



CHALMERS

Hur påverkas dagens kylsystem i ett framtida klimat?

En studie gjord med hänsyn till energianvändning och inomhusklimat

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

Patrik Johansson
Gustav Nyman

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

EXAMENSARBETE ACEX20

Hur påverkas dagens kylsystem i ett framtida klimat?

En studie gjord med hänsyn till energianvändning och inomhusklimat

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Patrik Johansson

Gustav Nyman

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2022

Hur påverkas dagens kylsystem i ett framtida klimat?

En studie gjord med hänsyn till energianvändning och inomhusklimat

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Patrik Johansson

Gustav Nyman

© PATRIK JOHANSSON, GUSTAV NYMAN, 2022

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2022

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2022

Hur påverkas dagens kylsystem i ett framtida klimat?

En studie gjord med hänsyn till energianvändning och inomhusklimat

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Patrik Johansson

Gustav Nyman

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Jorden står inför stora utmaningar på grund av de ökande klimatproblemen. Följderna av klimatförändringarna kommer att bli och är ett problem som påverkar samhället, där en ökad medeltemperatur är ett av problemen som vi kan förvänta oss på jorden. En ökning av medeltemperatur utomhus kommer påverka energianvändningen jorden över, detta då kylbehovet i befintliga byggnader kommer att öka vilket i sin tur medför en ökad energianvändning. Aktiv kylning är en energikrävande process och det är därför viktigt att man försöker hålla ner kylbehoven så mycket som det går.

Syftet med arbetet är att undersöka hur en ökad utomhustemperatur påverkar olika kylsystems energianvändning och ifall de system som används idag kommer klara av kraven som finns på inomhusklimat då utomhusklimatet blir varmare. Arbetet är genomfört på en kontorsbyggnad där simuleringar har utförts för att undersöka och jämföra två olika kylsystem, ett kylbaffel system och ett VAV-system.

Arbetet har gjorts i samarbete med WSP. Byggnaden som har simulerats är en kontorsbyggnad belägen i Varberg, modellen har tillhandahållits av WSP.

Resultaten har tagits fram med hjälp av simuleringsprogrammet IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE). IDA ICE är ett verktyg som används för att studera inomhusklimat i byggnader samt olika systems energianvändning. Det är 3 olika klimatscenarion som har legat till grund för simuleringarna. De olika klimatscenariona representerar ett normalt klimat, en ökad medeltemperatur på 3 °C och en ökad medeltemperatur på 5 °C. Resultaten visar på att energianvändningen kommer att bli betydligt högre i framtiden med ett varmare klimat och systemen kommer tidigare på året att få jobba i en högre grad då kylbehovet blir större under längre perioder av året. Det visar även på att kylsystemen klarar av att upprätthålla ett bra inomhusklimat under normala förhållanden och vid en ökad medeltemperatur på 3 °C. Inget av kylsystemen klarade av att hålla ett bra inomhusklimat vid en ökad medeltemperatur på 5 °C.

Nyckelord: Energianvändning, inomhusklimat, klimatförändring, kylsystem, kylbaffel, VAV-system, kontor, IDA ICE

How will today's cooling systems be affected by a future climate?

A study done with regards to energy use and indoor climate

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

Patrik Johansson

Gustav Nyman

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Building Services Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The earth is facing major challenges due to the growing climate problems. The consequences of climate change will be and are a problem that affects the society, where an increased average temperature is one of the problems we can expect on earth. An increase in average outdoor temperature will affect energy use around the world as the cooling demand in each building will increase. Cooling is an incredibly energy-intensive process, and it is therefore important that we cool our indoor surfaces as little as possible.

The purpose of the work is to investigate how an increased outdoor temperature affects the energy use of different cooling systems and whether the systems we use today will be able to meet the requirements of the indoor climate as the outdoor climate becomes warmer. The work was carried out on an office building where simulations have been performed to examine and compare two different cooling systems, a cooling baffle system and a VAV system.

The work has been done in collaboration with WSP. The building that has been simulated is an office building located in Varberg, the model has been provided by WSP.

The results have been obtained with the help of the simulation program IDA Indoor Climate and Energy, which is a tool used to study the indoor climate in buildings and the energy use of various systems. There are 3 different climate scenarios that have formed the basis for the simulations. The different climate scenarios represent a normal climate, an increased average temperature of 3 °C and an increased average temperature of 5 °C. The results show that energy use will be significantly higher in the future with a warmer climate and the systems will have to work to a greater extent earlier in the year as the need for cooling will be greater for longer periods of the year. It also shows that the cooling systems can maintain a good indoor climate under normal conditions and at an increased average temperature of 3 °C. None of the cooling systems was able to maintain a good indoor climate at an increased average temperature of 5 °C.

Keywords: energy consumption, indoor climate, climate change, cooling systems, cooling beam, VAV-system, office

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	1
1.2.1 Frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	2
2 TEORI	3
2.1 Framtidens klimat	3
2.1.1 Klimatförändringars påverkan på Sverige	3
2.1.2 Medeltemperatur sommar i Sverige	4
2.1.3 Medeltemperatur vinter i Sverige	4
2.1.4 Tröskeeffekter	5
2.1.5 Klimatmodeller	5
2.1.6 RCP-scenarier	6
2.1.7 SSP-scenarier	6
2.2 Utformning av kylsystem i kontorslandskap	6
2.2.1 Rekommendationer och lagar	6
2.2.2 Kylsystem som används idag	7
2.2.3 Kyleffektbehov	7
2.2.4 Krav och utformning av kylsystem	7
2.2.5 Hälsorisker vid dålig ventilation och kylning i kontorsbyggnader	7
2.2.6 Operativ temperatur	8
2.3 Ventilationssystem	8
2.3.1 VAV	8
2.3.2 CAV	9
2.4 Kylsystem	10
2.4.1 Vattenburen kylning, kylbafflar	10
2.4.2 Luftburen kylning	10
2.5 IDA ICE	11
2.6 Faktorer som påverkar värme- och kylbehov	11
2.6.1 Internvärme	11
2.6.2 Värme från människor	11
2.6.3 U-värde	11
2.6.4 Solinstrålning	12
2.6.5 Köldbryggor	12
2.6.6 Byggnadens värmelagringsförmåga	13
	III

3	METOD	14
3.1	Använd byggnad	14
3.1.1	Byggdelar	14
3.1.2	Klimatskal	14
3.2	Systeminställningar	15
3.3	Intervärme laster	15
3.4	Luftbehandlingsaggregat	16
3.5	Värmesystem	16
3.6	Kylsystem	16
3.6.1	VAV	16
3.6.2	Kylbafflar	16
3.7	Klimatfiler	17
4	RESULTAT	19
4.1	Simuleringsresultat för kylbafflar	19
4.1.1	Normalt klimat med kylbafflar	19
4.1.2	RCP 4,5 med kylbafflar	20
4.1.3	RCP 8,5 med kylbafflar	22
4.2	Simuleringsresultat för VAV-system	24
4.2.1	Normalt klimat med VAV-system	24
4.2.2	RCP 4,5 med VAV-system	26
4.2.3	RCP 8,5 med VAV-system	28
4.3	Sammanställning av de olika systemen	30
5	DISKUSSION	32
6	SLUTSATS	35
7	REFERENSER	36
8	BILAGOR	39

Förord

Examensarbetet är utfört av Gustav Nyman och Patrik Johansson på Chalmers tekniska högskola, institution arkitektur och samhällsbyggnadsteknik inom området installationsteknik. Vi som har skrivit examensarbetet har studerat till högskoleingenjör inom samhällsbyggnadsteknik. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är genomfört mellan perioden januari 2022 – Juni 2022.

Vi vill rikta ett tack till WSP, framför allt vår handledare Fanny Fridén och Tomas Utterhall för experthandledning, men även övriga anställda som alla har varit villiga att hjälpa till när vi haft frågor och funderingar. Vi vill även tacka för möjligheten att få sitta inne på WSPs kontor och för tillhandahållandet av modellen som arbetet grundar sig på.

Slutligen vill vi även rikta ett tack till våra examinatorer Anders Trüchel och Torbjörn Lindholm för hjälp med experthandledning under arbetets gång.

Göteborg juni 2022
Patrik Johansson, Gustav Nyman

Beteckningar

$U_{\text{värde}}$ – Värmegenomgångskoefficient	$[W/m^2 \cdot ^\circ C]$
R – Värmemotstånd	$[m^2 \cdot K/W]$
λ – Värmekonduktivitet	$[W/m \cdot K]$
d – Materialets diameter	$[mm]$
A – Area	$[m^2]$
t_i – Innetemperaturen	$[^\circ C]$
t_e – Utetemperaturen	$[^\circ C]$
R_{si} – Invändigt värmeövergångsmotstånd	$[m^2 \cdot ^\circ C/W]$
ΣR – Konstruktionens totala värmemotstånd	$[m^2 \cdot ^\circ C/W]$
Σ – Summatecken	
VAV – Variabel Air Volume	
CAV – Constant Air Volume	
RCP – Representative concentration pathway	
SSP – Shared socioeconomic pathways	
AFS – Arbetsmiljöverkets författningssamling	
Ppm – Parts per million	
BBR – Boverkets byggregler	
IDA ICE – IDA Indoor climate and energy	

1 Inledning

Den här delen av rapporten syftar till att ge bakgrund och information kring varför arbetet utförs. Här redovisas även syfte, frågeställningar och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Världen står inför stora utmaningar på grund av klimatförändringar (WWF, 2022). Jordens klimat har alltid varit i ständig förändring och har både varit varmare och kallare men förändringarna har aldrig skett i den hastighet eller i den skala som de sker i nu. Det största problemet och den största utmaningen jorden står inför är den globala uppvärmningen. Den främsta orsaken till att jorden värms upp beror på den förbränning och de utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, som människor världen över ger upphov till (Naturvårdsverket, u.å.a). En högre halt av växthusgaser ger en starkare växthuseffekt. Växthuseffekten påverkar atmosfärens förmåga att värma upp jorden och är därför den största påverkandefaktorn till att uppvärmningen sker.

Klimatförändringarna påverkar samhället redan idag men kommer i framtiden bli ett ännu större och betydande problem (Naturvårdsverket, u.å.b). Förändringarna kommer att påverka flera olika samhällssektorer och även samhället som helhet. De effekter som man på jorden kan förvänta sig är en ökad nederbörd, en ökad risk för översvämningar, vattenbrist och torka i södra Sverige samt att temperaturzoner kommer att flytta norrut. Klimatförändringarna kommer även att påverka byggnaders energibehov där klimat med mildare vintrar kommer att minska värmebehovet i bostäder och lokaler samtidigt som kylbehovet kommer att öka i de byggnader som har aktiv kyla då sommartemperaturerna blir högre (Naturvårdsverket, u.å.c).

Ett varmare klimat kommer troligen innebära att allt fler vill köpa och installera kylanläggningar i sina byggnader (Carlsson-Kanyama, 2012). Då ett varmare klimat innebär ett större kylbehov så innebär det direkt att de befintliga kylanläggningarna kommer att få jobba mer för att kunna säkerställa att inomhusklimatet håller sig på den nivå som anses acceptabelt. Kylsystem drar stora mängder el och kan komma att bli betydande faktor till att uppvärmningen på jorden ökar allt mer. Just eftersom energianvändningen för kylsystem påverkas betydligt av klimatförändringarna så blir det därför intressant att undersöka hur mycket energianvändningen faktiskt ökar då utomhustemperaturen stiger (Naturvårdsverket, u.å.d). Det är även intressant att undersöka ifall dagens kylsystem klarar av att uppfylla de krav som finns på inomhusklimat då temperaturen ute stiger.

1.2 Syfte och mål

Arbetet syftar till att undersöka hur ett varmare klimat påverkar kylsystemens energianvändning och ifall dagens system klarar av kraven på inomhusklimat om det blir varmare ute. Arbetet kommer att undersöka två olika kylsystem för en kontorsbyggnad.

1.2.1 Frågeställning

- Hur ser kylsystemens energianvändning ut med ett framtida klimat kontra det vi har nu och hur skiljer sig olika kylsystem när det kommer till energianvändning?
- Med hänsyn till temperaturökningar, kommer kylsystem i framtiden fungera på samma sätt som idag?
- Kommer dagens kylsystem att uppfylla krav på inomhusklimat om klimatet ute blir varmare?
- Kommer människor att vara nöjda med inomhusklimatet i framtiden?

1.3 Avgränsningar

- Arbetet kommer att avgränsas till att enbart undersöka hur en ökad utomhustemperatur påverkar kylsystems energibehov i kontorslandskap samt om dagens system klarar av de krav som finns på inomhusklimat.
- Arbetet kommer att undersökas sett utifrån svenska förutsättningar.
- Ett luftburet och ett vattenburet kylsystem kommer att undersökas.
- Undersökningen är avgränsad så att den enbart kommer att göras på en kontorsbyggnad.

2 Teori

Den här delen av rapporten innehåller all fakta och teori som använts i arbetet.

2.1 Framtidens klimat

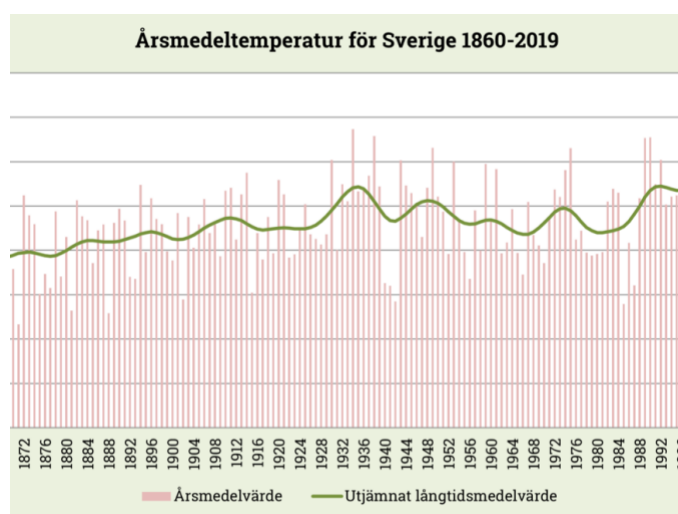
Jordens klimat har alltid varit i ständig förändring, men aldrig i samma hastighet som det sker i nu (Naturskyddsföreningen, 2021). De drastiska förändringarna påverkar alla jordens ekosystem i en så hög grad att de inte hinner anpassa sig till omställningarna. Klimat och väder är två faktorer som påverkas i allra högsta grad av dessa förändringar.

Hur människan påverkas av klimatförändringarna beror på var man befinner sig på jorden (Naturskyddsföreningen, 2021). I vissa delar av världen så kommer nederbörden att öka medan på andra ställen så kommer det istället vara extrem torka. Det är dock tydligt att jordklotet successivt blir varmare och varmare och detta är ett problem som påverkar alla på jorden oavsett vart man befinner sig och bor.

Varför det blir varmare på jorden kan främst förklaras med att allt för höga halter av växthusgaser och då främst koldioxid släpps ut (Naturvårdsverket, u.å.a). Vid förbränning av fossila bränslen skapas koldioxid vilket ökar atmosfärens förmåga att värma jorden. Koldioxidutsläpp världen över ökar succesivt hela tiden och är därför ett enormt problem. En minskning av koldioxidutsläpp är därför en av de största och viktigaste utmaningarna som människan står inför.

2.1.1 Klimatförändringars påverkan på Sverige

Då klimatförändringarna påverkar hela världen så innebär det även att Sverige står inför stora utmaningar (Naturskyddsföreningen, 2021). I Sverige så märks förändringarna av redan nu genom varmare klimat, stigande hav, mer nederbörd, tidigare vårar och fler extremväder, extremväder som exempelvis hårda vindar, långvarig torka eller stora mängder snö. Det största problemet för Sverige är den ökande medeltemperaturen (Naturskyddsföreningen, 2021). Ju närmre polerna man kommer desto större och snabbare sker uppvärmningen och detta är därför extra relevant och problematiskt för Sverige. Sedan år 1860 så har Sveriges medeltemperatur ökat med ca 2 °C och denna ökning väntas fortsätta. Se figur 1 för en grafisk illustration av Sveriges medeltemperatur mellan år 1860–2019.

