



CHALMERS



# Hur påverkar dagens höga elpriser samhällets byggnader avseende energieffektivisering och komfortkrav?

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik

YARA ABU BAKR  
ZUNGTINPAR BAWIZEL

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
AVDELNING FÖR ARKITEKTURENS TEORI OCH METOD

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)

EXAMENSARBETE ACEX20

# Hur påverkar dagens höga elpriser samhällets byggnader avseende energieffektivisering och komfortkrav?

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

YARA ABU BAKR

ZUNGTINPAR BAWIZEL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Arkitekturens teori och metod

Byggnadsdesign

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2023

Hur påverkar dagens höga elpriser samhällets byggnader avseende energieffektivisering och komfortkrav?

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

YARA ABU BAKR

ZUNGTINPAR BAWIZEL

© YARA ABU BAKR, ZUNGTINPAR BAWIZEL, 2023

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2023

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Arkitekturens teori och metod

Byggnadsdesign

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2023

Hur påverkar dagens höga elpriser samhällets byggnader avseende energieffektivisering och komfortkrav?

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

YARA ABU BAKR

ZUNGTINPAR BAWIZEL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Arkitekturens teori och metod

Byggnadsdesign

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Idag lever vi i ett samhälle som är beroende av energikonsumering vilket kan bli en stor utmaning ur ett hållbarhetsperspektiv. Men under sommaren år 2021 steg elpriserna i Sverige till skyhöga värden och fortsatte uppåt under efterföljande år. Detta har resulterat i ett flertal idéer och snabba lösningar för ett effektivt samt lågkonsumerat användande av el. Fler och fler intresserar sig för ämnet och både verksamheter såsom skola och kontor engagerar sig i frågan, såväl som privatpersoner. Detta arbete syftar i en djupare förståelse för vilka energieffektiviseringsåtgärder som vidtagits samt huruvida dessa åtgärder är värda att implementera i syfte att minska elförbrukningen. I detta arbete har två skolor och ett kontor studerats där intervjuer och enkäter står till grund för resultatet.

Arbetet inleds med en bakgrund som omfattar all teori som krävs för att förstå de olika åtgärder som gjorts och som görs idag. Vidare presenteras även dagens lagkrav avseende exempelvis ventilation och temperatur men också en fortsatt diskussion kring dessa krav. I bakgrunden samlas också samtliga rekommendationer från Boverket, Folkhälsomyndigheten och Energimyndigheten. Definitionen av termisk och hygienisk komfort förtydligas samt framförs från olika perspektiv.

Resultatet visar att de aktuella verksamheterna vidtagit liknande åtgärder avseende ventilation och temperatur. Sammanfattningsvis var de vanligaste åtgärderna att implementera VAV-system (närvarostyrt) samt införa tidskanaler för samtlig eldriven utrustning, oavsett om denna utrustning drar mer eller mindre energi. Huvudsyftet hos alla verksamheter var att justera så mycket som går även om det blir så kallat "småjusteringar". Verksamheterna i detta arbete lade stort fokus i stora justeringar såväl som mindre, samt uppmanar sina brukare till alternativa lösningar för att minska exempelvis beteenderelaterad elförbrukning.

Nyckelord: Energieffektivisering, Elpriser, Elkonsumtion, Ventilationssystem, Temperatur, VAV-system, Termisk komfort, Hygienisk komfort, Inomhusklimat

How do today's high electricity prices affect society's buildings in terms of energy efficiency and comfort requirements?

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

YARA ABU BAKR

ZUNGTINPAR BAWIZEL

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Architecture theory and design  
Building design  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

Today we live in a society that is dependent on energy consumption, which can be a big challenge from a sustainability perspective. But during the summer of 2021, electricity prices in Sweden rose to sky-high values and continued upward during the following year. This has resulted in a number of ideas and goals for quick solutions for efficient and low-consumption use of electricity. More and more people are interested in the subject and both businesses such as schools and offices get involved in the issue, as well as private individuals. This work aims at a deeper understanding of which energy efficiency solutions have been taken and whether these solutions are worth implementing in order to reduce the consumption of electricity. In this work, two schools and an office have been studied, where interviews and surveys form the basis of the results.

The work begins with a background that includes all the theory required to understand the various solutions that have been taken and are being taken today. Furthermore, today's legal requirements regarding, for example, ventilation and temperature are also presented, but also a continued discussion around these requirements. In the background, all the recommendations from relevant agencies such as Boverket, Folkhälsomyndigheten and Energimyndigheten are collected. The definition of thermal and hygienic comfort is clarified and presented from different perspectives.

The results show that the businesses in this report have taken similar solutions regarding ventilation and temperature. In summary, the most common solutions were to implement VAV-systems (presence-controlled systems) and to introduce time channels for all electrically powered equipment, regardless of whether this equipment draws more or less electricity. The main aim of every business was to adjust as much as possible, even if it is so-called "small adjustments". The businesses in this work put a lot of focus on major adjustments as well as minor ones, but also inviting their users to alternative solutions to reduce, for example, behavior-related electricity consumption.

Keywords: Energy efficiency, Electricity prices, Electricity consumption, Ventilation system, Temperature, VAV-systems, Thermal comfort, Hygienic comfort, Indoor climate

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	III
ABSTRACT .....	IV
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	V
BEGREPPSLISTA.....	VIII
INTERVJULISTA .....	VIII
<b>1. Inledning.....</b>	<b>9</b>
1.1 Introduktion.....	9
1.2 Syfte och målsättning .....	9
1.3 Avgränsningar .....	9
1.4 Målgrupp.....	9
<b>2. Metod .....</b>	<b>2</b>
2.1 Litteraturstudie.....	2
2.2 Kvantitativ metod.....	2
2.3 Kvalitativ metod.....	2
<b>3. Bakgrund .....</b>	<b>3</b>
3.1 Rådande omständigheter.....	3
3.1.1 Energimyndighetens lägesbedömning över energiförsörjningen i nuläget.....	3
3.1.2 Samhällets energibehov och konsumtionsbeteenden samt eventuella diskussioner kring möjliga åtgärder.....	4
3.2 Inneklimat.....	6
3.2.1 Termisk komfort.....	6
3.2.2 Hygienisk komfort .....	7
3.2.3 Risker med bristfälligt ventilationssystem .....	7
3.3 Lagkrav, regler och rekommendationer från Boverket och PBL.....	9
3.3.1 Krav gällande termiskt klimat-och komfort.....	9
3.3.2 Krav gällande ventilation och generella lufttillstånd .....	10
3.4 Hälsorisker enligt Folkhälsomyndigheten.....	12
3.4.1 Hälsorisker med termisk diskomfort .....	12
3.4.2 Hälsorisker med bristfällig ventilation och luftkvalitet .....	13
3.5 Vanliga energieffektiviseringsmetoder och dess konsekvenser .....	14
3.6.1 Åtgärder för kontorslokaler inom offentlig sektor.....	14
3.5.2 Åtgärder på privat bostad .....	15
3.6 Pågående diskussion avseende torrhet, partikelmätning och koldioxidindikatorn.....	17
3.6.1 Torrhet och låg relativ fuktighet .....	17
3.6.2 Partikelmätning .....	18
3.6.3 Är koldioxidindikatorn relevant avseende föroreningar? .....	19

<b>4. Resultat .....</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Intervju med Stadsfastighetsförvaltningen.....</i>	23
4.1.1 Alla partiklar går inte att ventileras bort.....	23
4.1.2 Äldre skolor drar mindre energi än nyare .....	30
4.1.3 Stadsfastighetsförvaltningen sammanfattande resultat och förslag på energieffektivisering .....	34
4.2 <i>Undersökning av Göteborgs Universitet (GU).....</i>	35
4.2.1 Energibesparingsåtgärder som GU vidtagit .....	35
4.2.2 Intervju med drifttekniker på GU samt statistik.....	35
4.2.3 Elevernas upplevelse av inneklimatet på skolan .....	38
4.3 <i>Undersökning av Fridaskolan i Göteborg .....</i>	42
4.3.1 Energibesparingsåtgärder som gjorts enligt drifttekniker.....	42
4.3.2 Elevernas upplevelse av inneklimatet på skolan .....	45
4.4 <i>Undersökning av Göteborg Energis kontor.....</i>	49
4.4.1 Intervju med drifttekniker och fastighetsingenjör .....	49
4.4.2 Kontorsarbetarnas upplevelse av inneklimatet.....	53
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Slutsats .....</b>	<b>59</b>
<b>7. Referenser .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabeller.....</b>	<b>64</b>
<b>Bilder/figurer .....</b>	<b>64</b>

# FÖRORD

Detta arbete har skrivits på Chalmers Tekniska Högskola inom avdelningen Samhällsbyggnadsteknik Högskoleingenjör, som motsvarar 15 hp.

Arbetet har skrivits tillsammans med AFRY där vi fått mycket information, hjälp och stöd. Vi vill tacka vår handledare Tobias Barsk på AFRY för all vägledning och stöttning under arbetets gång. Vi vill också passa på att ge ett hjärtligt tack till Krystyna Pietrzyk, vår handledare och examinator på Chalmers, som har varit mycket delaktig i arbetet och kommit med viktiga kunskaper och synpunkter. Krystyna har visat på stort intresse och engagemang vilket motiverat oss mycket i skrivandet.

Sist men inte minst vill vi också passa på att tacka alla inblandade som bidrog till vårt arbete i form av intervjuer och enkäter.

Göteborg maj 2023  
Yara Abu Bakr  
Zungtinpar Bawizel

## **BEGREPPSLISTA**

AF= Absolut Fuktighet (%)

COP = Coefficient Of Performance

DVUT= Dimensionerande Vinterutetemperatur (°C)

GE = Göteborg Energi

GU= Göteborgs Universitet

kWh= Kilowattimme

OVK= Obligatorisk Ventilationskontroll

PM= Particulate Matter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ppm= Parts Per Million (miljondelar)

RF= Relativ Fuktighet (%)

SBB= Samhällsbyggnadsbolaget

TWh = Terawattimme

VAV = Variable Air Volume

V= Volt

## **INTERVJULISTA**

Jan-Erik Andersson, inommiljöspecialist på Stadsfastighetsförvaltningen

David Blomgren, drifttekniker på Akademiska Hus

Martin Coffey, drifttekniker på MBA Fastighetservice

Fastighetsingenjör på Göteborg Energi

# 1. Inledning

## 1.1 Introduktion

Under sommaren år 2021 började elpriserna stiga i framförallt södra delen av Sverige och kom att fortsätta stiga även under år 2022 där vi nått rekordhöga priser runt om i hela landet. Med en kommande kall vinter år 2022/2023 förväntas elpriserna bli ännu högre med en rad olika energieffektiviseringsmetoder som följd. I ett samhälle som blir mer och mer energikonsumerande kan de rådande omständigheterna bli en stor vändning avseende dagens beteendemönster kopplat till konsumtionen av el, men inte minst öppna upp för nya tekniska lösningar i hopp om att spara el. Dagens krav kring konsumtionen av el motiveras dels inom miljösynpunkt men också med hänsyn till termisk komfort där bland annat Boverket menar att installationer bör utformas med beaktande kring verksamhetens avsedda användningsområde samt att den bör upprätthållas under vanliga driftförhållanden (Boverket, 2011). Inte nog med den termiska komforten som dessutom är en individuell skala, finns även krav från Folkhälsomyndigheten som angår människans välbefinnande och hälsa där detta i sin tur påverkar människors prestanda. Beroende på byggnadens avsedda användning kan detta också bidra till flertalet negativa konsekvenser på samhällsnivå såväl som på individnivå (Umeå Universitet, 2022).

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med detta arbete är att studera hur den befintliga energieffektiviseringen går att utnyttja på bästa sätt, samt utforska vad olika verksamheter i Göteborg har tagit för ansvar kopplat till omständigheterna. Vilka nya tekniska lösningar har tillämpats och hur effektiva är de egentligen? Vidare kommer en sammanställning göras för att hitta de bästa lösningarna kopplat till olika typer av byggnader och verksamheter. Målet med arbetet är ett förtydligande kring vilken/vilka åtgärder som har visat sig vara mest effektiva för att spara på elen och driftkostnaderna, utan att rubba inneklimatet i byggnaderna. Vidare kommer en diskussion göras kring människors upplevelse av inomhusklimatet.

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet avgränsas till en undersökning av tre verksamheter för att kunna analysera de höga elprisernas påverkan kopplat till just komfortkraven. Verksamheter som skall undersökas i detta arbete är Fridaskola, Göteborgs Universitet (GU) och Göteborg Energi (GE).

## 1.4 Målgrupp

Arbetet riktar sig främst till yrkesverksamma inom VVS- och installation såväl som studenter inom samhällsbyggnadssektorn.

## **2. Metod**

### **2.1 Litteraturstudie**

En litteraturstudie har genomförts för att kunna få tillgång till all information som behövs för att kunna dra slutsatser kring frågeställningen. Informationen har tagits främst från böcker, hemsidor/artiklar och vetenskapliga artiklar. Studien präglas också av både kvantitativa och kvalitativa ansatser för att kunna förse arbetet med en bredd och enklare kunna dra trovärdiga slutsatser kring frågan. Med båda metoderna i åtanke har en slutsats dragits kopplat till påverkan på inneklimatet. En jämförelse av kvantitativa och kvalitativa metoder har använts för att kunna dra milda slutsatser kring delfrågan om huruvida lagkraven fortfarande är aktuella med hjälp av bland annat intervjuer som hjälpmedel. De kvantitativa metoderna används för att bevisa de generella slutsatserna, vidare har kvalitativa metoder använts för att komma in på djupet kring eventuella konsekvenser av den data som erhållits.

### **2.2 Kvantitativ metod**

Tillsammans med AFRY har verksamheternas kvalitetsvärden på bland annat luft och temperatur kunnat analyseras i samband med en undersökning kring huruvida dessa värden är godkända avseende dagens befintliga komfortkrav.

En fältundersökning genomfördes för att samla relevanta data för respektive verksamhet/byggnader. Data avseende statistik över respektive verksamheter har erhållit via digitala uppkopplingar där det går att följa energiförbrukningen kontinuerligt. Där kunde det via avläsning dras generella slutsatser baserat på de genomsnittliga värdena för respektive år. Statistiken presenterar data från åren innan elpriset steg, motsvarande år 2019–2020 och även efter prishöjningen, alltså år 2021–2023.

### **2.3 Kvalitativ metod**

Under arbetets gång har intervjuer och enkäter gjorts på de enskilda verksamheterna för att få en djupare förståelse för vad personerna som befinner sig i byggnaderna anser. De aktuella frågorna har noggrant valts ut för att få ut så mycket relevant information som möjligt för att så småningom kunna dra sammanhängande slutsatser av samtliga individuella svar.

Intervjuer har använts i arbetet för att få djupare och mer detaljerad information kring ämnet. Vidare kan frågorna anpassas efter frågeställningen och det fanns även möjlighet till följdfrågor under tiden, vilket är en positiv aspekt. Genom enkäter har frågorna effektivt kunnat nå ut till större urvalsgrupper. Dessutom har enkäter möjliggjort en större omfattning av svar på kortare tid, dvs metoden är tidseffektiv. Frågorna har tillsammans med AFRY skraddarsyts på ett sätt som inte kan feltolkas samt underlättat utvärderingen av resultatet.

## 3. Bakgrund

Följande avsnitt presenterar bakgrundsinformation som bör tas i beaktning innan analyseringen av den aktuella frågeställningen.

### 3.1 Rådande omständigheter

Elpriserna i Sverige har under år 2021/2022 varit mycket höga och ställt till med en ekonomisk kris för samhällsviktiga verksamheter och inte minst för privatpersoner vars elkonsumention resulterat i rekordhöga priser. Enligt Marianne Järphag på Göteborgs energi kan detta varit en efterföljande konsekvens av omständigheterna år 2020 (Järphag, u.å). Järphag menar att elpriserna var mycket låga år 2020 på grund av en kombination av en ökad tillgång till vindkraft, fyllda vattenmagasin samt varmare vintermånader. Under denna tid låg priserna på blygsamma 20 öre/kWh vilket kom att stiga längre fram. Järphag fortsätter med att början på år 2021 kom att bli mycket kallare. Med en sjunkande temperatur kommer stigande elpriser, vilket under året låg på uppskattningsvis 2,40 kr/kWh under vissa timmar. Enligt Järphag har detta inte uppstått på nästan 10 år.

Att elpriserna stiger i samband med ett kallare klimat beror främst på att det går åt mer el för uppvärmning vilket resulterar i en ökad efterfrågan (Järphag, u.å). När detta behov når en viss gräns kan inte Sverige förse landet med den produktion av el som behövs och en import av el kan göras från utlandet. Importen av el är en av flera faktorer som påverkar priserna, men även produktionsslag är en bidragande faktor till de höga priserna. Eftersom Sverige är nettoexportör klarar vi oss med den elen som produceras i landet men däremot kan det fortfarande importeras el från bland annat Norge.

#### 3.1.1 Energimyndighetens lägesbedömning över energiförsörjningen i nuläget

På grund av kriget i Ukraina sänder Energimyndigheten fortlöpande lägesbilder över energiförsörjningen (Energimyndigheten, 2023). Energimyndigheten bedömer Sveriges energiförsörjning i dagsläget som hanterbar och stabil. Däremot kvarstår fortfarande risken för bristande effekt till följd av bortfall av produktion i samband med vinterns låga temperaturer. Energimyndigheten uppmanar därför alla aktörer och energianvändare att minska sin förbrukning av el och fortsätter säkra sina verksamheter samtidigt som avvikande händelser bör rapporteras.

Ringhals 4 är en av våra kärnkraftsreaktorer och denna är nu uttagen ur drift vilket kan resultera i flera konsekvenser. Detta leder till att behovet av extern import ökar vilket är riskfyllt med tanke på omvärldsläget just nu (Energimyndigheten, 2023). Den försenade omarbetningen i Ringhals 4 påverkar också överföringskapaciteten. Fortsättningsvis bedömer Energimyndigheten att gasförsörjningsläget ser positivt ut i dagsläget men att det är svårt att avgöra helt eftersom uppvärmningssäsongen inte är slut än. Dock anses gasförsörjningen för de senaste två vintrarna varit mer utmanande än tidigare år.

### **3.1.2 Samhällets energibehov och konsumtionsbeteenden samt eventuella diskussioner kring möjliga åtgärder**

För att undvika de höga elpriserna har många vänt sig till effektiva tekniska lösningar på besparing men generellt sett har samhället behövt ställa om avseende konsumtionsvanor kopplat till elektricitet (Arvidsson m.fl., 2022). Under år 2021 uppkom elproduktionen i Sverige till ca 166 TWh och elkonsumtionen till ca 140 TWh vilket enligt Elin Grahn på Energimyndigheten är en ökning på 4% till skillnad från tidigare år, dvs år 2020. Detta bevisar hur samhället trots målet om besparing av el ändå lyckas konsumera mer el än tidigare år. Detta kan vara en bifaktor av sjunkande temperaturer i landet men också ett bevis på dagens beteendemönster kopplat till förbrukningen av el i Sverige.

Under oktober 2022 beslutade kommunstyrelsen om att minska Göteborgs stads energiförbrukning ytterligare, skriver Magdalena Rosen (2022) i Göteborgs Posten (GP). Kommunstyrelsens ordförande Axel Josefson sade till GP att om åtgärder inte finns kan det leda till att elsystemet stängs av vid en kallare vinter. Uppdraget skulle Lokalförvaltningen ansvara för där Ulf Krüger som är chef för fastighetsavdelningen menar att de vill försöka sänka temperaturen och starta ventilationen senare. En annan åtgärd var att stänga ned lokaler där ingen vistas. Krüger menar att målet med åtgärderna är att totalt sett minska flödena med hela 10%.

Till detta beslut kom det upp ett förslag från förvaltningen och kommunala bolag om att sänka temperaturen i exempelvis skolor. Temperatursänkning i exempelvis äldreboenden är oftast inte ett alternativ då äldre har större risk att påverkas negativt. Krüger menar att temperatursänkningen är mer aktuell och rimlig att göra i skolor där det kan innebära en sänkning till minst 18 °C och detta vid en utetemperatur på ca -5 °C. Krüger menar också att ventilationen kan minskas med upp till 20% vilket motsvarar 50% energibesparing. Anledningen är att ventilationens avsedda användning också innebär att värma upp den inkommande luften i rummet. Vidare betonar Krüger att de finns som stöd och rådgivare angående inneklimatet men att själva besluten kring åtgärden tas av respektive verksamhet.

Detta förslag med sänkt temperatur och ventilationsflöden i skolor har väckt reaktioner i media, inte minst Dennis Bokedal som är ombudsman på Astma- och Allergiföreningen i Göteborg, skriver Mattias Balkander (2022) i GP. Bokedal menar att den befintliga ventilationen redan är bristfällig och hänvisar till statistik. Enligt Bokedals statistik har den bristfälliga ventilationen resulterat i att både skolpersonal och elever mår sämre. Bokedal fortsätter med att betona hur viktigt det är att alla försöker bidra till att dra ner på energiförbrukningen och att de har förståelse för detta. Men hävdar även att det kan uppstå negativa konsekvenser. Exempelvis menar Bokedal att detta påverkar elevernas betyg negativt då fler tvingas stanna hemma med anledning av sjukdom på grund av den odugliga ventilationen. Förutsättningar och möjligheter till utbildning för funktionsnedsatta barn är hotade, eftersom de kommer att vara mest känsliga för sjukdomar med anledning av omställningen. Dessutom riskerar dessa barn att drabbas av långvariga och i värsta fall permanenta sjukdomar.

Bokedal menar att det måste finnas klokare sätt att gå tillväga såsom utnyttja den teknik som är tillgänglig idag. Ulf Krüger upplyser till Astma- och Allergiföreningen att Lokalförvaltningen värnar om barnens hälsa och anser det som högsta prioritet, men själva energibesparingskraven är en kortsiktig lösning och avser inte permanenta åtgärder. Om åtgärder inte tas riskeras elen inte räcka till och eventuellt leda till en "nedsläckning" enligt Krüger. Därför överväger han att sänka temperaturerna i skolor. Andreas Sjunnesson, verksamhetschef på fastighets- och säkerhetsavdelningen på grundskoleförvaltningen och ansvarig för processen där, svarar i ett mejl till GP att de alltid lägger stor vikt i en god skolmiljö. Detta tar de alltid hänsyn till vid planeringen inför varje eventuell förändring inklusive nuvarande förslag om ventilationsåtgärder, skriver Mattias Balkander (2022). Sjunnesson ser inte heller att temperatursänkningen skulle kunna resultera i att elever mår sämre, han menar att det är en kortvarig situation och att det därför kan göras något tillfälligt.

I GP (Hagström & Hulterström, 2022) skrivs det att det enligt Fredrik Haux finns goda rimliga argument för att sänka inomhustemperaturen. Men om temperaturen blir för låg att människor som vistas i rummet upplever det som "för kallt", har arbetsmiljölagen överträtts. Haux ser minskning av verksamheternas energianvändning som något fördelaktigt. Däremot menar Haux att det inte innebär att en bristfällig inomhusmiljö bör accepteras. Detta menar han kan påverka produktionen negativt på sikt. En frisk människa klarar sig utan större problem vid en temperatur under 20°C inomhus. Däremot finns det en risk att brukarna av byggnaden upplever koncentrationssvårigheter, stelhet och obehag vilket vidare kan resultera i stress. Haux fortsätter med att tydliggöra att sänkningen av temperaturen skulle kunna leda till att eleverna tvingas klä sig varmare till skolan och bära flera lager kläder vilket skulle kunna vara en förutsättning för att de inte skall frysa under skoldagarna (Hagström & Hulterström, 2022).

## 3.2 Inneklimat

Inneklimat är ett begrepp som sammanväger olika faktorer för människans välmående. Det är viktigt att skapa ett komfortabelt inneklimat i byggnader för den avsedda verksamheten som bedrivs, samtidigt som det inte får äventyra människors hälsa (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Ett ordentligt inomhusklimat uppfylls när upplevelsen är konstant, oavsett väderförhållanden eller om antalet som vistas i rummet ändras. Ett bristfälligt inomhusklimat ger en negativ påverkan avseende bland annat arbetsförmågan (Arbetsmiljöverket, 2023). De faktorer som har störst inverkan på vår upplevelse av inneklimatet är termisk, hygienisk, ljusmässig och ljudmässig komfort (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Termisk och hygienisk komfort är de faktorer som påverkas mest kopplat till de höga elpriserna och av den anledningen kommer endast dessa faktorer presenteras djupare i arbetet.

### 3.2.1 Termisk komfort

Definitionen av termisk komfort är när en persons temperaturupplevelse tillfredsställs avseende temperatur och drag (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Däremot är det omöjligt att ta fram ett termiskt klimat som ska lämpa sig för alla individer. Upplevelsen av det termiska klimatet påverkas av flera olika faktorer och inte minst vad olika individer anser är komfortabelt. Ett rum som känns för varmt för en skara kan vara komfortabel för en annan. Flera studier har visat att det alltid finns minst 5 % i en grupp som är missnöjda avseende komforten. En riktlinje för människors välmående är att åtminstone hålla kroppstemperaturen vid 37°C. De klassiska inneklimatparametrarna som beskriver hur termisk komfort upplevs delas in i två olika kategorier, det vill säga personberoende och omgivningsberoende. Klädsel och aktivitet är något som en person kan påverka. Medan lufttemperatur, lufthastighet, omgivande ytors temperatur och luftfuktighet är beroende av omgivningen.

I en handbok från Socialstyrelsen (2005) framgår det att kroppstemperaturen påverkas av många olika faktorer, inte minst av kläder och aktiviteter som nämnts tidigare men också av kyla, kalla golv och radiatorer. I stort sett hjälper luften kroppen att kylas ned men för att värmebalansen ska bli fullständigt måste differensen mellan avkyllningen och värmebildningen i kroppen vara lika stor. Generellt sett förloras kroppsvärmen genom strålning ut till andra ytor med kallare temperatur än kroppens. Klädernas isoleringsförmåga gör att dess ytor har lägre temperatur än huden, däremot är klädytans temperatur något högre än lufttemperaturen. Av den anledningen avger kläder också värme till samtliga ytor, undantag radiatorer. Att man exempelvis är kall om fötterna beror vanligtvis inte alltid på att golvet är kallt, detta har undersökningar visat. Det Socialstyrelsen menar är att när en kropp fryser uppstår ett värmeunderskott, av den orsaken gör kroppen allt i sin makt för att bevara värmen invändigt och därav får man kalla fötter.

### 3.2.2 Hygienisk komfort

Att hålla en god hygienisk komfort i byggnader är viktigt eftersom detta påverkar människors hälsa och välbefinnande (Arbetsmiljöverket, 2022a). Luftföroreningar i byggnader kommer från människor men också från diverse verksamheter, byggmaterial, textilier, maskiner, marken samt att brukarna för med sig föroreningar utifrån. Därav är ett bra ventilationssystem ett krav i de flesta byggnaderna i Sverige med anledning att föra bort förorenad luft, så kallat frånluft. Förekomsten av föroreningar kan exempelvis uppstå som gasformiga partiklar eller partiklar såsom damm (Boverket, 2022). Mängden förorenad luft som förs bort från byggnaden behöver ersättas med motsvarande mängd frisk luft, så kallat tilluft. Den rena luften ska först och främst förse de lokaler där människor vistas, som till exempel kontor, samtidigt som det inte får äventyra den termiska komforten (Arbetsmiljöverket, 2022a). Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter ska ventilationssystemet kunna förse kontorsbyggnader med ett tilluftsflöde på minst  $7 \text{ l/s/pers} + 0,35 \text{ l/s/m}^2$  golvarea. Behovet av att avleda sämre lukt i lokalen är också en avgörande faktor till antalet ventilationssystem som installeras. I arbetsplatser såsom kontor och liknande kan luften upplevas bristfällig då det finns en tendens att bli för varm som i sin tur påverkar en persons prestation i arbetet. En gynnsam ventilation skapar istället en miljö med ständig luftomsättning, menar Arbetsmiljöverket (2022a).

### 3.2.3 Risker med bristfälligt ventilationssystem

I verksamheter såsom kontor och skola där många människor vistas samtidigt är det viktigt att ventilationssystemet kan hantera de luftföroreningar som uppstår (Arbetsmiljöverket, 2021). Annars kan luften kännas kvav vilket kan resultera i trötthet. Risken med att andas in förorenad luft är att det påverkar hälsotillståndet på sikt och är extra påfrestande för individer med allergi eller astma. Hygieniska gränsvärden har tagits fram av Arbetsmiljöverket och är bindande med stöd av lagen och får ej överskridas (Arbetsmiljöverket, 2022b). Gränsvärdet anger den tillåtna maxhalten av föroreningar för exempelvis rök, gas, damm och ånga. Dock ger dessa satta gränsvärden ingen garanti på att brukarna inte drabbas av hälsorisker avseende hur olika vi är som människor. Detta är endast en sammanvägning avseende eventuella hälsorisker och det som är mest lämpligt att utföra rent ekonomiskt och tekniskt med hänsyn till respektive arbetsplats. Helst ska de försöka hålla så låga nivåer av luftföroreningar som möjligt, oavsett om det hygieniska undre gränsvärdet överskrids. Det har visat sig vara speciellt viktigt på arbetsplatser där brukarna utsätts för ett flertal ämnen parallellt och i kombination med fysiskt betungande arbete.

