Undersökning av inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnad

LUDVIG ARVIDSSON
ERIK LUNDGREN

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNAD

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Undersökning av inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

Ludvig Arvidsson
Erik Lundgren

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2023

Undersökning av inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

Ludvig Arvidsson

Erik Lundgren

© LUDVIG ARVIDSSON, ERIK LUNDGREN 2023

Examensarbete ACEX20-23

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2023

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Undersökning av inomhusklimatet i Samhällsbyggnadshuset

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

Ludvig Arvidsson

Erik Lundgren

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Inomhusklimatet är något av det första som upplevs i en byggnad och ett bra inomhusklimat är viktigt för en persons välmående. Enligt studenter, besökare och lärare anses det nuvarande inomhusklimatet i SB huset som bristfälligt. Till följd av detta beslöt vi oss om att undersöka inomhusklimatet och om det faktiskt fanns ett problem eller om det kanske var något annat som kan ligga bakom det upplevda klimatet. Syftet med undersökningen är alltså att undersöka fuktighet, temperatur och koldioxidhalt i olika salar i SB-huset och se om någon av parametrarna ligger utanför vad som generellt anses vara bekvämt. Vi jämförde även våran mätdata med mätdatan som de som har hand om ventilationen Akademiska hus har. Efter att ha analyserat all mätdata såg vi att det brister i vissa salar medan andra salar hade värden som anses som rimliga. Temperaturen höll sig på en behaglig nivå och den relativa fuktigheten verkade följa utomhusförhållandena. Koldioxidhalten var den parameter som fluktuerade mest, då den både låg inom ramen för vad som anses som okej, men vid vissa mätningar hamnade koldioxidhalten över Folkhälsomyndighetens rekommendation på 1000 ppm. Vi såg även vid mätning av lufthastigheten att värdena i den datorsal vi mätte var över det som anses som normalt vilket leder till att vissa personer som vistas i datorsalen upplever drag och tycker därav att det är kallt även fast rumstemperaturen låg på en behaglig nivå, som även koldioxidhalten och den relativa fuktigheten gjorde.
Det största problemet med ventilationssystemet som vi kom fram till var att ventilationen stängdes av redan vid 16:00. Detta har ändrats efter vi började med våra undersökningar.

Investigation of the indoor climate at the building of Civil and Enviromental Engineering
Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering

Ludvig Arvidsson

Erik Lundgren

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Services Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

A good indoors climate is an important factor for a person's well-being. According to students,visitors and teachers the current indoor climate in the SB house is considered deficient. As a result, we decided to investigate the indoor climate to see whether there actually was a problem or if there perhaps was something else that could be behind the perceived climate. The purpose of this investigation is thus to investigate humidity, temperature and carbon dioxide content in different room in the SB building to see if any of the parameters lie outside of what is generally considered comfortable. We also compared our measurement data with the measurement data from those in charge of the ventilation Akademiska Hus. After analyzing the data, we saw that there are deficiencies in some rooms, while other rooms had values that are considered reasonable. The temperature stayed at a comfortable level and the relative humidity seemed to follow the outdoor conditions. The carbon dioxide content was the parameter that fluctuated the most, as it was both within the framework of what is considered comfortable, but in some measurements the carbon dioxide content was above Folkhälsomyndighetens recommendation of 1000 ppm.

We also saw when measuring the air speed that the values in the computer were above what is considered normal, which leads to some people experiencing drafts and therefore experiencing cold temperatures even though the room temperature was at comfortable level. The biggest flaw that we found with the ventilations system was that the ventilation was turned off at 16:00, this has changed since our investigations started.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING ..... **I**

ABSTRACT ..... **II**

1. Introduktion **1**

1.1 Bakgrund *1*

1.2 Syfte *1*

1.3 Frågeställningar *1*

1.4 Avgränsningar *1*

2. Metod **3**

2.1 Enkäter *3*

2.1.1 Förstudie 3

2.2.1 Easylog 3

2.2.2 Rotronic CP11 6

2.2.3 TSI partikelmätare 7

2.3 Teori *8*

3. Teori **9**

3.1 Koldioxid *9*

3.1.1 Koldioxidens påverkan på prestationsförmåga 9

3.1.2 Koldioxidens relation till ventilationsflödet 10

3.2 Termiskt klimat *10*

3.3 Fukthalt *11*

3.4 Partikelhalt *11*

3.5 Ventilationssystemet *12*

4. Resultat **14**

4.1 Egen mätdata *14*

4.1.1 SB-G311 14

4.1.2 SB-G312 15

4.1.3 SB-G402 17

4.1.4 SB-G410 18
4.1.5 SB-G413 19
4.1.6 SB-G510 19
4.1.7 SB-M500 23
4.1.8 SB-D080 24
4.2 Akademiska hus mätdata *26*
4.2.1 SB-G311 26
4.2.2 SB-G312 27
4.2.3 SB-G402 28
4.2.4 SB-G410 29
4.2.5 SB-G413 ..... *30*
4.2.6 SB-G510 30
4.2.7 SB-D080 31
4.2.8 SB-M500 31
Analys och jämförelse **32**
5.1 Analys egen mätdata *32*
5.1.1 Grupprum *32*
5.1.2 Datorsal *33*
5.1.3 Lärosal *33*
5.2 Analys akademiska hus *34*
5.2.1 Grupprum 34
5.2.2 Datorsal 34
5.2.3 Lärosal 35
5.3 Jämförelse *35*
6. Slutsats **36**
7. Diskussion **38**
8. Förslag till förändringar **40**
Litteraturförteckning **41**
Bilagor **43**
SB-G312 ..... *43*
SB-G402 ..... *44*

SB-G510.....*46*

SB-M500.....*48*

1. Introduktion

Denna undersökning kommer jämföra och analysera mätdata från både Akademiska hus och egen insamlad data gällande:

- Koldioxidhalt
- Temperatur
- Fukthalt ● Partikelhalt

1.1 Bakgrund

Ventilationen i samhällsbyggnadshuset (SB-huset) på Chalmers har länge ansetts vara bristande i vissa delar av lokalen av elever. Grupprum, lektionssalar och datorsalar har kritiserats bland elever för att ha varit för varma, kalla och/eller kvava med mera.

