställda skillnader mellan hur man upplever komforten sommartid för svaren från 2016, 2018 och 2019. Däremot finns en indikativ skillnad när svar från samma hus samlats in dels inför sommaren 2018 och dels inför sommaren 2019 med en förskjutning mot att man upplever mer besvärande inomhustemperaturer vilket kan förklaras av att man 2019 har den varmare sommaren 2018 i minnet.

Den statistiska analysen ger olika samband i de olika datamaterialen och en hypotes är att eftersom de olika övertemperaturmåttens påverkas stort beroende på om det är en varmare sommar, såsom 2018, så hittas olika samband beroende på året som mätningarna är från. Exempelvis finns för småhus och mätningar från 2016 samband mellan övertemperaturer och area medan motsvarande samband inte finns i för småhus och mätningar från 2018. För småhus och mätningar från sommaren 2016 finns inga statistiskt säkerställda skillnader mellan övertemperaturer på de två studerade orterna trots ett stora geografiskt avstånd vilket kan förklaras av att den varmaste sommarmånaden på de båda orterna har likvärdiga temperaturer. Däremot finns det i materialet med småhus spridda på 12 orter och mätningar sommaren 2018 samband mellan övertemperatur och orterna där det för nordligare breddgraderna generellt är lägre värden.



## 5 Slutsatser

Projektet har tagit sig an problematiken med höga inomhustemperaturer i bostäder under sommaren genom att utgå från mätdata från 256 bostäder i både småhus och flerfamiljshus under totalt 6 somrar. Bostäderna finns i huvudsak i byggnader byggd kring 2010 (vissa i flerfamiljshus renoverade under 2010-talet). Resultatet baseras på analys av mätdata, statistisk analys av samband mellan övertemperaturer och olika byggnadsdata samt svar på inneklimateenkäter, datorsimuleringar av olika lösningar för att minska övertemperaturer samt en tvärdisciplinär genomlysning av olika lösningar för att begränsa övertemperaturer.

Analysen av mätdata visar att i de studerade bostäderna uppfylls generellt inte Folkhälsomyndighetens riktvärden för höga inomhustemperaturer sommartid särskilt när det blir varmare somrar såsom 2018. Det innebär att den arkitektur, bygg- och installationsteknik som våra nyare bostäder har inte presterar så att nuvarande riktlinjer uppfylls. Under en varmare sommar såsom 2018 ligger medianen för den längsta sammanhängande perioden med inomhustemperatur över 26°C kring 200 timmar, alltså i snitt en dryg vecka med inomhustemperatur som konstant ligger över 26°C.

För att med säkerhet hålla inomhustemperaturen under 26°C krävs någon form av luftkonditionering, särskilt under varmare somrar. Datorsimuleringarna visar att det går att begränsa inomhustemperaturerna med utvändigt solavskärmning i kombination med omfattande vädring men det räcker inte för att hålla inomhustemperaturen under 26°C när det blir en varm sommar med värmeböljor. Istället för att kyla en hel bostad skulle exempelvis ett prioriterat sovrum kunna kylas vilket kan göras med en förhållandevis begränsad energianvändning. Det skulle då finnas ett rum i bostaden där det under varma perioder finns möjlighet till återhämtning i en svalare miljö. Om sovrummets fönster dessutom orienteras mot norr minskas kylbehovet mycket jämför med andra orienteringar. Dock kan detta innebära att nya fuktrisker tillkommer som typiskt inte hanteras för bostäder i dagsläget.

Alla åtgärder som sänker inomhustemperaturen innebär att andra kvaliteter påverkas som exempelvis ljud från luftkonditionering eller genom öppna fönster, dagsljus och utsikt. Därför kan det vara prioriterat med lösningar där de boende själva kan påverka så att en individuell avvägning kan göras, exempelvis mellan ljudnivå, temperatur och dagsljus.



## 6 Publikationslista

Aljabri S & Kassab S (2022) Evaluation of overheating risks and passive cooling measures in low energy Swedish dwellings, Master thesis in Energy-efficient and Environmental Buildings Faculty of Engineering (LTH), Lund University.

Bagge H, Fransson V & Johansson D, Övertemperaturer i bostäder – Mätdata, analys och simuleringar, rapport från LTH.

Fransson V, Johansson D & Bagge H (2023) Evaluation of Overheating Risks in Swedish Conditions, ASHRAE and SCANVAC HVAC Cold Climate Conference 2023, Anchorage, Alaska.



## 7 Referenser

1. Kevin J. Lomas & Stephen M. Porritt (2017) Overheating in buildings: lessons from research, *Building Research & Information*, 45:1-2, 1-18.
2. S. Tham, R. Thompson, O. Landeg, K.A. Murray, T. Waite, Indoor temperature and health: a global systematic review, *Public Health*, Volume 179, 2020, Pages 9-17.
3. Daniel J. Buysse, Ron Grunstein, Jim Horne, Peretz Lavie, Can an improvement in sleep positively impact on health?, *Sleep Medicine Reviews*, Volume 14, Issue 6, 2010, Pages 405-410.
4. Leiva, D.F. and B. Church, Heat Illness, in *StatPearls*. 2022, StatPearls Publishing LLC: Treasure Island (FL)
5. Lee, S.W., K. Lee, and B. Lim, Effects of climate change-related heat stress on labor productivity in South Korea. *International journal of biometeorology*, 2018. 62 (12): p. 2119-29.
6. Lan, L., et al., Thermal environment and sleep quality: A review. *Energy and Buildings*, 2017. 149: p. 101-13.
7. Xu, Z., et al., The impact of heat waves on children's health: a systematic review. *International journal of biometeorology*, 2014. 58 (2): p. 239-47.
8. Kenny, G.P., et al., Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *CMAJ: Canadian Medical Association journal*, 2010. 182 (10): p. 1053-60.
9. Folkhälsomyndigheten, Hälsoeffekter av värmeböljor - En kunskapsammansättning, Artikelnummer 22084, 2022.
10. Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus, HSLF-FS 2024:10
11. FEBY, Kravspecifikation för energieffektiva byggnader – Bostäder och lokaler, 2019.
12. Bugenings, L.A. and A. Kamari, Overheating in existing and renovated Danish single- and multi-family houses. *Journal of Building Engineering*, 2022. 57.
13. Velashjerdi Farahani, A., et al., Overheating Risk and Energy Demand of Nordic Old and New Apartment Buildings during Average and Extreme Weather Conditions under a Changing Climate, *Applied Sciences*, 2021. 11 (9).
14. R.V. Jones, S. Goodhew, P. de Wilde, Measured Indoor Temperatures, Thermal Comfort and Overheating Risk: Post-occupancy Evaluation of Low Energy Houses in the UK, *Energy Procedia*, 88 (2016) 714-720.
15. P. Ylmén, J. Schade, Termisk inomhuskomfort vid värmeböljor, in, SBUF, 2021.
16. IEA, The Future of Cooling, IEA, Paris, in, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>, 2018.
17. Farahani, A. V., kravchenko, I., Jokisalo, J., Korhonen, N., Jylhä, K., & Kosonen, R. (2023). Overheating assessment for apartments during average and hot summers in the Nordic climate. *Building Research & Information*, 52(3), 273–291.
18. Patrik Rohdin, Andreas Molin, Bahram Moshfegh, Experiences from nine passive houses in Sweden – Indoor thermal environment and energy use, *Building and Environment*, Volume 71, 2014, Pages 176-185.



*Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.*

*E2B2 är Energimyndighetens program där IQ Samhällsbyggnad är koordinatör.  
Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).*