Högre luftfuktighet i byggnader kan på sikt ge upphov till tillväxt av mikroorganismer och kvalster vilket kan resultera i hälsoproblem om ventilationssystemet inte kan hantera fukten (Arbetsmiljöverket, 2021). Speciellt under vintertiden eftersom kondens är mer benägen att uppstå på kalla ytor i byggnaden och därav ger kondensvattnet upphov till fuktskador och mikrobiell tillväxt. För att tillfredsställa luftkvaliteten på arbetsplatser är det viktigt att det finns ventilationssystem som är anpassade för dessa syften. Dock är det oklart vad som egentligen menas med tillfredsställande luftkvalitet. I vissa fall anses att luftkvalitet ger komfort och i andra fall som ett skydd mot hälsorisker och därmed kopplas den faktiska luftkvaliteten alltid med den upplevda luftkvaliteten (Arbetsmiljöverket, 2021).

En annan negativ faktor med oduglig ventilation är drag och buller (Arbetsmiljöverket, 2021). Drag kan uppstå vid felaktig dimensionering av kanalsystem. Lufthastigheter över 0,15–0,2 m/s kan leda till drag även vid stillasittande tillstånd. Gällande buller upplevs ofta fläktstyrda ventilationssystem som störande. Det monotona lågfrekventa ljudet uppfattas som tröttande och infraljud kan orsaka illamående. Därmed är det viktigt att välja rätt fläkt och ljuddämpare och inte minst dimensionera rätt för att undvika buller på arbetsplatser.

Med hjälp av ventilation kan man ytterligare undanröja kvarliggande luftföroreningar efter eventuell rening med filter, men detta medför större mängd luftflöden som behöver tillföras (Arbetsmiljöverket, 2021). Om tillräckligheten på ventilationen skall kontrolleras i lokaler där människor befinner sig, kan det med hjälp av koldioxidmätning tas reda på hur luftförorenat exempelvis ett utrymme är. Särskilt samlingssalar, konferensrum och skolor med liten golvytan per person. Men i kontorsrummen är koldioxidhalten inte en lika trovärdig indikator, orsaken är att större delen av föroreningar som uppstår i dessa rum är från byggmaterial och inredning. En normal koldioxidkoncentration är inte farlig och människan andas ut ämnet dagligen. Genom mätning av koldioxidhalten fås det reda på hur mycket av uteluften en individ tar med sig in i byggnaden men också om det ventileras tillräcklig med både tilluft och frånluft. Den ventilerade uteluften in i en lokal där människor vistas tar med sig både föroreningar och koldioxid. Den genompasserande uteluften kommer öka koldioxidhalten inomhus där uteluftens koldioxidhalt ligger mellan 350–400 ppm. Koldioxidhalten ökar alltså vid lågt luftflöde och indikerar därmed måttet avseende luftomsättning per person. Enligt Arbetsmiljöverket ska koldioxidhalten inte överstiga 1000 ppm på arbetsplatser. Som tidigare nämnt finns en föreskrift om minsta tillåtna tilluftsflöde på  $7 \text{ l/s/pers} + 0,35 \text{ l/s/m}^2 \text{ golvarea}$ , med detta flöde kommer koldioxidhalten hamna runt 1000 ppm i t.ex. en skola, bestående av tätare placerade personer. Medan i t.ex. ett kontorslandskap med utspridd placering är halten koldioxid oftast lägre. Utrymmen med högre halter än 1000 ppm anses som bristfälligt ventilerad.

### **3.3 Lagkrav, regler och rekommendationer från Boverket och PBL**

Både termisk och hygienisk komfort besitter lagkrav som stärker argumenten till varför dessa bör tas i beaktning för ett accepterat inneklimat. Dessa två faktorer påverkar även fler faktorer såsom påverkan på själva byggnationen, men detta kapitel avser endast vad Boverket ställer för krav på delfaktorer såsom lufttemperatur, luftfuktighet, lufthastighet och ytors temperaturer.

#### **3.3.1 Krav gällande termiskt klimat-och komfort**

Boverket som tidigare hette Myndigheten Plan- och bostadsverket är en förvaltningsmyndighet som startade år 1988 (Troedson, 2008). De arbetar med frågor kopplade till boende, byggande och samhällsplanering.

Enligt Boverket bör byggnaderna installationsmässigt vara anpassade till både normala driftförhållanden och även vara anpassade till den aktuella byggnaden (Boverket, 2011). Med tanke på att olika verksamheter besitter olika krav gällande termisk komfort bör installationer anpassas för verksamhetens avsedda användning. Likt andra byggnader skall det också vara anpassat efter antalet personer som uppskattningsvis befinner sig där under dygnets olika timmar. Med termisk komfort i fokus fortsätter Boverket med allmänna råd för att bibehålla en tillfredsställande temperatur. Vid dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT) har Boverket ett antal punkter som bör följas i rådgivande syfte. DVUT är ett tillstånd där den lägsta medeltemperaturen för ett eller flera dygn i en specifik ort tas i beaktning (Boverket, 2022a).

För bostads- och arbetsrum såsom exempelvis kontor och skolor bör den så kallade riktade operativa temperaturen i rummet ligga på lägst 18°C. Riktad operativ temperatur avser temperaturen som beräknas i en och samma punkt på en yta, exempelvis i ett rum (Boverket 2022a). Med operativ temperatur omfattas även påverkan såsom ytor med lägre temperatur som "tar" värme från kroppen. Denna mätmetod värdesätter mer konkret hur kroppen upplever den aktuella temperaturen. Rent beräkningsmässigt avser det ett medelvärde av medelstrålningstemperatur samt lufttemperaturen från ytor i omgivningen.

Gällande hygienrum, vårdlokaler och rum där äldre och barn vistas såsom exempelvis äldreboende eller förskolor rådgiver Boverket att temperaturen är lite högre där den minst får ligga på 20°C. Vidare rådgiver Boverket att den riktade operativa temperaturskillnaden mellan två olika punkter i ett rum högst bör vara 5K. Golvet i ett rum bör lägst ha en yttemperatur på 16°C och högst 26°C. Lufthastigheten har krav på att inte överstiga 0,25 m/s med undantag för uppvärmningssäsongen där den inte får överstiga 0,15 m/s. Samtliga råd avser vistelsezonen utom råden gällande golvvärme som avser tillstånd under vistelsezonen. Vistelsezonen avser de utrymmen där människor vistas och går att räkna ut. Zonen ligger 2 m över golvet, 0,1 m i två horisontella plan, 0,6 m i vertikala planet från ytterväggar med undantag för fönster där det ligger 1 meter framför.

Gällande termiskt klimat bör det tillfredsställa samtliga som vistas i en byggnad och även här erhåller Boverket allmänna råd som avser det faktum att den termiska komforten bör upprätthållas i vistelsezonen (Boverket, 2011). Skillnaden mellan kraven för termisk komfort och termiskt klimat är tillämpningsområden. Boverket menar att kraven för det termiska klimatet bör uppfyllas i alla delar av byggnaden medan kraven för termisk komfort endast avser avskiljbara delar såsom rum där det sker tillfälliga vistelser av människor.

### **3.3.2 Krav gällande ventilation och generella lufttillstånd**

Enligt plan- och bygglagen (PBL) bör ett byggnadsverk uppfylla många krav varav ett av dessa involverar ett skydd mot bristfällig hygien, vilket kan resultera i konsekvenser för vår hälsa (Plan-och bygglagen, 2010). Vidare sätter plan- och byggförordningen krav för att uppfylla en god hygien och hälsa genom att inte acceptera risker för brukarna till följd av faktorer såsom farliga gaser, partiklar, utsöndringsprodukter från människor, materialemissioner, föroreningar samt fukt på ytor som medför hygienrisker (plan -och byggförordningen, 2011). Även bristfällig behandling av exempelvis avfallsrök bör inte accepteras. Boverket sätter följaktligen krav på installationers utformning, avseende luftkvaliteten med koppling till hygienförhållanden så att risker för hälsan undviks.

Byggreglerna som sattes på 1980-talet lägger stort fokus i den färdiga byggnadens funktion för att på så sätt anpassa tekniska lösningar till det avsedda användningsområdet (Boverket, 2011). Boverkets byggregler menar på att detta sätt möjliggör nya innovationer, vilket kan utnyttjas för nya tekniska lösningar. Kravet på utformningen av installationer kopplat till ventilationen bör tillföra goda tillstånd för ventilationsflödet, vädring men också återcirkulationen av luft, dvs god luftdistribution. Enligt Boverkets byggregler bör även ventilationen användas i den mån den är nödvändig, däremellan finns problem vars lösning inte nödvändigtvis inkluderar ventilation. Exempelvis menar Boverket att solavskärmning kan användas i syfte att minska värmeöverskottet istället för en överkonsumtion av ventilation, detta i syfte att göra energivinster. De menar också att behovsstyrning kan tas i bruk för att spara på driftkostnader vid tider på dygnet där ventilationen inte är särskilt nödvändig i den utsträckning den är under andra tider på dygnet där människor vistas i utrymmena. Denna styrning avser både tilluft och frånluft men Boverket vägleder att endast tillämpa detta vid behov samt för enskilda byggnader.

Boverket (2011) fortsätter med att rekommendera lösningar för att bortföra olägenheter med hjälp av exempelvis filter och avfuktare. Den data som finns avseende ventilationssystemet är att det bör utformas med en tillförsel av ett ventilationsflöde på 0.35 l/s/m<sup>2</sup> golvarea som nämnt i föregående avsnitt. De timmar på dygnet där brukare av exempelvis en bostad är obefintliga får ventilationssystemet enligt Boverket (2011) behovsstyras med kravet att inte understiga 0.10 l/s/m<sup>2</sup> golvarea. Reduktion av luftflöde är alltså tillåtet och möjligt men däremot får det inte bidra till hälsorisker såväl som skador på byggnader och därmed installationer. Vidare bör denna luft växlas med jämna mellanrum och med hänsyn till de antal som brukar utrymmet. De råd som Boverket ger avseende ventilationsflödet är mestadels kopplat till mätning och beräkning (Boverket, 2011). Rekommendationerna avser också att projekteringen av

uteluftsflödet tar hänsyn till bristfälliga ventilationskanaler med anledning av smuts i kanalen eller tryckfall över filtren etc.

De flesta byggnader som precis har installerat ett ventilationssystem bör funktionskontrolleras avseende den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) (Plan och byggförordningen, 2011). Finner besiktningsmannen misstänkta fel på ventilationssystemet bör dessa åtgärdas snarast. OVK är ett lagkrav och genomförs var tredje år för FTX-system. Vid OVK kontrolleras i stora drag funktionen och egenskaperna hos systemet så att det överenskommer med förväntade resultat. Mängden energi kontrolleras också med hänsyn till antalet brukare samt antalet timmar på dygnet som systemet är i drift.

### 3.4 Hälsorisker enligt Folkhälsomyndigheten

Folkhälsomyndigheten har likt Boverket och Arbetsmiljöverket kompletterande krav och rekommendationer avseende termisk klimat/komfort samt ventilationssystem. Nedan förtydligas kraven enligt Folkhälsomyndigheten och risker med bristfälliga komponenter/parametrar presenteras.

#### 3.4.1 Hälsorisker med termisk diskomfort

Enligt Folkhälsomyndigheten (2022a) kan privatpersoner mäta temperaturen inomhus och om det visar lägre än 20°C ska de ställa sig kritiska till om detta är accepterat vid kallare förhållanden. Detta kan alltså resultera i att den operativa temperaturen borde utredas då den bör vara 18°C som nämnts i tidigare avsnitt avseende Boverkets krav på temperatur. Enligt Folkhälsomyndigheten bör denna temperatur också anpassas till varje individ då vissa personer är känsligare och kan behöva höjd temperatur för att det skall kännas komfortabelt. Detta avser personer med exempelvis reumatism eller personer med allmän dålig ämnesomsättning. Denna typ av temperaturhöjning görs efter en bedömning som Miljö -och hälsoskyddskontoret i respektive kommun gör. De riktvärden som folkhälsomyndigheten följer presenteras i tabell 1.

Riktvärde	Kall årstid	Sommar
Operativ temperatur, varaktigt	24 grader Celsius	26 grader Celsius
Operativ temperatur, kortvarigt	26 grader Celsius	28 grader Celsius

Tabell 1: Riktvärden för den operativa temperaturen för kall respektive varm årstid (Folkhälsomyndigheten, 2022a).

Folkhälsomyndigheten rekommenderar att verksamhetsutövaren följer kravet enligt Miljöbalken (19 §, kap 26). Det skall alltså göras kontinuerliga kontroller avseende olägenheter för att minska risken för hälsoeffekter. Vidare fortsätter Folkhälsomyndigheten med att beskriva ett antal efterföljande hälsorisker och konsekvenser av bristfälliga inomhustemperaturer. Vid extra kalla förhållanden menar Folkhälsomyndigheten att det finns en ökad risk för att drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar med anledning av högre blodtryck vid låga temperaturer. Individer med muskelsjukdomar såsom reumatism har extra känslighet för att drabbas av muskelbesvär. På kort sikt kan exempelvis faktorer såsom drag bidra till ytterligare besvär som exempelvis irritation i ögonen.

### 3.4.2 Hälsorisker med bristfällig ventilation och luftkvalitet

Enligt Folkhälsomyndigheten (2022b) bör en helhetsbedömning göras avseende ventilationssystemets funktion i förhållande till behovet i just denna verksamhet. De rekommendationer som finns befintliga avser hela byggnaden och alltså inte ett utrymme som ett rum med förutsättningen att enskilda rum också skall uppfylla god luftkvalitet. Folkhälsomyndigheten fortsätter med att presentera indikationer på bristande luftkvalité som exempelvis kan upptäckas på grund av oönskad doft. Likt kravet för temperatur har verksamhetsutövaren ett ansvar att genomföra en egenkontroll. Vidare är verksamhetsutövaren skyldig att undersöka eventuella risker för människors hälsa avseende försiktighetsprincipen (2 kap. 3 §, Miljöbalken). Om dessa åtgärder är tillräckliga bedömer Miljö- och hälsoskyddsmyndigheten. Bristande luftkvalitet kan enligt Folkhälsomyndigheten leda till irritation i slemhinnor, överdriven trötthet samt andra hälsobesvär såsom andningsbesvär och hudutslag. Dessa hälsobesvär kan vara kopplade till förorenad luft.

Ventilationen i en byggnad är viktig för att ventilera ut fukt (Folkhälsomyndigheten, 2022b). Om den absoluta luftfuktigheten (AF) är mer än 3 g/m<sup>3</sup> luft i jämförelse med fuktigheten utomhus kan detta tyda på en bristande ventilation. Det kan alltså inte ta hand om fuktillskottet inomhus. I fuktiga utrymmen såsom ett kök kan en AF på 3g/m<sup>2</sup> luft accepteras tillfälligt. Fuktigheten mäts oftast som så kallat "relativ fuktighet" (RF) och är en parameter som beskriver mängden fukt som luften innehåller vid en viss temperatur i förhållande till hur mycket luften maximalt kan innehålla. Ett normalt värde inomhus ligger på ca 30% under uppvärmningssäsongen och ca 70% i början på hösten. De riktvärden som Folkhälsomyndigheten följer presenteras i tabell 2.

Parameter	Bostäder	Skola, förskola, idrottshallar	Allmänna lokaler
Uteluftsflöde	Minst 0,35 l/kvadratmeter och s eller minst 4 l/s person	Minst 7 l/s person + 0,35 l/kvadratmeter och s	Minst 7 l/s person + 0,35 l/kvadratmeter och s
Luftomsättning	Minst 0,5 rv/t	Se luftflöde	Se luftflöde
Fuktskillnad, inne-ute (a)	Högst 3 g/kubikmeter	Högst 3 g/kubikmeter	Högst 3 g/kubikmeter

Tabell 2: Riktlinjer för att undvika hälsobesvär avseende uteluft, luftomsättning och fuktskillnad (Folkhälsomyndigheten, 2022b)

Vid bristfällig ventilation görs undersökningar för att analysera bland annat kondens vilket kan uppkomma på fönster men även väggar och undertak. Detta på grund av bland annat låga luftomsättningar (Folkhälsomyndigheten, 2022b). Vidare undersöks ämnen i luften som skulle kunna vara hälsofarliga eller irriterande. Exempelvis partiklar från material, fuktskador, kläder etc.

### **3.5 Vanliga energieffektiviseringsmetoder och dess konsekvenser**

Att energieffektivisera betyder att det görs åtgärder för att minska energiförbrukningen så ekonomiskt effektivt som möjligt för verksamheten utan att försämra inomhusmiljön och samtidigt bidra till ett hållbart samhälle (Energimyndigheten, 2022a,2022d). I tidigare avsnitt har det nämnts att energipriserna ökar och parallellt med detta har rekommendationer om att se över energiförbrukningen på arbetsplatser gjorts (Arbetsmiljöverket, 2022c). Det har beräknats att uppvärmningskostnaden kan sänkas med ca 5 % om inomhustemperaturen sänks med 1°C. Enligt den sakkunnige Fredrik Haux på Arbetsmiljöverket anses upprustning av extra lager kläder, exempelvis på arbetsplatsen, som en möjlig åtgärd för att kunna spara på el och därav kan inomhustemperaturen sänkas. Vidare menar Huax att ventilationen bör granskas och gamla igensatta filter bör bytas för att minska energikostnaden eftersom det med anledning av luftmotstånd drar mer energi. Men även ventilationskanaler och värmeväxlare är lika viktiga att se över och rengöra då allt detta påverkar energibesparingen.

Idag ställer allt fler kunder och samhällsaktörer miljökrav på verksamheter och dess energianvändningar, därav bör energifrågan i verksamheter prioriteras. Verksamhet av olika slag bör uppmärksamma energifrågan tidigt i arbetet. Energimyndigheten (2022a) skriver att "Ju mindre energi som ni använder desto mindre känsligt blir företaget för framtida skiftande energipriser." Detta tyder på ekonomisk effektivitet för verksamheten. Dessutom minskar åtgärder av energieffektivisering av miljö- och klimatbelastningen i en miljöaspekt. Detta genom exempelvis sänkta utsläpp samt tillämpa lägre mark- och materialanvändning (Energimyndigheten, 2022a). När en organisation arbetar med energieffektivisering är det viktigt att ett samhällsansvar tas som bidrar till lokala men också nationella energimål samt att det görs på ett klimatsmart sätt (Energimyndigheten, 2022c). Driftoptimering och underhåll minskar energianvändningen eftersom behovet av underhållsarbete minskar vilket bidrar till en bättre arbetsmiljö och ett produktivt arbete utan störande moment.

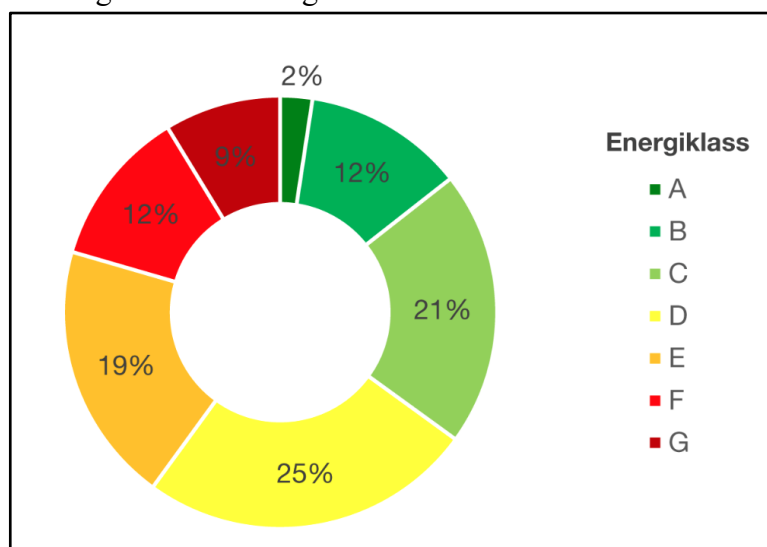
#### **3.6.1 Åtgärder för kontorslokaler inom offentlig sektor**

Enligt Energimyndigheten (2022d) bidrar energieffektiviseringsåtgärder till bättre inomhusmiljö. Vid energieffektiviseringsarbeten ska energianvändningen först och främst kartläggas. För att underlätta arbetet kan byggnadens energideklaration användas till hjälp. Vidare kan energistatistiken granskas för att ta reda vad de större energiförbrukningarna beror på. En undermätare underlättar kartläggningen av energiförbrukningen. En fördel är att installera permanenta undermätare som kan läsa av exakt hur mycket varje hyresgäst förbrukar avseende el. I kontorslokaler är det bra att nattvandringen görs i syfte att upptäcka onödiga energianvändningskällor. Det kan handla om belysning, kontorsutrustning och ventilation som är i drift utanför arbetstimmar trots att dessa inte är nödvändiga just då. I kontorsbyggnader är alla möjliga åtgärder viktiga att se över avseende energieffektivisering. Oftast kräver serverrum energi för att driva/ kyla och därför är det värt att undersöka om värmen kan återvinnas på något annat vis än endast kylning. Att byta ut lokala servrar med molntjänster är ett möjligt tillvägagångssätt då dessa serverhallar är mycket verksamma och i dom flesta fallen är positionerade på lämpliga ställen där elnätet inte är högbelastad menar Energimyndigheten (2022d). I kontorsbyggnader kan de mest kostnadseffektiva åtgärder upptäckas i de

installationstekniska systemen till skillnad från en bostad där klimatskalet väger tyngst. Mekanisk ventilation är vanligt på kontor och besparingen är gynnsam i jämförelse med andra system. Andra åtgärder med bra besparingspotential som kan vidtas är effektivare lösningar avseende kontorsutrustningar och exempelvis behovsanpassad komfortkyla men också användning av solavskärmning. Att teckna grönt hyresavtal är ett steg för att jobba mot gemensamma mål angående energieffektivisering anser Energimyndigheten (2022d). Även beteenderelaterade åtgärder har en stor roll inom energieffektivisering. Vissa åtgärder kräver en kunnig energikonsult som har kompetens att förstå hur olika åtgärder påverkar varandra, energianvändningen och inomhusmiljön. På detta sätt undviks risken för suboptimering och förvärrad inomhusmiljö.

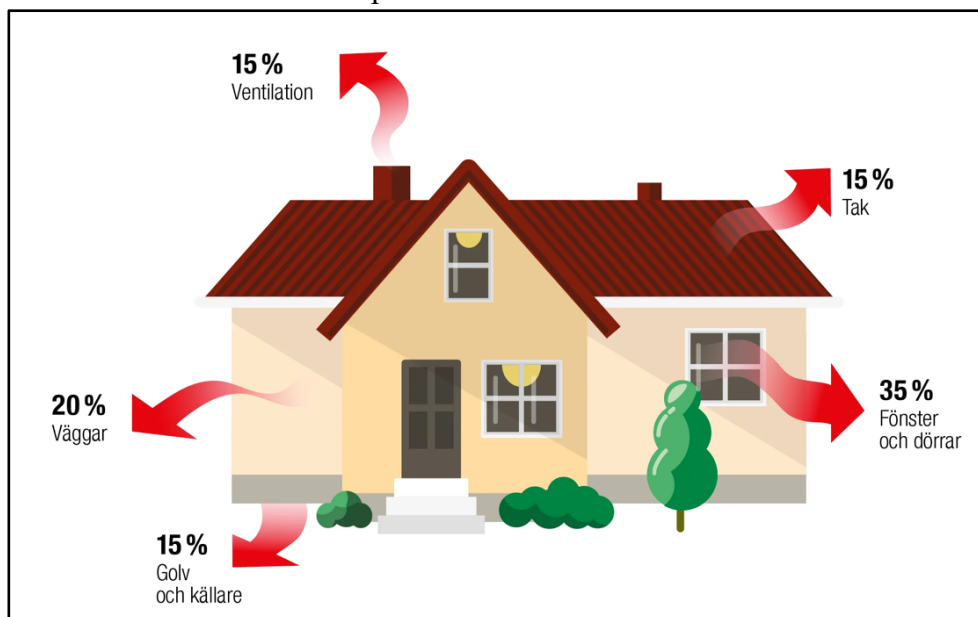
### 3.5.2 Åtgärder på privat bostad

Energieffektivisering på privat bostad kopplas ofta till exempelvis renovering och kostnader men mycket är också relaterat till ändrat konsumtionsbeteende i syfte att minska förbrukningen av el och därmed elräkningen i hushållet (Energimyndigheten, 2022e). Energimyndigheten har gett förslag på enklare tips kring energismarta vanor som inte kräver överdriven ansträngning eller tillkommande kostnader. Som sagt bidrar värmesänkningen inomhus till en stor skillnad då energianvändningen minskar med 5 % per en grads temperatursänkning. Det är viktigt att elementen och termostaterna inte täcks av exempelvis möbler. Ändrade vanor såsom att minska på duschtid och därmed varmvattenförbrukningen ger en betydande besparing. Om möjligt, använd befintliga Eco-program i vitvaror såsom diskmaskin, tvättmaskin och torktumlare. Tvätta kläderna i låg temperatur, fyll maskinen och om möjligt, lufttorka kläderna istället för att torktumla. I vissa fall besparas mer energi genom att fylla en diskmaskin än att diska allting förhand. Dessutom har det visat sig att detta minskar förbrukningen hela fyra gånger så mycket då det avstår från rinnande vatten. Skapa en vana att alltid släcka och stänga av apparater och lampor efter bruk. Det är även gynnsamt att byta ut äldre utrustning såsom glödlampor till mer energisnåla alternativ, exempelvis LED-lampor. Därefter rekommenderas att investera i hushållsmaskiner som har effektiva energiklasser. Figur 1 visar svenska småhus/byggnader energiklassfördelning år 2022.



Figur 1: Energiklassning på svenska småhus från 2022. Klass A är den bästa klassen (Boverket,2022).

Exempel på energieffektivisering på klimatskalet är att ersätta befintliga fönster med fönster som har ett lägre U-värde (Riksbyggen, 2023). Genom tvåglasfönster försvinner ca 30% av husets värme (Energimyndigheten, 2022f). Dåligt isolerade fönster ger upphov till kallras. Att täcka fönsterutrymmen under natten hjälper till att behålla värmen inomhus. På ytterväggar, tak och grund är det viktigt med ordentlig isolering eftersom värmeförlusten är störst genom dessa samt leder till fuktproblem. I figur 2 framgår det hur mycket värmeförluster som försvinner från olika delar av huset i procent.



Figur 2: Genomsnittliga värmeförluster (Energimyndigheten, 2022).

## 3.6 Pågående diskussion avseende torrhet, partikelmätning och koldioxidindikatorn

Ett platsbesök på stadsfastighetsförvaltningen gjordes där Jan-Erik Andersson intervjuades. Jan-Erik är en inomhusmiljöspecialist med mångårig förvaltarerfarenhet från både komplexa miljöer samt olika brukargrupper. Stadsfastighetsförvaltningen som tidigare hetat lokalförvaltningen äger numera 3500 egna byggnader samt hyr ut ca 1000 fastigheter där de förvaltar inomhusmiljöärenden. Bland dessa ingår både nya och äldre fastigheter. På Stadsfastighetsförvaltningen har det forskats länge kring inneklimatet och några av de resultaten skiljer sig från dagens rekommendationer. Det pågår en diskussion kring framförallt koldioxidhalter som en indikator på luftföroreningar och luftkvaliteten men även vikten av att minska torrheten i luften och på så vis uppnå en god inomhusmiljö utan klagomål.

### 3.6.1 Torrhet och låg relativ fuktighet

Många menar att torrhet inte går att uppleva eller känna av men detta är inte korrekt enligt Andersson. Många anser likt Andersson att torrheten är ett av de vanligaste problemen som vi ställs inför där det resulterar i mycket klagomål men även hälsobesvär såsom trötthet, huvudvärk, torrhet och irritation i slemhinnor, hud och ögon. Torrhet leder också till att människan försöker fukta upp genom att avge fukt från huden, vilket i sin tur kyler ned oss och bidrar till att högre temperaturer krävs i rummet för att vi inte skall frysa. Han fortsätter med att förklara hur torrheten är kopplat till det kallare klimatet och menar att kalla temperaturer ute och varma inne i samband med en ökad ventilation leder till ett torrare inomhusklimat. Detta visar sig vara mycket negativt och bidra till mycket klagomål. Enligt Andersson bör temperaturen sänkas under kallare månader samt sänka ventilationen då detta minskar torrheten avsevärt. Den relativa fuktigheten inomhus bör ligga på ca 20–40% vilket enligt Andersson inte uppfylls i alla inomhusmiljöer. Som nämnt tidigare i arbetet skall den relativa fuktigheten enligt Folkhälsomyndigheten också ligga på ca 30% i skolor. Torrheten leder också till att brukarna blir elektrostatiskt laddade enligt Andersson, vilket gör att partiklar enklare dras till oss via exempelvis kläder och möbler som laddas upp elektrostatiskt.