1.2 Syfte

Syftet med undersökningen är att ta reda på om ventilationen är tillräcklig på skolan eller om det bör ske någon korrigering för att förbättra den.
Undersökningen ska även ge Akademiska hus samt elever och lärare på skolan en bättre förståelse för hur systemet fungerar, både teoretiskt och praktiskt.

1.3 Frågeställningar

1. Är ventilationen tillräcklig?
2. Finns det några komplikationer med det nuvarande inomhusklimatet ?
3. Behöver någonting förbättras eller förändras?

1.4 Avgränsningar

Den egna mätdatan kommer genomföras under randomiserade tider och datum baserat på vad som är möjligt att genomföra. Viss data kommer därmed inte kunna mätas under längre perioder som veckor utan kommer endast att representera dagliga förhållanden. Även placering av mätinstrument kommer inte alltid att vara den mest effektiva platsen på grund av rummens utformning. Olika förhållanden i rummet kommer inte heller kunna vara kontrollerade, antalet personer kommer inte alltid kunna vara möjligt att välja utan kommer främst vara 2 personer när det kommer till grupprummen. Samma problem sker i lektionssalar där det inte alltid kommer vara en bokad aktivitet och även om det är något

inplanerat går det inte att garantera full belastning. För att få in så många svar från enkäterna som möjligt har frågorna hållits korta och få. Detta gör att svaren kan bli sämre på att representera den faktiska miljön. Enkäterna görs inte heller nödvändigtvis under/efter mätning genomförts i de salar, vilket betyder att den redovisade datan inte kan kopplas 100 % med enkätsvaren.

2. Metod

För att veta hur ventilationen förhåller sig till vad användarna beskriver genomförs det undersökningar och mätningar för att försöka hitta någon slags korrelation mellan faktiska värden och upplevt klimat. I följande avsnitt kommer denna process att beskrivas och hur den genomförs.

2.1 Enkäter

Enkäter används för att ta reda på vilka lokaler som är hotspots för ett dåligt upplevt klimat. Enkäten som användes sattes upp runt om i hela SB-huset för att få en första inblick i vad eleverna på skolan faktiskt tyckte om inneklimatet i skolan, efter att denna data betraktades valdes sedan hotspots ut där ventilationen och inomhusklimatet skulle vara som sämst för att mäta mer ingående och få faktiska ventilations data.

2.1.1 Förstudie

Det första som görs är att göra en första undersökning i form av en enkät där elever uppmanas att svara på följande frågor:

1. Vad är ditt generella intryck av ventilationen i SB-huset?
2. Vilken lokal anser du presterar sämst, varför?
3. Vilken lokal anser du prestera bäst/bra, varför?

Enkätens syfte är att ta reda på de lokaler som inte presterar enligt användarnas förväntningar. Efter enkäten blivit analyserad väljs några lokaler ut för att göra mätningar i. Denna datan ska sedan jämföras med det som Akademiska Hus själva mäter inom sitt system.

2.2 Mätning och utrustning

I denna del beskrivs utrustningen som används i undersökningen av den egna mätdatan samt hur och var den placeras. Även eventuella begränsningar för de olika instrumenten beskrivs.

2.2.1 Easylog

Easylog 24rft är en mätare som mäter temperatur och relativ fuktighet (Easylogg). Mätinstrumentet kommer att användas för att mäta under längre perioder i flera lokaler samtidigt och kommer främst att placeras ut i stora klassrum där större utrustning såsom Rotronic är svår att placera subtilt och på ett bra sätt. På grund av dess lilla storlek så kan den

placeras väldigt diskret. I datorsalen (SB-D080) placeras två stycken mätare på olika platser där elever ansett att de blir utsatta för drag av ventilationen i rummet, se bild 1. En i taket i grupprum SB-510, se bild 2, och en ovanför tavlan i SB-M500, se bild 3.