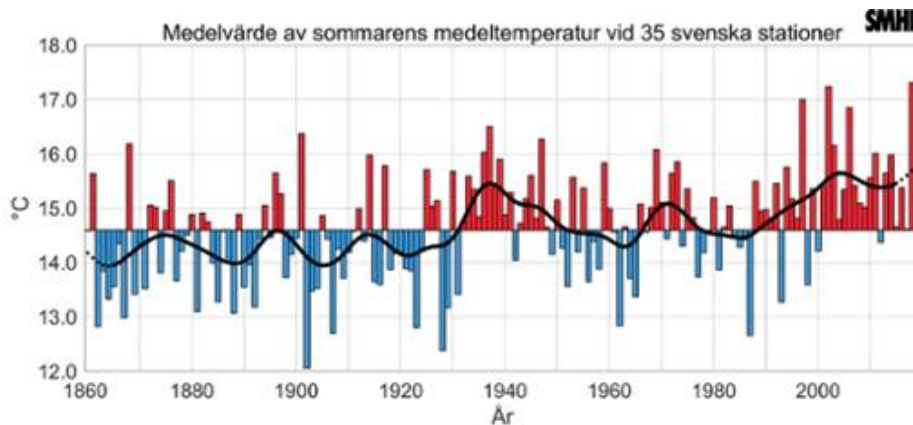


Figur 1. Årsmedeltemperaturen i Sverige mellan år 1860–2019. Källa: SMHI

2.1.2 Medeltemperatur sommar i Sverige

Effekter som Sverige kan vänta sig på somrarna är ett varmare klimat och en ökad nederbörd (Naturvårdsverket, u.å.a). Det varmare klimatet förväntas i sin tur leda till mer torka vilket direkt påverkar Sveriges vattenresurser. Samtidigt som torkan väntas bli mer intensiv så kan södra Sverige vänta sig fler och mer intensiva skyfall på somrarna.

Som man kan se på bilden nedan, figur 2, så ökar medeltemperaturen på sommaren för varje år som går och kurvan förväntas fortsätta uppåt i en exponentiell takt.

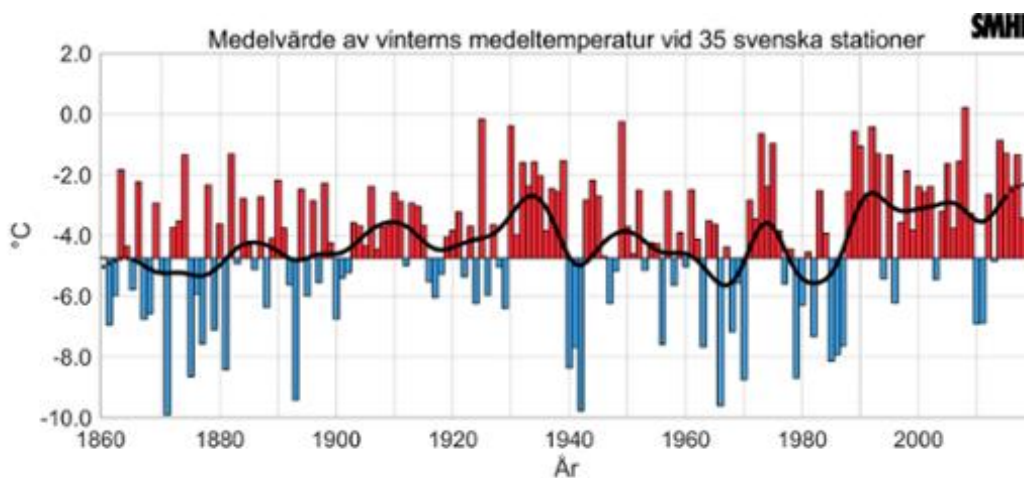


Figur 2. Medeltemperaturen i Sverige på sommaren mellan 1860–2020. Källa: SMHI

2.1.3 Medeltemperatur vinter i Sverige

Likt sommarens medeltemperatur så ökar medeltemperaturen även på vintern i Sverige (Naturvårdsverket, u.å.b). Utöver en ökad medeltemperatur så kan Sverige förvänta sig en kraftig ökning av nederbörd under vinterhalvåret.

I figur 3 så illustreras medeltemperaturen på vintern i Sverige mellan år 1860–2020. Diagrammet visar att medeltemperaturen på vintern i Sverige har ökat med flera grader och detta är en trend som väntas fortsätta.



Figur 3. Medeltemperaturen i Sverige på vintern mellan 1860–2020. Källa: SMHI

2.1.4 Tröskeleffekter

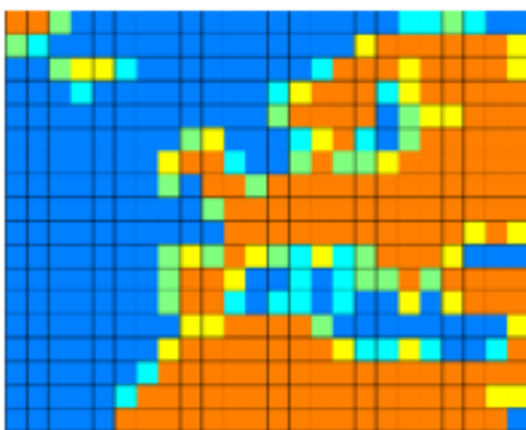
Med tröskeleffekter så menas förändringar i jordens mekanismer som leder till drastiska förändringar (Naturvårdsverket, u.å.c). Detta kan exempelvis vara när en havsström byter riktning eller stannar och som följd av detta påverkas direkt andra ekosystem på jorden. När överträdande av dessa trösklar sker så tippas systemen från ett jämviktsläge till ett helt annat vilket drastiskt kan påverka exempelvis klimatet. Då det kan vara svårt att förutspå när trösklar överskrids och vilka trösklar det handlar om så innebär det att det kan vara väldigt svårt att veta exakt hur klimatet ser ut om ett visst antal år.

2.1.5 Klimatmodeller

För att undersöka hur mycket medeltemperaturen kommer att ha ökat i framtiden så använder man sig av klimatmodeller (SMHI, 2021). Klimatmodeller fungerar i stort sett som en väderprognos. Skillnaden mellan dessa två är dock att en klimatmodell ska ge ett medeltal som beskriver vädret för en lång period över ett stort område medan en väderprognos i stället ska säga vad vädret är vid en viss tidpunkt på ett visst ställe. Det är alltså klimatmodeller man använder sig av för att få fram en förväntad medeltemperatur över en period för ett visst område.

I klimatmodeller så är jorden uppdelat i ett stort rutnät vilket används för att matematiskt kunna beräkna och beskriva jordens atmosfär, hav, isar och land (SMHI, 2021). Genom att använda sig av data kring jordens klimat så beräknar modellerna fram den förändring som sker i de olika boxarna i rutnätet för att på så sätt beskriva hur det kan komma att se ut och förändras i framtiden. I dessa beräkningar så undersöks atmosfärens rörelser, bevarandet av energi, vatten och massa genom matematiska formler, vilket går att göra då de följer fysikaliska lagar.

Globala klimatmodeller kallas de modeller som används för att utföra beräkningar på en global nivå (SMHI, 2021). Dessa modeller behövs då klimatet är något som påverkas av alla jordens processer. Globala klimatmodeller innehåller därför glesa rutnät med en lägre upplösning, vilket gör att man kan nå tillräckligt högt upp i atmosfären för att kunna beskriva allt som sker på jordklotet. Detta innebär dock att dessa modeller blir mindre detaljrika när de används för att undersöka ett mindre område. I figur 4 nedan så kan man se hur en global klimatmodell ser ut när den används för ett mindre område.



Figur 4. Global klimatmodell med upplösning 300km. Källa: SMHI

Då globala klimatmodeller kan bli otydliga och suddiga när de ska användas för att beskriva ett mindre område så använder man sig i dessa fall i stället för en regional modell (SMHI, 2021). De regionala modellerna finns till och används för att kunna i detalj beskriva, beräkna och studera ett mindre område av jorden. Dessa regionala modeller utgår från de globala modellernas resultat för att kunna utföra nya beräkningar på det mindre området som ska undersökas.



Figur 5. Regional klimatmodell med upplösning 50km. Källa: SMHI

2.1.6 RCP-scenarier

Som underlag för klimatmodellerna så använder man sig av så kallade RCP-scenarier (SMHI, 2021). RCP (Representative concentration pathways) används som informationskälla för halten av växthusgaser i atmosfären. De finns fyra olika RCP-scenarier, RCP8,5, RCP6, RCP4,5 respektive RCP2,6. Dessa scenarier betecknas med olika siffror som representerar mängd strålningsdrivning fram till år 2100. Med strålningsdrivning så menas den skillnad i mängd energi som jorden tar upp från solen och den mängd energi som sedan reflekteras tillbaka ut i rymden igen, energin mäts i W/m^2 . RCP-scenarier baseras på en rad olika antaganden kring samhällets klimatpåverkan. Man använder inte dessa scenarier för att förutspå framtiden, utan för att visa på och beskriva hur olika mängd klimatpåverkande faktorer kan komma att påverka klimatet i längden. De faktorer som beaktas i RCP-scenarier är växthusgasutsläpp, markanvändning och luftföroreningar, där RCP 8,5 antar en största mängd ökning av faktorerna ($8,5 \frac{W}{m^2}$) och RCP 2,6 antar en minsta mängd ($2,6 \frac{W}{m^2}$).

2.1.7 SSP-scenarier

Utöver RCP-scenarier så används även SSP (Shared socioeconomic pathways) scenarier i klimatmodeller (SMHI, 2022). SSP-scenarier används för att beskriva hur olika socioekonomiska förändringar påverkar klimatet. I SSP-scenarier så ligger fokus på förutsättningar som jämlikhet, befolkningsutveckling, energianvändning och globala koldioxidutsläpp. I alla scenarier så antas den globala ekonomin att växa. Det finns fem olika SSP-scenarion, SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 respektive SSP5, där alla olika scenarion bygger på flera olika världsutvecklingar som sedan används för att beräkna och undersöka klimatpåverkan i klimatmodeller. SSP:er kombineras ofta med RCP-scenarier i klimatmodeller.

2.2 Utformning av kylsystem i kontorslandskap

Avsnitt 2.2 syftar till att ge information kring lagar, regler och rekommendationer kring kylning av kontorslandskap.

2.2.1 Rekommendationer och lagar

När man utformar kontorslandskap och inomhus ytor över lag så finns det riktlinjer, krav och föreskrifter enligt AFS 2020:1 på hur inomhusklimatet bör vara (Arbetsmiljöverket, 2021). Då ett lämpligt inomhusklimat inte ser likadant ut för alla lokaler så gäller det att man bedömer situationen och tillämpar rekommendationerna på ett sådant sätt som anses lämpligt för den lokal som man utformar. Vad man normalt brukar säga är att en lägsta temperatur om $20\text{ }^\circ\text{C}$ bör vara det man

eftersträvar, dock beror detta lite på vad lokalen skall användas till. Är det en arbetsyta där hög fysisk aktivitet utförs så bör denna lägsta temperatur vara lägre.

Det finns även riktvärden för hur hög koldioxid halt som det som högst bör vara inomhus (Folkhälsomyndigheten, 2022). Normalt sett så brukar koldioxidhalten inomhus ligga mellan 600–800 ppm i en byggnad med bra ventilation. Om halten koldioxid kommer upp i 1000 ppm så indikerar det att luftkvaliteten troligtvis inte är tillfredsställande.

I öppna kontorslandskap så är det idag rekommenderat att varje person ska ha 15–20 kvadratmeter per person (Arbetskydd, 2010).

2.2.2 Kylsystem som används idag

Vid utformning av kylsystem idag så finns det flera olika system att välja mellan (Fahlen., Grill., & Flodberg., 2013). Kylbafflar, luftburna kylsystem och fasadapparater är alla system som kan användas för kylning. Vid nybyggnation av kontorshus i Sverige så är det vanligast att man kylv ytor luftburet och att man har ett ventilationsflöde som är variabelt, alltså ett VAV-system. Ett kylbatteri, som är placerat i luftbehandlingsaggregatet, kylv tilluften innan den förs till kontorsytan. I de fallen då det inte är tillräckligt att kyla med ett VAV-system är det vanligt att man väljer att komplettera vissa ytor och rum med ett vattenburet kylsystem, oftast i form av kylbafflar. Om kylbafflar är den primära formen av kylning så är det dock vanligast att man använder sig av ett CAV-system för ventilation där man har ett konstant luftflöde.

2.2.3 Kyleffektbehov

Kyleffektbehovet är det behov som bestämmer hur kylsystemet bör utformas och dimensioneras (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Kyleffektbehov anges i W eller W/m² och varierar i storlek beroende på aktivitet som bedrivs, antal personer, kraven som finns på komfort, mängd belysning och elapparater. För att beräkna kylbehovet behöver man få fram ett antal olika faktorer, genererad värme, klimatskalets värmetransport. Med dessa faktorer ställer man sedan upp en värmebalans för att få fram vilket kylbehov som rummet eller byggnaden har. En undersökning av kyleffektbehov bör undersökas för varje yta i en byggnad för att få fram och kontrollera ifall man verkligen behöver aktiv kylning och i så fall hur denna bör dimensioneras.

2.2.4 Krav och utformning av kylsystem

Vid ett feldimensionerat kylsystem så finns det ett antal problem som kan uppstå (Energimyndigheten, 2015). Hög energianvändning, hög ljudnivå och otillräcklig kylning är några av de problem som man vill motverka genom att man noggrant undersöker de behov man har för att sedan kunna dimensionera och välja ett av de många kylsystem som passar bäst för ändamålet.

Vid utformning av kylsystem i kontorslokaler så är det viktigt att man tänker på ljudalstringsnivån som systemet genererar, detta för att undvika att ljudnivån blir ett problem som kan komma att påverka arbetsprestationerna på kontoren (Allakustik, u.å.).

2.2.5 Hälsorisker vid dålig ventilation och kylning i kontorsbyggnader

Att ha bra inomhusklimat i kontorsbyggnader är väldigt viktigt (Svensk ventilation, u.å.). En kontorsmiljö med dåligt inomhusklimat kan leda till dålig komfort, sämre prestationer och högre sjukfrånvaro. Då personal i många fall är den största kostnaden i kontorsverksamheter så är ett bra inomhusklimat speciellt viktigt för att minimera extra utgifter vid frånvaro på grund av problem som uppstått av ett dåligt inomhusklimat på arbetsplatsen. Det finns tydliga kopplingar mellan frånvaro och luftomsättning. Även korrelationer mellan ventilationsflöde och arbetsprestation, luftkvalitet och arbetsprestation samt temperatur och arbetsprestation har tydligt påvisats. För att inte påfresta

miljön i högre grad än nödvändigt så är det även här av stor vikt att använda sig av system som energimässigt inte använder sig av mer än vad som är absolut nödvändigt.

När det gäller kyla så finns det ett antal risker och problem som kan uppstå när det blir för kallt inomhus (Arbetsmiljöverket, 2021). De problem som uppstår sker på grund av att man kyler ojämnt eller att det är för svalt. Varje person har en egen temperatur som man anser vara den perfekta, temperaturen påverkas av vad man utför för aktivitet och vad man har för klädsel. Vid en för kall inomhustemperatur så kan ett antal problem uppstå, exempelvis sämre koncentrationsförmåga, sämre observationsförmåga, försämrade förmåga att tänka och belastningsskador. Problem på grund av kyla är av en större risk vid arbeten som kräver låg fysisk aktivitet än vid arbeten där man rör sig mycket. Just därför kan arbeten i kontorslandskap bli extra utsatta för problem vid kylning. Enligt arbetsmiljöverket så bör inomhustemperaturen inte understiga 20 °C för att minimera att dessa problem uppstår. Problem som kan uppstå vid kontorsarbete om man upplever lokalen som för kall är att man får problem med nacke, axlar samt att det även kan bli svårare att arbeta med kalla fingrar.

För att en temperatur inomhus skall uppfattas som för varm och som obehaglig så krävs det inte någon stor avvikelse från den temperatur som man själv har som ideal (Arbetsmiljöverket, 2021). Då extra värme är en extra belastning för kroppen så är det viktigt att man lyckas kyla den miljö som aktiviteten utförs i till en temperatur som kan anses vara acceptabel. Enligt Arbetsmiljöverket så är den högsta rekommenderade inomhustemperaturen 24 °C vintertid och 26 °C sommartid. Då en för varm temperatur i högre grad är en risk vid fysisk aktivitet så innebär kontorsarbete en mindre risk då det består av mindre fysisk aktivitet. För att undvika att eventuella problem uppstår på grund av värme så är det dock av stor vikt att man upprätthåller de rekommenderade inomhustemperaturerna genom aktiv kylning.