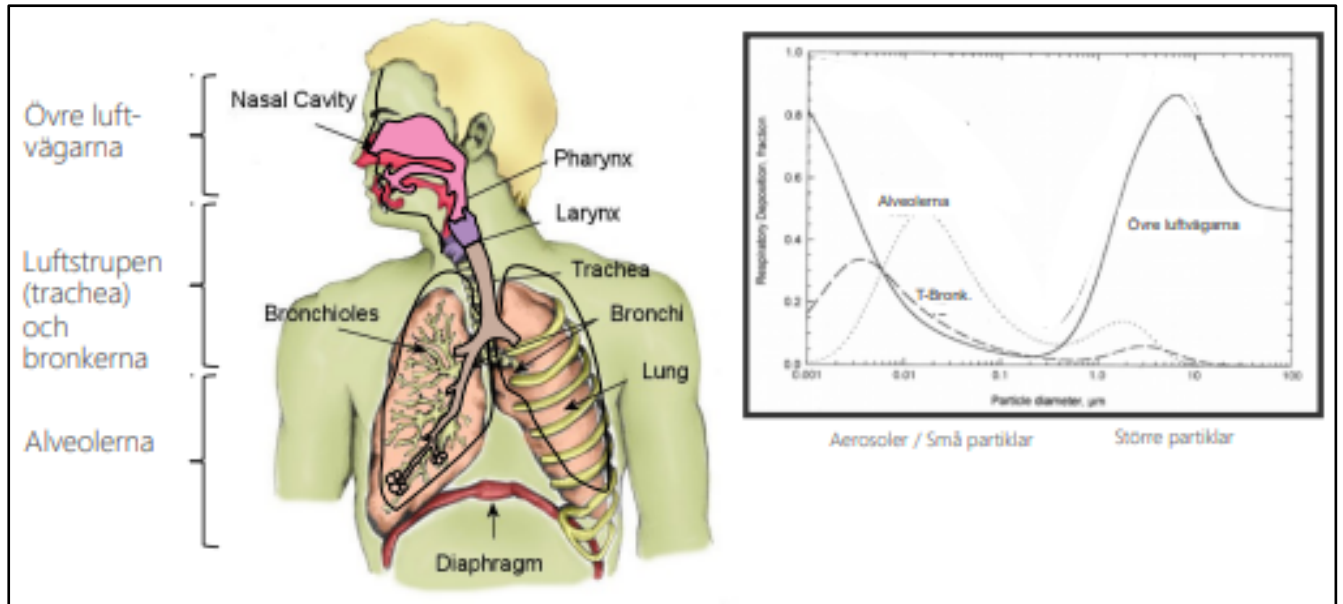
Aktivitet	20% relativ luftfuktighet	80% relativ luftfuktighet
Gång över vinylgolv	12.000 V	250 V
Gång över syntetmatta	35.000 V	1.500 V
Plocka upp polyetenpåse	20.000 V	600 V
Skjuta syntetbox på matta	18.000 V	1.500 V
Spruta aerosolspray	15.000 V	5.000 V
Sitta på arbetsstol (PURskum)	18.000 V	1.500 V
Packa transportpåsar	20.000 V	1.500 V

Tabell 3: Visar hur olika aktiviteter över material bidrar till elektrostatisk uppladdning, mätt i volt (Andersson, 2023).

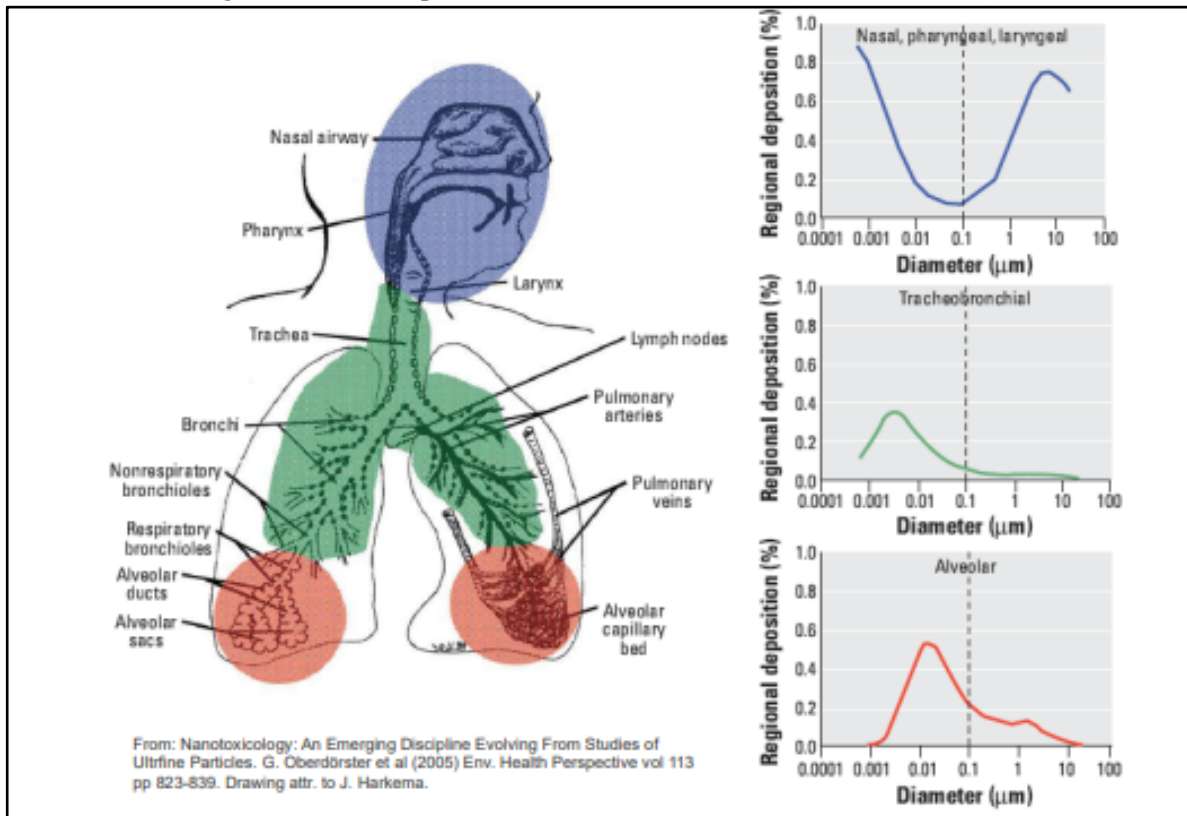
Tabell 3, som Andersson delade med sig av under intervjun, visar hur en högre relativ fuktighet, alltså 80% bidrar till en lägre elektrostatisk uppladdning till skillnad från en låg relativ fuktighet, alltså 20%. Med andra ord bidrar en högre relativ fuktighet och lägre torrhet till en minskad risk för hälsobesvär kopplat till partiklar.

### 3.6.2 Partikelmätning

Andersson fortsätter med att partiklar mäts i fraktioner där de vanligaste partikelmätningarna som görs är PM<sub>2,5</sub>. PM står för particulate matter och mäts i vikt (mg/m<sup>2</sup>) och alltså inte i antalet partiklar. Med anledning av torrhet menar Andersson att risken för att drabbas av sjukdom ökar då flera av kroppens skyddsmekanismer, dvs barriärer såsom slemhinnor tappar sin funktion.



Figur 3: Visar vart partiklarna vi andas in hamnar (Andersson, 2023).



Figur 4: En illustration som visar hur olika partikelstorlekar tar sig in i lungorna (Andersson, 2023).

Figur 3 och 4 visar hur olika partikelstorlekar har stor betydelse för hur djupt de hamnar i kroppen och om de når alveolerna, vilket är hälsoskadligt. Andersson menar att de större partiklarna är ca 2–10  $\mu\text{m}$  medan de små är mindre än 2  $\mu\text{m}$ . De små partiklarna kvarstår oftast i rummet till skillnad från de stora samt följer med uteluften in. De större partiklarna är oftast verksamhetsgenererade. Därför menar Andersson att det är väldigt viktigt att minska torrheten i syfte att också minska smittspridningen som var ett stort problem avseende exempelvis corona-pandemin men även fortsatt viktigt i vardagen.

### 3.6.3 Är koldioxidindikatorn relevant avseende föroreningar?

Koldioxidindikatorn är som nämnt i tidigare avsnitt något som indikerar om luftkvaliteten i ett utrymme är tillfredsställande och ligger på 1000 ppm. Det indikerar på exempelvis luftföroreningar i luften. Denna rekommendation finns kvar men det forskas fortfarande mycket om det, där Andersson är en av dem som är skeptisk till detta och anser att det inte alls är en indikator utan snarare använts som en indikator i flera år då det är enklare att mäta. Andersson har tillsammans med sina kollegor skickat en remiss till Arbetsmiljöverket och denna indikator togs bort 2019 men kvarstår som rekommendation eller möjlig indikator till föroreningar i utrymmen. Koldioxidindikator har fått mycket kritik och flera har ifrågasatt den redan år 1990. Andersson har gjort en del mätningar och jämförelser mellan koldioxidhalten och dess förhållande till antalet partiklar i luften, dvs kopplingen till luftföroreningar. Nedan presenteras deras forskningsförsök i ett klassrum på en grundskola i Göteborg.

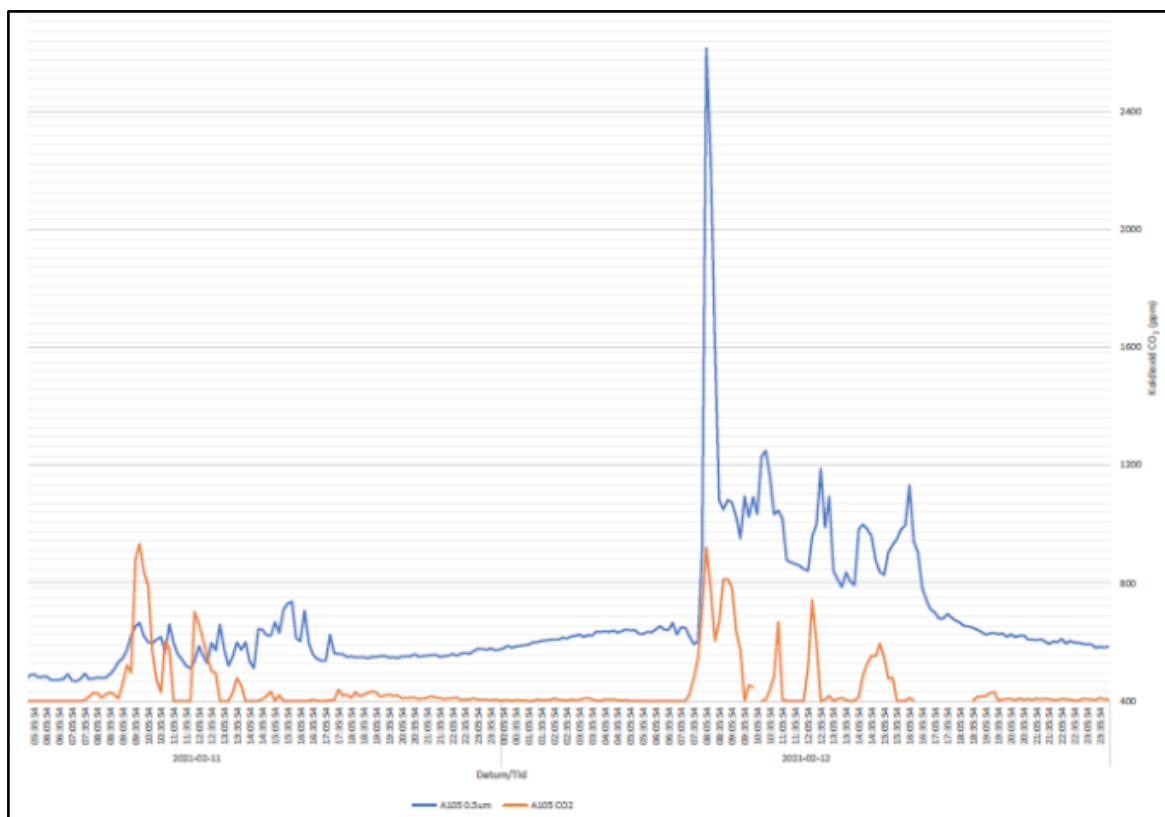


Diagram 1: Illustrerar hur koldioxidhalt och partikelmängd förhåller sig till varandra mellan 2021-02-11 till och med 2021-02-12 där y-axeln visar koldioxidmängden i ppm (Andersson, 2023).

Diagram 1 visar koldioxidhalten i orange färg och partikelmängden i blå färg. Det går att tolka diagrammet som att koldioxidhalten och partikelmängden skulle kunna ha en koppling första dagen då kurvorna ser ut att förhålla sig till varandra när det mäts i enhet ppm. Dagen därpå syns inga tydliga samband mellan dem.

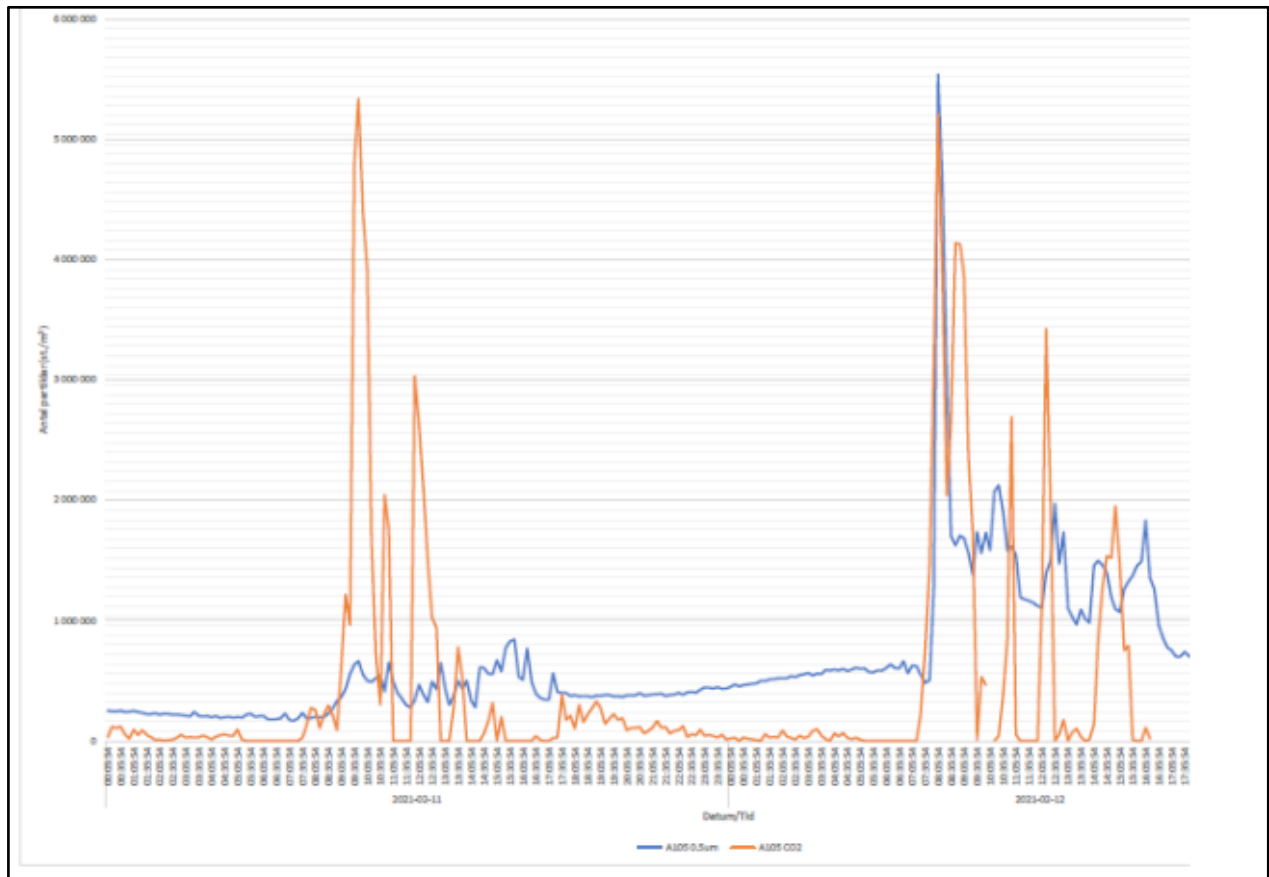


Diagram 2: Illustrerar hur koldioxidhalt och partikelmängd förhåller sig till varandra mellan 2021-02-11 till och med 2021-02-12 där y-axeln visar antal partiklar i  $\text{st}/\text{m}^3$  (Andersson, 2023).

Diagram 2 ovan visar också förhållandet mellan koldioxidhalt och antal partiklar men detta mäts i antal partiklar. Detta visar inte alls på ett lika tydligt förhållande som tidigare diagram. Här går det inte att dra en slutsats om att dessa två parametrar är beroende av varandra. Diagrammet visar hur koldioxidhalten är betydligt högre än vad partikelmängden är i rummet. Enligt dagens sätt att mäta föroreningar hade det antagits att antalet föroreningar är densamma som koldioxidhalten, vilket enligt diagrammet inte stämmer. Exempelvis indikerar koldioxidhalten över 5 000 000  $\text{st}/\text{m}^3$  partiklar vid en tidpunkt medan partikelstorleken är betydligt lägre, alltså säger det enligt detta diagram ingenting om mängden partiklar/luftföroreningar. Vidare kan det enligt Andersson konstateras att koldioxidhalten går att ventilera bort men inte partiklarna.

Vidare har Andersson gjort ytterligare forskningsförsök på detta där de mätt olika partikelstorlekar för att ta reda på om det fortfarande skiljer sig mellan koldioxidmängden och antalet partiklar i luften. Följande mätningar har gjorts i en skolsal, se diagrammet nedan:

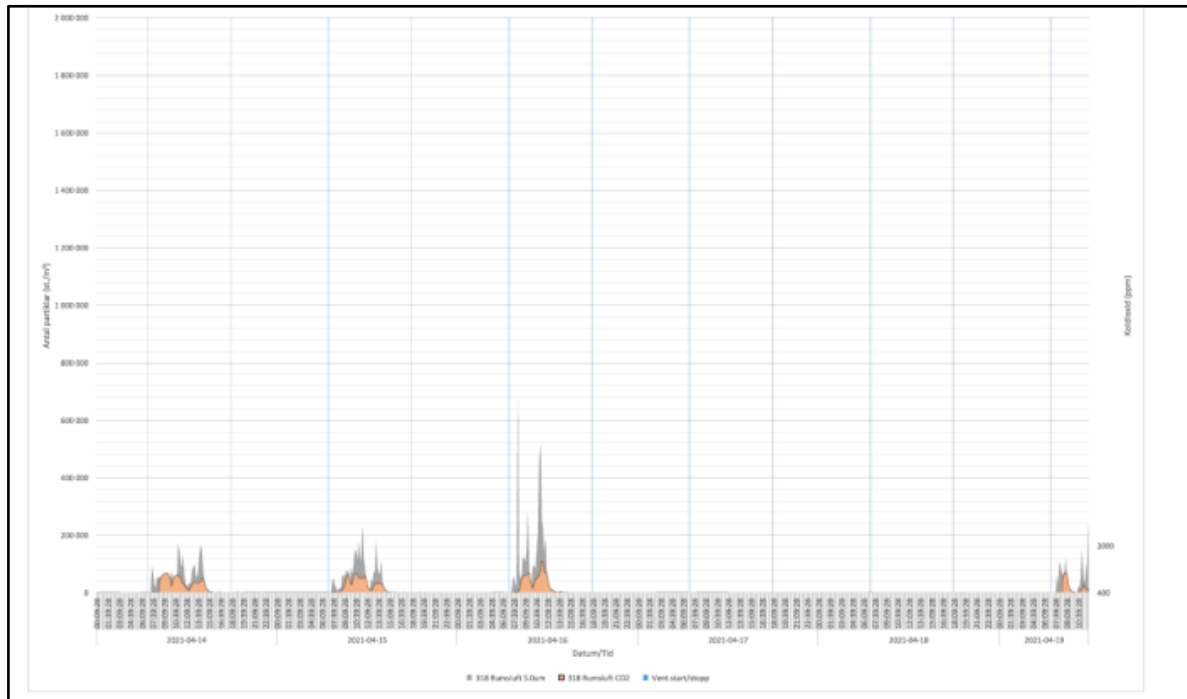


Diagram 3: Visar antalet partiklar ( $5\mu\text{m}$ ) i rummet mätt i  $\text{st}/\text{m}^3$  under 6 dagar mellan 2021-04-14 till och med 2021-04-19 (Andersson, 2023).

Diagram 3 visar koldioxidhalten (orange kurva), rumsluftens partiklar (grå kurva). De blåa vertikala strecken visar att ventilationen startar. Mätningen i diagrammet gjordes med en partikelstorlek på  $5\mu\text{m}$  och här skulle det kunna tolkas som att koldioxidhalten faktiskt skulle kunna indikera på antalet partiklar. Kurvorna är parallella och ser ut att ha en koppling och detta kan bero på den större partikelstorleken som mätts. Vidare har en av Anderssons andra mätningar undersökts med avseende på mindre partikelstorlekar. Se följande diagram 4.

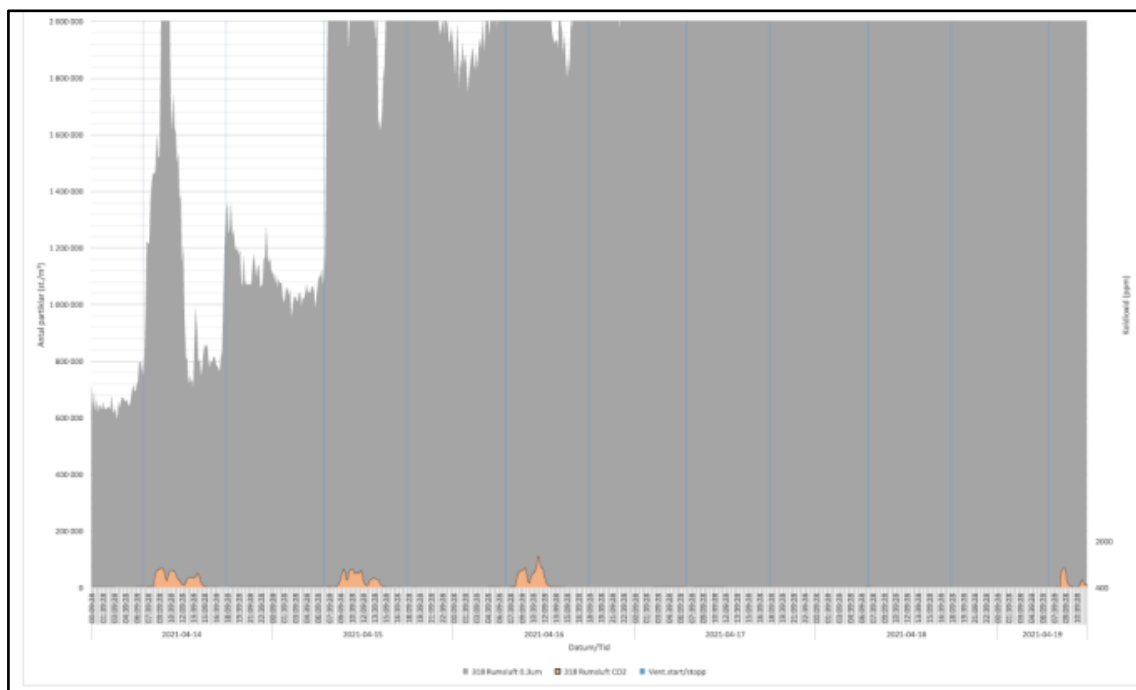


Diagram 4: Visar antalet partiklar ( $0,3\mu\text{m}$ ) i rummet mätt i  $\text{st}/\text{m}^3$  under 6 dagar mellan 2021-04-14 till och med 2021-04-19 (Andersson, 2023).

Andersson beskriver att diagram 4 liksom de andra jämförelserna mellan koldioxidhalt och partikelmängd tydligt visar att det inte finns några samband. Eftersom koldioxidhalten är en indikator på ca 1000 ppm blir det svårt att anpassa den efter olika omständigheter såsom exempelvis partikelstorlekar etc. Vid 0,3  $\mu\text{m}$  ligger partikelmängden på över 2 miljoner och koldioxidhalten i samma skala som i mätningarna på den större partikelstorleken (5 $\mu\text{m}$ ). Andersson fortsätter med att förklara att det är svårt att använda gas som ett mått. Andersson drar radondöttrar som ett exempel där han menar att radongasen går att ventileras bort men radondöttrar kvarstår på partiklarna som därmed inte ventileras bort och därmed kvarstår som förorening i rummet.

## 4. Resultat

### 4.1 Intervju med Stadsfastighetsförvaltningen

Vid en intervju med innemiljöspecialisten Jan-Erik Andersson från Stadsfastighetsförvaltningen klargjordes ett par frågor kring eventuella forskningsförsök som gjorts på förskolor och skolor i Göteborg.

#### 4.1.1 Alla partiklar går inte att ventilerar bort

Mätningar som gjordes år 2021 av Andersson resulterade i att ventilationssystemet inte ventilerar bort alla partiklar, speciellt små partiklar. Däremot försvinner luftfuktigheten och gaserna samtidigt som Andersson menar att detta inte är tillräckligt. Andersson menar att det därför måste mätas på nödvändigare parametrar såsom kemikalier, partiklar, luftfuktighet och elektrostatisk laddning. Andersson har delat med sig av några forskningsförsök där resultatet visar att partiklar i ett rum inte går att ventilerar bort.

Detta kunde bevisas med flertalet diagram, se diagram 5–6 nedan, över situationen där det mättes antal partiklar per kubikmeter i tilluften, rumsluften och koldioxidhalten mätt i ppm i ett klassrum med två dubbellektioner i första skolan. Observationen skedde i två dagar med en veckas mellanrum. När lektioner varar mer än en timme, klassas det som en dubbellektion enligt Andersson. Ventilationens drifttid är mellan 07:00-18:00 medan ventilationen var avstängd 07:00-09:30 (visas med gul färg) och detta på grund av underhåll. Under lektionen då alla elever befinner sig i samma rum syns det hur partikelhalten ökar i rummet i samband med den avstängda ventilationen som i sin tur ökar koldioxidhalten (röda grafen). Att antal partiklar är ungefär samma i tilluften som visas med den gröna kurvan och rumsluften i den svarta kurvan beror på att en partikelmätare sitter vid tilluften vid taket och mäter dess partikelhalt. Men eftersom ventilationen var avstängd, visar mätaren samma värde som partikelmätaren i rummet. När ventilationen sattes igång ger det inga tecken på partiklar i rummet vid tilluften, av storleken 10  $\mu\text{m}$ , det vill säga den gröna kurvan sjunker ned till noll. Detta beror på att filtret klarar av att fånga upp dessa partiklar eller att de inte kommer med i luftströmmen utifrån. Vid de mindre partiklarna (0,3  $\mu\text{m}$ ) går partiklarna rätt igenom filtret och filtret är helt ineffektivt. Partiklarna kan exempelvis komma från dörrar/fönster när de öppnas och genom otätheter samt från elever som bär med sig dem in i rummet (se svart kurva). Vidare görs det ytterligare en halvtimmes underhåll i ventilationen under pausen och därefter följer en dubbellektion fast halvklass, det vill säga bara hälften av eleverna befinner sig i klassrummet. Av den anledningen minskas både partikel- och koldioxidhalten markant i jämförelse med tidigare dubbellektioner. Diagram 5 nedan visar hur dessa parametrar förhåller sig till en större partikelstorlek.

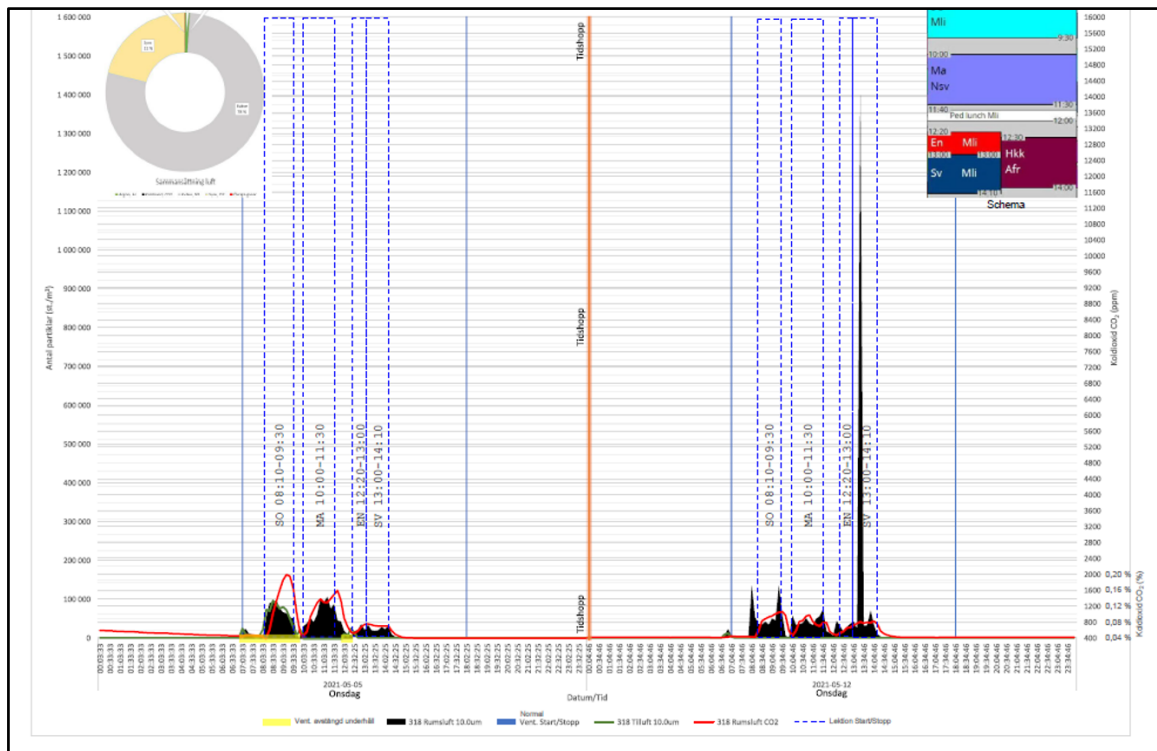


Diagram 5: Diagram över partikel- och koldioxidmätning i ett klassrum för partikelstorleken 10  $\mu\text{m}$  för olika dag med en veckas mellanrum. Partikel mäts i  $\text{st./m}^3$  och koldioxidhalt i ppm (Andersson, 2023).