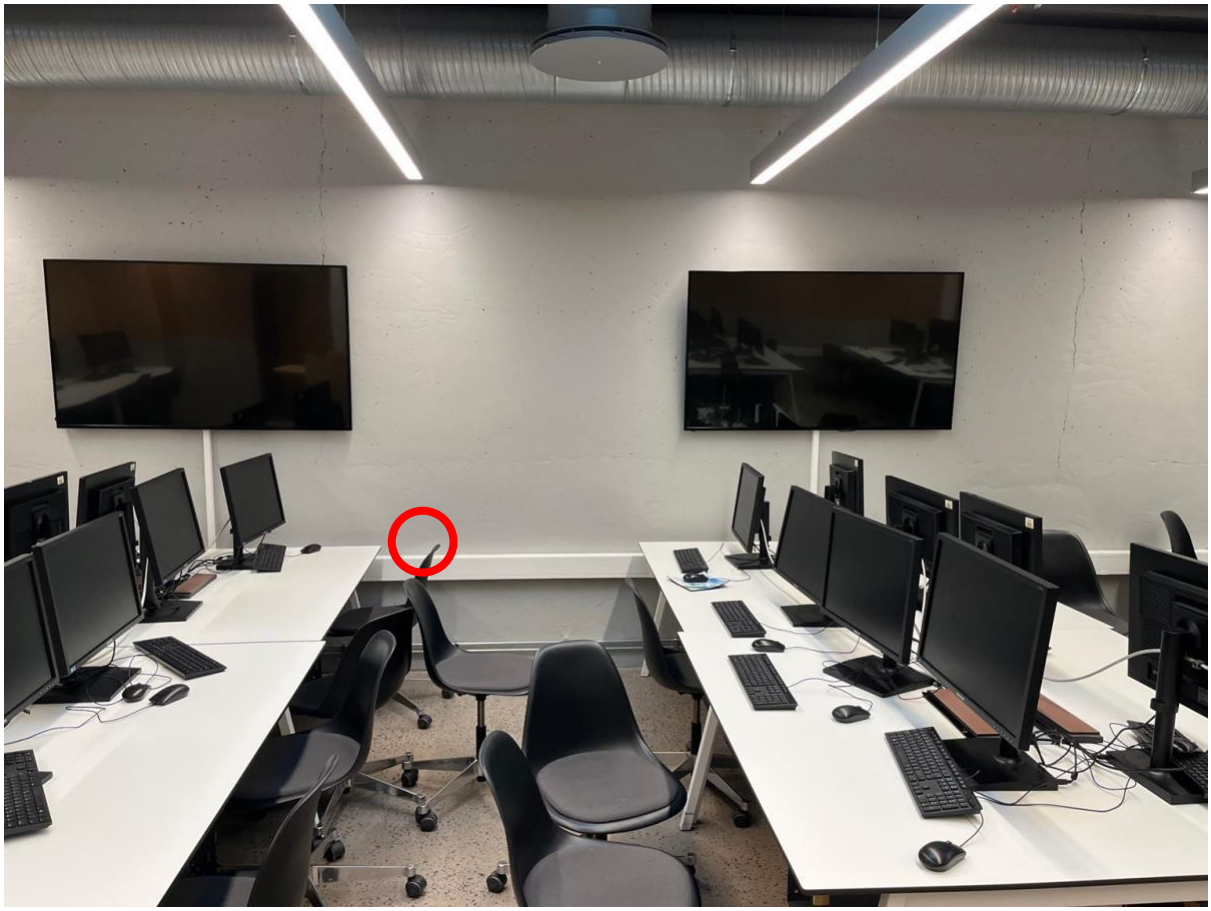


Bild 1: Placering av Easylog 1 av 2 i SB-D080

Bild 2: Placering av Easylog i SB-510

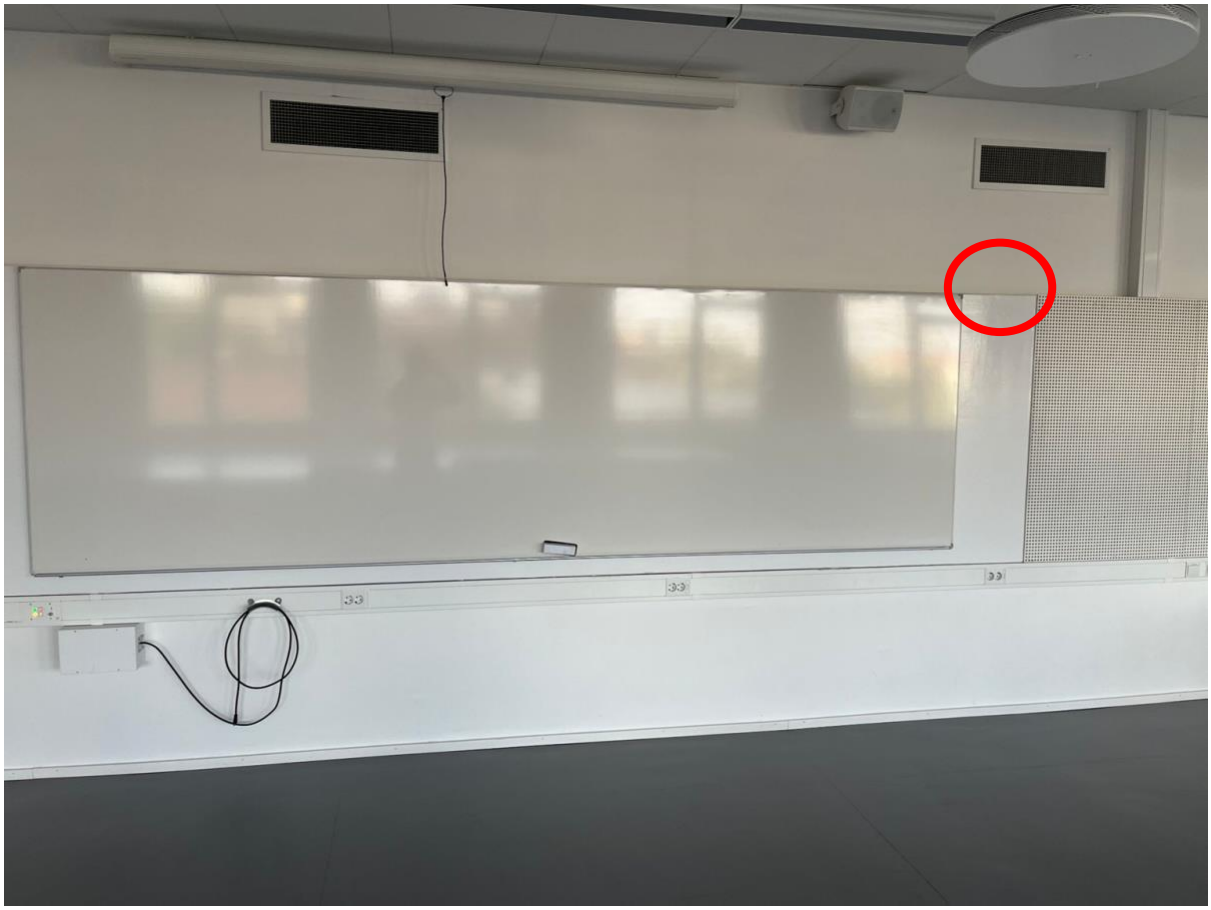


Bild 3: Placering av Easylog samt Rotronic i SB-M500

2.2.2 Rotronic CP11

Rotronic CP11 är ett instrument som mäter koldioxidhalten i luften (ppm), temperatur (C) samt relativ fuktighet (%) (Rotronic). Instrumentet kommer att placeras i en lokal samtidigt som lokalen används. Den kan mätas i olika tidsintervall. Valt intervall kommer främst vara 2 minuter. Mätaren kommer att placeras på en så neutral plats som möjligt för att undvika koldioxid från utandning. I grupprum placeras den antingen vid klädhängaren och i klassrummen placeras den ovanför tavlorna eller på en kateder som står mitt i rummet, se bild 4 och 3.