2.2.6 Operativ temperatur

Med operativ temperatur så menar man den temperatur som kroppen upplever (Folkhälsomyndigheten, 2022). I den operativa temperaturen så räknar man med den värme som antingen upptas från eller avges till varma eller kalla ytor runt om kroppen. Exempelvis så kan kalla ytor dra åt sig värme från kroppen vilket i sin tur gör så att man upplever att det är kallt även om temperaturen i rummet är normal. På samma sätt funkar det om man är omgiven av varma ytor så kan man uppleva det som varmt även om lufttemperaturen inte är över det som anses som normalt. Detta kallas för operativ temperatur och det är denna temperatur som man använder som riktvärden. Vid korrigering av inomhusklimat utgår man efter den operativa temperaturen då det är den temperaturen som påverkar hur människor upplever inomhusklimatet.

2.3 Ventilationssystem

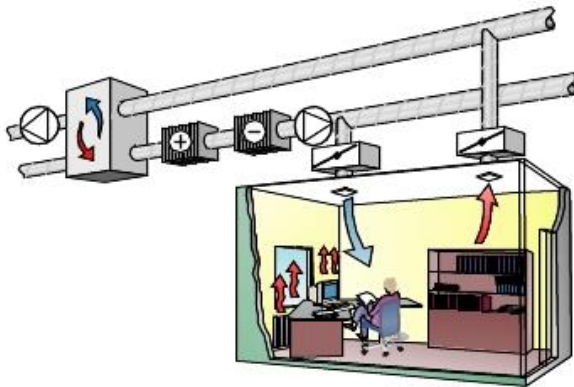
Begreppet ventilation betyder i grunden att göra ett utbyte av luft i ett slutet utrymme där det exempelvis kan ske i en byggnad eller i en kabin på ett fordon (Svenskventilation, u.å.b). Halten gaser och föroreningar i inomhusluften bestäms av hur snabbt de förs bort. Med ventilationen bortför man förorenad luft samtidigt som man tillför ”ren” luft. Även värme förs bort med hjälp av ventilation. Den viktigaste storheten i ventilationssystem är luftflödet när det kommer till bortföring av värme och luft.

2.3.1 VAV

VAV står för variable air volume som också kallas variabelflödesystem. I detta system varierar ventilationsflödet under drift (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Flödet beror på flera olika faktorer såsom rumstemperatur, koldioxidhalt eller personnärvaro och därmed kan man ställa in minimala flöden till tomma rum. Det maximala kylbehovet bestämmer det maximala luftflödet som sedan dimensionerar fläktar, aggregat och kanalernas storlek. Det minsta flödet som systemet får ha ligger

på $\frac{0,35\text{ l}}{\text{m}^2\text{ s}}$ och gäller främst då ingen är närvarande i lokalen. Tilluftstemperatur i VAV-system brukar ligga på en temperatur runt ca 15 °C.

Då VAV-system har ett varierat flöde så behövs någon form av flödesreglering. Flödesregleringen sker med hjälp av motordrivna tilluftsdon eller motordrivna spjäll. Genom tryckgivare och tryckhållande utrustning i kanalsystemet så förhindrar man att det varierande flödet i ett rum ska störa ventilationen i övriga byggnadens rum. Givare används även för att reglera flödet efter koldioxidhalt, temperatur och personnärvaro.



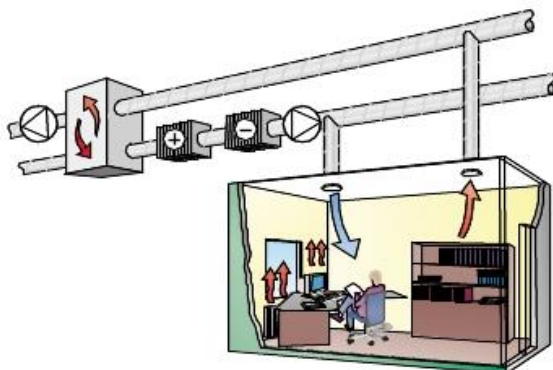
Figur 6. Principskiss för ett VAV-system. Från (Swegon, 2007). <https://www.swegon.com/siteassets/products-documents-archive/waterborne-climate-systems/general/sv/cooling-tech.pdf>. Använd med tillstånd

2.3.2 CAV

CAV står för constant air volume och kallas för konstantflödesystem (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Till skillnad från VAV-systemet som har ett flöde som får variera så har CAV-system ett till-och frånluftflöde som är konstant hela tiden som systemet är i drift. Flödet är alltså konstant oberoende av hur mycket värme som alstras i rummet. Det innebär att flödet är konstant även då ingen befinner sig i rummet. När man dimensionerar vilket luftflöde ett CAV-system ska ha så använder man sig av och utgår från hygienflödet, se ekvation 1 för formel.

$$\text{Hygienflöde} = 7 * \text{Personer}_{\text{Antal}} + \text{Area} * 0,35$$

Ekvation 1



Figur 7. Principskiss för ett CAV-system. Från (Swegon, 2007). <https://www.swegon.com/siteassets/products-documents-archive/waterborne-climate-systems/general/sv/cooling-tech.pdf>. Använd med tillstånd

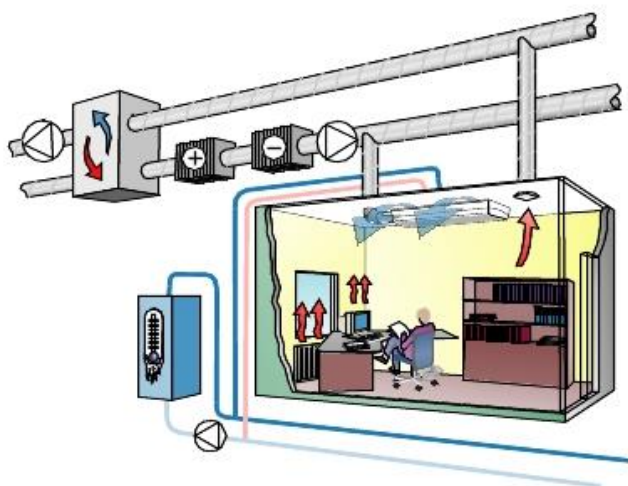
2.4 Kylsystem

När det kommer till bortföring av värme finns det två olika principer, luft- och vattenburen kyla. I luftsystem förs värmeöverskottet bort med ventilationen och i ett kallvattensystem tas värmeöverskottet hand om direkt i rummet genom kylda ytor med exempelvis kylbafflar (Abel, Elmroth, 2016).

2.4.1 Vattenburen kylning, kylbafflar

En kylbaffel har som uppgift att kyla luft och används främst till större lokaler som exempelvis kontorslandskap (Abel, Elmroth, 2016). Kylbafflar kan ha olika stor kyleffekt beroende på dess temperatur, storlek och ventilationsluftflöde. Lägre yttemperatur ger större kyleffekt. Yttemperaturen får dock inte vara lägre än rumsluftens dagtemperatur då det kan skapa kondens. Det cirkulerande kylvattnets temperatur är därför aldrig lägre än 14 °C. Det finns dock undantag på sommarhalvåret då uteluften tidvis har högre daggpunkt och därmed tillför mer fukt än vanligt vilket leder till att tilluften behöver kylas ned i det centrala luftbehandlingsaggregatet innan luften kan tillföras till rummet med kylbafflar.

Det finns två olika sorters kylbafflar, aktiva och passiva kylbafflar (Abel, Elmroth, 2016). Skillnaden mellan dessa två är att passiva kylbafflar drivs av egen konvektion och därför enbart agerar som en luftkylare i rummet medan aktiva kylbafflar agerar både som luftkylare och som tilluftsdon.



Figur 8. Principskiss för en kylbaffel. Från (Swegon, 2007). <https://www.swegon.com/siteassets/products-documents-archive/waterborne-climate-systems/general/sv/cooling-tech.pdf>. Använd med tillstånd

2.4.2 Luftburen kylning

Luftburna system dimensioneras utifrån kylbehovet som sedan dimensionerar luftflödet (Swegon, u.å.). Luftburen kyla är i grunden uppdelad i två typer, konstant och variabelt luftflöde (CAV och VAV). I befintliga byggnader så är det problematiskt att byta kanalsystem då det ofta tar upp mycket plats. Man väljer därför ofta att använda sig av ett vattenburet kylsystem vid byte av eller komplettering av det luftburna kylsystemet. Det är vanligt att använda sig av luftburna system där man antingen behöver höga luftflöden eller där variabla luftflöden förekommer som i exempelvis klassrum och konferensrum.

2.5 IDA ICE

IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) är ett avancerat simuleringsverktyg som kan användas för att visa byggnader, VVS-system samt styr- och reglersystem så som de ska byggas i verkligheten (EQUA, u.å.). Med programmet så kan man undersöka flera olika aspekter när det kommer till en byggnads termiska komfort och dess energianvändning. Då IDA programmet visar på en verklighetstrogen byggnad så innebär det att man kan gå in, ändra och ställa in varje liten detalj som påverkar energi och inomhusklimat så att det matchar det scenario som man vill undersöka. Då man i programmet kan ställa in under vilken period, med vilket klimat och på vilken plats man vill undersöka sin byggnad så kan man enkelt bygga sig en uppfattning och förståelse kring hur det man vill bygga kommer att fungera i verkligheten. Programmet tar även hänsyn till olika former av internvärmelaster där man exempelvis kan ställa in hur många personer som kommer att befinna sig i vilken del av byggnaden under vilka tider. Genom simuleringar så kan man även få ut data och diagram på exempelvis termisk komfort och operativ temperatur.

2.6 Faktorer som påverkar värme- och kylbehov

I avsnitt 2.6 redovisas och förklaras olika faktorer som har en påverkan på värme- och kylbehov i byggnader.

2.6.1 Internvärme

Med internvärme så menar man den värme som uppstår av den aktivitet som utförs i en lokal (Boverket, 2007). När man räknar på internvärme så finns det flera olika faktorer som man måste beakta såsom belysning, datorer, apparater, människor och så vidare, dessa kallas för värmetilskott. Räkning på internvärme görs med hjälp av riktvärden för alstrad energi som går att hitta i tabeller.

2.6.2 Värme från människor

I huvudsak avger människor värme på två olika sätt, fri värme avges genom konvektion då kroppen är varmare än rumsluften och bunden värme avges i utandningsluften i form av vattenånga (Abel, Elmroth, 2016). Den omgivande luftens temperatur påverkas av den fria värmeavgivningen. Den bundna värmen påverkar enbart luftens fuktighet. Vid stillasittande arbete avger en vuxen person drygt 70 W fri värme vid normal rumstemperatur, ca +22C.

2.6.3 U-värde

När man vill beskriva hur väl isolerat ett material eller en byggnad är så pratar man om U-värde (Energifönster, u.å.). U-värde är ett mått som beskriver hur mycket värme som kan passera en kvadratmeter av ett visst material vid en bestämd temperatur. Ett högt U-värde innebär att materialet släppet igenom mer värme än vad ett material med ett lågt U-värde gör. Därför brukar man i nya byggnader försöka välja fönster med så låga U-värden som möjligt då detta kan fungera som en energibesparings metod. Normala värden för U-värden varierar beroende på vad det är för byggnadsdel man studerar. U-värden påverkar värmebehov då det passerar värme genom tak, väggar, golv samt fönster. U-värde kallas även för värmegenomgångskoefficient.

U-värde har enheten $\frac{W}{m^2K}$ och räknas ut med formeln:

$$U = \frac{1}{R}$$

Ekvation 2

$$R = \frac{\lambda}{d}$$

Ekvation 3

Där ingående beteckningar är:

$U_{\text{värde}}$ – Värmegenomgångskoefficient

R – Värmemotstånd

λ – Värmekonduktivitet

d – Materialets diameter

2.6.4 Solinstrålning

Solinstrålning är en faktor som påverkar kylbehovet i en byggnad. Släpper en byggnad in mycket solljus så blir kylbehovet större än om byggnaden hade varit väl solskyddad och på så sätt släppt in mindre solljus (Boverket, 2021). Solinstrålningen bidrar till en ökad internvärme och även eventuella värmeöverskott. För att minska kylbehovet på grund av solinstrålning i en byggnad så är den mest effektiva lösningen att sätta upp solavskärmningar.

När man pratar om avskärmningar så är det exempelvis markiser, persienner och rullgardiner som man syftar på (Sunoff, u.å.). Jämför man kylbehovet i en byggnad med effektiva solskydd kontra byggnader utan några solskydd alls så är kylbehovet väldigt mycket större i de byggnader där det inte finns några effektiva solskydd, vilket i sin tur innebär att byggnaderna utan solskydd blir väldigt mycket mer energikrävande. För att ytterligare reducera värme från solen så kan man använda sig av solskyddsglas (Elitfönster, u.å.). Solskyddsglas är en sorts glas som i stort sett släpper igenom lika mycket ljus som vanliga glas men som till skillnad från vanliga glas kan reducera värme från solen med upp till två tredjedelar.

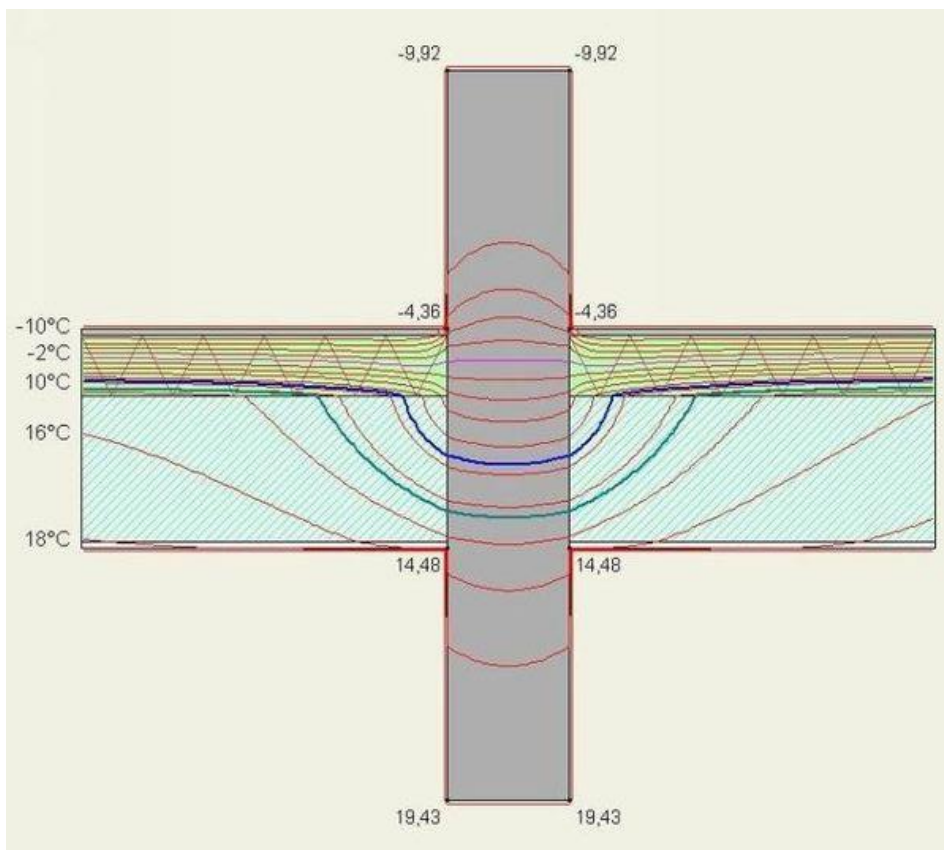
Då en byggnads alla sidor inte är exponerad av solen i lika hög grad så är det viktigt att man väljer rätt typ av solskydd till rätt del av byggnaden (Sunoff, u.å.). Det är viktigt att man undersöker orienteringen på byggnaden för att just få en tydlig bild över vilka delar som är mest utsatta för solen. Rätt val av solskydd kan nästan helt eliminera behovet av aktiv kyla.