Diagram 6 visar att ju mindre partikelstorleken är desto högre halt partiklar uppstår i rummet på grund av att de går rätt igenom filtret. Gällande koldioxidhalten är den konstant oavsett partikelstorlek. Det visas också att partiklarna beter sig lite olika beroende på dag. Se diagrammet nedan som presenterar partikelstorleken 0,3  $\mu\text{m}$ .

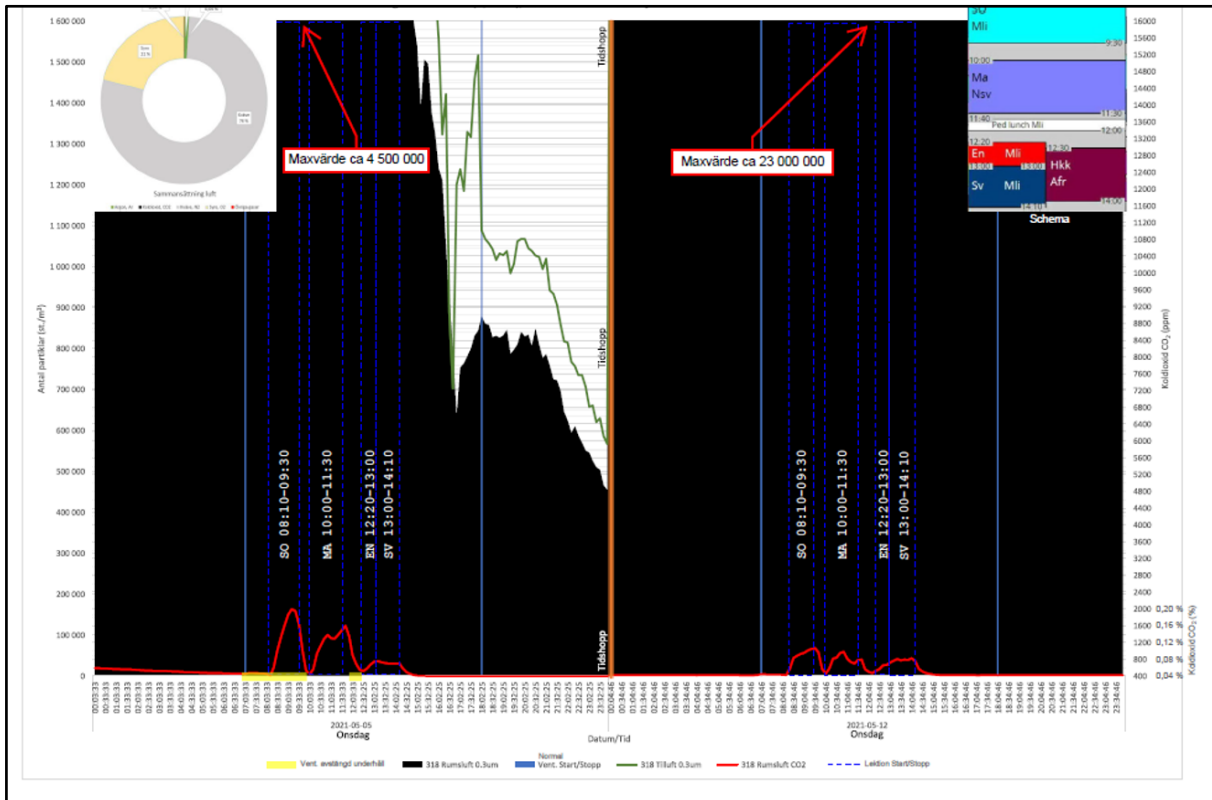


Diagram 6: Diagram över partikel- och koldioxidmätning i ett klassrum för partikelstorleken  $0,3 \mu\text{m}$  för olika dag med en veckas mellanrum. Partikel mäts i  $\text{st./m}^3$  och koldioxidhalt i ppm (Andersson, 2023).

Dessa diagram (5 och 6) konstaterar att ventilationen inte tar bort partiklar som många tidigare har trott, och att koldioxidhalten och partiklar inte har någon koppling med varandra, säger Andersson.

Vidare presenterar Andersson observationer som gjorts på en annan skola. De undersökte partikelspridningen under en skoldag. Mätningar gjordes tre olika måndagar med samma antal elever och under mätningen togs det hänsyn till både partikelstorlek och antal partiklar. Fyra partikelmätare sattes upp på fyra olika platser i rummet. Först mättes partikelstorleken  $10\ \mu\text{m}$  i rummet, som presenteras i diagram 7–8 nedan (med färgkodningen: ovanför dörr = blå, mitt i rum = orange, vid frånluft = grå, hylla = gul). Diagrammen visar första måndagen med luftrenare och de resterande två måndagarna utan luftrenare. Topparna och dalarna i diagrammet motsvarar hur elever går ut och in på rast och hur de rör sig i rummet, dvs hur partiklar rör sig. När eleverna befinner sig i klassrummet ökar partikelhalten på alla platser där mätaren är placerad. På första diagrammet med luftrenare syns det att den mätaren som indikerar mest partikelhalt är den vid frånluften, men även den som sitter på en hylla i rummet. Vid denna partikelstorlek finns inga märkbara skillnader på partikelspridningen mellan när luftrenaren är på eller inte. Däremot är spridningen mer skiljbar i jämförelsen mellan lektionstid och rast. De två måndagarna utan luftrenare visar att spridningen är betydligt mer koncentrerad och jämnare i rummet förutom på den sista måndagen där partikelhalten är väldigt hög mitt i rummet under en viss tid. Alltså visar första kurvan i varje diagram (7 och 8) den första måndagen där luftrenare tillämpats. Vid observering av diagrammen går det att se att den första måndagen (med luftrenare) har aningen lägre halter av partikelspridning.

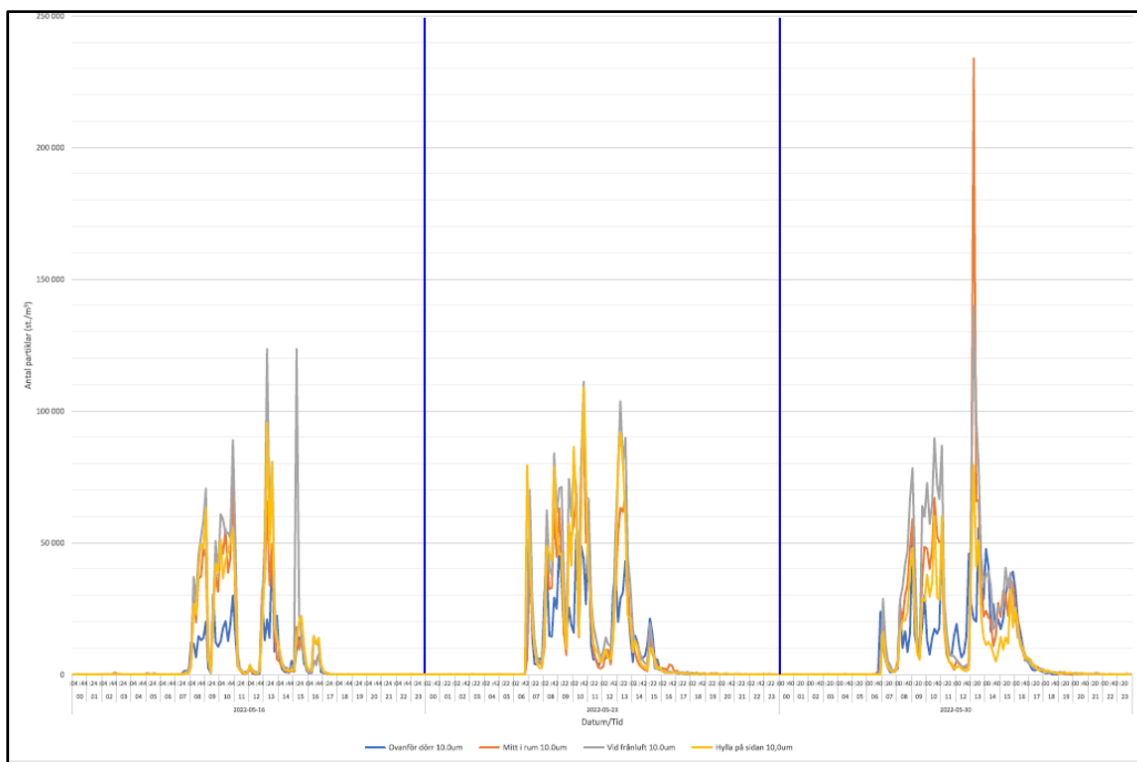


Diagram 7: Partikelspridning i ett klassrum av storleken  $10\ \mu\text{m}$  i 3 olika måndagar. Första diagrammet har luftrenare men inte i de två andra. Mätt i antal/ $\text{m}^3$  (Andersson, 2023).

Diagram 7 visar att luftrenaren är delvis effektiv men i diagram 8 nedan visas denna spridning för mindre partikelstorlek på  $0,3\ \mu\text{m}$  där luftrenaren visar sig vara betydligt mer effektiv än för de större partiklarna. Det visar tydligare hur effektiv tillämpningen av en luftrenare är i jämförelse med utan, speciellt vid mindre partikelstorlekar.

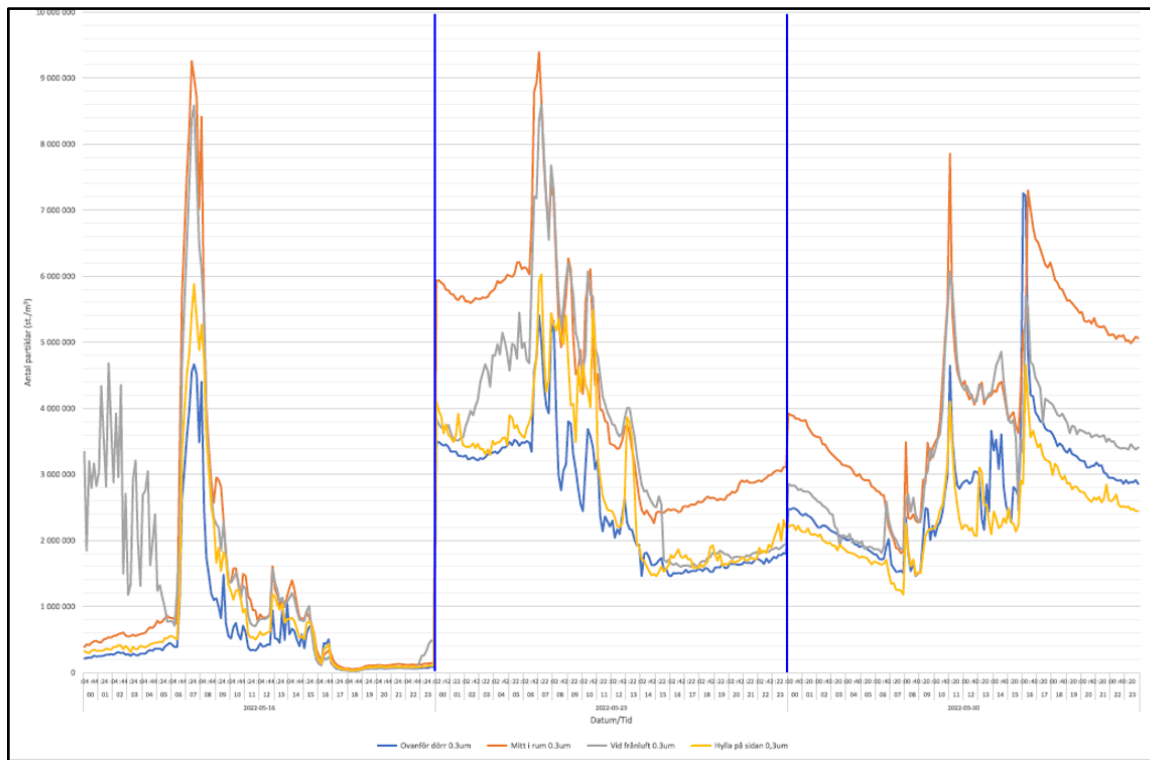


Diagram 8: Partikelspridning i ett klassrum av storleken  $0,3 \mu\text{m}$  på 3 olika måndagar. Första diagrammet har luftrenare men inte i de två andra. Mätt i antal/ $\text{m}^3$ . Mätt i antal/ $\text{m}^3$  (Andersson, 2023).

Samtidigt som observation på storlek och antal av partiklar gjordes på den andra skolan, mättes också particulate matter (PM) i rummet för att sedan jämföra storlek ( $\mu\text{m}$ ) och antal i vikt ( $\mu\text{g}$ ). Det PM mäter är partiklarnas vikt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Andersson har mätt med PM 1 (som mäter partiklar med mindre än  $1 \mu\text{m}$  i diameter) och PM<sub>2,5</sub> (för mindre än  $2,5 \mu\text{m}$ ) i klassrummet på samma ställen som partikelmätaren i tidigare avsnitt gjorde när de mätte storlek och antal av partiklar. Se diagram 9 som också visar 3 olika måndagar med luftrenare på första måndagen och utan på de två andra. I diagram 9 har de ställt mätaren mitt i rummet. I diagrammen kan det konstateras att luftrenarens funktion fungerar bra för att få bort partiklarna i rummet, även de med mindre partikelstorlek. Vidare har en likadan mätning gjorts vid frånluften, se diagram 10 där det också resulterat i hur effektiv luftrenaren visat sig vara. Däremot visar inte värdet av PM på samma sätt som mätning för storlek och antal. Det visar endast hur många av olika partikelstorlekar som finns och inte vad de väger.

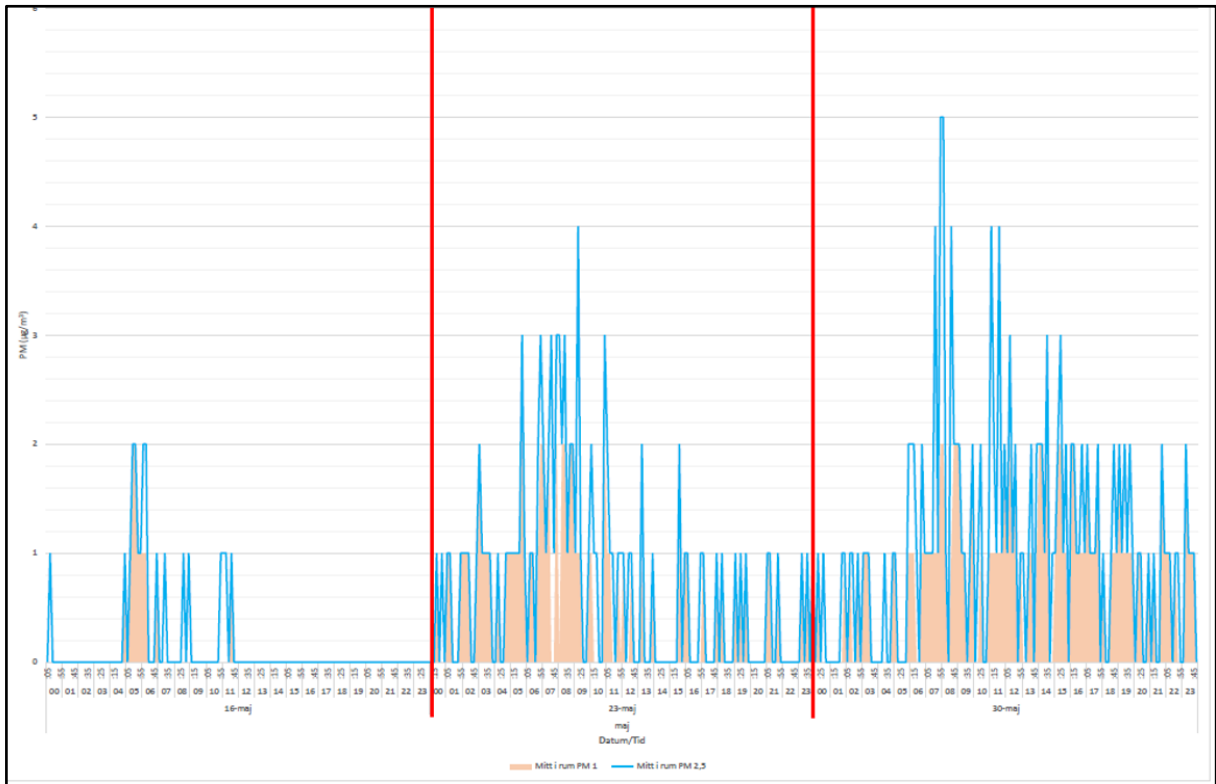


Diagram 9: Particle matter mätning mitt i rummet. Visar hur många av olika storlekar partiklar finns i luften och vad de väger. Mätt i antal/m<sup>3</sup> (Andersson, 2023).

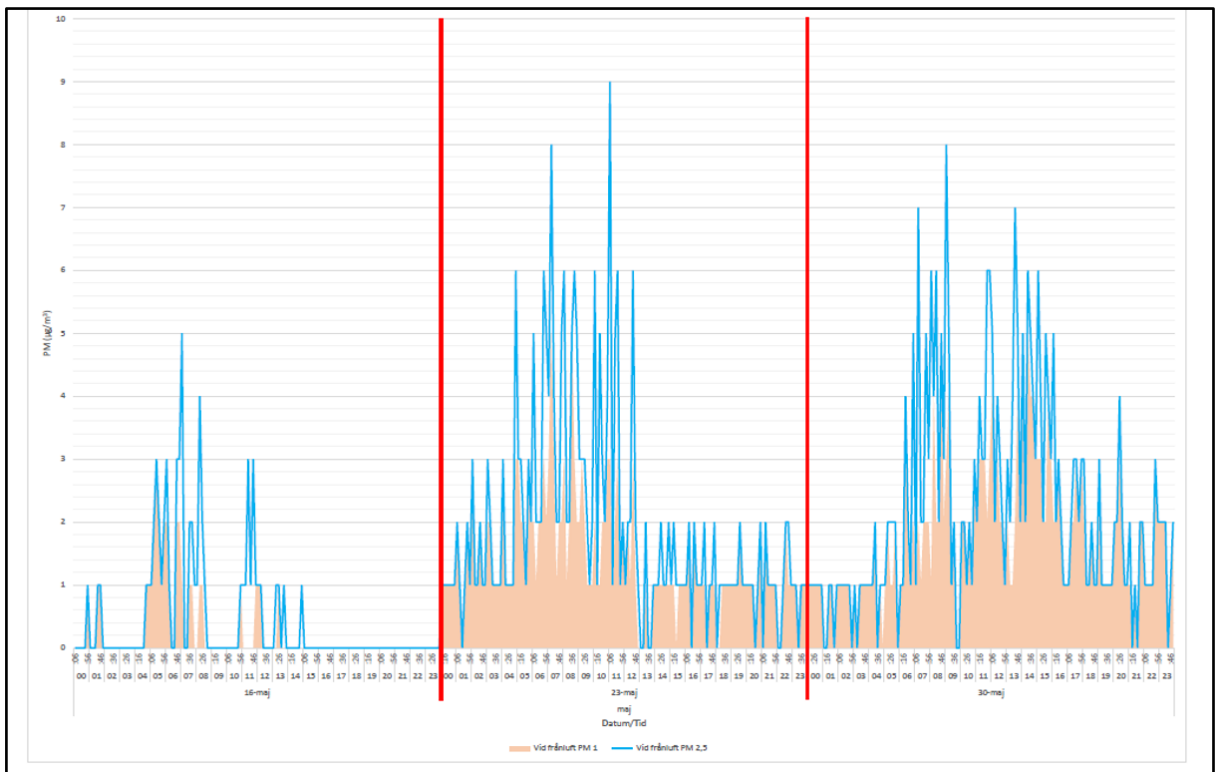


Diagram 10: Particle matter mätning vid frånluft. Visar hur många av olika storlekar partiklar finns i luften och vad de väger. Mätt i antal/m<sup>3</sup> (Andersson, 2023).

Andersson anser att PM-mätning är inkorrekt eftersom det inte går att se antalet mindre partiklar som kommer ned i lungorna och in i blodbanan etc. Eftersom många väljer att endast mäta PM har Andersson valt att undersöka detta, jämföra och kritisera dessa värden på grund av de stora skillnaderna mellan storlek och antal. Det som kan ses tydligt är att luftrenaren tar bort antalet partiklar när eleverna framförallt lämnar klassrummet i både partikelspridningsdiagrammen och PM-diagrammen.

Vidare säger Andersson att luftmängder skulle kunna minskas i ventilationssystemen och dessa skulle kunna ersättas med luftrenare istället som fungerar mycket bättre enligt mätningarna och resultaten. Detta skulle leda till en bättre inomhusmiljö under vintertid då det är som kallast och torrast. Samtidigt skulle energimängder och effektbehovet halveras i svenska hus. Andersson föreslår att brukarna istället klär på sig extra lager kläder, sänker temperaturen inomhus, i tilluft samt minskar luftmängder som i sin tur minskar torrhet och förbättrar inomhusklimatet. Detta skulle också minska energiförbrukningen. Därmed skulle också investeringarna bli lägre och människorna friskare. Han menar även att det är viktigt att vara utomhus så mycket som möjligt för hälsans skull. Människans luftrör förbättras eftersom det utomhus inte är lika torrt som inomhus under vintertid. En driftkollega till Andersson drog slutsatsen om att ju mer energi som förs in i huset desto mer inomhusmiljöärenden. Han menar att människor inte mår bra i 22-24°C rumstemperaturer och att höja kurvor och inblåsningstemperatur i tron på att det kommer bli bättre istället gör det sämre.

## 4.1.2 Äldre skolor drar mindre energi än nyare

Mätningar har gjorts för olika förskolor och skolor för att jämföra bland annat äldre och nya/moderna skolor. Även dessa mätningar har gjorts av stadsfastighetsförvaltningen där Jan-Erik Andersson höll en presentation om deras mätningförsök samt resultat. De första mätningarna avser temperatur och relativ fuktighet (som rekommenderas ligga runt ca 30%) och presenteras nedan:

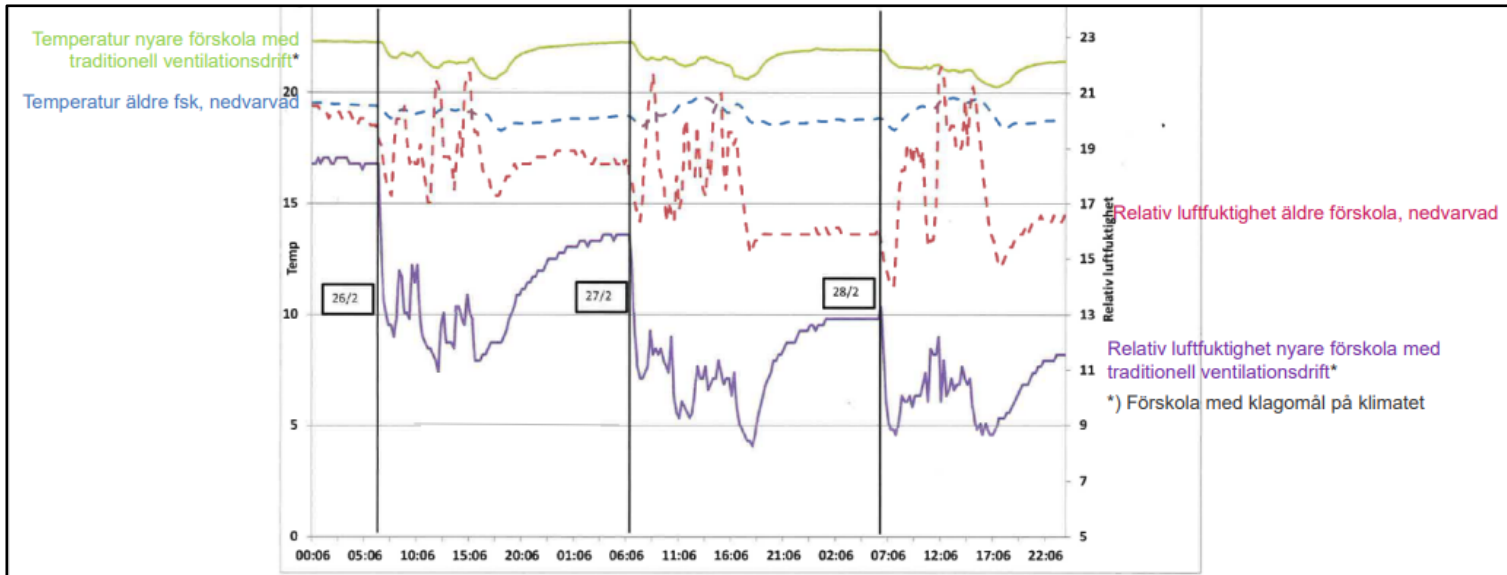


Diagram 11: Visar hur den relativa fuktigheten (RF) skiljer sig för två olika förskolor med olika ventilationssystem och byggår under 3 dagar (2018). Temperaturen mäts i °C och den relativa fuktigheten i % (Andersson, 2023).

De tre vertikala svarta strecken symboliserar att ventilationen startar (diagram 11). Som det går att läsa av har den nya skolan (grön) en högre temperatur (3 °C högre) till skillnad från den äldre (Blå). Vidare är RF högre för den äldre förskolan och ligger mellan 15–22% medan den nyare har en RF på ca 9–15% vilket är betydligt lägre. Detta går att avläsa på alla 3 dagarna i februari. Den nyare förskolan har också fått klagomål avseende just inneklimatet. Med anledning av större luftmängd i den nya förskolan har det uppstått problem såsom drag och ett torrt inneklimat. Till skillnad från den nya förskolan har den äldre bara frånluft och ingen tilluft med mekanisk ventilation utan har endast tilluft via termiska ventiler i väggarna och fönster som stängs ju lägre temperaturen blir. Vid +10 °C sänks luftmängderna från ca 4 oms/h till ca 2 oms/h (50%). Ju kallare det blir desto mer sänks luftmängderna och vid -10°C så sänks det med hela 75% utan klagomål.

Vidare presenterade Andersson ytterligare grafer som visar jämförelser mellan en äldre och ny skola. Högre luftfuktighet resulterar i att partiklar binder sig och blir färre i små storlekar, dvs blir mindre hälsofarliga och kan ej komma ner till exempelvis alveolerna. Diagram 12 redovisar detta:

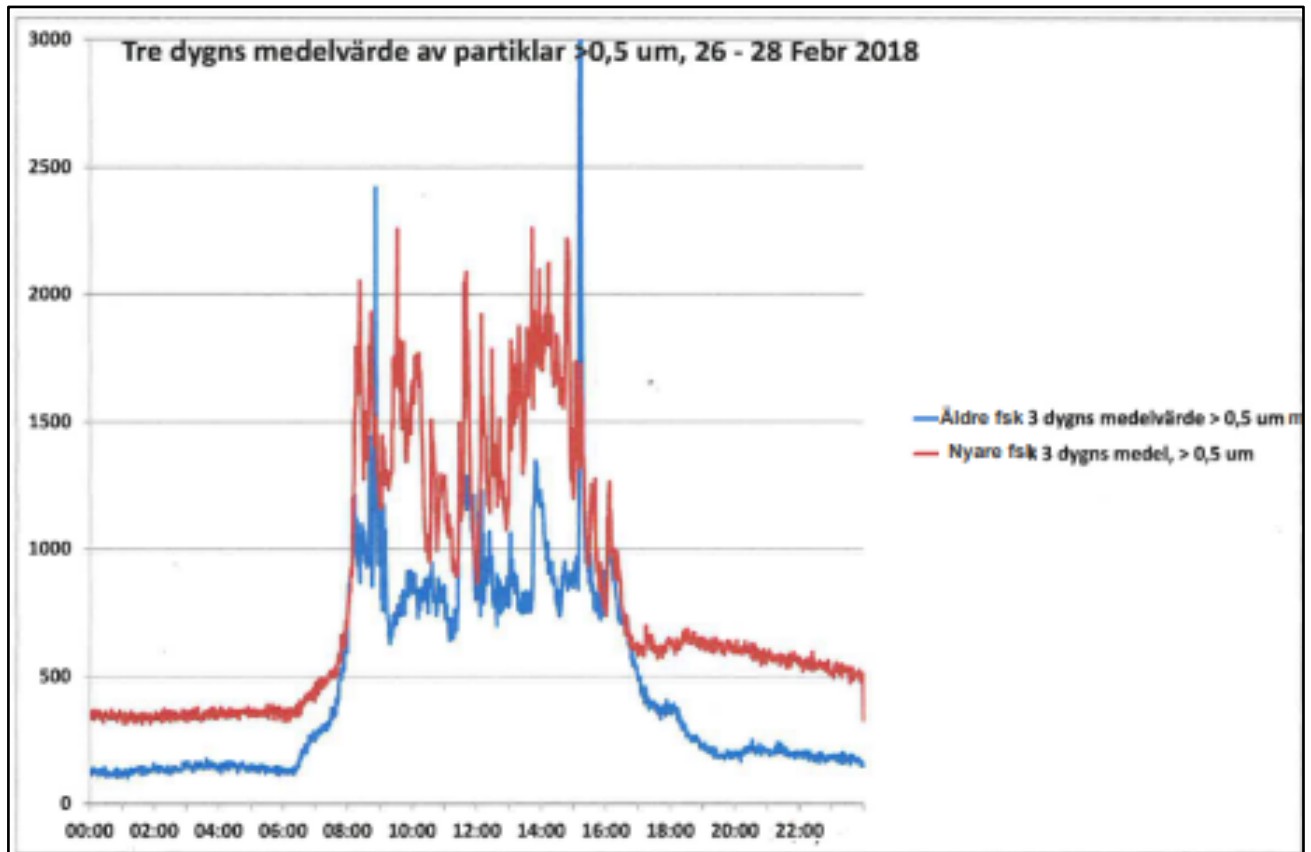


Diagram 12: Visar medelvärdet av partiklar mindre än 0,5 µm mellan 26–28 feb år 2018 (Andersson, 2023).