Bild 4: Placering av Rotronic för samtliga grupprum

2.2.3 TSI partikelmätare

TSI P-Trak Modell 8525 är ett instrument som mäter ultrafina partiklar ner till en storlek på 20 nanometer. (Comfort)

Denna mätare kommer att placeras i en lokal samtidigt som lokalen används för att mäta hur många partiklar som finns i lokalen, sedan kommer datorn att laddas ned och plottas i en graf för att se hur partikelhalten förändras under tiden.

Placeringen av partikelmätaren i grupprummen placeras vid ca huvudhöjd sittandes för att få en representativ mätning av upplevd partikelmängd, se bild 5.

Mättiden för partiklarna skiljer sig från koldioxiden, relativ fuktighet och temperatur, i klassrummen (SB-D080, SB-H1 och SB-M500) kommer mätningen ske i ca en timme i slutet av lektionen för att sedan summeras ihop till ett medelvärde som ska beskriva miljön i rummet. I vissa grupprum kommer partikelhalten att mätas under samma period som koldioxiden för att kunna se hur partikelhalten förhåller sig till mängden koldioxid.

Bild 5: Placering av partikelmätare i grupprum

2.3 Teori

Fakta som beskriver vad som anses ett bra eller dåligt inomhusklimat beskrivs under kapitel 2

"Teori". Informationssökningen sker främst genom Googles sökmotor "Google Scholar". Där sker sökningen inte med specifika sökord utan med en frågeställning, till exempel "Krav på ventilationsluftflöde".

3. Teori

I denna delen av rapporten kommer påverkan av höga halter koldioxid, höga och låga temperaturer, hög/låg fukthalter och hög partikelhalter tas upp i en kontorsmiljö/skolmiljö. Hur påverkar dessa olika parametrar koncentration, uppmärksamhet och/eller hälsa.

3.1 Koldioxid

Koldioxid kan påverka kontorsarbete/skolarbete på flera sätt, särskilt om nivåerna av koldioxid är höga.
Några potentiella effekter av för hög koncentration koldioxid är:

- Minskad kognitiv förmåga: En studie från Harvard University visade att höga nivåer av koldioxid kan minska människors kognitiva förmågor, såsom förmågan att ta beslut, planera och utföra uppgifter.
- Trötthet och huvudvärk: Höga nivåer av koldioxid kan också orsaka trötthet och huvudvärk hos vissa människor.
- Försämrad koncentration: Forskning har också visat att höga nivåer av koldioxid kan påverka människors koncentration och minska deras förmåga att upprätthålla fokus.
- Sämre sömnkvalitet: Höga nivåer av koldioxid kan också påverka sömnkvaliteten, vilket kan leda till ökad trötthet och minskad produktivitet.

Det finns inget exakt satt gränsvärde för hur mycket koldioxid som är lämpligt för en lokal. Dock finns det en europeisk standard som säger att om mängden CO2 överstiger 1500 ppm bör någon åtgärd vidtas för att minska halten (Europeiska standard EN 13779). Folkhälsomyndigheten säger även att man bör kolla till ventilationen i skolor, förskolor och idrottshallar om halten CO2 överstiger 1000 ppm (Folkhälsomynidheten)

3.1.1 Koldioxidens påverkan på prestationsförmåga

Det finns en korrelation mellan höga halter koldioxid och människors kognitiva förmåga. En studie som utfördes 2015 av forskare vid Harvards Universitet i USA visade att halten redan vid cirka 950 ppm påverkade kognitiva förmågor såsom minne, beslutsförmåga och fokus negativt med ca 15 % (Harvard).

Det finns dock källor som påstår att värden under 2000-3000 ppm inte påverkar den kognitiva förmågan märkbart. Till exempel så visar en rapport från 2012 där de testade

personers beslutsförmåga vid olika koldioxidhalter en sänkning i prestanda först när koldioxidhalten låg runt 2500 ppm (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548274/). En annan källa rapporterar inga märkbara förändringar i testen men en upplevd försämring av luftkvaliteten rapporterades vid halter runt 3000 ppm. (https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.12284).

3.1.2 Koldioxidens relation till ventilationsflödet

En av de huvudsakliga anledningarna till att man mäter mängden koldioxid i en lokal är sällan för att undersöka dess påverkan på mänsklig förmåga. Den primära anledningen är istället för att mäta ventilationssystemets ventilationsgrad, alltså om systemet omsätter rummet med tillräckligt mycket luft under en viss period (Lund). Koldioxid är en väldigt bra indikator på mängden andra föroreningar eller ämnen som är mindre och därmed svårare att upptäcka/mäta men som kan ha tydligt negativ påverkan på mänsklig hälsa.
Som tidigare nämnt finns det en europeisk standard som sätter ett gränsvärde på 1500 ppm CO2 vid vilket man bör kolla igenom ventilationen så att det presterar som väntat. I Sverige har man istället satt detta gränsvärde till 1000 ppm för bland annat skolor enligt Folkhälsomyndigheten.