För att mäta hur mycket värme som tar sig igenom en byggnadsdel så använder man sig av G-värde. G-värdet anger hur stor del av solvärmens som kommer in genom fönster (Svenskafönster, u.å.). Högre soltransmittans leder till att mer gratisvärme kommer in i byggnaden. Det kan vara till fördel att ha ett lägre g-värde i rum med större glaspartier i söder- eller västerläge eftersom rummet blir svalare när solen skiner men det innebär mindre gratisvärme. Med gratisvärme så menar man värme som tillkommer utan att den kostar något att tillföra, som exempelvis solinstrålning. Desto mer gratisvärme som utnyttjas desto högre kylbehov får man.

2.6.5 Köldbryggor

Köldbryggor är namnet på delar i en byggnad som läcker ut mer värme än övriga byggnaden gör (Boverket, 2012). Trots att en byggnad är välisolerad så kan den läcka ut mycket värme genom köldbryggor. Dessa punkter kan uppstå främst i anslutningar mellan väggar, tak och golv. Det finns tre olika sorters köldbryggor som man får ta hänsyn till:

- Linjära köldbryggor
- Punktformiga köldbryggor
- Köldbryggor som finns i klimatskärmen



Figur 9. Köldbrygga i en byggnad. (Bauigel 2005) (CC BY-SA 3.0)

Då värmeläckaget genom köldbryggor är flerdimensionellt så innebär detta att värmeförlusterna ökar ytterligare (Boverket, 2012). När man räknar på U-värde så tar man hänsyn till köldbryggor. I mindre hus så kan köldbryggor ge upphov till ett 15–20 % ökat U-värde.

2.6.6 Byggnadens värmelagringsförmåga

Värmelagringsförmåga är en benämning som används för att beskriva hur väl ett byggnadsmaterial kan lagra värme (Heier, 2013). Byggnadsmaterialens förmåga att lagra värme är en form av passiv värmelagring som innebär att byggnadsmaterialen själva agerar som en form av värmare eller kylare, detta genom absorbering och lagring av värme som sedan långsamt släpps ut till omgivningen.

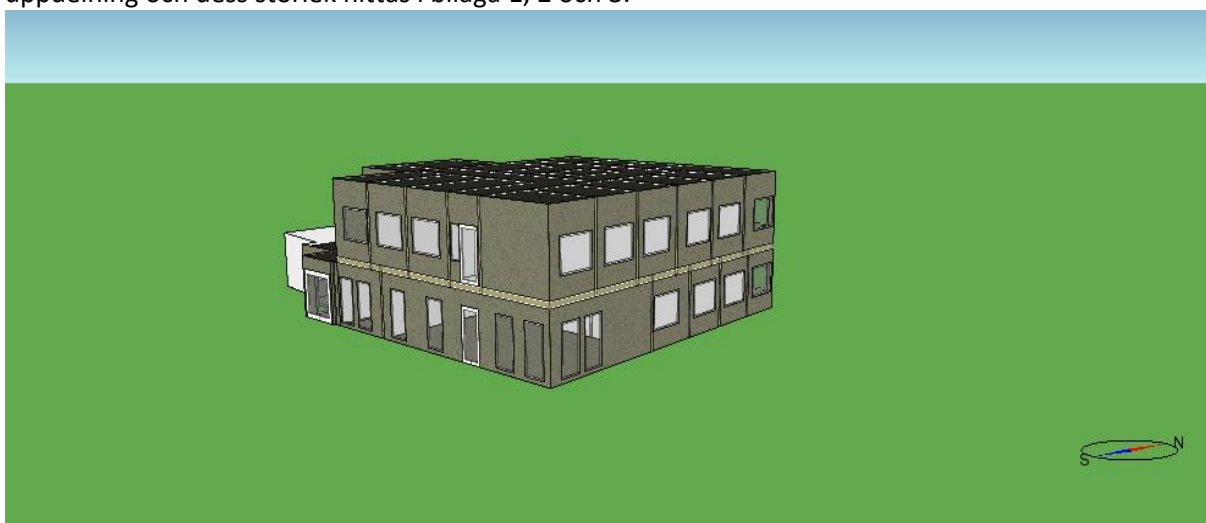
När solens strålar träffar en hård fast yta så absorberar materialet energin och dess temperatur stiger (Abel, Elmroth, 2016). Desto större värmekapacitet som materialen i byggnaden har desto mer energi från solen går det åt för att höja dess temperatur. Hur mycket temperaturen i ett rum sedan värms upp eller kyls ner av på grund av byggnadsmaterialets värmeutstrålning beror på hur varm luften i rummet är. För att man ska kunna utnyttja värmelagringen i byggnaden så gäller det att utbytet mellan rumsluft och rumsytor inte hindras.

3 Metod

Med hjälp av IDA ICE så har 2 olika sätt att kyla en kontorsbyggnad simulerats. Detta för att se om befintliga kylsystem klarar av en framtid som är varmare och för att se hur klimatet påverkar systemens energianvändning. Då man idag främst använder sig av antingen VAV eller kylbafflar för att kyla kontorslokaler så är det dessa två system som har undersökts. Simuleringarna har gjorts på en kontorsbyggnad som har tillhandahållits av WSP.

3.1 Använd byggnad

Byggnaden som har använts i simuleringarna är kontorsdelen av en nybyggnad belägen i Varberg, en modell för denna kan ses i figur 10. Konstruktionen är avsedd att användas som kontor för Varbergs räddningstjänst. I IDA ICE så har byggnaden delats upp i olika zoner för att kunna få fram de olika behoven som finns i de olika delarna av byggnaden, varje zon representerar en enskild yta. Totalt så består den av 34 zoner fördelade över två olika våningar, den totala Arean är 653 m^2 . Zonernas uppdelning och dess storlek hittas i bilaga 1, 2 och 3.



Figur 10. IDA ICE 3D modell på använt kontorshus

3.1.1 Byggdelar

Byggnadens olika byggdelar som golv, väggar och taktytor samt dess specifikationer kan hittas i bilaga 4 och 5.

3.1.2 Klimatskal

Byggnadsdelarnas olika U- och G-värden kan ses i tabell 1, värden är tagna från modellen som tillhandahållits av WSP.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² K)	G-värde
Platta på mark	0,09	
Yttervägg	0,17	
Yttertak	0,12	
Fönster N, V	1	0,55
Fönster S, Ö	1	0,28
Glasdörr N, V	1,3	0,55
Glasdörr S, Ö	1,3	0,28

Tabell 1 visar U-värden och G-värden för den använda modellen

Värden på köldbryggor i byggnaden är också hämtade från modellen, de använda värdena är baserade på antaganden och motsvarar 24 % av $\sum U_i A_i$, ingående beteckningar är som följande:

Σ – Summatecken

$U_{\text{värde}}$ – Värmeledningkoefficient [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

A – Area [m^2]

Värden på köldbryggor kan hittas i bilaga 6.

Byggnaden ligger belägen nära havet och därför har en havsnära vindprofil använts i IDA ICE, utsattheten har satts som halvskyddad.

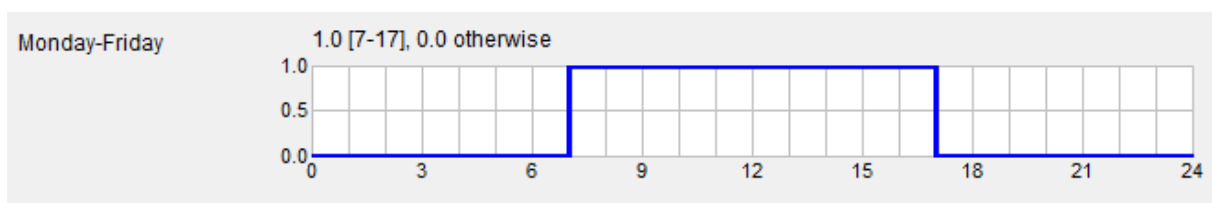
3.2 Systeminställningar

Byggnadens temperatur har i IDA ICE ställts in så att den får variera mellan 21 och 24 °C. Detta innebär att om inomhustemperaturen överstiger 24 °C så kommer kylningen att gå i gång för att försöka hålla inomhustemperaturen på en behaglig nivå och om temperaturen går under 21 °C så kommer värmen att gå i gång.

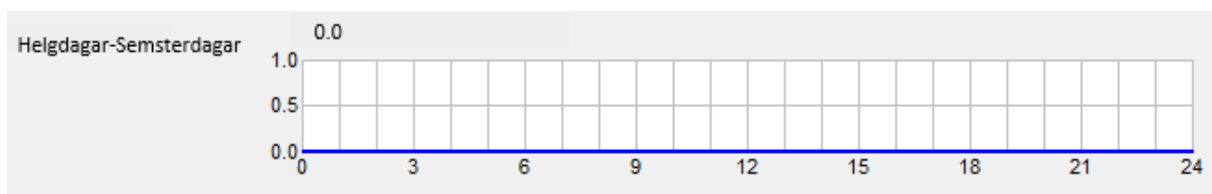
3.3 Intervärme laster

Den intervärme som alstras i byggnaden kommer från personer, lampor och apparater. De olika zonerna i byggnaden innehåller olika många personer, lampor och apparater beroende på dess storlek.

Varje person har antagits behöva $20m^2$ och därefter så har personer placerats ut i de olika zonerna. Då det är en kontorsbyggnad så har inställningar gjorts som innebär att det bara kommer att vara bemannat vardagar mellan klockan 07:00-17:00, övrig tid som helger och semesterdagar så kommer det inte vara bemannat. Figur 11 visar bemannings schemat för vardagar och figur 12 visar schemat för bemanning helger och semesterdagar.



Figur 11. Tider som byggnaden är bemannad på vardagar

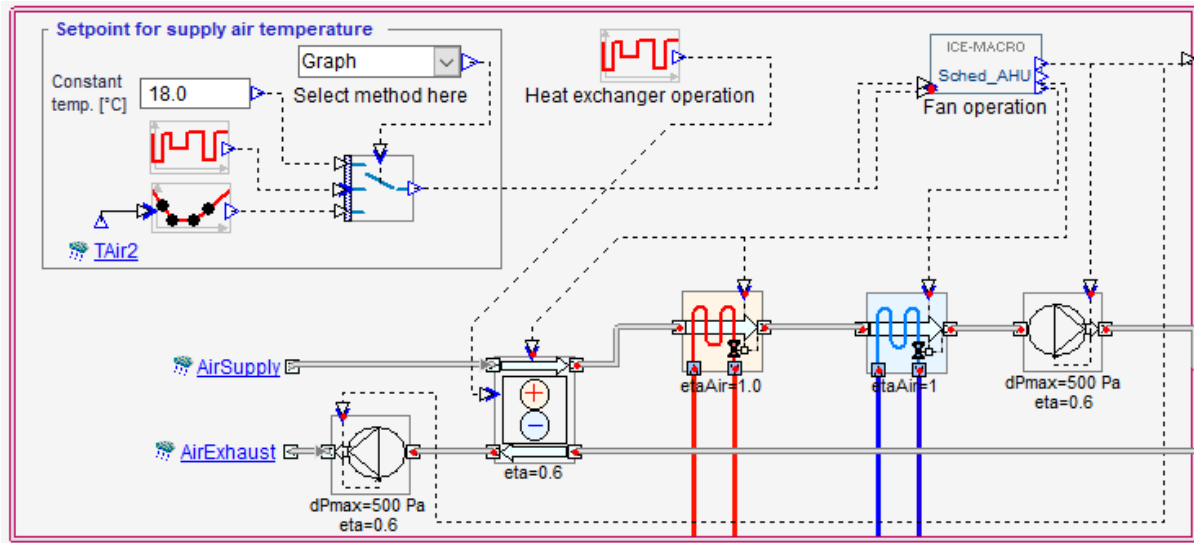


Figur 12. Tider som byggnaden är bemannad på helgdagar och semesterdagar

Lampor och apparater har satts in i varje enskild zon utefter vad som är rimligt beroende på zonens storlek. Inställningar har gjorts så att lampor och apparater enbart ska vara i gång under de timmar som byggnaden är bemannad.

3.4 Luftbehandlingsaggregat

De ventilationssystem som använts vid simuleringarna har använt sig av ett standard luftbehandlingsaggregat. Bild på använt aggregat kan ses i figur 13.



Figur 13. Standardluftbehandlingsaggregat från IDA ICE

3.5 Värmesystem

Då undersökningarna inte har syftat till att undersöka värme så har detta inte tagits hänsyn till i IDA ICE.

3.6 Kylsystem

I simuleringarna så har två olika sätt att kyla undersökts, vattenburen kyla i form av kylbafflar och luftburen kyla i form av VAV. De olika systemen har byggts upp i programmet IDA ICE och har sedan dimensionerats utefter de olika behov som finns i byggnaden.

3.6.1 VAV

VAV-flödet i byggnaden är inställt så att det ska variera beroende på temperatur och CO₂-halt. Det maximala flödet har räknats ut med formeln för hygienflöde, se ekvation 1, för varje zon och VAV har därefter ställts in för de olika zonerna. Lägsta flödet som systemet får ligga på är

$0,35 \frac{l}{s} \frac{m^2}{m^2}$, detta flöde utgår från riktlinjerna som finns på det lägsta tillåtna flödet inomhus och används främst då ingen befinner sig i byggnaden. Systemet är i IDA ICE inställt så att CO₂-halten får ligga mellan 600–1000 ppm.

3.6.2 Kylbafflar

I simuleringarna med kylbafflar så användes ett CAV-system för ventilation.

CAV-systemet dimensionerades utifrån ett hygienluftflöde för varje enskild zon, se ekvation 1 för formel.

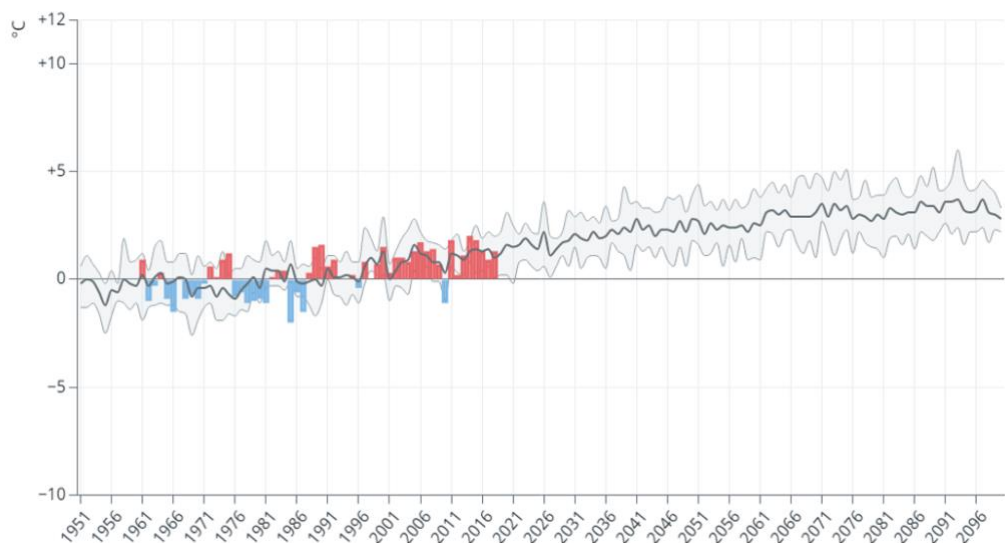
Kylbafflarna har i simuleringarna haft en ingående vattentemperatur på 14 °C och en utgående temperatur på 17 °C. Kylbafflarna har dimensionerats enligt principen att de ska klara av ett kylbehov på $100 \frac{W}{m^2}$, vid en överdimensionering av kylbehov så anpassar IDA ICE kylbehovet och justerar det efter de verkliga behoven. Då olika zoner har olika stort kylbehov så har antal kylbafflar och dess kyleffekt varierat mellan de olika zonerna, information kring bafflarna i de olika zonerna kan ses i bilaga 7.

3.7 Klimatfiler

För att undersöka hur de olika systemen klarar sig i ett varmare klimat så har simuleringarna utgått från tre olika klimatscenario, normalt klimat, RCP4,5 respektive RCP8,5. Vid normalt klimat användes en klimatfil som representerar dagens Göteborg, medan RCP4,5 respektive RCP8,5 togs fram med hjälp av ett internetverktyg framtaget av SMHI. Med hjälp av detta verktyg så har ökning av medeltemperatur för de olika scenarierna tagits fram för år 2070 i Sverige.