Som det går att avläsa i diagrammet 12 har den äldre förskolan (blå) ett längre antal partiklar än den nya förskolan (röd). De blåa linjerna når högre värden vid två tillfällen men överlag resten av tiderna ligger linjen kontinuerligt under den röda.

För att förstå hur skolors och förskolors olika system påverkar energiförbrukningen har Andersson gjort en sammanställning över skolorna (lila/rosa) och förskolorna (gul), se tabell 4.

Byggår	Area	Uppv. Typ	Storkök	2018			2017		
				Värme korr. kWh/kvm	Ei kWh/kvm (fast.+verks.)	TOT kWh/kvm	Värme korr. kWh/kvm	Ei kWh/kvm (fast.+verks.)	TOT kWh/kvm
2012	1651	FV	Tillagn.175p	1) 46,72	67,74	114,46	44,4	61,7	106,1
2012	6231	FV	Mottagn.90p	2) 38,92	41,54	80,46	41,4	41,6	83
2014	1203	FV	Tillagn.100p	3) 52,46	64,85	117,31	39,3	45,9	85,2
2012	1165	FV	Mottagn.90p	4) 55,41	67,48	122,89	50	67,5	117,5
2013	1360	FV	Tillagn.300p	5) 46,7	71,19	117,89	44,8	69,3	114,1
2010	1273	FV	Tillagn.120p	6) 52,16	60,39	112,55	53,55	62,87	116,42
2013	1206	FV	Tillagn.150p	7) 55,68	75,07	130,75	55,15	75,82	130,97
2009	4590	VP	Tillagn.400p	8) 31,77	44	75,77	29,73	44	73,73
2009	1640	VP	Tillagn.70p	9) 63,3	58	121,3	51,44	58	109,44
2010	954	FV	Mottagn.25p	10) 58,59	84,5	143,09	56,69	91,99	148,68
2005	5195	FV	Tillagn.1000p	11) 61,14	78,24	139,38	57,84	78,98	136,82
2007	2685	FV	Tillagn.300p	12) 53,02	63,55	116,57	51,08	62,77	113,85
1977	815	VP	Tillagn.70p	13) 28,3	58	86,3	39,2	58	97,2
2011	1036	VP	Tillagn.120p	14) 56,63	58	114,63	58,76	58	116,76
1979	764	FV	Tillagn.60p	15) 106,15	49,14	155,29	109,59	52,57	162,16
1975	935	FV	Tillagn.107p	16) 146,57	73,89	220,46	141,29	73,22	214,51
1989	562	EL	Mottagn.80p	17) 101,98	58	159,98	97,62	58	155,62
1948	850	FV	Tillagn.80p	18) 163,75	43,71	207,46	164,91	42,35	207,26
1973	604	FV	Mottagn.70p	19) 117,19	43,03	160,22	111,89	49,64	161,53
1977	888	VP	Mottagn.100p	20) 103,49	58	161,49	77,05	58	135,05
1983	810	FV	Mottagn.86p	21) 112,13	84,96	197,09	128,12	108,86	236,98
1977	1069	VP	Tillagn.111p	22) 26,04	58	84,04	49,97	58	107,97
1975 (2012)	1192	VP	Tillagn.200p	23) 34,33	58	92,33	49,48	58	107,48
2009	747	VP	Tillagn.200p	24) 81,44	58	139,44	76,35	58	134,35
1975	925	FV	Tillagn.90p	25) 149,65	46,96	196,61	140,36	48,78	189,14
1976	299	VP	Tillagn.	26) 63,07	58	121,07	49,12	58	107,12
1977	884	VP	Mottagn.70p	27) 94,19	58	152,19	85,23	58	143,23
1987	622	EL		28) 74,27	58	132,27	76,89	58	134,89

Tabell 4: Visar mätningar som genomfördes 2017 och 2018 på förskolor och skolor för att mäta energiförbrukning i kWh/kvm (Andersson, 2023).

De "nya" skolorna och förskolorna är byggda mellan år 2000–2014 och de äldre avser byggår mellan år 1948–2000 enligt tabellen. De nya förskolorna/skolorna har mekanisk ventilation, frånluft samt tilluft och de flesta har också VAV-system vilket är ett system som sätter igång ventilationen extra när det vistas folk i byggnaden och minskar när antalet i rummet blir lägre. I tabellen går det exempelvis att jämföra två byggnader som ligger i ungefär samma område i Göteborg (se röda pilar). Den ena är äldre med byggår 1977 och den andra nyare med byggår 2011. Båda har värmepump (VP) men den äldre drar 28,3 kWh/kvm och den nya mer än dubbelt så mycket, alltså 56,63 kWh/kvm. De röda cirkelarna till vänster om varje byggår står för de skolor/förskolor som haft innemiljöändringen och som det går att avläsa är detta vanligast för de nyare byggnaderna

Enligt tabell 4 drar fjärrvärme (FV) mycket energi i jämförelse med värmepumpar och är vanligast bland de nya byggnaderna. Anledningen till att värmepumpar drar mindre energi beror på det har ett COP-tal (coefficient of performance), vilket innebär en "vinst" i energi. Tre av förskolorna i tabellen har varken värmeåtervinning eller VAV-system men då luftomsättningen sänks hela tiden bidrar det till att de drar betydligt mindre energi än de förskolor som har värmeåtervinning. När luftomsättningen minskar, minskar också värmen in i byggnaden vilket sparar energi.

Ytterligare ett mätningförsök presenterades av Jan-Erik Andersson. Denna har gjorts av Chalmers Tekniska Högskola inom avdelningen industriteknik. Det är en spårgasmätning som gjorts på förskolor för att jämföra luftomsättningen vid mekanisk ventilation på och av, vilket visas på diagram 13 och 14.

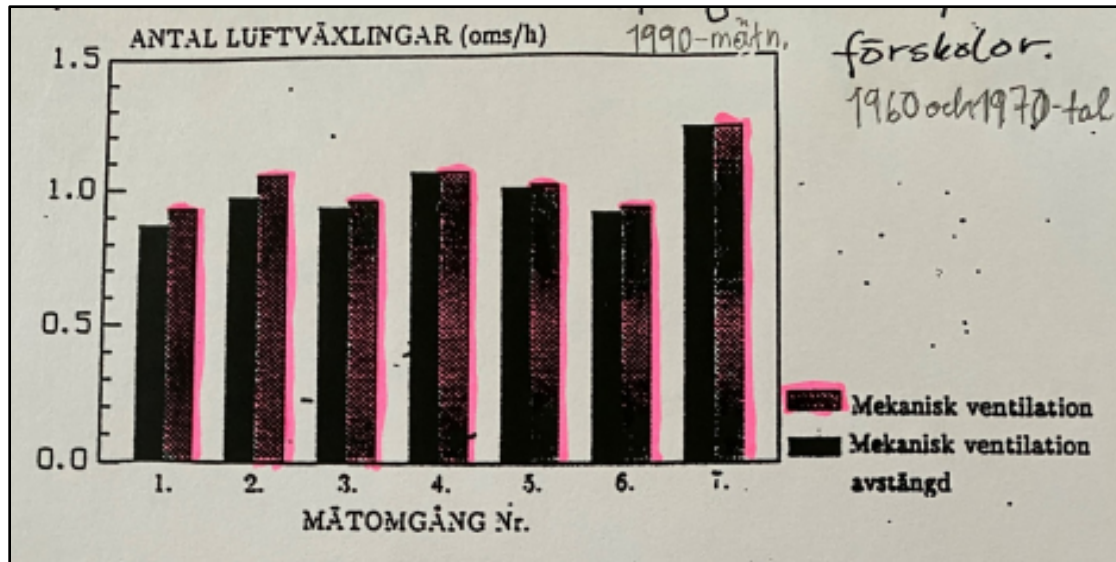


Diagram 13: Visar luftomsättningen i oms/h för 7 olika mätomgångar och skolor, med och utan mekanisk ventilation, fönsterventiler stängda (Andersson, 2023).

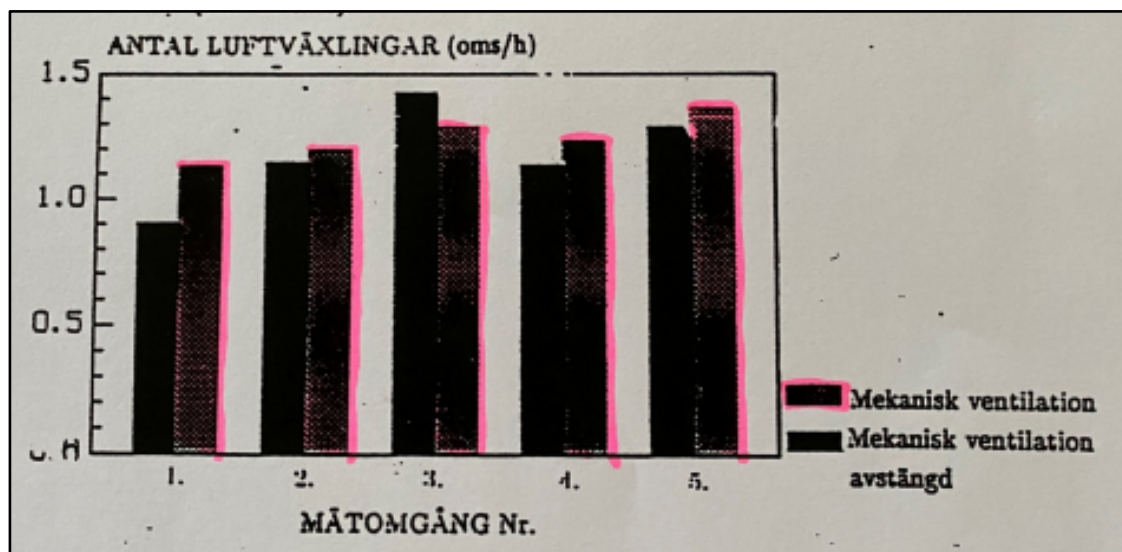


Diagram 14: Visar luftomsättning i oms/h för 5 olika mätomgångar och skolor, med och utan mekanisk ventilation, fönsterventiler öppna (Andersson, 2023).

Följande mätningar i diagram 13 och 14 presenterar att luftomsättningen är nästan densamma med mekanisk ventilation som utan, alltså runt 1 oms/h. Den mekaniska ventilationen är inte nödvändig och drar mestadels onödig energi. Sammanfattningsvis är en sänkt luftomsättning under exempelvis vintertid mycket viktig för att uppnå lägre energiförbrukning, kostnad samt färre klagomål avseende inneklimatet.

### **4.1.3 Stadsfastighetsförvaltningen sammanfattande resultat och förslag på energieffektivisering**

Några av Stadsfastighetsförvaltningens drifttekniker har kommit fram till slutsatser kring ett optimalt inneklimat i samband med lägre energiförbrukning. Enligt driftteknikers erfarenheter har de flesta innemiljöärenden varit kopplade till att verksamheter ökar sin energiförbrukning. De menar att ju högre rumstemperatur vi har i byggnaden i samband med högre temperatur på tilluften bidrar till det motsatta än det från början var tänkt. Enligt dem är alltså en rumstemperatur på 22–23 °C inte optimal för att brukarna i byggnaden skall må bra, den bör enligt Stadsfastighetsförvaltningens drifttekniker vara lägre. Som tidigare nämnt har det visat sig att äldre förskolor har betydligt lägre energianvändning än nyare skolor samt tydligt färre klagomål trots lägre temperaturer och ventilationsmängder. Enligt Stadsfastighetsförvaltningen är de flesta klagomål kopplade till lufttorrhet vilket de menar kan minskas genom att bland annat sänka lufttemperaturen, vilket dessutom sparar på energi. Avseende termisk komfort rekommenderar de att använda solavskärmning på sommaren och kontrollera ventilationen då den inte bör vara överventilerad. Utöver de åtgärder som är kopplade till systemet är det minst lika viktigt att förändra på brukarbeteenden.

## **4.2 Undersökning av Göteborgs Universitet (GU)**

Den första verksamheten som undersökts i detta arbete är Göteborgs Universitet där det gjorts intervjuer med drifttekniker, tagits del av statistik kring skolans förbrukning samt kostnader under det senaste året. Vidare har det undersökts om samtliga resultat är accepterade avseende både lagkrav och rekommendationer kring inomhusklimat för en skola. För en bredare förståelse har det delats ut enkäter till brukarna för att vidga vyerna och perspektiven.

### **4.2.1 Energibesparingsåtgärder som GU vidtagit**

Den information som GU spridit till allmänheten och brukarna av universitet är att bland annat begränsa fasadbelysningen i allmänna ytor, sänka temperaturer samt sätta på ventilationen vid senare tillfällen då färre vistas i byggnaden (Ekstrand, 2022). Vidare läggs stor vikt i att alla medarbetare bör bidra på sitt sätt genom att ändra på beteendemönster som inte är hållbara avseende förbrukningen av el. Förslagsvis kan medarbetarna vara mer noggranna med att släcka lampor, stänga av datorer då de inte används och samma gällande andra apparater som drar el. Skulle specifika utrymmen upplevas extra kalla finns möjligheten att placera egna värmeaggregatet för att uppfylla sina egna behov på temperatur. Dock rekommenderas inte detta då det går på bekostnad av ventilationen som då kommer arbeta kraftigare för att kyla ned samma utrymme.

### **4.2.2 Intervju med drifttekniker på GU samt statistik**

En intervju med David Blomgren hölls för att få en större förståelse för åtgärder som vidtagits vid GU. Blomgren arbetar som drifttekniker på Akademiska Hus och mer specifikt på Medicinarberget vid Sahlgrenska sjukhuset. Han arbetar som tekniker för fastigheten och hjälper till med alla typer av installationer för att bland annat kunna driva dem så energisnålt som möjligt. Blomgren har arbetat på Akademiska hus i 6 år och har mångårig erfarenheten av att arbeta med just ventilation.

Enligt Blomgren arbetar de ständigt med att energieffektivisera då det finns krav som bör uppfyllas i respektive rum. De åtgärder som vidtagits är framförallt kopplade till temperatur och ventilation men också belysning. Gällande ventilation har drifttimmarna minskat på eftermiddagen och morgonen då det oftast inte vistas lika många i byggnaden och ventilationen i stort sett bara blåser in onödig luft som endast kostar pengar. Blomgren menar också att de flesta ventilationssystem är närvarostyrda vilket också minskar risken för att ventilationen är igång i onödan. Detta är däremot inte installerat i alla rum utan det finns fortfarande utrymmen där ventilationen sen tidigare är dimensionerad för ett visst antal personer. Detta är inte lika vanligt men uppkommer, vilket också resulterar i att luftflödena är för stora när det inte vistas lika stort antal personer som det från början var tänkt. Lösningen för detta är möjligen att dela upp dessa större utrymmen i mindre ytor, detta för att minska risken för att större luftflöden är igång i onödan, alternativt ha närvarostyrda luftflöden. Blomgren menar också att det är fördelaktigt att sitta fler i de utrymmen som finns. Detta i syfte att möjliggöra avstängning av ventilationen i andra utrymmen, dvs inte sitta spritt i en byggnad.

Gällande temperatur berättar Blomgren att de sänkt tilluftens temperatur någon grad och sedan väljer att värma upp via radiatorer istället, vilket är vanligt då det är bättre för arbetsmiljön men också ett billigare alternativ. I större salar har de alltså lite kallare temperaturer på ca 18 °C på tilluften. Vanligtvis ligger inomhustemperaturen vid större salar på ca 22 °C, vilket Blomgren sänkts till ca 20–21 °C. På sommaren arbetar de också med solavskärmning i syfte att minska behovet av kylning inomhus. Även temperaturen på vatten har sänkts i vissa delar av GU som inte är i samma behov av varmvatten som andra delar. Blomgren menar att de lägger stor vikt i att lyssna på brukarnas feedback och kritik avseende alla typer av justeringar, dvs. skulle de uppleva att det är för kallt justeras temperaturerna tillbaka till det ursprungliga. Allt handlar om att testa sig fram och försöka ligga i framkant med idéer och förslag på energieffektiviseringar som är möjliga och eventuellt kan bli mycket effektiva.

Den sista åtgärden som enligt Blomgren är en betydande småjustering är belysningen i byggnaden. Dessa har justerats i syfte att inte vara driftsatta i onödan, dvs när ingen vistas i utrymmet. I vanliga fall kan vissa ytor såsom korridorer och entréer vara tända dygnet runt vilket nu justerats till att de istället stängs av och tänds manuellt vid behov under tider på dygnet där färre är i behov av belysningen. Blomgren menar att en del av åtgärden som vidtagits just med anledning av de höga elpriser är att de fortskrider vissa energieffektiviseringar som var menade att utföras vid ett senare tillfälle. En av dessa åtgärder är just kopplat till belysning där det redan nu bytts ut i vissa ytor istället för att invänta en större renovering eller att något eventuellt skulle bli trasigt innan utbyte. Blomgren berättade om ett tillfälle där de bytte ut 20 befintliga belysningar i en reception till mer energisnåla alternativ såsom 6 LED-lampor. Detta menar han drog ned på kostnaderna betydligt i längden trots att det är en relativ liten justering.

Blomgren förklarade även att det görs mätningar kontinuerligt avseende luftkvalitet och temperatur. Den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) är något som kontrolleras systematiskt för att se till att det stämmer överens med vad som är tänkt. De gör däremot inga större mätningar avseende fukt eller koldioxidhalt då detta inte är aktuellt såvida inte klagomål uppstår som skulle kunna vara kopplat till just dessa parametrar. Eventuella partikelmätningar kan bli aktuella för att veta hur pass grova filter som krävs men överlag mäts det inte som en del av kontrollen.

Vidare förklarade Blomgren att det inte uppstått fler klagomål än vanligt efter de justeringar som gjorts. Han menar att människor har en större förståelse för omvärldens omständigheter avseende elpriser och konsumtionen av el, vilket gör dem mer accepterande till läget. Energieffektivisering är också mycket intressant för många och inte minst privatpersoner som själva försöker göra detta hemma genom att vara så energisnåla som möjligt. Därför blir också många nyfikna på de åtgärder som vidtagits istället för att ställa större krav och klaga. Som tidigare nämnt har universitetet också informerat brukarna om de åtgärder som kommer vidtas vilket också bidrar till att de flesta redan är förberedda på eventuella justeringar. Blomgren menar också att folk redan hemma har förberett sig avseende exempelvis kallare temperaturer, dvs klär på sig ett extra lager med kläder vilket gör att de justeringar som görs i skolan inte blivit lika uppenbara avseende arbetsmiljön. Blomgren fortsätter med att beskriva hur Covid

också bidragit till att färre sitter i skolan och istället har möjligheten att arbeta på distans vilket mest sannolikt också bidragit till en mindre förbrukning.

Blomgren menar också att de är mer noggranna idag med valet kring att antingen köpa exempelvis kylare eller producera detta själva. Detta avser även exempelvis varmvatten. Beslutet är olika beroende på behoven samt skillnaderna i kostnad. Detta är något som Blomgren menar att de blivit mer noggranna med och inte minst nu när priserna skiftar från dag till dag.

Vidare delade Blomgren med sig av en del statistik på fördelningen av elförbrukningen samt hur det sett ut över tid för delar av universitetet, se nedan:

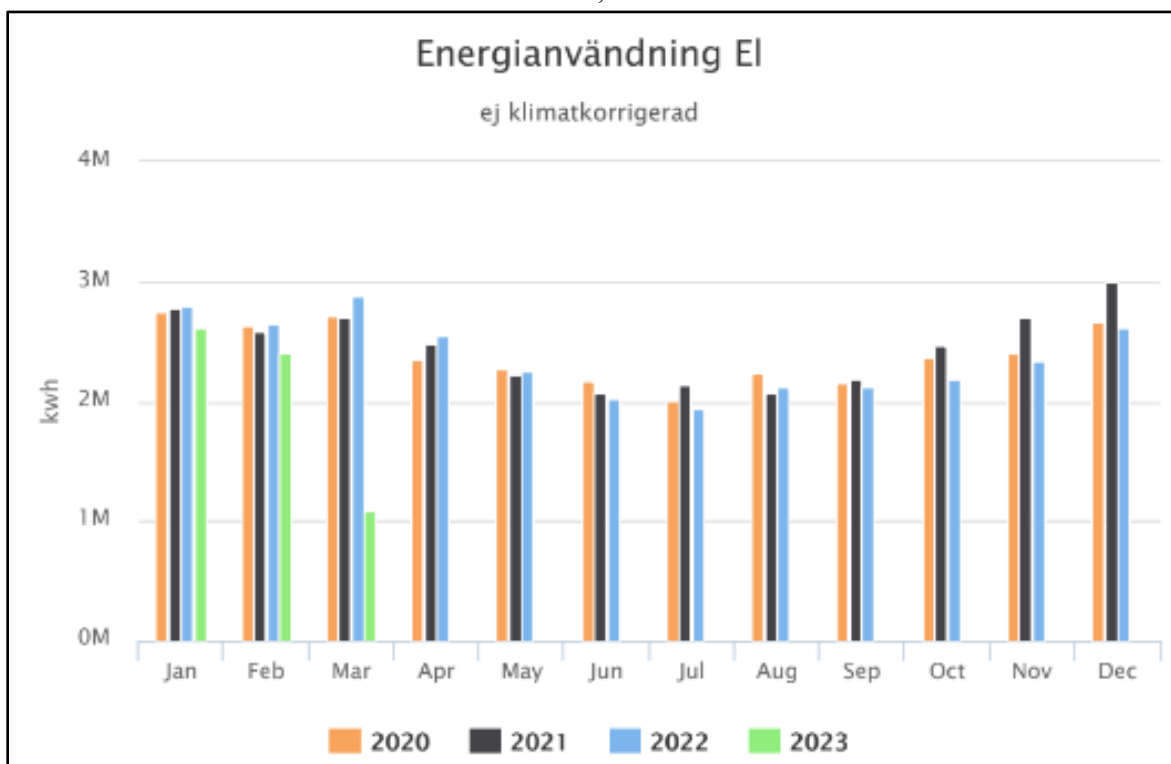


Diagram 15: Visar elanvändningen år 2020–2023 i kWh för respektive månad på GU (Blomgren, 2023).

Genom att endast läsa av diagram 14 syns det att den blåa stapeln dvs elförbrukningen för år 2022 börjar sjunka och ligger relativt lågt under vintermånaderna i jämförelse med resten av staplarna. År 2021 (svart) ligger elförbrukningen däremot relativt högt under vintermånaderna. De gröna staplarna visar elförbrukningen under år 2023 vilket går att läsa av som lägst hittills i jämförelse med resterande år (alltså mitten på mars månad).

### 4.2.3 Elevernas upplevelse av inneklimatet på skolan

För att få en förståelse för elevernas upplevelse av inneklimatet och rådande justeringar har enkäter delats ut och de viktigaste resultaten presenteras i följande diagram 16–22. Enkäterna delades ut på Göteborgs Universitet och mer specifikt Campus Rosenlund. Där delades enkäter ut till ca 30 personer varav 8 av dem besvarade enkäten. Följande enkäter är formade enligt AFRY:s arbetssätt varav delar av den modifierats till arbetets relevans.

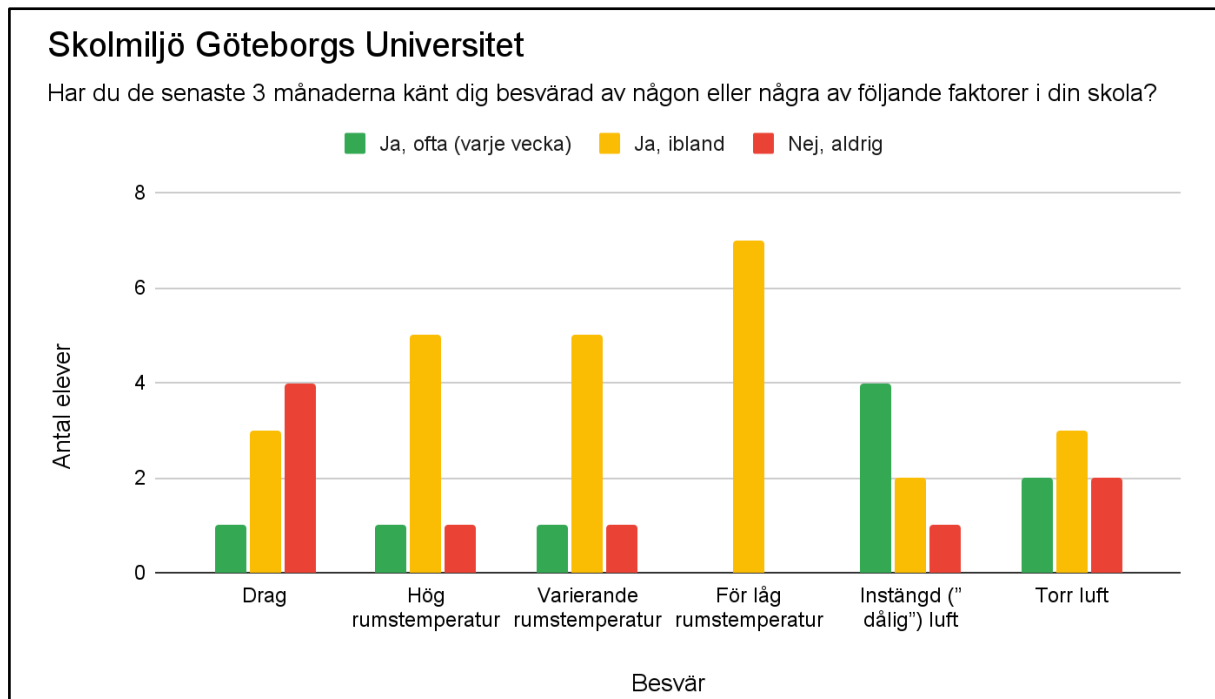


Diagram 16: Visar antalet elever som besväras av respektive faktor.

## Nuvarande besvär

Har du under de senaste 3 månaderna haft något/några av nedanstående besvär/symtom?



Diagram 17: Visar om eleverna upplevt respektive besvär inom de senaste 3 månaderna.

Om Ja, tror du att detta beror på din skolmiljö?

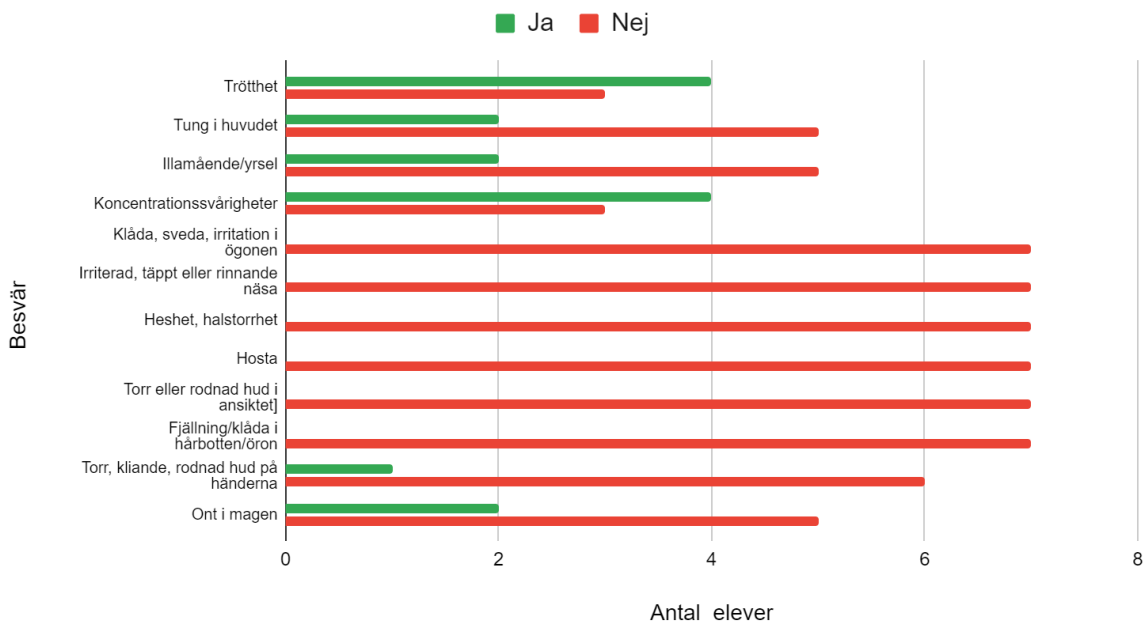


Diagram 18: Visar om eleverna anser att besvären är relaterade till skolmiljön.