3.2 Termiskt klimat

Ett bra termiskt klimat är en av de viktigaste förutsättningarna för en människas välbefinnande i en byggnad, om klimatet är dåligt alltså om det är för varmt eller för kallt i byggnaden så kan detta leda till försämrad arbetsförmåga, koncentrationssvårigheter och i vissa fall leda till hälsoproblem.
Kroppen har en ideell temperatur som kroppen ständigt försöker uppehålla och om kroppen blir för varm eller för kall så kommer kroppen att försöka värma upp eller kyla ner kroppen. Detta kan leda till att kroppen kan bli utsatt för värme eller köld stress vilket leder till sämre fysisk förmåga och kan även påverka saker som koncentration och inlärningsförmåga och i allvarliga fall kroppens hälsa. (boverket)

Folkhälsomyndigheten har gjort undersökningar på vad människor i Sverige tycker om det termiska klimatet och drygt 15% av svenskarna själva rapporterade problem med det termiska klimatet.

Vad som anses vara en optimal inomhustemperatur är väldigt personlig och kan variera stort från person till person. Med hjälp av undersökningar har man kommit fram till att en "optimal" temperatur ligger mellan 20 och 24 grader, dock kommer inte alla att vara bekväma ens inom detta spann. PMV-index som tar hänsyn till alla faktorer om hur en människa upplever termiskt klimat visar att även om temperaturen ligger inom optimal operativ nivå så kommer antagligen 5 % vara missnöjda med temperaturen i större antal människor (Folkis).

3.3 Fukthalt

Hög fukthalt i ett rum kan leda till att människor får det svårare att andas vilket leder till att inlärningsförmågan försämras. Låg fukthalt kan också leda till torra ögon samt täppt näsa och irriterad hals vilket kan leda till huvudvärk och på så sätt försämra koncentrationsförmågan. Låg fuktighet gör det även enklare för virus att överleva i luften vilket är orsaken till att fler människor blir sjuka under vintern. Den optimala fukthalten i ett rum för människors hälsa är mellan 40-60%, då klassas luften varken som för torr eller för fuktig.
https://www.hsph.harvard.edu/iaq/student-performance/
Fuktigheten har inte bara påverkan på oss människor utan fuktigheten har även påverkan på materialet inomhus, om det är för låg fuktighet under en längre tid så kan saker som färg börja lossna från föremål samt byggnadsmaterial som suger åt sig mycket vatten såsom trä kan börja krympa.
https://www.condair.se/halsa-och-optimalt-inomhusklimat-med-befuktning/rekommenderadluftfuktighet-en-guide-till-det-goda-inomhusklimatet

3.4 Partikelhalt

Partikelhalten i luften kan påverka människors hälsa på olika negativa sätt där partiklarnas påverkan beror på deras partikelstorlek. MPPS är ett begrepp som används vid arbete av partikelhalter och står för most penetrating particle size och är den storlek som är svårast för filter att filtrera bort och har en diameter på cirka 0.2 - 0,4 mikrometer.
Detta eftersom att det finns olika typer av mekanismer för att filtrera bort partiklar, där det finns fyra grundläggande mekanismer: silning, tröghetseffekt, diffusion och infångning. Där

silning är den enklaste formen av filtrering där en partikel trycks igenom filtret och är för stor för att kunna passera mellan fibrerna i filtret och fångas därmed upp. Tröghetskraft är den effekt som tar upp de större partiklarna och fungerar genom att partiklarna rör sig med luftflödet genom filtret men partikels egen tröghet gör att den skiljs från luftflödet och kolliderar därefter med fibrerna och fångas på så sätt upp.
De minsta partiklarna fångas upp via diffusion, detta eftersom de små partiklarna rör sig oregelbundet avskilt från luftflödet och oregelbundenheten ökar sannolikheten att partiklarna kommer att kollidera med en fiber.
Vissa filter har ett syntetiskt medium som innehåller elektrostatiska krafter och filtreras då även av en egenskap kallad infångning där partikel rör sig i luftflödets bana och när den närmar sig en fiber drar dessa elektrostatiska krafter in partikel så att den kolliderar med fibrerna.

Partiklar som är mindre än PM5 alltså har en diameter mindre än 5 mikrometer kan nå människans blodkärl och lungor där de kan skapa olika problem för människor såsom huvudvärk och i vissa fall vara cancerframkallande. Partikelstorlekar över PM5 är så stora så att de sjunker och är alltså inte längre luftburna och påverkas alltså inte till samma grad av ventilationen och har med mer städning av lokalen att göra. Partiklarna kommer både från utomhusluften men även från människor i form av till exempel hudpartiklar.
https://www.luftrenare.se/i/information-om-luftrenare/luftburna-partiklar-inomhus.html

3.5 Ventilationssystemet

I följande delar beskrivs hur ventilationen är dimensionerad för respektive lokal. Varje rum kommer ha ett hygienflöde som räknas ut med ekvation 1 nedan (Arbetsmiljöverket).

$$Hygienflöde = 0.35 * Area + 7 * antal\ personer \quad (1)$$

Systemet som styr ventilationen kallas för "*Lindinspect*" vilket är ett webbaserat program utvecklat av företaget Lindinvent. Systemet gör det möjligt för användare att få aktuell och tidigare data över varje ingående del i systemet. Lindinspect styr luftflödet i varje rum baserat på användarens uppsatta prioritet beroende på vilka sensorer som finns i rummet (Lindinvent). De flesta lokaler på Chalmers är inställda enligt följande prioritet ,1 närvaro

2.temperatur i rummet. I de lokaler där CO2 mäts är det lite annorlunda, går CO2 över ansatt riktvärde före temperatur så är det den som har auktoritet och tvärtom (Markus Hekkanen). Sensorerna sitter monterade i tilluftsdonen, och kallas därmed även för “smarta don”.