Från figur 14 nedan så kan man utläsa att medeltemperaturen år 2070 kommer att ha ökat med 3 °C med scenario RCP4,5.

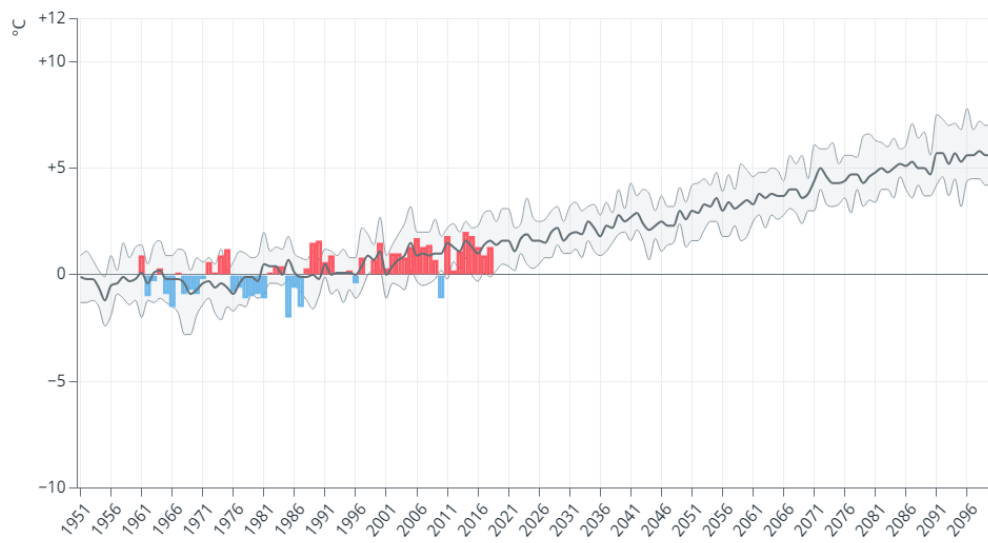
Förändring av medeltemperatur (°C)
Sverige, RCP4,5, Avvikelsevärde, År



Figur 14. Medeltemperaturens förväntade ökning fram till år 2100 enligt RCP-scenario 4,5. Källa: SMHI

Från figur 15 nedan så kan man utläsa att medeltemperaturen år 2070 kommer att ha ökat med 5 °C med scenario RCP8,5.

Förändring av medeltemperatur (°C)
Sverige, RCP8,5, Avvikelsevärde, År



Figur 15. Medeltemperaturens förväntade ökning fram till år 2100 enligt RCP-scenario 8,5. Källa: SMHI

Med framtagna medeltemperaturer så kunde sedan klimatfiler i IDA ICE ändras för att representera de olika klimatscenariona. För att representera ett normalt klimat så användes klimatfilen för dagens Göteborg, för att representera en ökad medeltemperatur på 3 °C så användes klimatfilen för Amsterdam och för att representera en ökad medeltemperatur på 5 °C så användes klimatfilen för Venedig. Dessa klimatfiler användes som underlag för simuleringarna.

4 Resultat

I detta avsnitt presenteras och redovisas resultaten från simuleringarna gjorda i IDA ICE. Framtagna resultat på energianvändning innefattar den energi som alla system med dess ingående komponenter i byggnaden förbrukar vid kylning. Simuleringarna har utförts under en period på ett år.

4.1 Simuleringsresultat för kylbafflar

För kylning med kylbafflar så har 3 olika simuleringar gjorts. Resultaten från simuleringarna redovisas i diagram och tabeller.

4.1.1 Normalt klimat med kylbafflar

Med normalt klimat så har kylsystemet med kylbafflar under ett år en total energianvändning på 14 988,5 kWh. I diagram 1 så kan man se att kylsystemet är energikrävande under alla årets månader men att det är som mest krävande på sommarhalvåret. Man kan även se att energianvändningen i juli är betydligt lägre än resterande årets sommarmånader. Augusti är månaden med den högsta energianvändningen på 3583,9 kWh och januari är månaden med den lägsta energianvändningen på 0,3 kWh.

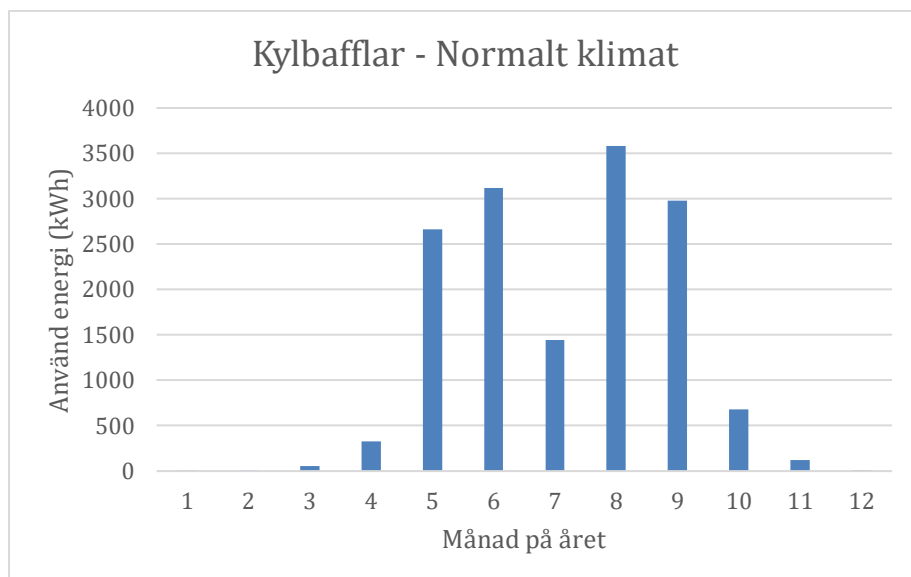


Diagram 1 visar energi simuleringsresultatet för kylning med kylbafflar i ett normalt klimat

I tabell 2 så kan man utläsa att inomhustemperaturen aldrig överstiger en operativ temperatur om 26 °C i varken en genomsnittlig zon eller i den värsta zonen. Dock så upplever människor 6 % av arbetstiden ett missnöje med det termiska klimatet under året.

Byggnadens komfort med normalt klimat	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	0 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	0 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	6 %

Tabell 2 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 3 så kan man utläsa att totalt 0,8 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för ett

normalt utomhusklimat. Det är tydligt från tabellen att det är under sommarhalvåret som arbetstimmar går förlorade.

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0
5	16 679	0
6	16 903	0,5
7	8258	0
8	17 606	0,2
9	25 298	0,1
10	24 849	0
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	0,8

Tabell 3 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med kylbafflar för normalt klimat

I diagram 2 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen håller sig inom de ramar som anses vara tillåtna, då temperaturen håller sig under 26 °C.

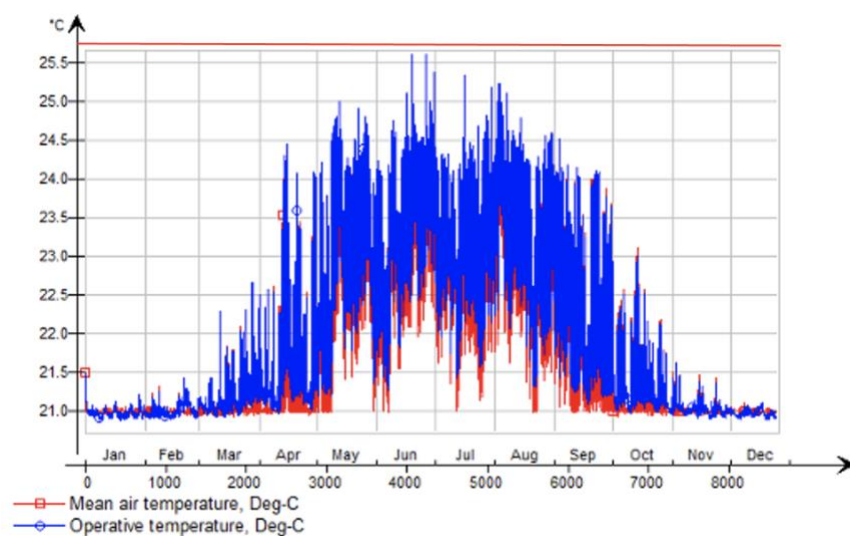


Diagram 2 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett kylbaffelsystem för ett normalt klimat

4.1.2 RCP 4,5 med kylbafflar

För klimatscenario RCP 4,5 så har kylning med kylbafflar under ett år en total energianvändning på 19 375,5 kWh, utläst från diagram 3. Det finns ett kylbehov under alla årets månader men det är som störst mellan månaderna maj och september. Månaden på året med den högsta energianvändningen är augusti där energibehovet uppgår till 4618,5 kWh och månaden med lägst energianvändning är januari med en energianvändning på 6 kWh. Det är även tydligt att energianvändningen i juli är betydligt lägre än övriga årets sommarmånader.

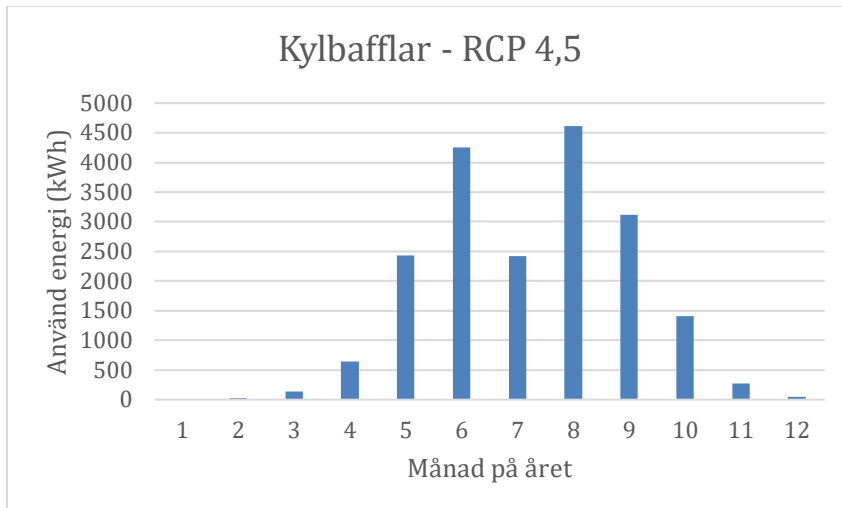


Diagram 3 visar energi simuleringsresultatet för kylning med kylbafflar med klimatscenario RCP 4,5

I tabell 4 så kan man utläsa att inomhustemperaturen aldrig överstiger en operativ temperatur om 26 °C i varken en genomsnittlig zon eller i den värsta zonen. Dock så upplever människor 7 % av arbetstiden ett missnöje med det termiska klimatet under året.

Byggnadens komfort med klimatscenario RCP 4,5	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	0 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	0 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	7 %

Tabell 4 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 5 så kan man utläsa att totalt 2,4 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för klimatscenario RCP 4,5. Det är tydligt från tabellen att det är under sommarhalvåret som arbetstimmar går förlorade.

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0
5	16 679	0,3
6	16 903	0,9
7	8258	0,4
8	17 606	0,8
9	25 298	0
10	24 849	0
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	2,4

Tabell 5 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med kylbafflar för klimatscenario RCP 4,5

I diagram 4 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen håller sig inom de ramar som anses vara tillåtna, då temperaturen håller sig under 26 °C.

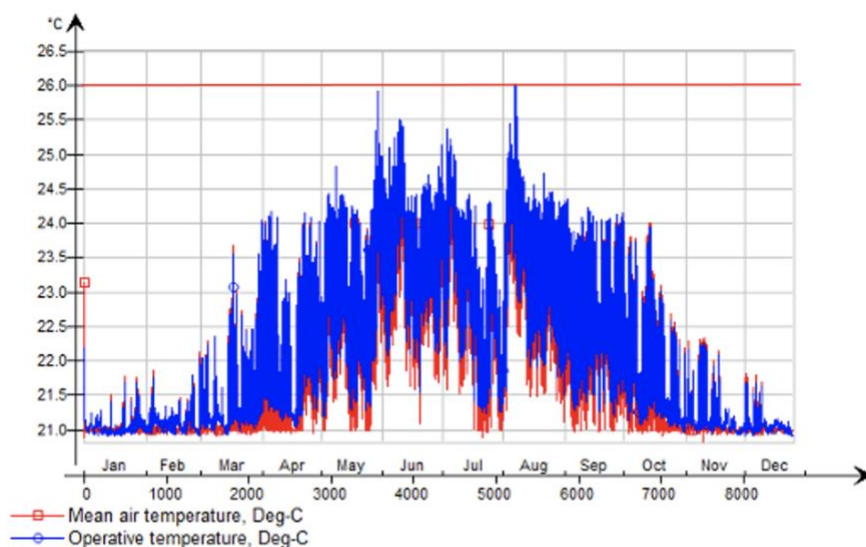


Diagram 4 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett kylbaffelsystem för klimatscenario RCP 4,5

4.1.3 RCP 8,5 med kylbafflar

För klimatscenario RCP 8,5 så är det totala energibehovet för kylning med kylbafflar under ett år på 59 121 kWh, utläst från diagram 5. Under alla årets månader så finns det ett kylbehov men det är märkbart störst mellan maj och september. Det framgår även tydligt från diagrammet att juli har en betydligt lägre energianvändning än övriga årets sommarmånader. Månaden med den högsta energianvändningen är augusti med en total användning på 14 204 kWh och januari har den lägsta på 120,4 kWh.

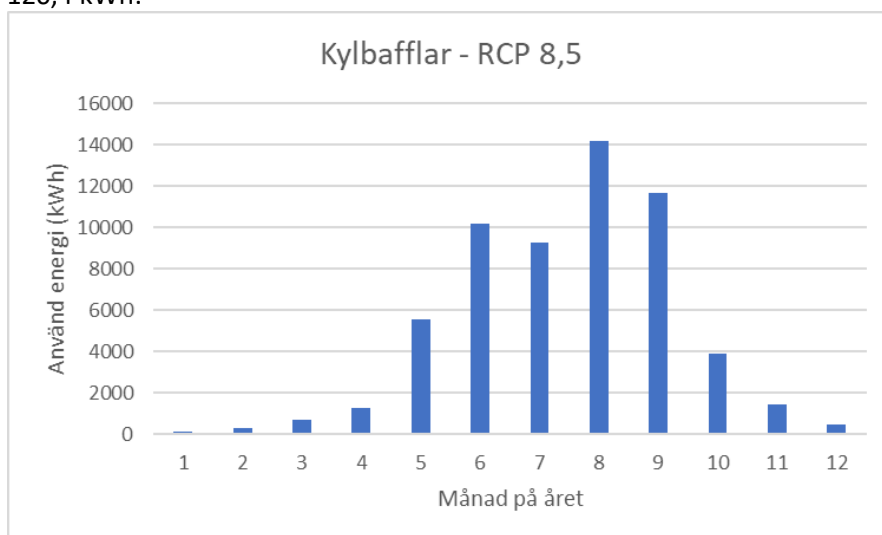


Diagram 5 visar energi simuleringsresultatet för kylning med kylbafflar med klimatscenario RCP 8,5

I tabell 6 så kan man utläsa att inomhustemperaturen i den mest utsatta zonen överstiger en operativ temperatur om 26 °C ca 7 % av tiden. I en genomsnittlig zon så överstiger dock bara den

operativa temperaturen 26 °C ca 1 % av tiden. 7 % av arbetstiden så upplever människor ett missnöje med det termiska klimatet.

Byggnadens komfort med klimatscenario RCP 8,5	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	7 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	1 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	7 %

Tabell 6 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 7 så kan man utläsa att totalt 71,4 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för klimatscenario RCP 8,5. Det är mellan månaderna maj och oktober som arbetstimmar går förlorade på grund av inomhusklimatet, mestadels av förlusterna sker dock under sommarhalvåret.

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0
5	16 679	1,9
6	16 903	7,6
7	8258	9,2
8	17 606	43
9	25 298	9,4
10	24 849	0,3
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	71,4

Tabell 7 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med kylbafflar för klimatscenario RCP 8,5

I diagram 6 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen vid flera tillfällen överstiger maxtemperaturen om 26 °C som får uppmätas inomhus.