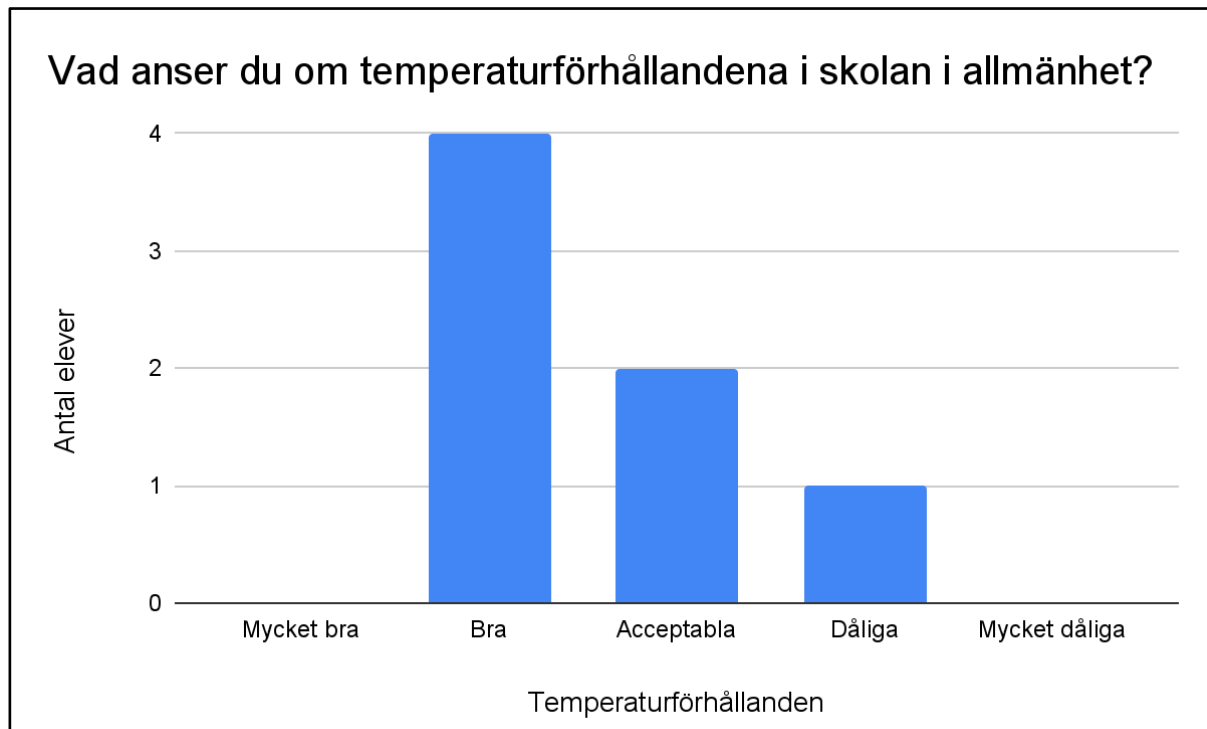


Diagram 19: Visar hur eleverna upplever temperaturförhållandena i skolan.

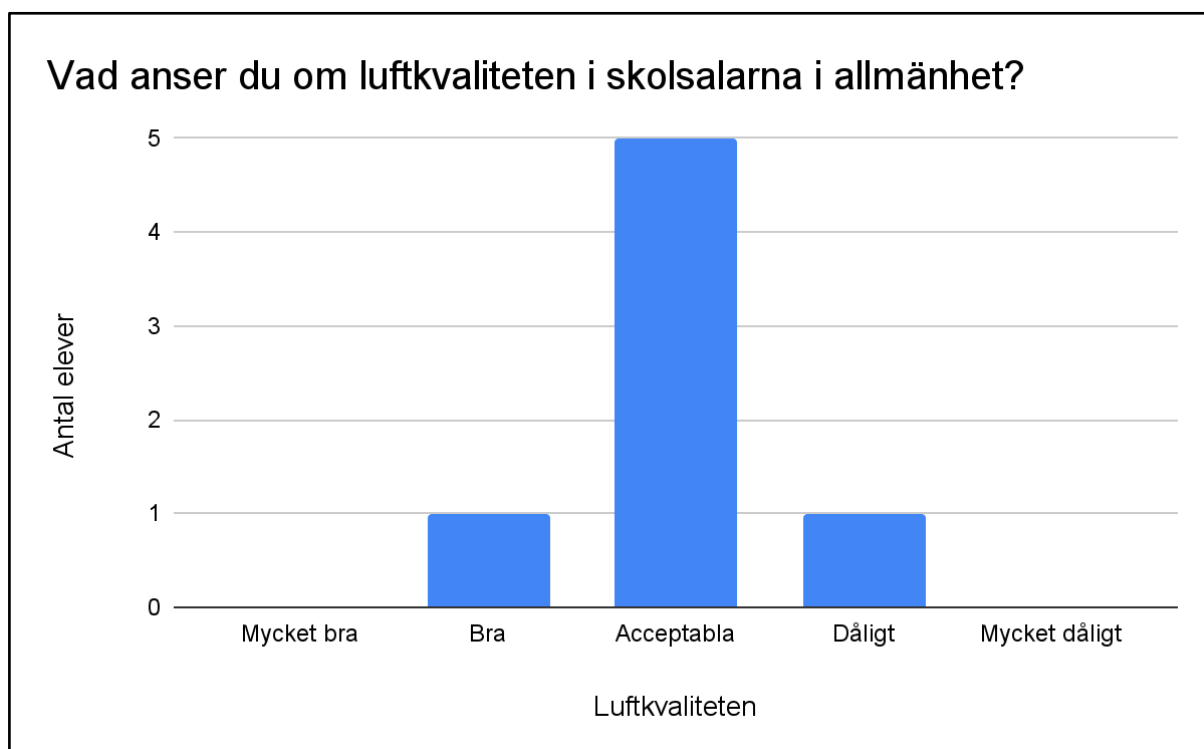


Diagram 20: Visar hur eleverna upplever luftkvaliteten i skolan.

Anser du att inomhusklimatet i skolan påverkar dina skolprestationer?

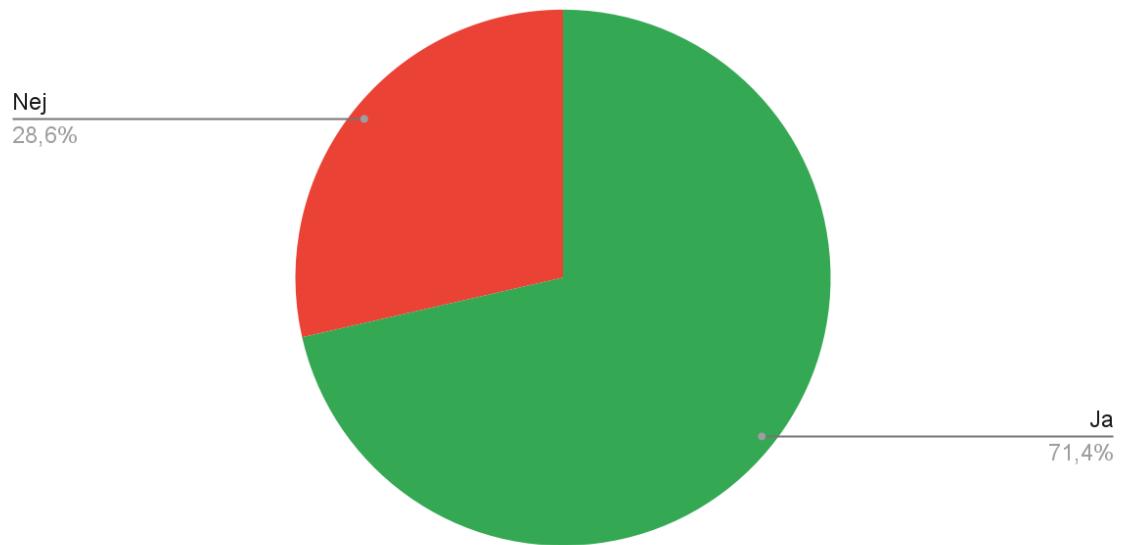


Diagram 21: Visar antalet elever (%) som anser att inomhusklimatet påverkar skolprestationerna.

Har du upplevt att inneklimatet förändrats sedan elpriserna steg (dvs senaste månaderna)?

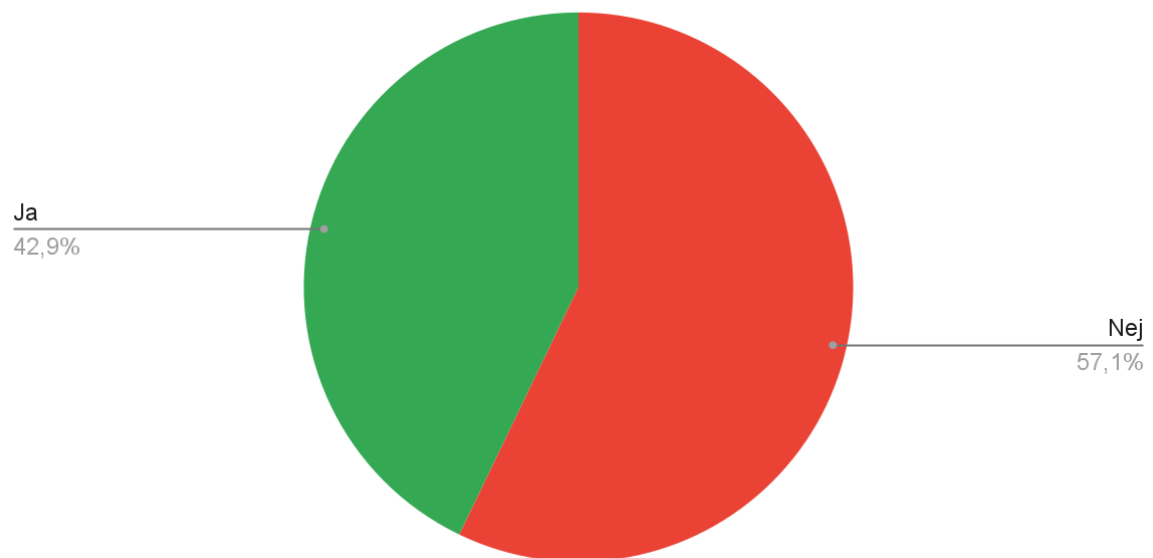


Diagram 22: Visar antalet elever (%) som anser att inneklimatet förändras sedan elpriserna började stiga.

## 4.3 Undersökning av Fridaskolan i Göteborg

Nästa skola som undersökts är Fridaskolan där vi liksom för Göteborgs Universitet har intervjuat en drifttekniker på skolan samt delat ut enkäter till elever i årskurs 9 på grundskolan.

### 4.3.1 Energibesparingsåtgärder som gjorts enligt drifttekniker

För att ta reda på Fridaskolans energieffektiviseringar har Martin Coffey intervjuats. Coffey är fastighetstekniker/drifttekniker på MBA fastighetservice där han bland annat är ansvarig för driften av Fridaskolan. Coffey menar att all energieffektivisering som har gjorts och planeras att göras framöver redan framförts av fastighetskoncernen Samhällsbyggnadsbolaget (SBB) och kommer att nå alla som berörs.

SBB kom ut med att de skulle vidta åtgärder för att minska förbrukningen av el genom att sänka temperaturer och ventilationsflöden. SBB framför detta i syfte att förvarna hyresgästerna innan de väljer att felanmäla något som de redan är förberedda på. Vidare uppmanar SBB alla hyresgäster att vara extra vaksamma med att inte låta eldriven utrustning drivas i onödan, de uppmanar även hyresgästerna att under varmare förhållanden sänka temperaturen på radiatorer och alltså inte exempelvis öppna fönstret i syfte att vädra ut värmen. Gällande ventilation meddelar SBB att dessa kommer att sättas igång på "låg fart" under timmar på dagen där färre vistas i byggnaden och detta genom schemalagda tidkanaler. För Fridaskolan blir detta innan skolstart, dvs kl. 07:00 och när eleverna slutat för dagen, dvs runt kl. 16:00. Ventilationens luftflöden kommer att sänkas och tilluften under vintertid kommer att ha en temperatur på ca 15–16 °C. Gällande temperaturen i byggnaderna kommer de enligt SBB sänkas med ca 3–5 °C. Vidare belyser SBB att alla ventiler bör kontrolleras så att de inte läcker, vilket kan vara en energitjuv.

Under intervjun med Coffey bekräftar han det mesta som SBB redan planerat att utföra. Den största utmaningen enligt Coffey var värmesänkningen i byggnaderna både avseende ventilationen men också överlag. De har testat att sänka temperaturen i ventilationen på halvfart enligt Coffey och han förklarar sedan att detta innebär att luftflödet ökar successivt i början på skoldagen istället för att ställa in sig högt direkt kl. 08:00 när skoleleverna befinner sig i skolan. Coffey fortsätter med att Fridaskolan (grundskolan) har relativt gamla byggnader och därmed kan det trots renoveringar och utbyten av ventilationssystem fortfarande finnas befintliga system som är äldre. Dessa är enligt honom inte närvarostyrda vilket gör dem sämre än resterande rum avseende energikonsumtionen i skolan. Skolan har alltså byggts på med åren och målet är att alla ventilationssystem är av typen VAV-system.

Temperaturen i skolan bör enligt Coffey ligga på minst 20–21°C, vilket de också sänkt med hänsyn till rekommendationerna från SBB. Därefter har Coffey och hans kollegor successivt sänkt temperaturen ytterligare och inväntat eventuella klagomål, dvs felanmälningar avseende ett kallare inomhusklimat. Coffey menar också att det ibland uppstår felanmälningar som egentligen inte är direkt kopplade till systemet utan att ventilationsdonen istället ligger på icke-strategiska platser. Exempelvis fick Coffey in ett ärende avseende en person som upplevde inneklimatet kallt men sedan visade det sig att personen satt under ett tilluftsdon vilket resulterade i att den personen upplevde det extra kallt.

Vidare förklarar Coffey att belysningen i skolan också justerats och att det numera går på tidkanaler under vissa timmar på dygnet såsom morgnar och eftermiddagar. Det stängs alltså av men går fortfarande att sätta på manuellt för den som befinner sig där. Vidare förklarar Coffey att det finns planer på att successivt byta ut den befintliga belysningen till mer energisnåla alternativ såsom LED-lampor. Däremot nämner Coffey att utrymmen som entréer och korridorer fortsätter att vara närvarostyrda dygnet runt då detta bidrar till trygghetskänslan i byggnaden under mörka timmar på dygnet.

Coffey menar att det inte uppstått mycket klagomål på skolan sedan de justerat ventilation, temperatur och belysning. Han menar att de flesta brukarna var förberedda på justeringarna och förstående till situationen. Skulle det uppstå klagomål får det bli en kompromiss mellan brukare och fastighetsägare, säger Coffey. De vanligaste klagomålen som uppstår är i större salar enligt Coffey. Han menar att dessa salar ofta har större personlast och av den anledningen bör ventilationen snabbt komma upp i högre flöden vilket det i nuläget inte gör och resulterar i felanmälningar. Enligt Coffey finns det mycket som går att göra i syfte att minska förbrukningen. Han menar att det tidigare varit ett mycket lägre pris på elen vilket resulterat i att exempelvis onödigt höga luftflöden och temperaturer inte blev betydelsefulla då elen från början var prisvärd. Numera är brukare av byggnader vaksamma med sin förbrukning och det uppkommer fler och fler förslag på energibesparingar som eventuellt kan tillämpas.

Via SBB har statistik över energiförbrukningen kunnat analyseras. Nedan presenteras ett av dessa diagram (23) som framförts för de senaste 5 åren.

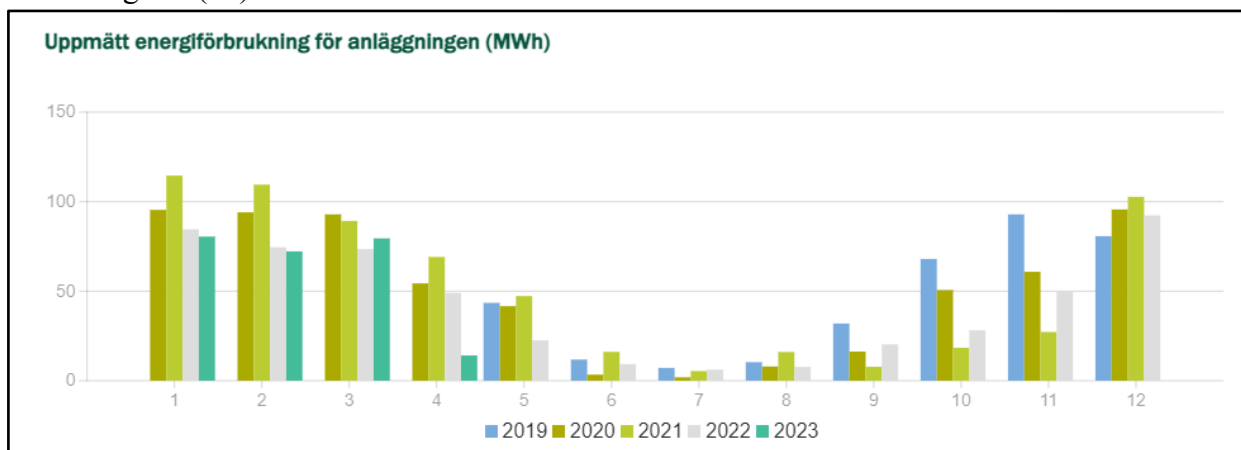


Diagram 23: Visar energiförbrukningen i MWh för Fridaskolan mellan år 2019–2023 (Coffey,2023).

Genom avläsning kan det tydas att år 2019 hade i genomsnitt högst energiförbrukningen avseende vintermånaderna, alltså september till december (x-axeln). Dock fanns ingen statistik gällande energiförbrukning för år 2019 mellan januari-april. Det går också att avläsas att år 2021 hade högst genomsnittlig energiförbrukning månaderna januari–juni.

### 4.3.2 Elevernas upplevelse av inneklimatet på skolan

Nedan presenteras enkätsvaren från eleverna på Fridaskolan. Enkäterna delades ut till 48 elever i årskurs 9 varav alla svarade, se resultatet i följande diagram 24–31.

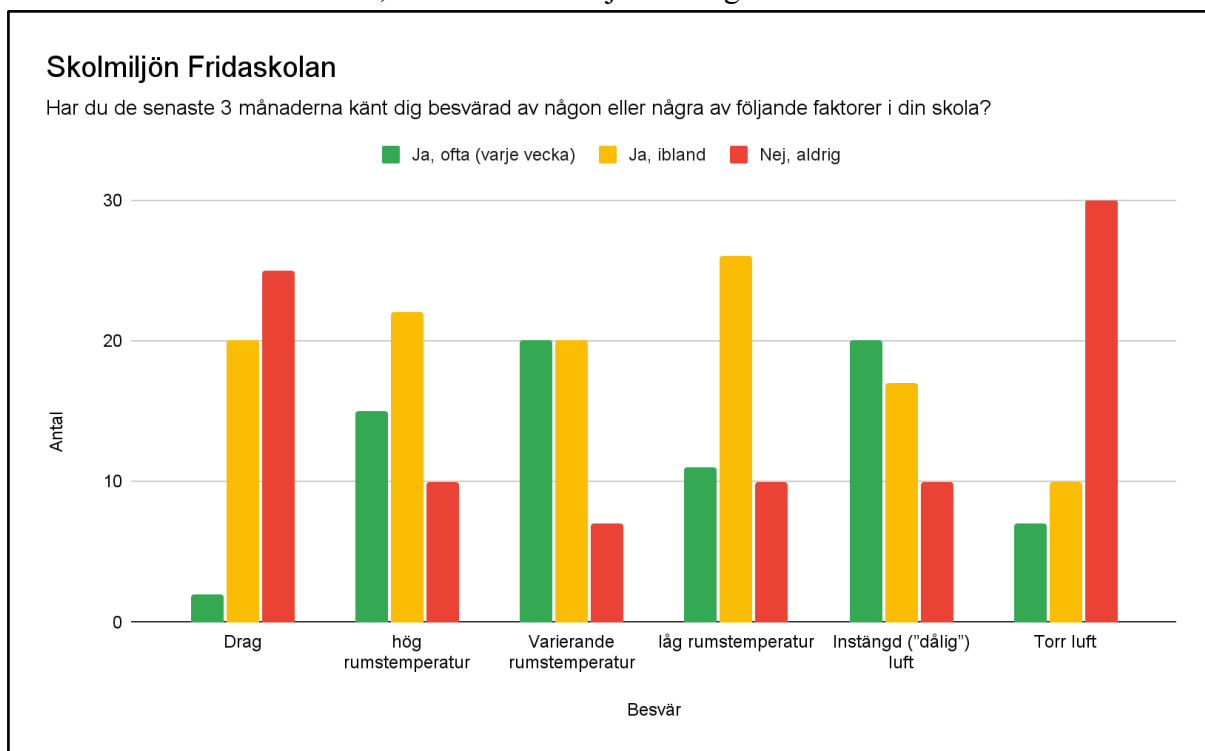


Diagram 24: Visar antalet elever som besväras av respektive faktor.

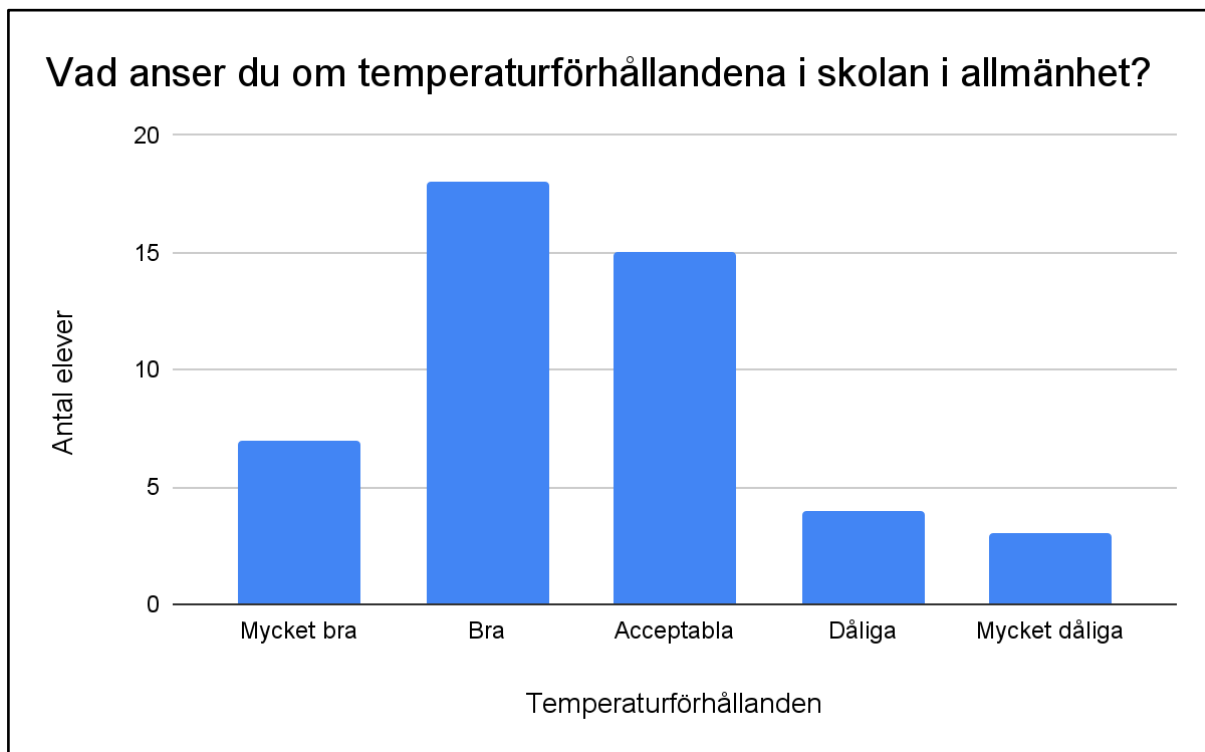


Diagram 25: Visar hur eleverna upplever temperaturförhållandena i skolan.

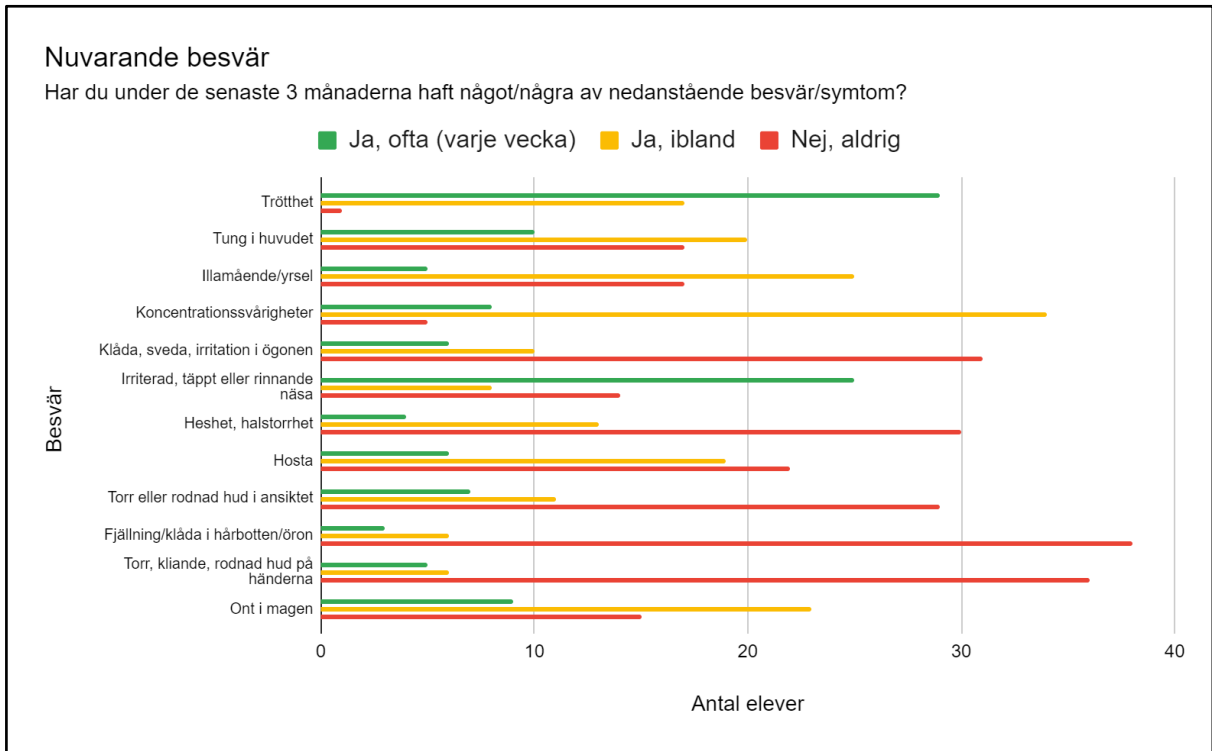


Diagram 26: Visar om eleverna upplevt respektive besvär inom de senaste 3 månaderna

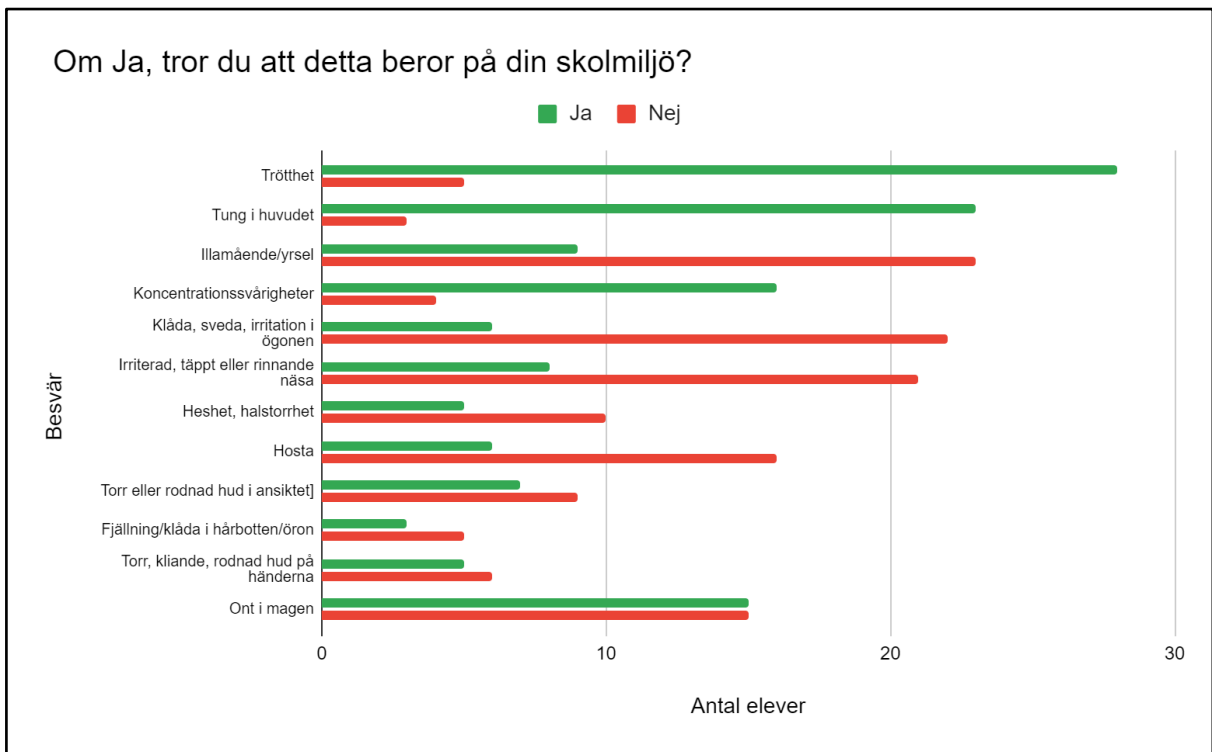


Diagram 27: Visar om eleverna anser att besvären är relaterade till skolmiljön.