Hela SB-Huset är uppdelat i olika aggregat. LA01-04 styr hela SB1, LA07 styr hela källarplan i SB2 och LA09-10 styr plan 2-6 i SB2. Eftersom undersökningen främst berör våning 2-6 SB2 är detta mest intressant för denna undersökning.
Alla don är av typen Swegon Gold med en roterande värmeväxlare, och styrs ,som tidigare beskrivet, av systemet Lindinspect.
Värmebatteriet försörjs via Chalmers interna fjärrvärmenät medans fjärrkylan skapas på kraftcentralen på Chalmers Tvärgata 6 och transporteras sedan ner till SB2, där kylan som benämns KB01 går till alla ventilationsaggregaten i fastigheten.

Eftersom datorsalen SB-D080 är belägen i SB1 styrs det alltså av andra aggregat. Aggregaten i sig fungerar på samma sätt så att de samarbetar med varandra vid behov. Skillnaden i datorsalarna är att de även är utrustade med fläktluftkylare för att se till att temperaturen håller sig runt 21 grader. Dessa luftkylare styrs av lindinspect donen som signalerar till den närmaste luftkylaren hur mycket luft som behöver kylas.

Systemet i SB2 känner hela tiden av aktiviteten i de olika rummen och reglerar luftflödet därefter. Baserat på hur många don som är aktiva kommer det ena aggregatet, LA09, att trycka på med mer luft och vid behov kommer LA10 att gå igång när LA09 inte klarar av det själv. Tidigare var systemet inställt på att stängas av vid 16.00 men vid behov kunde det förlängas manuellt med hjälp av en knapp som sitter monterad på våning 2-6. Nu för tiden är detta ändrat och istället för att det stängs av vid 16.00 har tiden förlängts till 21.00, knappen fungerar fortfarande om någon använder lokalerna efter denna tiden.

4. Resultat

Resultatet kommer att visa all uppmätt data som gjordes under undersökningen samt data som uppmättes av Akademiska Hus.

4.1 Egen mätdata

I denna delen av resultatet kommer egen uppmätt mätdata att presenteras.

4.1.1 SB-G311

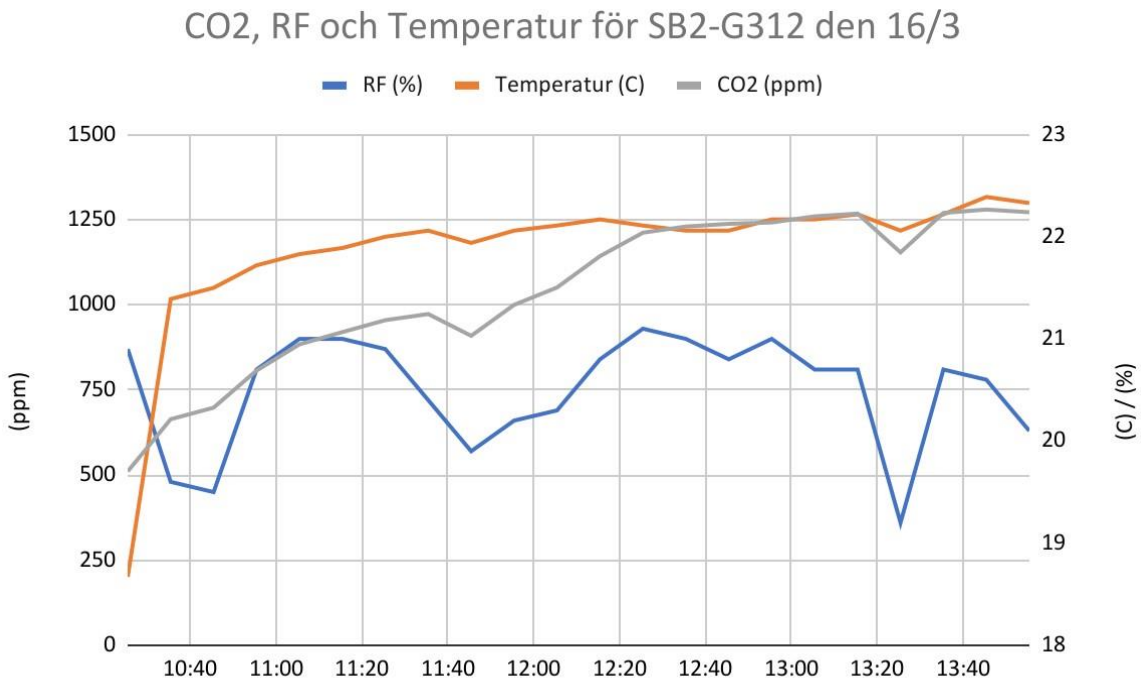


Diagram 1: Graft över förändring av Temperatur, Relativ fuktighet och mängd CO2 i grupprum 311 i SB mellan 10:40 till och med 13:50 den 16/3 - 2023

Kommentar: Två stycken befann sig i rummet under hela perioden. Koldioxiden sticker iväg vid 12.00 över vad som anses vara okej, övriga värden ser bra ut. Eleverna som satt i salen upplevde ett visst obehag.