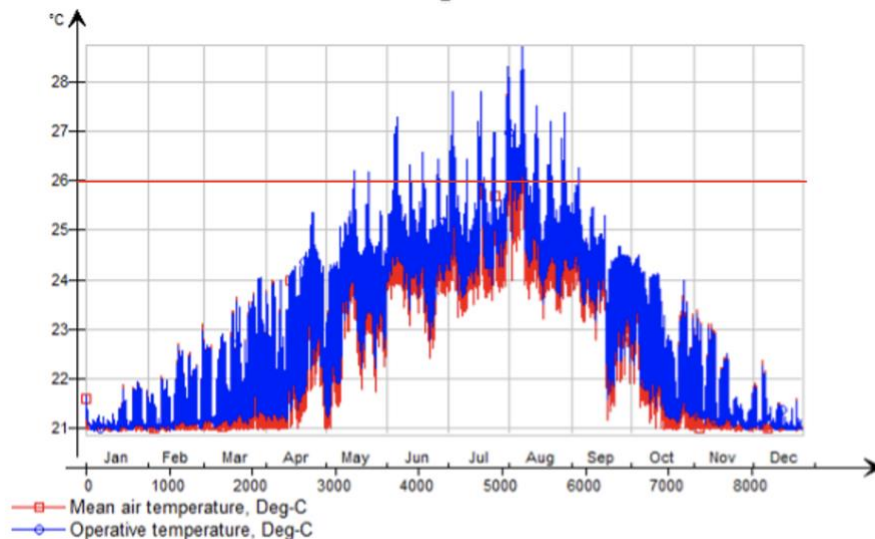


Diagram 6 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett kylbaffelsystem för klimatscenario RCP 8,5

4.2 Simuleringsresultat för VAV-system

För kylning med VAV-system så har 3 olika simuleringar gjorts. Resultaten från simuleringarna redovisas i diagram och tabeller.

4.2.1 Normalt klimat med VAV-system

För simuleringar gjorda på VAV-systemet med dagens klimat så är den totala energianvändningen under ett år på totalt 5874,3 kWh, vilket kan ses i diagram 7. Det är mellan månaderna april och september som systemet är energikrävande. I diagrammet så kan man tydligt se att augusti är den månaden som är mest energikrävande på 2989 kWh och vinterhalvårets månader är minst energikrävande på 0 kWh. Juli månad är mindre energikrävande än de närliggande månaderna juni och augusti.

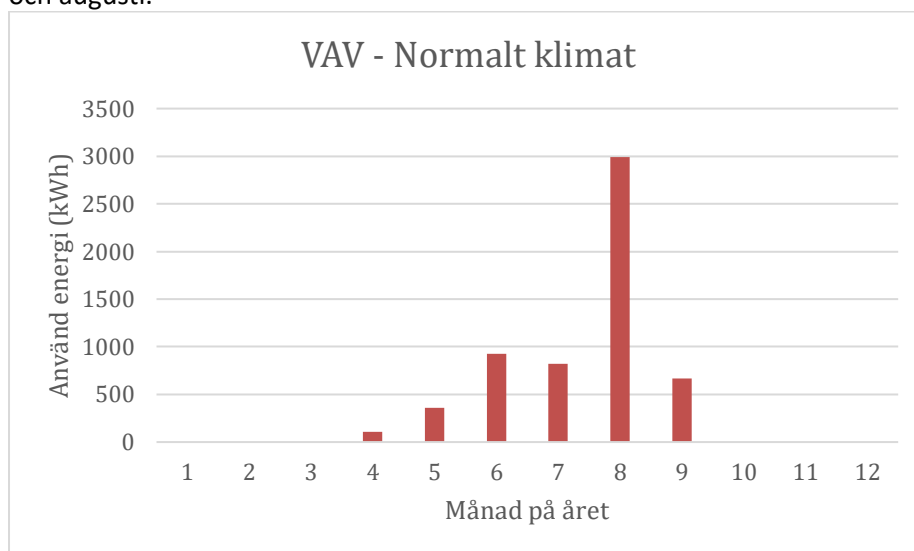


Diagram 7 visar energi simuleringsresultatet för kylning med VAV-system med normalt klimat

I tabell 8 så kan man utläsa att inomhustemperaturen aldrig överstiger en operativ temperatur om 26 °C i varken en genomsnittlig zon eller i den värsta zonen. Dock så upplever människor 7% av arbetstiden ett missnöje med det termiska klimatet under året.

Byggnadens komfort med normalt klimat	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	0 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	0 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	7 %

Tabell 8 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 9 så kan man utläsa att totalt 1,9 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för ett normalt utomhusklimat. Det är tydligt från tabellen att det är under sommarhalvåret som arbetstimmar går förlorade.

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0
5	16 679	0,2
6	16 903	0,5
7	8258	0,4
8	17 606	0,5
9	25 298	0,3
10	24 849	0
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	1,9

Tabell 9 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med VAV-system för normalt klimat

I diagram 8 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen håller sig inom de ramar som anses vara tillåtna, då temperaturen håller sig under 26 °C.

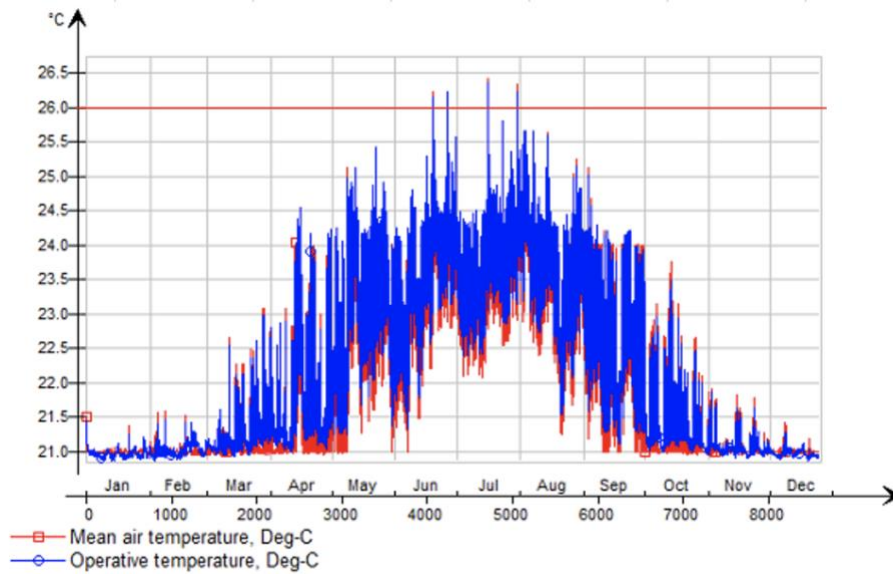


Diagram 8 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett VAV-system för ett normalt klimat

4.2.2 RCP 4,5 med VAV-system

För klimatscenario RCP 4,5 så är det totala energibehovet för kylning med ett VAV-system under ett år på 14 944,8 kWh, utläst från diagram 9. Det är mellan månaderna mars och oktober som kylsystemet används men det är märkbart högre användning under sommarhalvåret. Det framgår även tydligt att juli månad har en lägre energianvändning än de intill liggande månaderna juni och augusti. Den månad med den högsta energianvändningen är augusti med en total användning på 5546 kWh och vinterhalvårets månader har lägst energianvändning på 0 kWh.

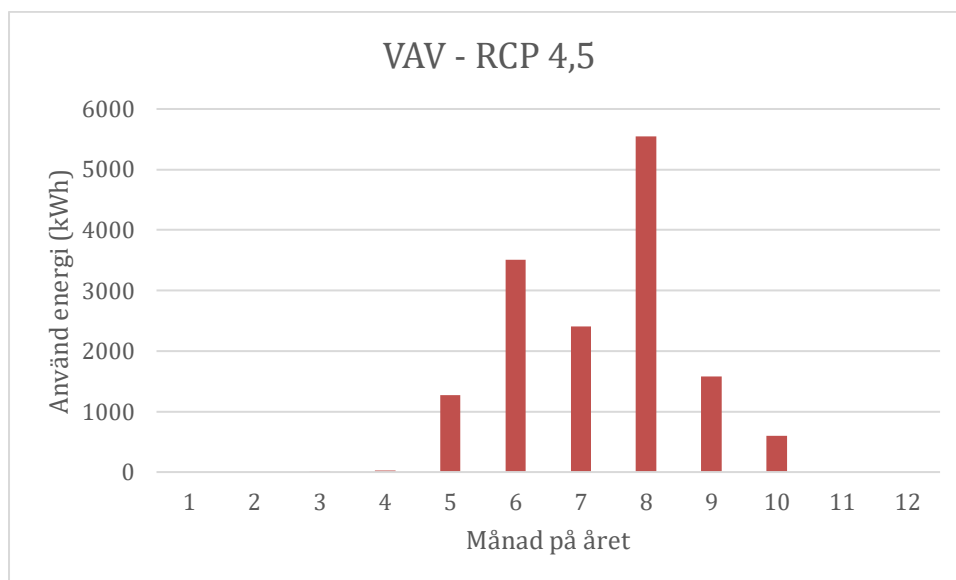


Diagram 9 visar energi simuleringsresultatet för kylning med VAV-system med klimatscenario RCP 4,5

I tabell 10 så kan man utläsa att inomhustemperaturen aldrig överstiger en operativ temperatur om 26° C i varken en genomsnittlig zon eller i den värsta zonen. Dock så upplever människor 7% av arbetstiden ett missnöje med det termiska klimatet under året.

Byggnadens komfort med klimatscenario RCP 4,5	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	0 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	0 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	7 %

Tabell 10 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 11 så kan man utläsa att totalt 2,7 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för klimatscenario RCP 4,5. Det är tydligt från tabellen att det är under sommarhalvåret som arbetstimmar går förlorade

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0
5	16 679	0,7
6	16 903	0,6
7	8258	0,4
8	17 606	1
9	25 298	0
10	24 849	0
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	2,7

Tabell 11 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med VAV-system för klimatscenario RCP 4,5

I diagram 10 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen håller sig inom de ramar som anses vara tillåtna, då temperaturen håller sig under 26 °C.

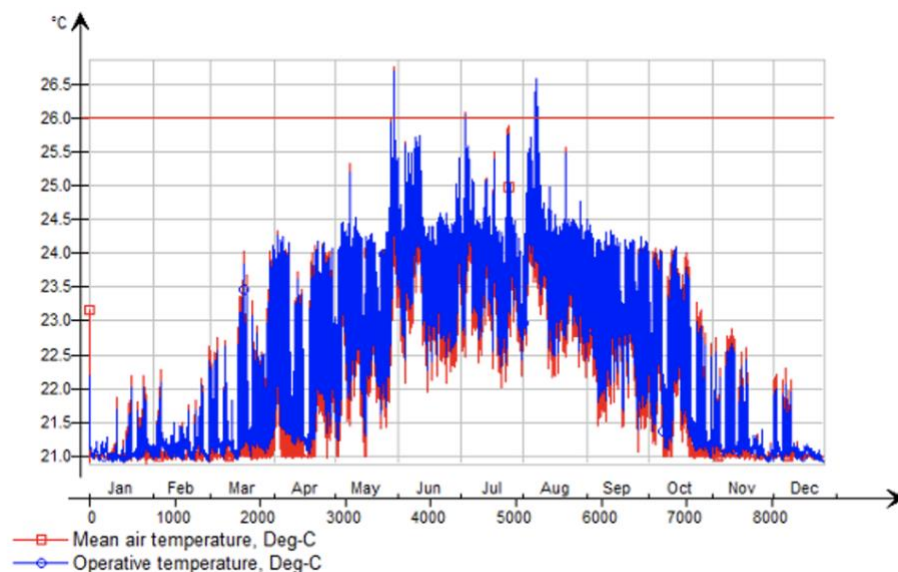


Diagram 10 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett VAV-system för klimatscenario RCP 4,5

4.2.3 RCP 8,5 med VAV-system

För klimatscenario RCP 8,5 så är det totala energibehovet för kylning med ett VAV-system under ett år på totalt 77 181 kWh, utläst från diagram 11. Det är mellan månaderna april och november som det finns ett kylbehov men det är märkbart större mellan månaderna maj och september. Det framgår även tydligt att juli har en lägre energianvändning än de intilliggande månaderna juni och augusti. Månaden med den högsta energianvändningen är augusti med en total användning på 25 162 kWh och vinterhalvårets månader har en lägsta energianvändning på 0 kWh.

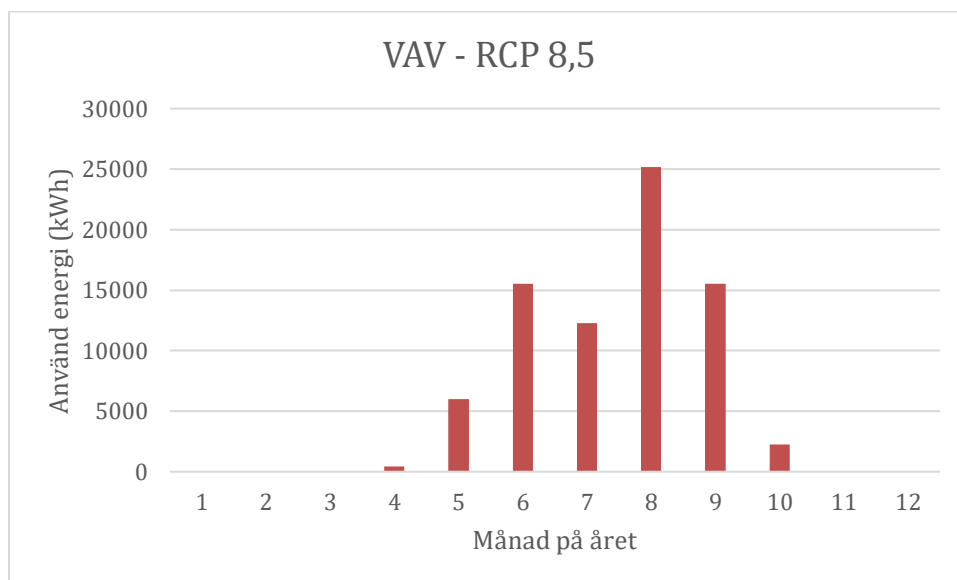


Diagram 11 visar energi simuleringsresultatet för kylning med VAV-system med klimatscenario RCP 8,5

I tabell 12 så kan man utläsa att inomhustemperaturen överstiger en operativ temperatur om 26 °C ca 6 % av tiden i den mest utsatta zonen. I en genomsnittlig zon så överstiger dock bara den operativa temperaturen 26 °C ca 1 % av tiden. 6 % av arbetstiden så upplever människor ett missnöje med det termiska klimatet.

Byggnadens komfort med klimatscenario RCP 8,5	
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i den värsta zonen	6 %
Procent timmar då den operativa temperaturen är över 26 °C i en genomsnittlig zon	1 %
Procent av arbetstiden som människor är missnöjda med det termiska klimatet	6 %

Tabell 12 visar byggnadens termiska komfort i procent

I tabell 13 så kan man utläsa att totalt 55,4 arbetstimmar går förlorade under ett år på grund av att människorna som befinner sig i byggnaden upplever inomhusklimatet som bristfälligt, detta för klimatscenario RCP 8,5. Det är mellan månaderna april och oktober som arbetstimmar går förlorade på grund av inomhusklimatet, mestadels av förlusterna sker dock under sommarhalvåret.

Månad	Totala arbetstimmar	Förlorade arbetstimmar
1	6980	0
2	7744	0
3	8799	0
4	8191	0,2
5	16 679	1,8
6	16 903	5,4
7	8258	12
8	17 606	30,6
9	25 298	4,7
10	24 849	0,7
11	25 347	0
12	20 946	0
Totalt	187 600	55,4

Tabell 13 visar antalet förlorade arbetstimmar på grund av inomhusklimatet simulerat med VAV-system för klimatscenario RCP 8,5

I diagram 12 så redovisas den operativa temperaturen och lufttemperaturen under ett år i den mest utsatta zonen i byggnaden. Ur diagrammet så kan man utläsa att temperaturen vid flera tillfällen överstiger den högsta temperaturen på 26 °C som får uppmätas inomhus.