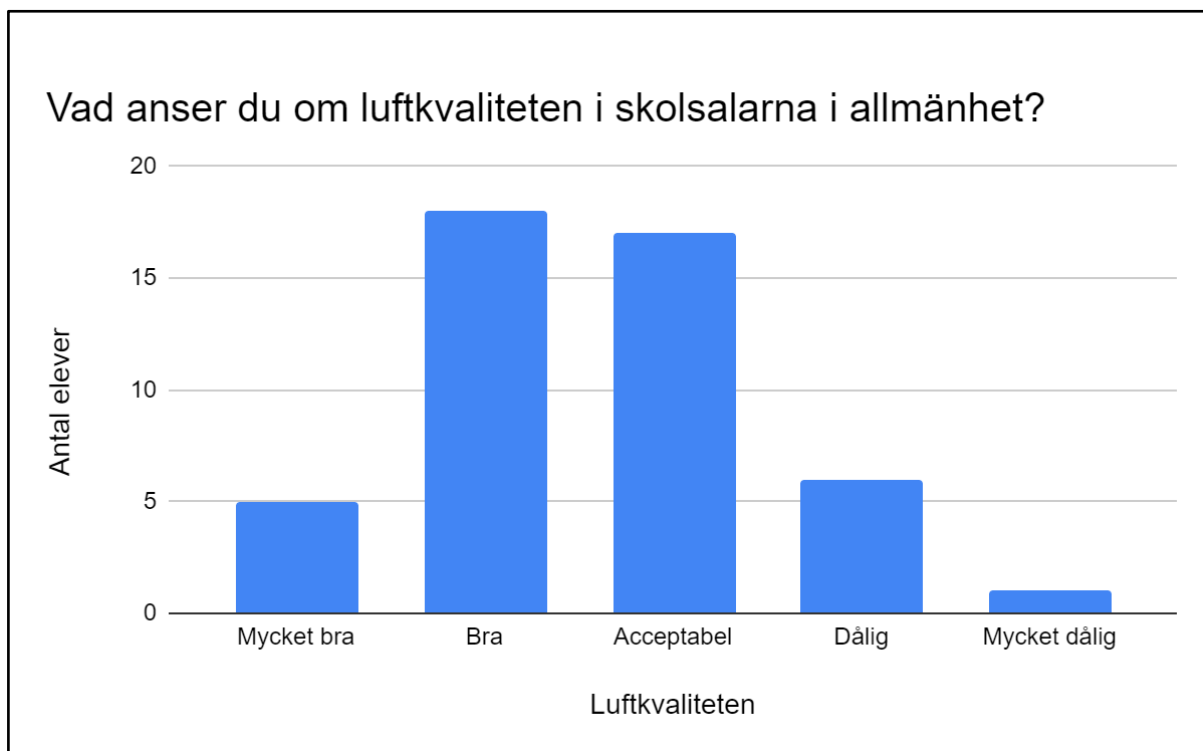


Diagram 28: Visar hur eleverna upplever luftkvaliteten i skolan.

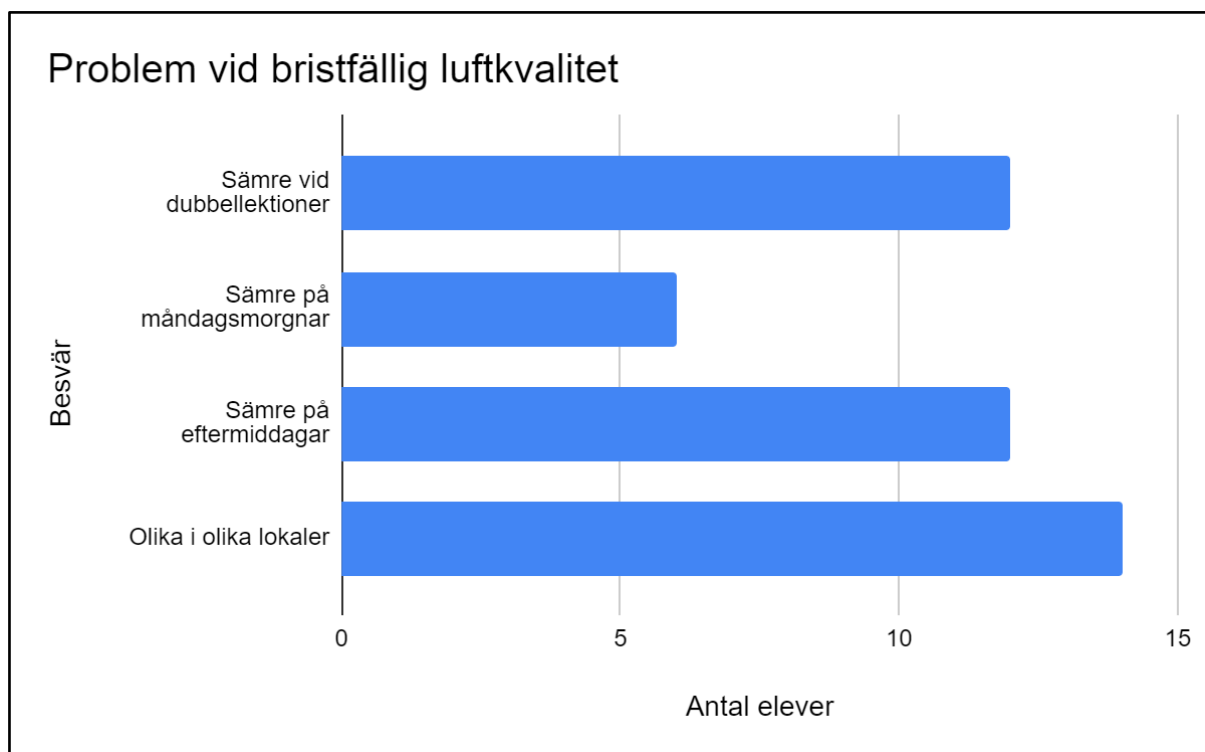


Diagram 29: Visar när eleverna anser bristfällig luftkvalité uppstår i skolan.

Anser du att inomhusklimatet i skolan påverkar dina skolprestationer?

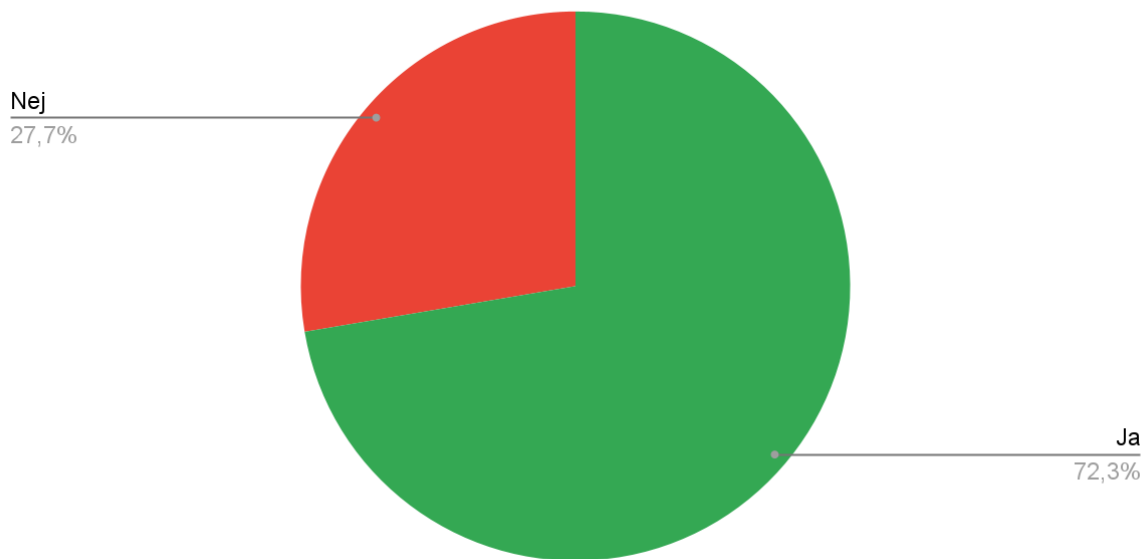


Diagram 30: Visar antalet elever (%) som anser att inomhusklimatet påverkar skolprestationerna.

Har du upplevt att inneklimatet förändrats sedan elpriserna steg (dvs senaste månaderna)?

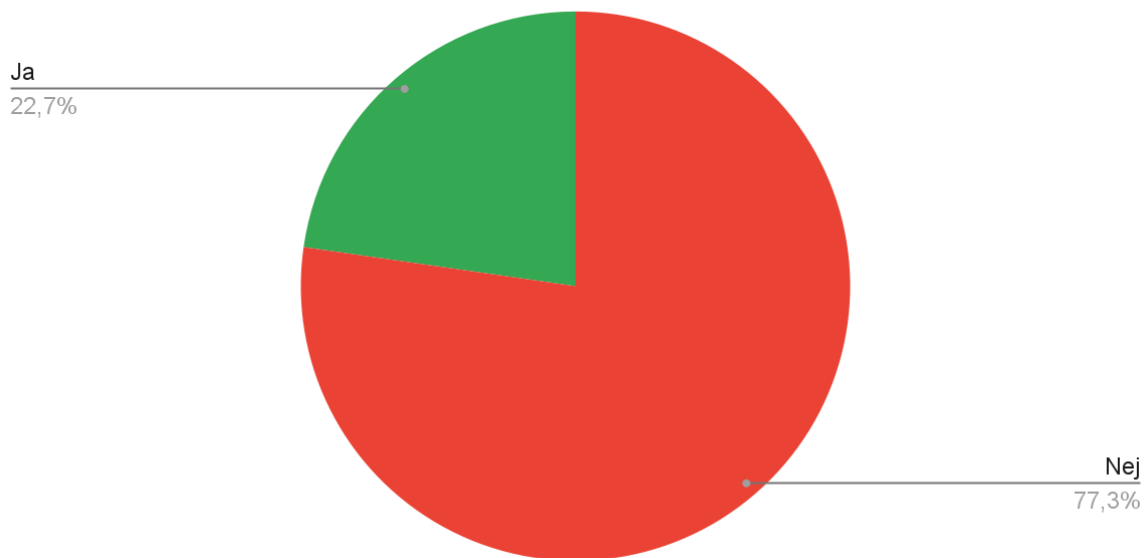


Diagram 31: Visar antalet elever (%) som anser att inneklimatet förändras sedan elpriserna började stiga.

## 4.4 Undersökning av Göteborg Energis kontor

Det tredje referensobjektet är Göteborg Energis kontor, där det utfördes intervjuer med både deras drifttekniker och fastighetsingenjör. För att få en tydligare bild över hur personalen upplever arbetsmiljön, har enkäter använts. Även statistik över elförbrukningen och kostnaden för åren 2019–2023 där respektive år jämförs med varandra kommer att framföras i detta avsnitt.

### 4.4.1 Intervju med drifttekniker och fastighetsingenjör

Så som alla andra är Göteborg Energi (GE) också drabbade av de höga elpriserna. Hösten år 2021 steg elpriset med nästan dubbelt så mycket menar fastighetsingenjören. I dagsläget kan det röra sig om kostnader över 100 000 kr/mån jämfört med början på år 2021 där månadskostnaden låg på ca 30 000–40 000 kr/mån. Dock var den årliga kostnaden för år 2022 lägre än för år 2019 och vad detta beror på är oklart säger fastighetsingenjören.

Trots detta har Göteborg Energi inte gjort stora justeringar, menar fastighetsingenjören. Varje månad gör fastighetsingenjören energirapporteringar som i dagsläget inte visar drastiska förändring i jämförelse med tidigare år. Detta beror på att byggnaden har ett så kallat närvarostyrt ventilationssystem (VAV-system). Detta system har en sensor som känner av när någon går förbi och därmed sätts igång. Av den anledningen har de inte sparat på mycket el avseende ventilation. Fastighetsingenjören menar att marginalen som varit lägre under pandemin har varit från andra utrustningar såsom diskmaskiner, datorskärmar, mikrovågsugnar osv. Vidare menar fastighetsingenjören att deras drifttekniker har förlängt närvarosensorerna för att ventilationen endast skall gå igång enbart när folk vistas i rummet under en längre period och inte på direkten. Med längre period menar de några få minuter. Enligt driftteknikern jobbar de alltid aktivt med energibesparing och därför inte gjort någon utmärkande åtgärd förutom att sänka temperaturen under vintertid och tillåta högre inomhustemperatur under sommartid.

Att förlänga närvarosensorer gjordes i syftet att undvika onödiga energiförluster om brukarna endast vistas där en kort stund. Efter pandemin har företaget behållit hybridformatet vilken ger personalen möjligheten att fortsätta arbeta ca 40% hemifrån och 60% på kontoret, dels för att det har fungerat väl men också ur miljösynpunkt menar fastighetsingenjören. Fastighetsingenjören nämner också att Göteborg Energi tillsammans med Atea är delaktiga i ett pågående projekt ”Smarta fastigheter” i uppdrag av Vinnova (forskning och utvecklingsfond) där de ska komma fram till hur deras huvudbyggnad kan energieffektiviseras på bästa möjliga sätt.

De har inte kunnat sammanställa några energieffektiviseringsåtgärder tekniskt. Fastighetsingenjören menar att byggnaden är relativt ny och stod klar år 2014. Därav är systemen moderna och smarta, vilket gör det svårt att ytterligare energieffektivisera på grund av att det mesta redan är genomtänkt dimensionerat från början. De uppmanar också till förändrade brukarbeteenden. Med det menar de att varje avdelning inte behöver sitta i respektive avdelning utan snarare fylla upp våning för våning i den mån det får plats och på det sättet dra ned på energikostnaden på våningar som inte behövs eller används. Denna eventuella

lösning ska i själva verket inte påverka ventilationsflödet på något sätt eftersom de uppmonterade ventilationsdonen är inställda efter antal arbetsplatser. Sedan har Göteborg Energi en givare i alla våningsplan som mäter temperaturen och fukten, på det sättet kan de kontrollera innemiljön. Diagram 32–35 visar GE:s årliga elförbrukning och kostnad för respektive år och fördelning över respektive månad.



Diagram 32: Ett diagram över elförbrukning i MWh för respektive månad under år 2019 och 2020 (Göteborg Energi, 2023).

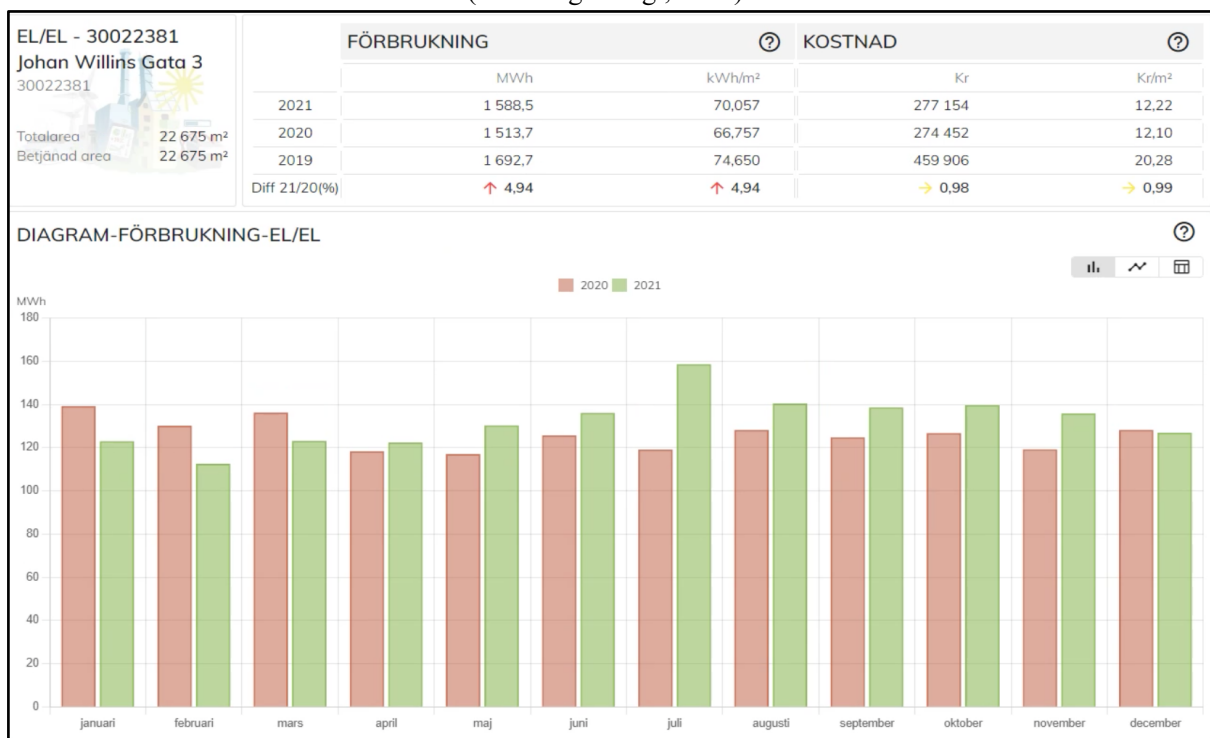


Diagram 33: Ett diagram över elförbrukning i MWh för år 2020 och 2021 (Göteborg Energi, 2023).



Diagram 34: Ett diagram över elförbrukning i MWh för år 2021 och 2022 (Göteborg Energi, 2023).

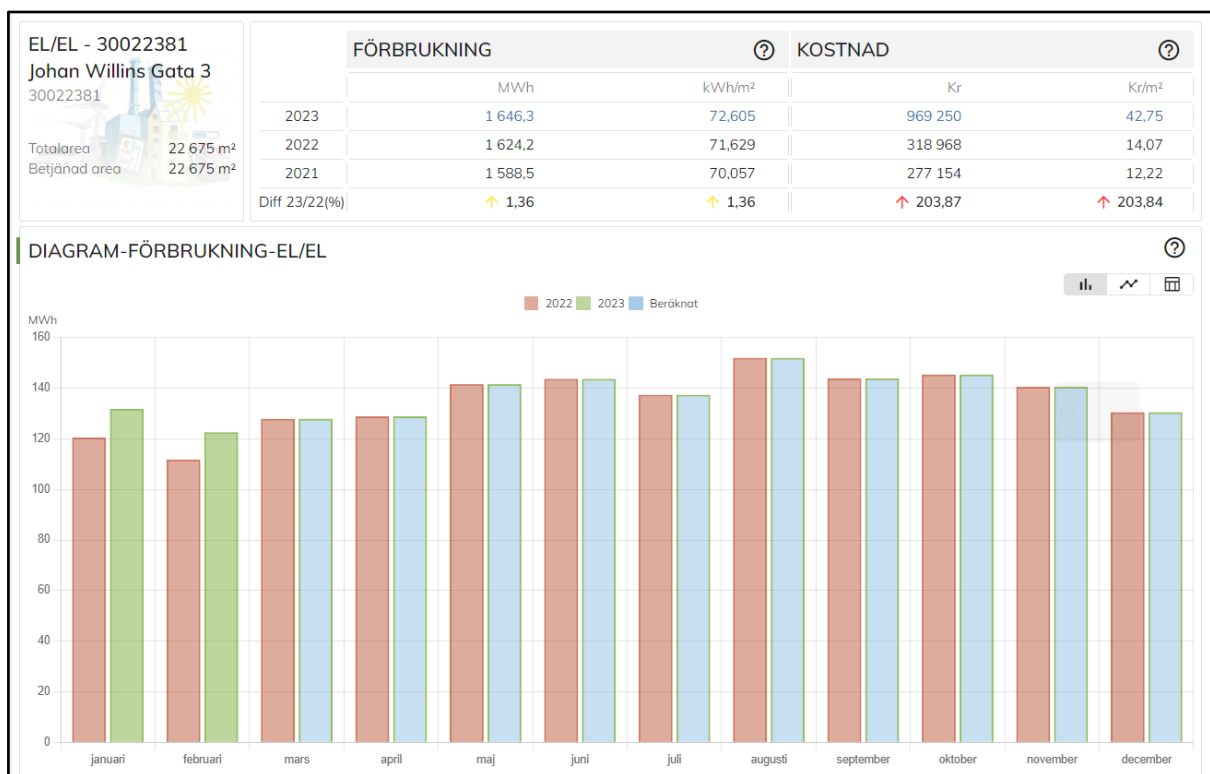


Diagram 35: Ett diagram över elförbrukning i MWh för respektive månad under år 2022 och en del av 2023 samt den beräknade användning för resterande månaderna under 2023 (Göteborg Energi, 2023).

Med hjälp av diagrammen ovan kan det avläsas, bortsett från år 2023, att det under år 2019 uppstod högst energiförbrukning samt medföljande kostnad. Elförbrukningen låg på ca 1692,7 MWh, motsvarande en kostnad på 459 906 kr. Sedan kan det avläsas att både elanvändning och kostnad minskas i jämförelse med 2019, framförallt år 2020 då energianvändning minskade med 179 MWh motsvarande 185 454 kr i kostnad. Detta kan bero på att Coronapandemin tog fart under det aktuella året och många arbetade hemifrån, därav en mindre elförbrukning på kontoret. Dock under år 2021 (1588,5 MWh) och 2022 (1624,2 MWh) var det en aning högre i respektive kategori i jämförelse med år 2020, men fortfarande lägre än för år 2019. Elanvändning under januari och februari år 2023 ligger på 254,4 MWh. Enligt diagram 35 ovan beräknas den årliga elförbrukningen och kostnaden vara högst under år 2023 med hela 1646,3 MWh och alltså en kostnad på 969 250 kr, vilket är en markant ökning avseende enbart årlig kostnad i jämförelse med övriga år. Trots att den beräknade elanvändningen för år 2023 är aningen lägre än för år 2019 är kostnaden dubbelt så stor.

## 4.4.2 Kontorsarbetarnas upplevelse av inneklimatet

Både fastighetsingenjören och driftteknikern var eniga om att det uppstått färre klagomål från personalen angående temperaturen i lokalerna, främst höst och tidig sommar. Fastighetsingenjören betonar individens olikheter och svårigheten i att tillfredsställa allas behov, därför hänvisas personalen till Arbetsmiljöverkets rekommendationer där 20-24°C (26°C sommartid) anses som lämpliga inomhustemperaturer. Dock kunde inte klagomålet baseras på eventuella förändringar på ventilationssystemet eftersom det i den aspekten inte vidtagit några drastiska åtgärder avseende energibesparing.

Diagram 36–42 nedan presenterar de anställdas upplevelse av inneklimatet på arbetsplatsen. Enkäten delades ut till ca 55 personer varav 14 personer svarade.

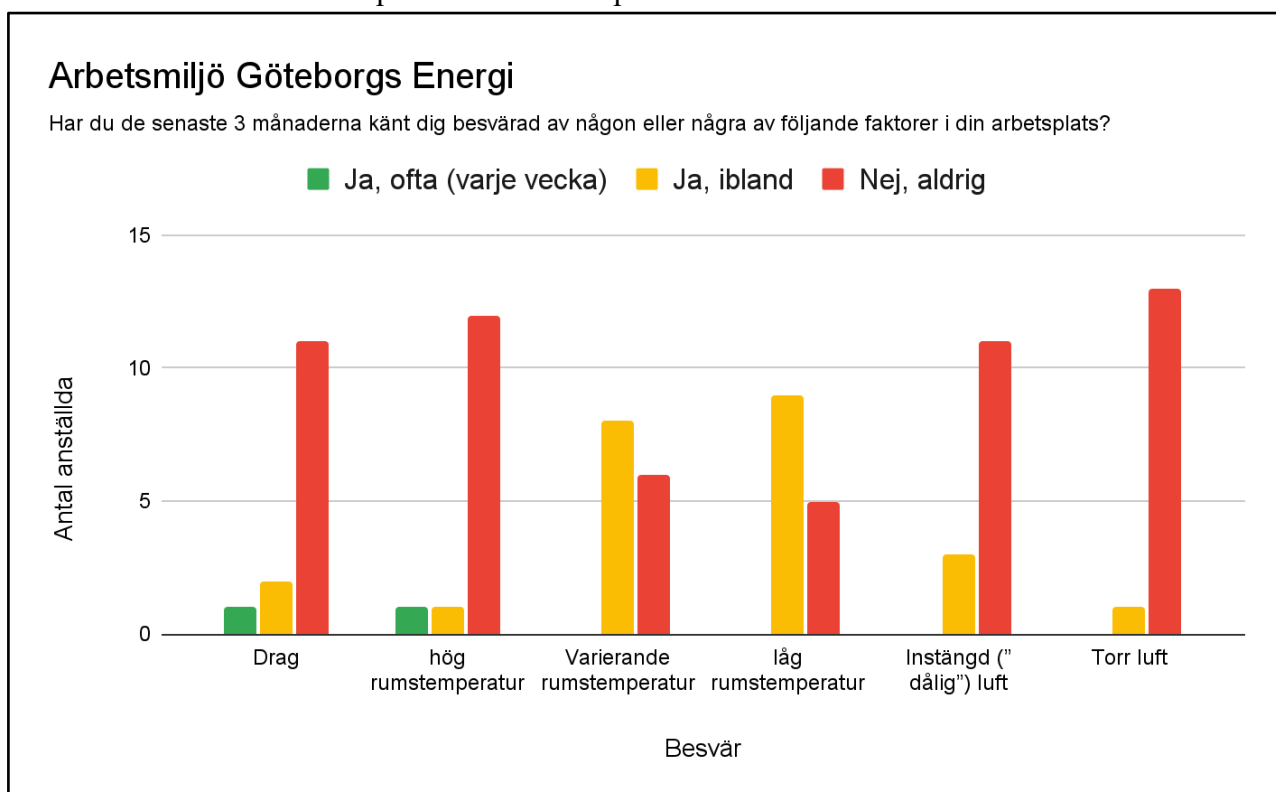


Diagram 36: Visar antalet anställda som besväras av respektive faktor.

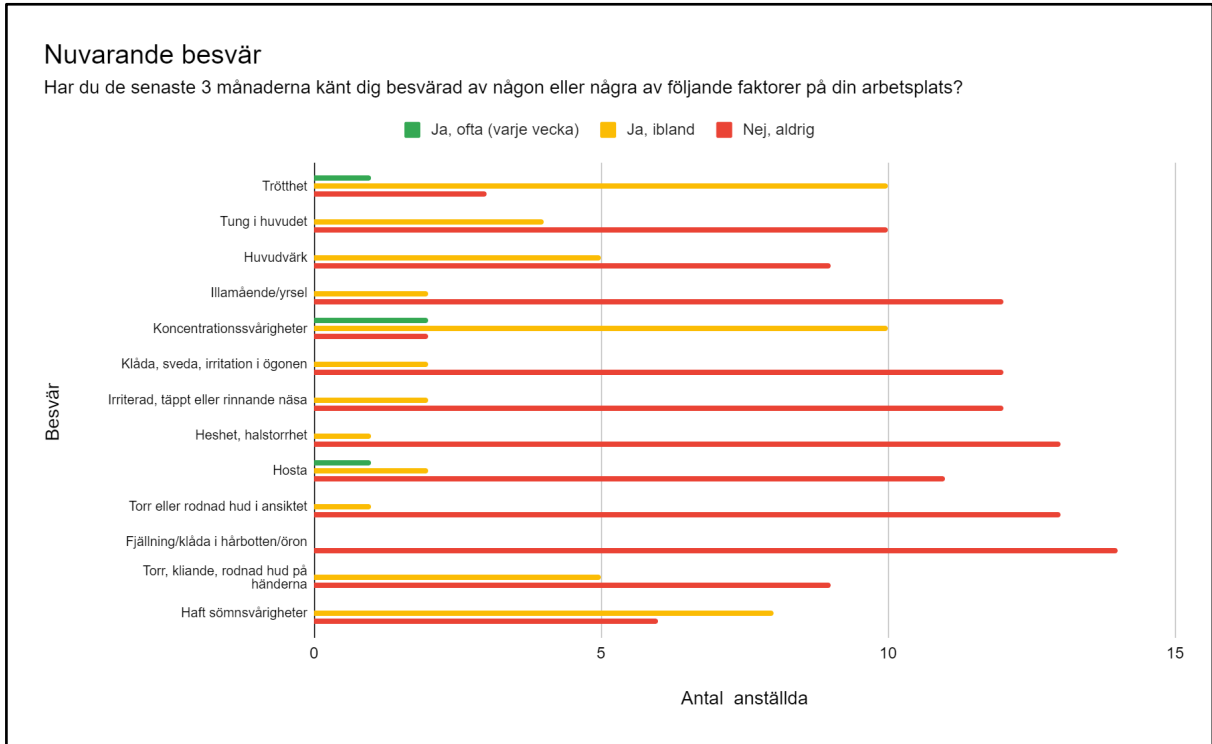


Diagram 37: Visar om anställda upplevt respektive besvär inom de senaste 3 månaderna.

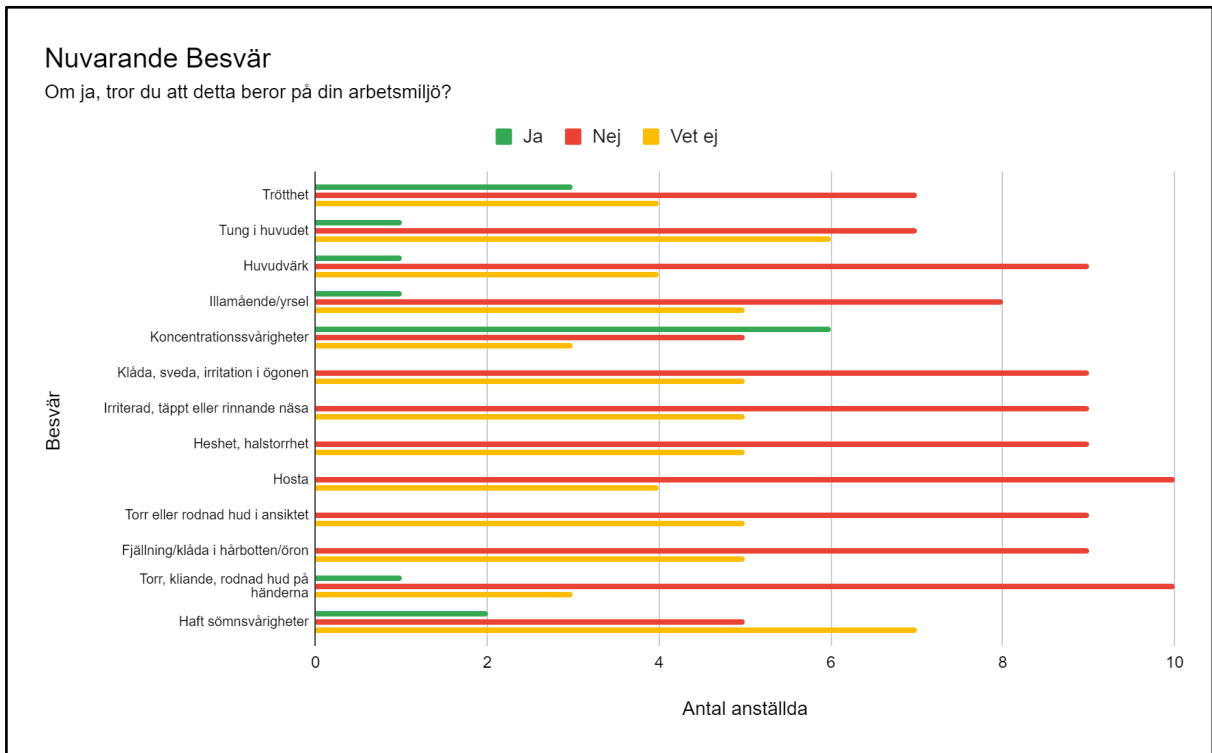


Diagram 38: Visar om anställda anser att besvären är relaterade till arbetsmiljön.