4.1.2 SB-G312

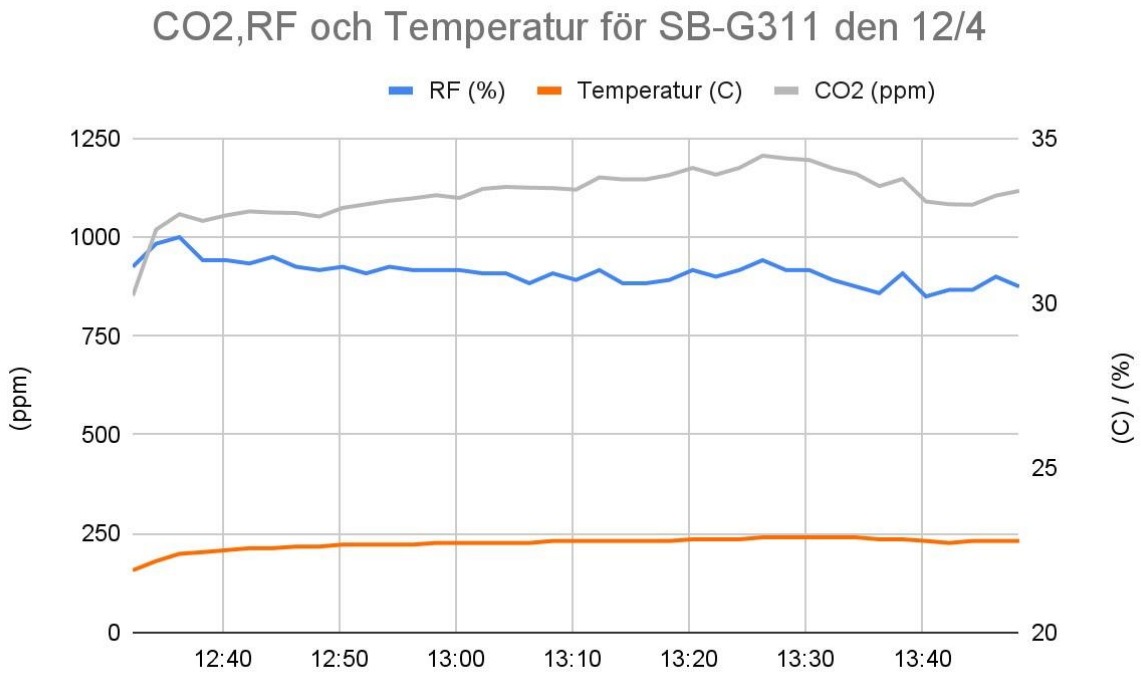


Diagram 2: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i Grupp rum 402 i SB mellan 12:40 till och med 13:50 den 12/4-2023

Kommentar: Tre personer satt i rummet under mätningarna. Innan mätaren var på plats stod dörren öppen och ingen hade setts lämna rummet precis innan mätningen. Koldioxiden ligger över vad som anses vara inom ramen för vad som är okej. Eleverna som satt i rummet upplevde inte att det var obekvämt att sitta i rummet.

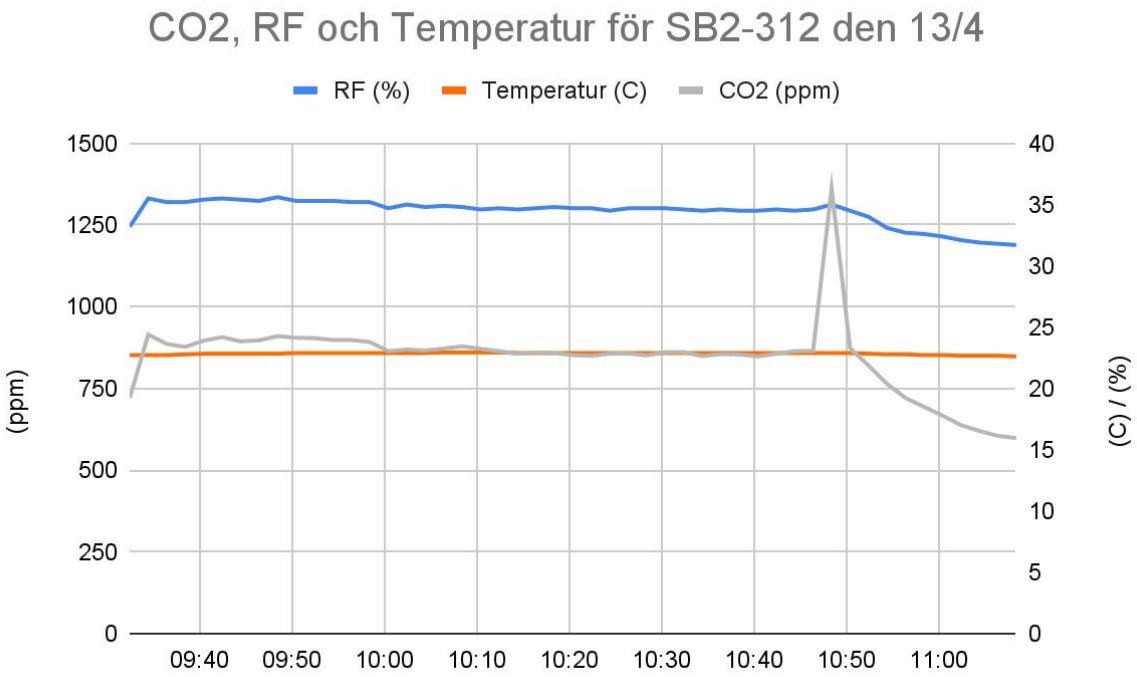


Diagram 3: Graft över förändring av Temperatur, Relativ fuktighet och mängd CO2 i grupprum 312 i SB mellan 09:30 till och med 11:10 den 13/4 - 2023

Kommentar: Tre personer satt i rummet under hela mätperioden. Eleverna satt där med öppen dörr när mätaren sattes in. Efter att mätaren sattes in förblev dörren stängd, förutom om någon gick på till exempel toa. All mätdata ligger inom ramen för vad som är okej, eleverna som satt i rummet upplevde inget utöver det vanliga (klimat är okej).