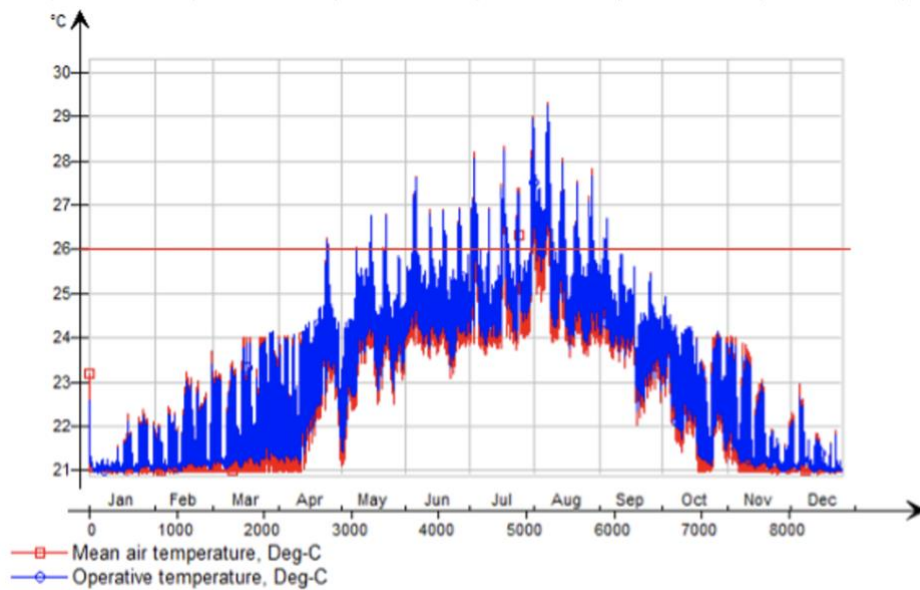


Diagram 12 visar operativtemperatur och lufttemperatur under ett år i den värsta zonen simulerat med ett VAV-system för klimatscenario RCP 8,5

4.3 Sammanställning av de olika systemen

En sammanställning av den totala energianvändningen för kylbaffelsystemet och VAV-systemet med de olika klimatscenariona redovisas i diagram 13.

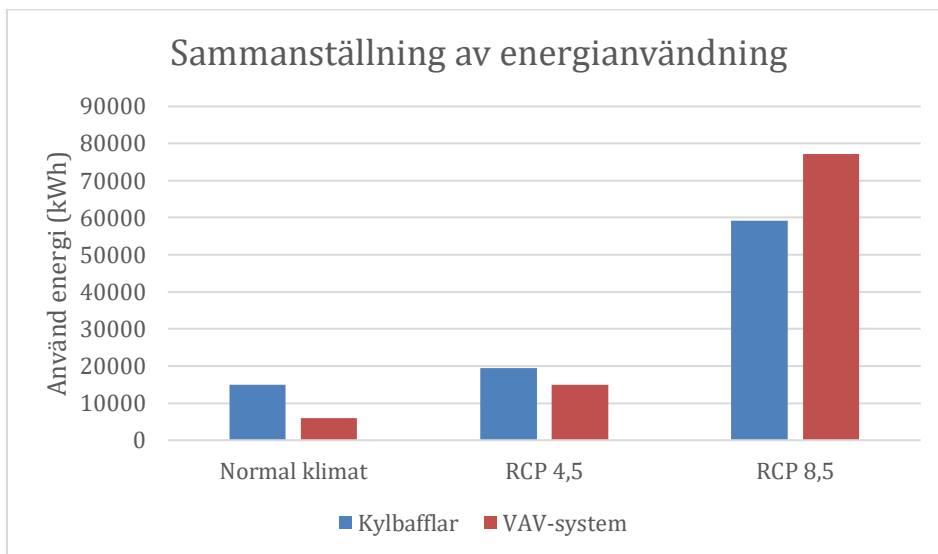


Diagram 13 visar en sammanställning av energibehovet för kylning med ett kylbaffelsystem och ett VAV-system

Exakta värden på energianvändning för de olika systemen under ett år med de olika klimatscenariona kan hittas i tabell 14.

	Energianvändning för kylbafflar (kWh)	Energianvändning för VAV-system (kWh)
Normalt klimat	14 988,5	5874,3
RCP 4,5	19 375,5	14 944,8
RCP 8,5	59 121	77 181

Tabell 14 visar total energianvändning för de olika kylsystemen under ett år med de olika klimatscenariona

I tabell 15 så redovisas antalet arbetstimmar som går förlorade för de olika kylsystemen med de olika klimatscenariona under ett år på grund av inomhusklimatet.

	Förlorade arbetstimmar med kylbafflar (timmar)	Förlorade arbetstimmar med VAV-system (timmar)
Normalt klimat	0,8	1,9
RCP 4,5	2,4	2,7
RCP 8,5	71,4	55,4

Tabell 15 visar totala förluster av arbetstimmar under ett år för de olika kylsystemen med de olika klimatscenariona

5 Diskussion

Jämför man de olika kylsystemens energianvändning så ser man tydligt att energianvändningen för de båda systemen ökar ju varmare utomhusklimatet är. Att energianvändningen ökar med ett varmare utomhusklimat är något som var väntat då kylning är en otroligt energikrävande process. En ökad utomhustemperatur påverkar direkt inomhustemperaturen och bidrar på så sätt till ett ökat kylbehov vilket medför en högre energianvändning.

Från resultaten så kan man se att det vid ett normalt klimat och vid klimatscenario RCP 4,5 är systemet med kylbafflar som är det mest energikrävande. Noterbart är dock att det i resultaten för klimatscenario RCP 8,5 skiftar och det istället är VAV-systemet som är mest energikrävande. Analyserar man energisimuleringsresultatet för klimatscenario RCP4,5 så kan man se att VAV-systemet redan där börjar närma sig kylbaffelsystemets energianvändning. Att energianvändningen ökar mer procentuellt för VAV-systemet än kylbaffelsystemet i takt med att utetemperaturer stiger kan förklaras med att man med ett varmare utomhusklimat inte i lika hög grad kan nyttja den så kallade gratis kylan som kommer från utomhusluften. Är det kallt utomhus så krävs det mindre om ens någon energi alls för att kyla ner den inkommande luften till den önskade temperaturen. Då kylbaffelsystemet kyler rumsluften direkt och inte använder lika mycket uteluft som VAV så innebär detta att kylbaffelsystemet inte använder sig av gratis kyla och påverkas därför inte på samma sätt av att gratis kylan minskar, vilket leder till att energianvändningen för kylbaffelsystemet inte ökar lika mycket vid ett varmare klimat.

I resultaten så framgår det att dagens kylsystem klarar av att upprätthålla ett godkänt inomhusklimat med klimatscenario RCP4,5 och ett normalt klimat. Skulle framtidens klimat däremot gå mot scenario RCP8,5 så kommer dagens kylsystem inte klara av att upprätthålla kraven som finns på inomhusklimat då inomhustemperaturen flera gånger under året med de båda kylsystemen överskrider den godkända inomhustemperaturen om högst 26 °C. I detta fall så blir man då tvungen att göra ändringar på systemen eller byggnaden för att säkerställa att inomhusklimatet håller sig på en nivå som anses acceptabel att vistas i.

En potentiell ändring som man kan göra är att ställa in så att systemet går i gång vid en lägre temperatur. I simuleringarna så var kylsystemen inställda på att gå i gång vid en inomhustemperatur på 24 grader. Genom att sänka kylsystemens startpunkt så får man vid ett tidigare skede bort värme vilket potentiellt kan leda till ett inomhusklimat som i längden håller sig på en mer behaglig nivå.

En annan potentiell ändring man kan göra är att öka dimensioneringen på kylsystemen. För kylbafflarna så kan man installera bafflar som är byggda för att klara av ett större kylbehov och för VAV-systemet så kan man ställa in ett högre flöde till varje zon i byggnaden.

Då man i framtiden kommer att behöva minska kylbehovet i byggnader så finns det några effektiva metoder man kan använda sig av. Det kanske mest effektiva sättet att göra detta på är att använda sig av mer och bättre solavskärmning samt solskyddsfönster. Med bra solavskärmning och med bra solskyddsfönster så reflekteras och minskas värmealstringen från solinstrålningen. Genom att man i ett tidigt skede motverkar värmealstringen i byggnaden så minskar man även kylbehovet vilket leder till att kylsystemen inte blir lika energikrävande.

Problematiken med nämnda ändringar är dock att både större dimensioner och tidigare startpunkter kommer innebära en ökad energianvändning oavsett vilket kylsystem man använder sig av. Större dimensionering kan även leda till att störande ljud på arbetsplatsen i högre grad uppstår. Det kan även komma att bli ett problem med utrymme ifall man exempelvis blir tvungen att sätta in ett större luftbehandlingsaggregat eller ett större kylbatteri. Kylning är en väldigt energikrävande process och

det är därför viktigt att man hittar en balans mellan ett bra inomhusklimat och systemens energianvändning.

Det framgår tydligt från resultaten att det blir ett större missnöje och fler klagomål på inomhusklimatet desto varmare utomhusklimatet är. Detta kan tydligt ses genom att jämföra resultaten för ett normalt klimat med resultaten för klimatscenario RCP8,5. Antalet förlorade arbetstimmar är noterbart högre för RCP8,5 jämfört med resultaten för ett normalt klimat för de båda systemen.

Människor kommer att bli alltmer missnöjda med inomhusklimatet då utomhustemperaturen ökar, vilket tydligt kan ses i simuleringsresultaten för klimatscenario RCP8,5. Kylbaffelsystemet gav upphov till ett bättre inomhusklimat vid simuleringarna för normalt klimat samt RCP4,5 än VAV-systemet, dock presterade VAV-systemet bättre vid RCP8,5. Vid simuleringarna för normalt klimat och klimatscenario RCP4,5 så klarar båda kylsystemen av att uppfylla ett godkänt inomhusklimat. Däremot vid simuleringarna med klimatscenario RCP8,5 så klarade inget av kylsystemen av att upprätthålla ett godkänt inomhusklimat, vilket tydligt kan ses på diagrammen för inomhustemperaturen i den mest utsatta zonen.

Ett varmare utomhusklimat kommer även innebära att kylsystemen kommer behöva vara aktiva i en högre grad tidigare på året, kylbehovet ökar och värmebehovet minskar. Tittar man exempelvis på resultaten för kylbafflar så kan man se att energianvändningen i januari och februari går från totalt 3,7 kWh till 426,8 kWh mellan resultaten för normalt klimat och RCP8,5. Då dagens kylsystem inte är avsedda att användas i den grad som de potentiellt kan komma att behöva göra i framtiden så kan dess livslängd komma att förkortas. En förkortad livslängd innebär att man tidigare än planerat blir tvungen att underhålla eller i värsta fall byta ut systemet, detta är något som kan komma att bli ett problem både ekonomiskt och miljömässigt. Det kommer också bli allt viktigare att använda sig av luftslussar vid entréer då man använder sig av ett kylbaffelsystem då den varma luften utomhus annars kan komma i kontakt med kylbafflarna vilket kan leda till kondens. Man kommer även att behöva ta bort mer fukt från den ingående varma uteluften till luftbehandlingsaggregatet för att förhindra kondens på kylbafflarna.

Man kan även se ett tydligt samband mellan internvärme och energianvändning genom att titta på skillnaden i energi använd för juli månad och de två intilliggande månaderna juni och augusti. Juli består till stor del av semesterledighet och byggnaden är därför inte bemannad i lika hög grad som den är resterande tiden på året. Resultatet av detta är att energianvändningen är betydligt högre i både juni och augusti jämfört med juli.

I simuleringarna så har internvärmerna från personer, apparater och belysning antagits vara 100 % vilket med största sannolikhet inte är verklighetstroget. I många fall på kontorsytor så vistas man inte på en och samma yta hela tiden utan man förflyttar sig från rum till rum. Ingen hänsyn till sjukfrånvaro har heller gjorts i simuleringarna. Lampor och apparater är i verkligheten med största sannolikhet inte på hela tiden utan de sätts på och används när lokalen är bemannad. Hade simuleringarna gjorts utan att det vart full bemanning hela tiden och istället utefter behovsstyrning så hade energibehovet med största sannolikhet varit lägre.

Det är väldigt många olika faktorer som påverkar hur klimatet kommer att ändras och se ut i framtiden. De klimatscenarion som ligger till grund för arbetet kan därför vara en källa vars trovärdighet bör beaktas. Då scenarierna byggs upp på klimatmodeller så är det omöjligt att veta exakt hur klimatet på jorden ser ut i framtiden och vi kan nu enbart göra antaganden. Med de sagt så är det dock väldigt viktigt att vi är förberedda för en framtid där jorden kan se väldigt annorlunda ut mot idag.

6 Slutsats

Det gäller i framtiden att man hittar en bra balans mellan energianvändning och ett bra inomhusklimat. Från resultaten så framgår det i alla fallen att det system som drar mest energi även upprätthåller det bästa inomhusklimatet. Men skillnaden i energianvändning mellan kylsystemen var större än vad klagomålen på inomhusklimat var och det är därför utifrån resultaten mest lämpligt att man väljer att använda sig av det system som är minst energikrävande. I fallet med normalt klimat och scenario RCP4,5 så innebär detta ett val av att använda VAV-system. När det kommer till RCP8,5 är det svårare att dra en slutsats på vilket system som är bäst lämpat då inomhuskraven ej uppfylls i något av fallen. Luftbehandlingsaggregat och kylbatteri kan eventuellt behöva bytas eftersom större luftflöde samt kyleffekt behövs för att uppfylla kraven på inomhusklimat.

7 Referenser

Abel, E., & Elmroth, A. (2016). Byggnaden som system (4 uppl.). Studentlitteratur AB.

Allakustik. (u.å.). Så får du bukt med störande ljud från ventilationen.

<https://www.allakustik.se/kunskapsbank/storande-ljud-fran-ventilationen/>

Arbetarskydd. (9 september 2010). Arbetsytan krymper.

<https://www.arbetarskydd.se/nyhetsarkiv/arbetsytan-krymper-6571693>

Arbetsmiljöverket. (17 februari 2021). Fördjupning om temperatur och klimat.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/fordjupning-om-temperatur-och-klimat/>

Arbetsmiljöverket. (17 november 2021). Risker när det är kallt.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/kyla/>

Arbetsmiljöverket. (14 juli 2021). Risker när det är varmt.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/varme/>

Boverket. (2007). Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. Boverket.

https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/indata_for_energiberakning_i_kontor_och_smahus.pdf

Boverket. (2012). Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler. Boverket.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/handbok-for-energihushallning-enligt-boverkets-byggregler.pdf>

Boverket. (28 april 2021). Beräkning av byggnadens energiprestanda.

<https://www.boverket.se/sv/energideklaration/for-energiexperter/berakning-av-byggnadens-energianvandning/>

Carlsson-Kanyama, A. (2012). Värmeböljors påverkan på samhällets säkerhet (MSB362).

Totalförsvarets forskningsinstitut (TOI).

<https://rib.msb.se/filer/pdf/26110.pdf>

Elitfönster. (u.å.). Solskyddsglas.

<https://www.elitfonster.se/tillval--tillbehor/glas/>

Energifönster. (u.å.). Ju lägre U-värde desto bättre fönster.

<https://www.energifonster.nu/sv/tips-rad/vad-ar-u-varde.aspx>

Energimyndigheten. (6 maj 2015). Dimensionera ditt luftkonditionerings- system rätt.

<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/jag-vill-energieffektivisera-hemma/inkop-av-produkter/uppvarmning/varme--och-luftkonditioneringsystem/effektivisera-ditt-luftkonditioneringsystem/dimensionera-ditt-luftkonditioneringsystem-ratt/>

EQUA. (u.å.). IDA Indoor Climate and Energy.

<https://www.equa.se/se/ida-ice>

Fahlen, E., Grill, E., & Flodberg, K. (2013). Kylteknik och förnybar energi i kontorshus. NCC.

<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/d299eb2f-4a08-4d57-a1dc->

[234a2bb07a96/FinalReport/SBUF%2012732%20Slutrapport%20Kylteknik%20och%20f%C3%B6rnybar%20energi%20i%20kontorshus.pdf](https://www.folkhalsomyndigheten.se/234a2bb07a96/FinalReport/SBUF%2012732%20Slutrapport%20Kylteknik%20och%20f%C3%B6rnybar%20energi%20i%20kontorshus.pdf)

Folkhälsomyndigheten (14 januari 2022). Vägledning för bedömning av termiskt inomhusklimat och temperatur.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljhalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/termiskt-inomhusklimat-och-temperatur/>

Folkhälsomyndigheten. (25 februari 2022). Ventilation

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljhalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/ventilation/>

Heier, J. (2013). Energieffektivisering via termisk energilagring (Nr10). Högskolan i dalarna, institutionen för energiteknik.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:660209/FULLTEXT01.pdf>

Naturskyddsföreningen. (12 mars 2021). Vad är klimatförändringar?