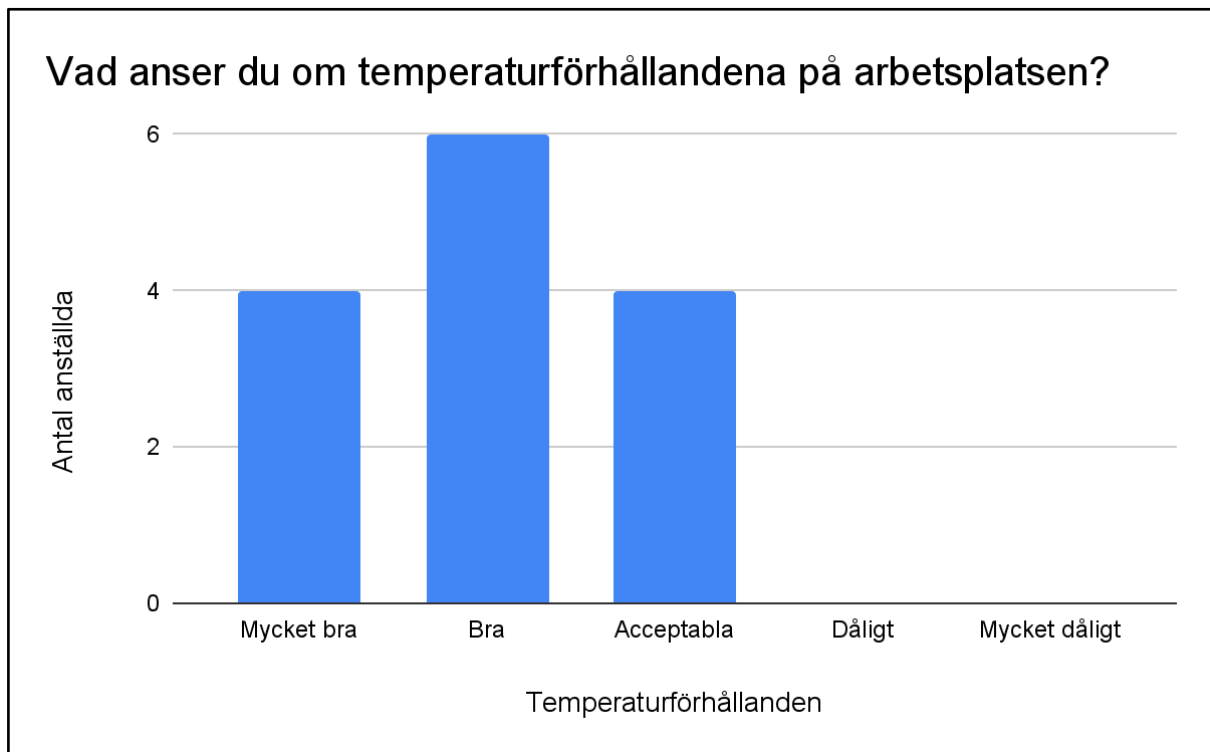


Diagram 39: Visar hur anställda upplever temperaturförhållandena på arbetsplatsen.

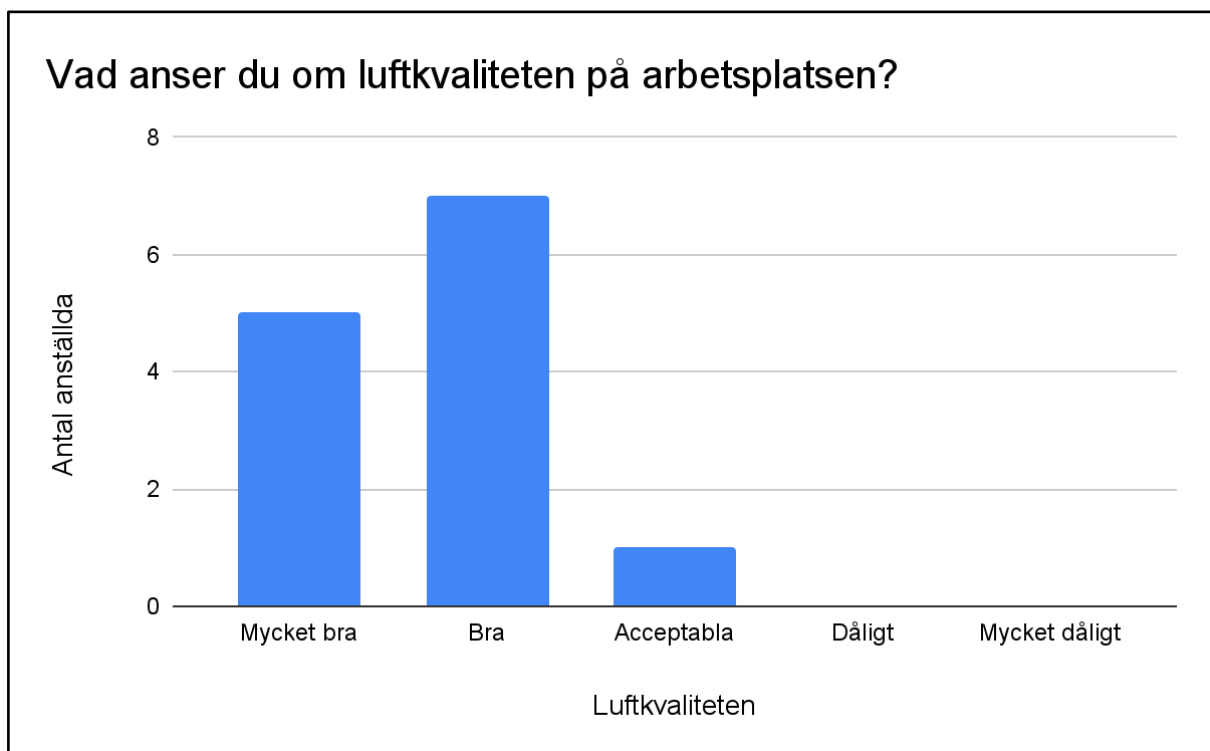


Diagram 40: Visar hur anställda upplever luftkvaliteten på arbetsplatsen.

Anser du att den fysiska arbetsmiljön påverkar dina möjligheter att göra ett bra jobb?

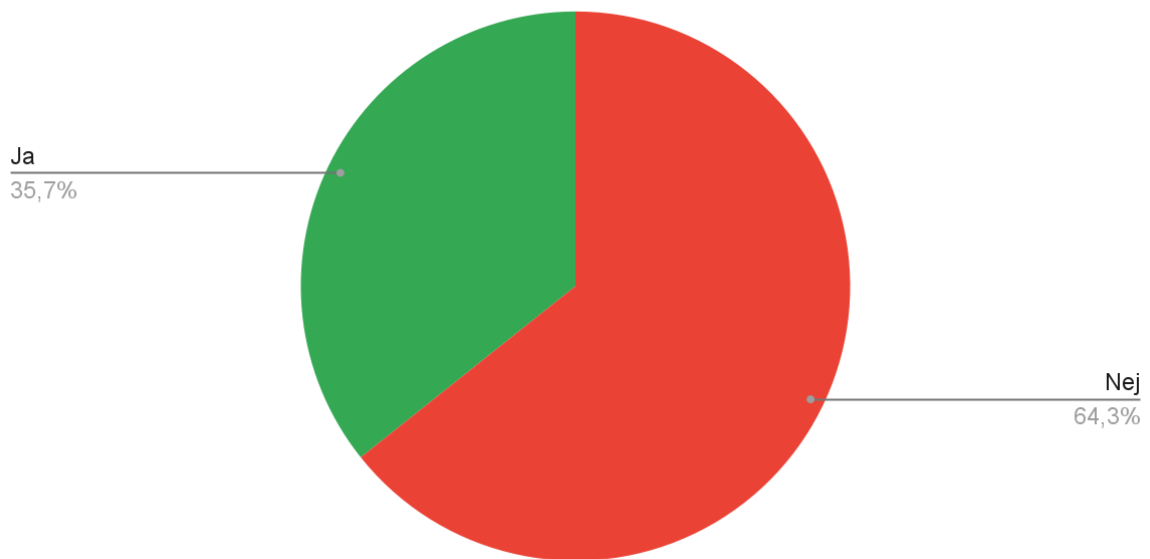


Diagram 41: Visar antalet anställda (%) som anser att inomhusklimatet påverkar arbetsprestationerna.

Har du upplevt att inneklimatet förändrats sedan elpriserna steg?

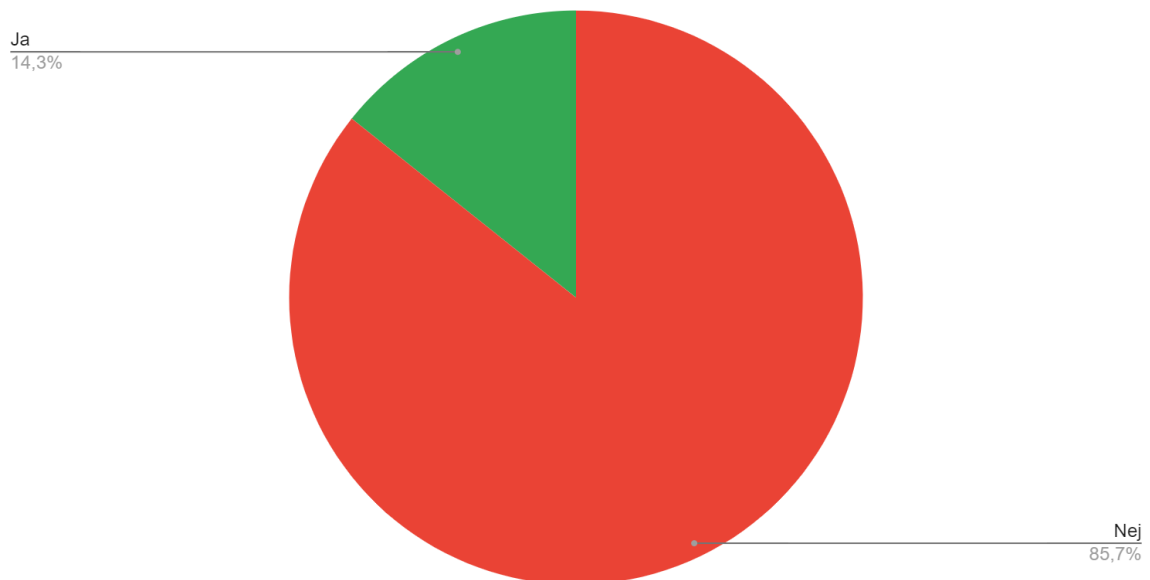


Diagram 42: Visar antalet anställda (%) som anser att inneklimatet förändras sedan elpriserna började stiga.

## 5. Diskussion

Genom att studera resultaten av både intervjuer och enkäter går det att konstatera att verksamheterna vidtagit liknande åtgärder gällande energiförbrukning. Sammanfattningsvis har respektive verksamhet successivt sänkt ventilationsflöden genom att implementera tidkanaler via VAV-system eller så kallade närvarostyrda ventilationssystem. Gällande tilluften har temperaturen sänkts och verksamheterna prioriterar uppvärmning via radiatorer, vilket har visat sig vara mer energisnålt. Därefter har temperaturen sänkts 1–3 °C och lägst legat på ca 20 °C för alla aktuella verksamheter i studien. Under samtliga intervjuer tillsammans med driftteknikerna var svaren mycket lika varpå alla betonade vikten i att kontinuerligt stämna av plötsliga justeringar med brukarna. Vidare hade alla tre verksamheter också vidtagit åtgärder avseende andra komponenter såsom belysning och annan eldriven utrustning. Närvarosensorer på belysningen blev numera manuellt styrda under tider då färre vistas i byggnaden.

Under resultaten kan samtliga verksamheters årliga elförbrukning studeras varpå energiförbrukningen på senare år minskat i allmänhet. Detta går att tolka på olika sätt eftersom statistiken varken visar antalet brukare som vistats i byggnaden respektive år samt huruvida det var en kall vinter eller inte, vilket båda är betydande för resultatet. Statistiken som presenteras avser åren 2019–2023, vilket också inkluderar en global pandemi och kan ha påverkat data som erhållits. Under intervjuerna med drifttekniker togs denna diskussion upp ett antal gånger. Detta då det inte går att dra slutsatser kring huruvida energiförbrukningen minskat till följd av beteendeändringar och justeringar eller om det beror på kvarvarande vanor avseende Coronapandemin. Mer specifikt öppnade pandemin möjligheten att arbeta på distans/hybridform vilket avbelastat elektrisk utrustning på plats och minskat den årligt genomsnittliga data som presenteras av respektive verksamheten.

Gällande enkäter uppstod flest klagomål avseende inomhustemperaturen men även symtom såsom trötthet och koncentrationssvårigheter var vanligt för samtliga. Fridaskolan hade flertalet elever som dessutom upplevde en irriterad, täppt och rinnande näsa vilket kan tyda på torr luft i skolan. Däremot var svaren för klagomål avseende just “luftkvalitet” i enkäten relativt låg, vilket kan tyda på att dessa elever eventuellt inte har kunskap om att symtom såsom irritation i näsan kan bero på en bristfällig luftkvalitet. Vidare analyserades svaren kring huruvida de ansåg att det aktuella inneklimatet stod till grund för de besvär som upplevts, varpå majoriteten av eleverna på Fridaskolan ansåg att detta var fallet. Gällande Göteborgs Universitet och Göteborg Energi ansåg majoriteten att det inte fanns någon koppling mellan upplevda besvär och inneklimatet i verksamheten. Ca 71% av Göteborgs Universitets elever och ca 72% av Fridaskolans elever ansåg att rådande inneklimat påverkar deras prestationer i skolan, medan endast 36% upplevde detta på kontoret på Göteborg Energi. Vidare ansåg Ca 49% av Göteborgs Universitets elever att inneklimatet ändras sedan elpriserna steg varpå motsvarande antal på Fridaskolan och Göteborg Energi var 23% och 14%. Generellt sett var klagomålen färre för Göteborg Energi, vilket kan bero på flertalet faktorer. Exempelvis skulle detta kunna bero på att den genomsnittliga åldern är högre än för skolorna, samt att kontorsarbetarna har bättre kunskap om rådande omständigheter samt eventuellt är mer förberedda och förstående av

situationen. Vidare sitter vissa i cellkontor där de själva kan styra komponenter såsom temperatur, medan det i skolan inte är möjligt på grund av större salar. Vid samtal med driftteknikerna ansåg de att klagomålen var relativt låga vilket dels kan bero på att elever inte uttalar sig om besvär samt sina åsikter. Detta kan tydas i enkätsvaren där det framgick att klagomål fanns avseende vissa faktorer. Däremot håller vi med om att klagomålen var betydligt lägre än väntat, vilket absolut kan grundas i driftteknikernas hypotes. De ansåg att rådande omständigheter påverkat alla på något vis, antingen privat eller på skola/arbete. Information kring eventuella justeringar framgick tydligt vilket också leder till någon slags acceptans hos brukarna. Dessutom har majoriteten av energieffektiviseringsåtgärderna även implementerats hos brukarna redan på privat nivå. Likt verksamheterna har det på privat nivå också lagts mycket fokus på småjusteringar avseende eldrivna apparater som används vardagligen.

Vidare har det diskuterats mycket kring dagens mätningar avseende koldioxidhalt och partikelhalt, men däremot var verksamheterna eniga om att de inte mätte dessa partiklar systematiskt utan endast om specifika klagomål uppstod. Arbetet innefattade en intervju med Andersson där det var viktigt att uppmärksamma lufttorheten som ett problem i dagens inneklimat. Detta kan delvis handskas genom en sänkning av lufttemperaturen vilket i sin tur också är energieffektivt. Vidare presenterades resultat avseende effektiviteten av mekanisk ventilation vilket förvånansvärt var ineffektivt vid flertalet av mätningarna som gjorts på Chalmers institution för industriteknik. Detta menar på att den moderna tekniken idag avseende mekanisk ventilation istället drar onödig energi och dessutom inte gör någon märkvärdig nytta. Andersson menade också att luftrenare var ett mycket effektivt i syfte att rena luften och på så vis kunna sänka luftmängderna istället. Dessutom skulle denna metod minska på lufttorheten i samband med sänkningen, speciellt under vintermånaderna. Det mest intressanta enligt oss var att de äldre skolorna/förskolorna som det gjorts mätningar på visade sig enligt Andersson vara bäst framtagna avseende inneklimatet och elförbrukningen. Har vi idag överkomplicerat våra system som dels drar mycket energi och dels bidrar till en motsatt effekt än från början tänkt? Vi tror att detta bör forskas vidare på och alternativt hitta nya hybrida lösningar mellan äldre och moderna sätt att hantera systemen inom ventilation och temperatur.

Alla verksamheter i denna studie var digitalt uppkopplade vilket var till stor hjälp då data kontinuerligt uppdaterades och förbrukningen gick att följa enkelt. Detta var mycket fördelaktigt för verksamheterna då de ständigt kunde kontrollera ventilation och temperatur i sina lokaler och snabbt åtgärda defekter som eventuellt uppstår. Vi tror att denna teknik samt större justeringar som gjorts varit mycket effektiva, men däremot anser vi också att fler bör likt dessa verksamheter lägga större vikt i småjusteringar och inte minst beteendemönster. Vidare bör fler byggnader implementera närvarostyrda system avseende flertalet eldrivna komponenter då detta visat sig vara ett vinnande koncept. De höga elpriserna har varit och är fortfarande en utmaning för många människor. Men tack vare detta har fler vägar öppnats gällande energieffektivisering, fler och fler är engagerade i frågan och samhället uppmanar successivt till förändrade konsumtionsvanor. Med lägre energiförbrukning följer lägre kostnader, men inte minst ett stort kliv i rätt riktning mot ett hållbart samhälle.

## 6. Slutsats

Utifrån arbetets resultat samt den efterföljande diskussionen har vi kommit fram till ett antal slutsatser som besvarar vår frågeställning samt hela syftet av undersökningen:

- Verksamheterna hade liknande åtgärder avseende energiförbrukning.
- Mycket effektivt med implementering av närvarostyrda system.
- Att lägga större fokus på småjusteringar såsom belysning och annan eldriven utrustning då detta på sikt gynnar verksamheten betydligt.
- Effektivt att sänka tilluftens temperatur och istället värma upp via radiatorer.
- Positivt att sänka luftmängder samt investera i effektiva luftrenare.
- Möjligtvis införa hybrida metoder mellan äldre och moderna sätt att hantera ventilation och temperatur.
- Bortsett från tekniska justeringar har förändrade konsumtionsvanor också varit i fokus, inte minst privat men också på skolan/arbetsplatsen.
- Svårigheter att tyda om förbrukningen är kopplat till förändrade konsumtionsbeteenden eller ändrade vanor till följd av Coronapandemin och arbete på distans/hybridformat.
- Trots en majoritet som ej anser att inneklimatet påverkat dem i samband med elkrisen bör verksamheterna fortfarande vidareanalysera de individer som anser tvärtom.
- Energieffektiviseringsåtgärderna kan och har även implementerats på privat nivå.
- Vid skolorna i studien ansåg majoriteten av brukarna att inneklimatet påverkar deras prestationer vilket också bör tas på större allvar.
- Med anledning av oklarheter bör sambandet mellan luftflöden, CO<sub>2</sub>-halten och partiklar ifrågasättas och undersökas vidare.
- Eftersom vissa mätningar tyder på bättre inomhusklimat med lägre luftflöden bör kravet på lägsta tillåtna luftflöde (0,35 l/s, m<sup>2</sup> + 7 l/s, person) undersökas på nytt.
- Digital uppkoppling av befintliga system har också visat sig vara lönsamt och effektivt i syfte att följa förbrukningen dagligen.

## 7. Referenser

Arbetsmiljöverket. (2021). *Risker med dålig ventilation*.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/risker-med-dalig-ventilation/>

Hämtad: 2023-02-02

Arbetsmiljöverket. (2023). *Risker när det är kallt*.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/risker-nar-det-ar-kallt/>

Hämtad: 2023-01-25

Arbetsmiljöverket. (2022a). *Luft och ventilation*.

<https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/>

Hämtad: 2023-01-25

Arbetsmiljöverket. (2022b). *Vad är hygieniska gränsvärden?*

<https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/kemiska-risker-och-luftforeningar/gransvarden/>

Hämtad: 2023-02-02

Arbetsmiljöverket. (2022c). *Spara energi utan att försämra arbetsmiljön*.

<https://www.av.se/nyheter/2022/optimera-systemen--spara-energi-utan-att-forsamra-arbetsmiljon/>

Hämtad: 2023-02-08

Arvidsson Mattias, Perez Salvador. (2022). *Fortsatt hög elproduktion och elexport under 2021*. Energimyndigheten

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/fortsatt-hog-elproduktion-och-elexport-under-2021/>

Hämtad: 2023-01-24

Balkander, Mattias. (2022). *Minskad ventilation gör att elever och personal mår sämre*. Göteborgs Posten.

<https://app.retriever-info.com/go-article/050802202211075507404/1910276/monitor/search?type=jwt>

Hämtad: 2023-03-04

Umeå Universitet. (2022). *Vad menas med inneklimat? Inneklimat (inomhusklimat innemiljö - inomhusmiljö)*.

<https://docplayer.se/511042-Vad-menas-med-inneklimat-inneklimat-inomhusklimat-innemiljo-inomhusmiljo.html>

Hämtad: 2023-01-23

Ekstrand Dan. (2022). *Uppdrag till universitetet att spara energi*. Göteborgs Universitet.  
<https://medarbetarportalen.gu.se/aktuellt/nyheter-detalj/uppdrag-till-universitetet-att-spara-energi.cid1756006;jsessionid=node01ovawz44t1j7v15dnp67c0051u2608890.node0?skipSSOCheck=true&referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>  
Hämtad: 2023-03-13

Energimyndigheten. (2023). *lägesbild över energiförsörjningen med anledning av kriget i Ukraina*. <https://www.energimyndigheten.se/49083b/globalassets/om-oss/ukraina/lagesbilder/2023/7-februari-2023-uppdaterad-lagesbild-med-anledning-av-situationen-i-ukraina.pdf>  
Hämtad: 2023-03-04

Energimyndigheten. (2022a). *Om energieffektivisering*.  
<https://www.energimyndigheten.se/guide-for-energieffektiva-foretag/om-energieffektivisering/>  
Hämtad: 2023-02-09

Energimyndigheten. (2022b). *Varför ska företag jobba med energieffektivisering?*  
<https://www.energimyndigheten.se/guide-for-energieffektiva-foretag/om-energieffektivisering/varfor-ska-foretag-energieffektivisera/>  
Hämtad: 2023-02-09

Energimyndigheten. (2022c). *Arbeta strategiskt med energieffektivisering*.  
<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/energieffektivisering-inom-offentlig-sektor/arbete-strategiskt/>  
Hämtad: 2023-02-09

Energimyndigheten. (2022d). *Åtgärder för kontorslokaler*.  
<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/energieffektivisering-inom-offentlig-sektor/atgarder-for-kontorslokaler/>  
Hämtad: 2023-02-09

Energimyndigheten. (2022e). *Börja med energismarta vanor*.  
<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/borja-med-energismarta-vanor/>  
Hämtad: 2023-02-15

Energimyndigheten. (2022f). *Energieffektiva fönster och dörrar*.  
<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/minska-behovet-av-varme-och-varmvatten/fonster-dorrrar/>  
Hämtad: 2023-02-15

Folkhälsomyndigheten. (2022a). *Tillsynsvägledning om temperatur inomhus*.  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/>  
Hämtad: 2023-02-08

Folkhälsomyndigheten. (2022b). *Vägledning om ventilation*.  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/ventilation/>  
Hämtad: 2023-02-15

Grahn Elin. (2022). *Energiläget*. Energimyndigheten  
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>  
Hämtad: 2023-02-04

Hagström, Johanna & Hulterström, Joakim. (2022). *Så kallt får det vara på din arbetsplats*. Göteborgs Posten.  
<https://www.gp.se/nyheter/g%C3%B6teborg/s%C3%A5-kallt-f%C3%A5r-det-vara-p%C3%A5-din-arbetsplats-1.86509671>  
Hämtad: 2023-03-04

Järphag Marianne. (u.å.). *Varför är elpriset högt just nu?* Göteborgs energi  
<https://www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikelbank/varfor-ar-elpriset-hogt-just-nu>  
Hämtad: 2023-01-24

PBL Kunskapsbanken. (2022a). *Termiskt klimat*. Boverket  
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/termiskt-klimat/>  
Hämtad: 2023-01-23

PBL Kunskapsbanken. (2022b). *Luftkvalitet inomhus*. Boverket  
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/luftkvalitet-inomhus/>  
Hämtad: 2023-01-25

PBL kunskapsbanken. (2022c). *Ventilation*. Boverket  
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/>  
Hämtad: 2023-02-04

Riksbyggen. (2023). *Energieffektivisering i brf – effektivisera energianvändningen med Riksbyggen*.

[https://www.riksbyggen.se/fastighetsforvaltning/energi/energieffektivisering/?gclid=CjwKCAiA0JKfBhBIEiwAPhZXD9gjWOnM72drSqbjzQ1Xmv6VGIQ9vRCT40H8AliCFDCH\\_z-Wax9dVBoC7BcQAvD\\_BwE](https://www.riksbyggen.se/fastighetsforvaltning/energi/energieffektivisering/?gclid=CjwKCAiA0JKfBhBIEiwAPhZXD9gjWOnM72drSqbjzQ1Xmv6VGIQ9vRCT40H8AliCFDCH_z-Wax9dVBoC7BcQAvD_BwE)

Hämtad: 2023-02-15

Rosen, Magdalena. (2022). *Göteborgs plan för att minska elförbrukningen: Sänka värmen i skolorna*. Göteborgs Posten.

<https://www.gp.se/ekonomi/g%C3%B6teborgs-plan-f%C3%B6r-att-minska-elf%C3%B6rbrukningen-s%C3%A4nka-v%C3%A4rmen-i-skolorna-1.84161377>

Hämtad: 2023-03-04

Skogsstyrelsen. (2022). *Skogsbränsle, grot*. <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/skogsbransle/>

Hämtad: 2023-03-04

Socialstyrelsen. (2005). *Temperatur inomhus*. Folkhälsomyndigheten

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/a22abd3cdc1042e195d50fe4484a7fb9/temperatur-inomhus.pdf>

Hämtad: 2023-02-01

Svenska Nät. (2023). *Elförsörjningen och omvärldsläget - lägesbedömning*.

<https://www.svk.se/sakerhet-och-beredskap/elforsorjningen-och-omvarldslaget/>

Hämtad: 2023-03-04

Troedsson Ulf. (2008). *Boverket 20 år*. Boverket

[https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2009/boverket\\_20\\_ar.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2009/boverket_20_ar.pdf)

Hämtad: 2023-02-04

Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2018). *Projektering av VVS-installationer*. Studentlitteratur

Öhrström, Ausrine (2023). *Lägesbild över energiförsörjningen*. Jordbruks aktuellt.

<https://www.ja.se/artikel/2232105/lagesbild-ver-energifrsrjningen.html>

Hämtad: 2023-03-04

## Tabeller

### Tabell 1:

Folkhälsomyndigheten. (2022). *Tillsynsvägledning om temperatur inomhus*.

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

Hämtad: 2023-02-08

### Tabell 2:

Folkhälsomyndigheten. (2022). *Vägledning om ventilation*.

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

Hämtad: 2023-02-15

### Tabell 3 & 4:

Jan-Erik Andersson, intervju på Stadsfastighetsförvaltningen

## Bilder/figurer

Boverket. (2022). *Energiklassning på svenska småhus* [Figur 1]. Gripen.

<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/gor-en-husesyn/>

Hämtad: 2023-02-15

Energimyndigheten. (2022). *Isolering och tilläggsisolering* [Figur 2].

<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/minska-behovet-av-varme-och-varmvatten/tillaggsisolering/>

Hämtad: 2023-02-16

Jan-Erik Andersson, intervju på Stadsfastighetsförvaltningen [Figur 3 & 4]

Hemresan. (2019). *Få koll på er elförbrukning*. [Figur framsida].

<https://www.hemresan.net/hemresan/2019/10/30/f-koll-p-er-elfrbrukning>

Hämtad: 2023-04-11

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
AVDELNING FÖR ARKITEKTURENS TEORI OCH METOD  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**