<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-klimatforandringar/>

Naturskyddsföreningen. (28 maj 2021). Klimatförändringarna i Sverige.

<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/klimatforandringarna-i-sverige/>

Naturvårdsverket. (u.å.a). Därför blir det varmare.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatfakta/darfor-blir-det-varmare/>

Naturvårdsverket. (u.å.b)(2). Effekter i Sverige.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatfakta/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/>

Naturvårdsverket. (u.å.c)(3) Klimatet I framtiden.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatfakta/klimatet-i-framtiden/>

Naturvårdsverket. (u.å.d)(4). Konsekvenser för svensk infrastruktur.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatfakta/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/konsekvenser-for-teknisk-infrastruktur/>

SMHI. (17 april 2021). Hur fungerar en klimatmodell?

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/hur-fungerar-en-klimatmodell-1.470>

SMHI. (17 april 2021). RCP scenarier.

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914>

SMHI. (27 januari 2022). SSP-scenarier.

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/ssp-scenarier-1.178949>

Statistiska Centralbyrån (SCB). (2021, 28 september). Ny statistik: Så många har jobbat hemifrån under pandemin.

<https://www.scb.se/pressmeddelande/ny-statistik-sa-manga-har-jobbat-hemifran-under-pandemin/>

Sunoff. (u.å.). Så löser solskydd dubbla temperaturproblem.

<https://sunoff.se/spara-energi>

Svenskafönster. (u.å.). LT & G-värde för våra glaskombinationer. Svenskafönster.

<https://spfonster.se/wp-content/uploads/2020/09/glasvarden-190820.pdf>

Svenskventilation. (u.å.a) Ventilation för kontor.

<https://www.svenskventilation.se/ventilation/lokaler/kontor/>

Svenskventilation. (u.å.b) FTX – Ventilation med värmeåtervinning.

<https://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ftx-varmeatervinning/>

Swegon. (u.å.). Luft- eller vattenkyla?

<https://www.swegon.com/sv/guider/tekniska-guider/luft-eller-vatten/>

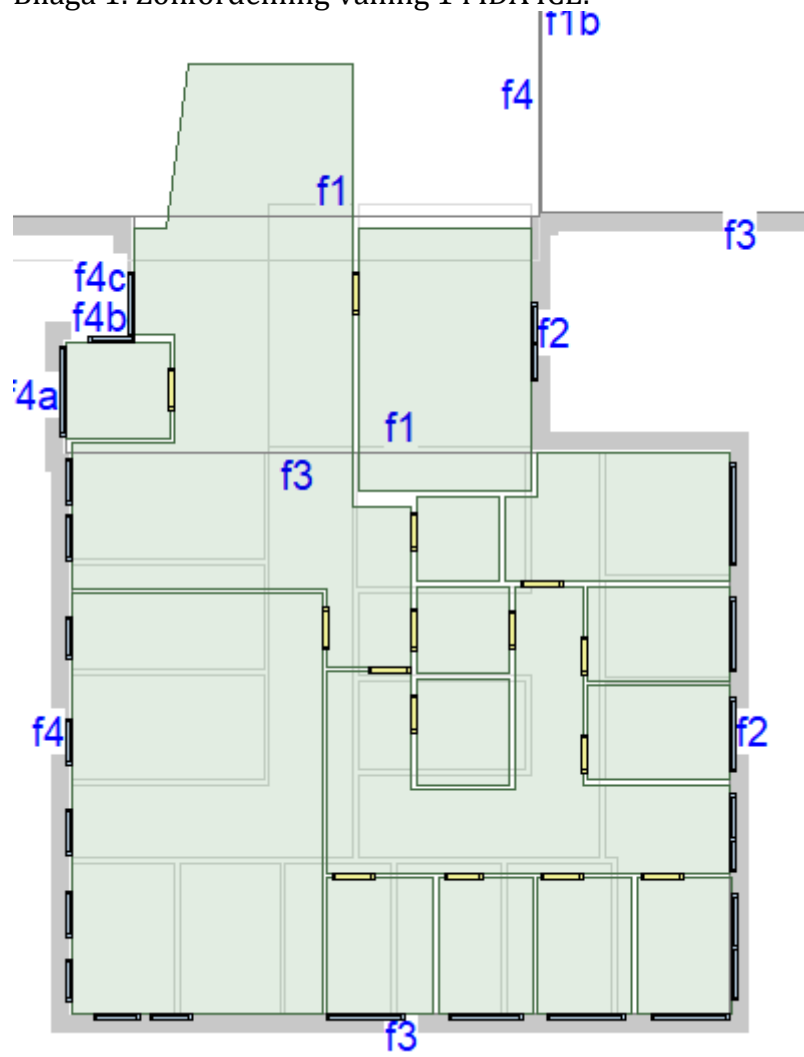
Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). Projektering av VVS-installationer (1 uppl.). Studentlitteratur.

WWF. (2022). Vad händer med klimatet.

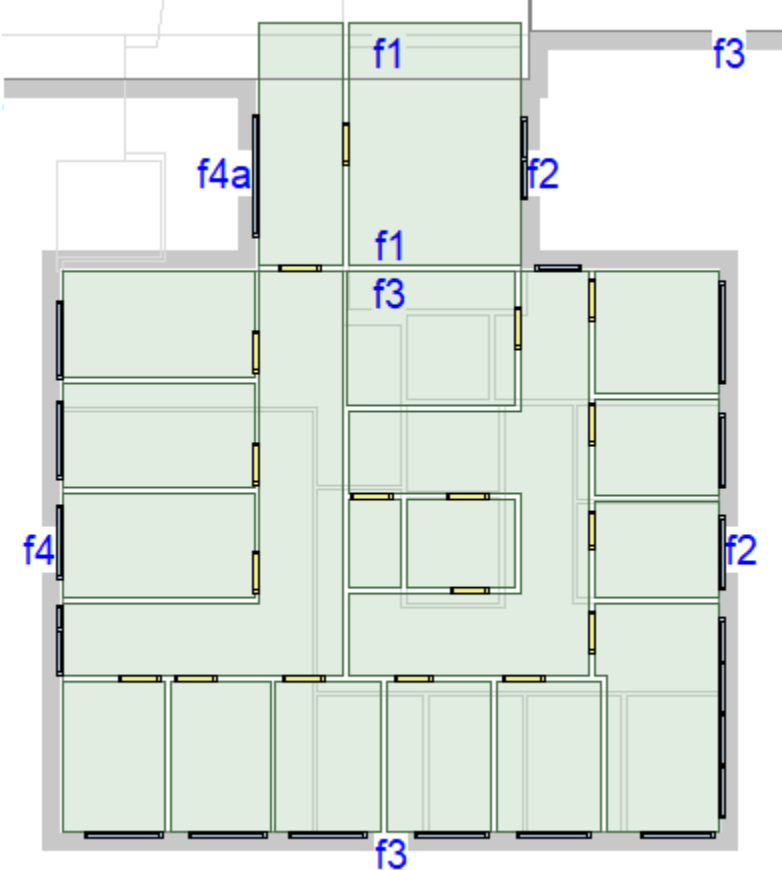
<https://www.wwf.se/klimat/klimatforandringar/>

8 Bilagor

Bilaga 1. Zonfördelning våning 1 i IDA ICE.



Bilaga 2. Zonfördelning våning 2 i IDA ICE.



Bilaga 3. Information kring zonerna i IDA ICE.

Zoon	Floor height, m	Room height, m	Floor area, m2
183	0	3,04	75,47
186	0	3,04	10,72
187	0	3,04	9,599
188	0	3,04	9,599
189	0	3,04	9,372
192	0	3,04	10,08
191	0	3,04	10,08
185,90	0	3,04	7,668
194	0	3,04	6,299
193	0	3,04	19,97
195	0	3,04	5,565
184	0	3,04	43,13
182	0	3,04	89,76
Vindfång	0	3,04	7,507
196	0	3,04	33,3
236	3,34	3,62	11,37
237	3,34	3,62	11,3
238	3,34	3,62	11,87
239	3,34	3,62	11,86
240	3,34	3,62	11,86
241	3,34	3,62	19,44
242	3,34	3,62	9,199
243	3,34	3,62	9,196
244	3,34	3,62	11,27
235	3,34	3,62	15,12
234	3,34	3,62	15,12
233	3,34	3,62	14,81
245,46	3,34	3,62	17,02
247,48	3,34	3,62	3,693
249	3,34	3,62	7,492
224	3,34	3,62	30,84
232_1	3,34	3,62	42,26
232	3,34	3,62	36,16
232_2	3,34	3,62	15,01

Bilaga 4. Värden och information kring byggnadsmaterialen använda i IDA ICE.

Zon	Group	Type	Wetted area, m2	Connected to	Azimuth, Deg	Slope, Deg	Construction	U-value, W/(m2.K)	Thickness, s, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	
183.Floor		Bsmt. slab	74,38	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
183.Ceiling		Int ceiling	74,38	232; 234; 235; 238; 237; 236			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
183.Wall 1		Int. wall	20,26		182	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
183.Wall 2		Int. wall	31,83	182; 184; 186		352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
183.Wall 3		Ext. wall	15,38	Byggnadskropp 2.f3		82	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
183.Wall 4		Ext. wall	21,4	Byggnadskropp 2.f4		172	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
186.Floor		Bsmt. slab	10,1	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
186.Ceiling		Int ceiling	10,1	239; 238			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
186.Wall 1		Int. wall	6,427		184	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
186.Wall 2		Int. wall	10,94		187	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
186.Wall 3		Ext. wall	5,513	Byggnadskropp 2.f3		82	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
186.Wall 4		Int. wall	10,94		183	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
187.Floor		Bsmt. slab	9	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
187.Ceiling		Int ceiling	9	240; 239			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
187.Wall 1		Int. wall	5,5		184	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
187.Wall 2		Int. wall	10,94		188	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
187.Wall 3		Ext. wall	4,647	Byggnadskropp 2.f3		82	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
187.Wall 4		Int. wall	10,94		186	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
188.Floor		Bsmt. slab	9	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
188.Ceiling		Int ceiling	9	241; 240			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
188.Wall 1		Int. wall	5,5		184	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
188.Wall 2		Int. wall	10,94		189	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
188.Wall 3		Ext. wall	4,647	Byggnadskropp 2.f3		82	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
188.Wall 4		Int. wall	10,94		187	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
189.Floor		Bsmt. slab [99%]	8,996	Ground			0 <mixed>	<mixed>	0.255-0.4 / 0.3							
189.Ceiling		Int ceiling	8,996		241		180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
189.Wall 1		Int. wall	5,497		184	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
189.Wall 2		Ext. wall	6,721	Byggnadskropp 2.f3		352	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
189.Wall 3		Ext. wall [99%], i	4,583	Byggnadskropp 2.f2		82	90 <mixed>	<mixed>	0.45 / 0.122							
189.Wall 4		Int. wall	10,94		188	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
192.Floor		Bsmt. slab	9,463	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
192.Ceiling		Int ceiling	9,463	232; 1; 243			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
192.Wall 1		Int. wall	11,51		193	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
192.Wall 2		Ext. wall	4,647	Byggnadskropp 2.f2		352	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
192.Wall 3		Int. wall	11,51		191	82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
192.Wall 4		Int. wall	5,5		184	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
191.Floor		Bsmt. slab	9,462	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
191.Ceiling		Int ceiling	9,462	232; 1; 242			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
191.Wall 1		Int. wall	11,51		192	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
191.Wall 2		Ext. wall	4,647	Byggnadskropp 2.f2		352	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
191.Wall 3		Int. wall	11,51		184	82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
191.Wall 4		Int. wall	5,5		184	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
185,90.Floor		Bsmt. slab	7,006	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
185,90.Ceiling		Int ceiling	7,006	232; 1; 249			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
185,90.Wall 1		Int. wall	7,539		194	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
185,90.Wall 2		Int. wall	8,588		184	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
185,90.Wall 3		Int. wall	7,539		184	82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
185,90.Wall 4		Int. wall	6,488		184	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
194.Floor		Bsmt. slab	5,702	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
194.Ceiling		Int ceiling	5,702	232; 1			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
194.Wall 1		Int. wall	7,539		195	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
194.Wall 2		Int. wall	4,889		184	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
194.Wall 3		Int. wall	7,539	185,90		82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
194.Wall 4		Int. wall	4,889		182	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
193.Floor		Bsmt. slab	19,34	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
193.Ceiling		Int ceiling	19,34	232; 1; 245,46; 244			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
193.Wall 1		Ext. wall	15,61	Byggnadskropp 2.f1		262	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
193.Wall 2		Ext. wall	6,217	Byggnadskropp 2.f2		352	90 [Default] YV Del 1	0,1559	0,45	Betong	0,15	Lätt isolering		0,22	Betong	0,08
193.Wall 3		Int. wall	16,09	184; 192		82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
193.Wall 4		Int. wall	6,837		195	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
193.Wall 5		Int. wall	2,587		196	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
193.Wall 6		Int. wall	3,481		196	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
195.Floor		Bsmt. slab	5,004	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
195.Ceiling		Int ceiling	5,004	245,46			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05	HDF		0,2	Luft i 30 mm vert. luftspalt	0,05
195.Wall 1		Int. wall	6,761		196	262	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
195.Wall 2		Int. wall	6,84		193	352	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
195.Wall 3		Int. wall	6,761		194	82	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
195.Wall 4		Int. wall	4,74		182	172	90 [Default] Innervägg utan isolering	1,707	0,122	Gips (exer)	0,026	Luft i 70 mm vert. luftspalt		0,07	Gips (exempel)	0,026
184.Floor		Bsmt. slab	40,64	Ground			0 [Default] Golv mot mark	0,1168	0,4	Betong		0,1	Cellplast (exempel)		0,3	
184.Ceiling		Int ceiling	40,64	232; 232; 1; 249; 247,48; 241; 240; 239			180 [Default] Mellanbjälklag	0,9161	0,3	Luft i 30 m	0,05					

Bilaga 6. Inställningar köldbryggor i IDA ICE.

Envelope area definition

Internal
 Overall internal
 External
 External incl. floor slab
 Preserve wall volume

Thermal bridges

	Good	Typical	Poor	Very poor	Value	Unit	Diagram
External wall / internal slab					0.0	W/K/(m joint)*	
External wall / internal wall					0.0	W/K/(m joint)*	
External wall / external wall					0.08	W/K/(m joint)	
External windows perimeter					0.1	W/K/(m perim)	
External doors perimeter					0.1	W/K/(m perim)	
Roof / external walls					0.1522	W/K/(m joint)	
External slab / external walls					0.5	W/K/(m joint)	
Balcony floor / external walls					0.2	W/K/(m joint)	
External slab / Internal walls					0.0	W/K/(m joint)*	
Roof / Internal walls					0.0	W/K/(m joint)*	
External walls, inner corner					-0.1	W/K/(m joint)	
External slab / external walls, inner corner					-0.05	W/K/(m joint)	
Roof / external walls, inner corner					-0.08	W/K/(m joint)	
Total envelope (incl. roof and ground) (alternatively enter W/K/(m² floor area))					0	W/K/(m² envelope)	

Bilaga 7. Antal bafflar och dess kyleffekt i respektive zon i IDA ICE.

Zon	Antal bafflar	Kyleffekt per baffel
183	5	1500
186	1	1000
187	1	1000
188	1	1000
189	1	1000
192	1	1000
191	1	1000
185,9	1	1000
194	1	750
193	2	1000
195	1	750
184	4	1000
182	6	1500
Vindfång	1	1000
196	1	1000
236	1	1000
237	1	1000
238	1	1000
239	1	1000
240	1	1000
241	2	1000
242	1	1000
243	1	1000
244	1	1000
235	1	1500
234	1	1500
233	2	750
245,46	1	1500
247,48	1	750
249	1	1000
224	3	1000
232,1	4	1000
232	4	1000
232,2	1	1500



CHALMERS