4.1.3 SB-G402

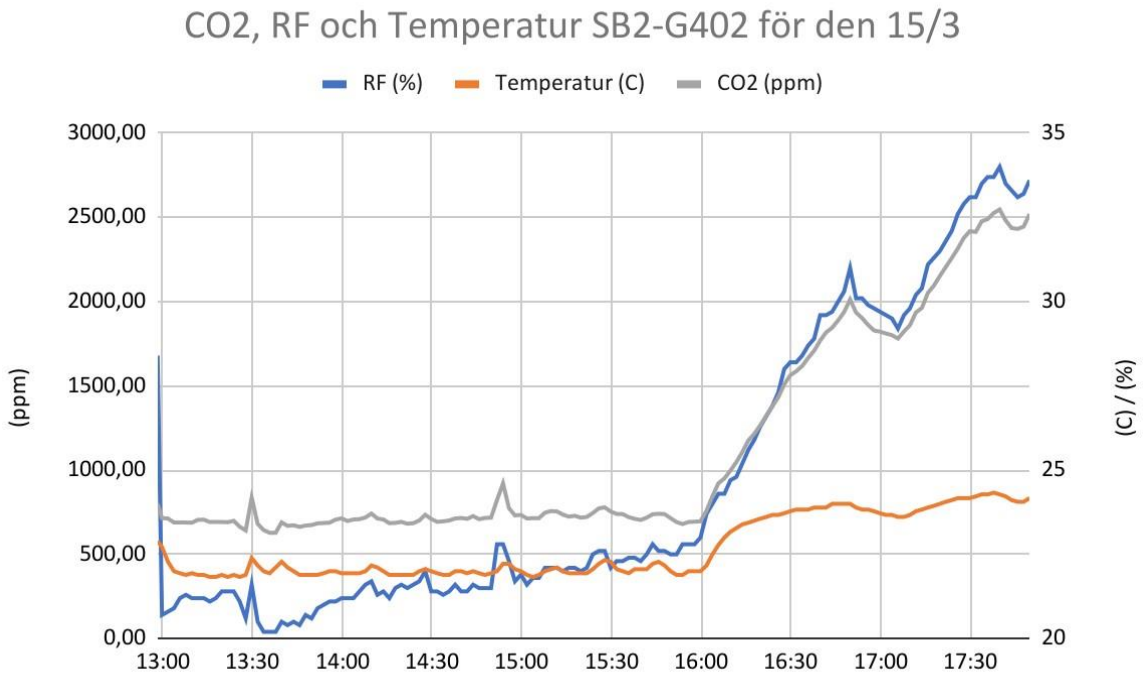


Diagram 4: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i Grupp rum 402 i SB mellan 13:00 till och med 18:00 den 15/3-2023

Kommentar: Två personer satt i rummet under hela mätperioden. Dörren var stängd hela tiden förutom vid till exempel toabesök. Klockan 16.00 stängs ventilationen av vilket syns på grafen då både koldioxid och RF ökar markant efter den tiden. Eleverna som satt i rummet upplevde en tydlig skillnad efter klockan 16.00.

4.1.4 SB-G410

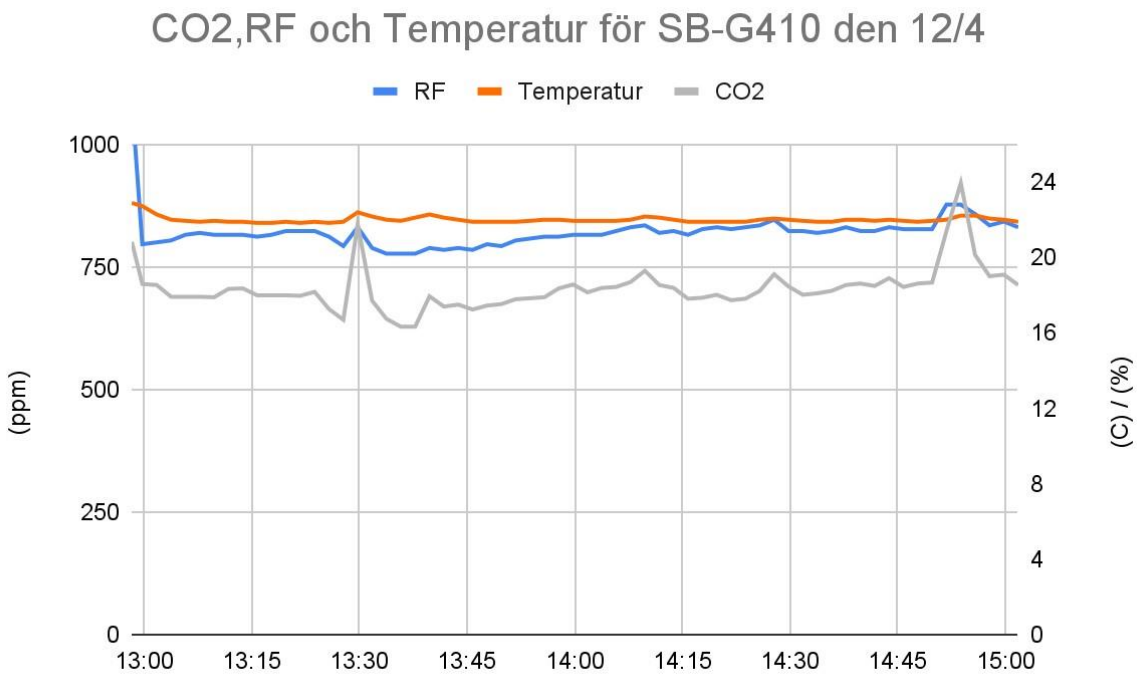


Diagram 5: Graft över förändring av Temperatur, Relativ fuktighet och mängd CO2 i grupprum 312 i SB mellan 13:00 till och med 15:00 den 12/4 - 2023

Kommentar: Fem personer satt i rummet under hela mätperioden. Innan mätaren sattes in hade de suttit där i cirka 10-20 minuter. Grafen visar att inget överstiger något riktvärde, eleverna upplevde inte heller att klimatet var dåligt.

4.1.5 SB-G413

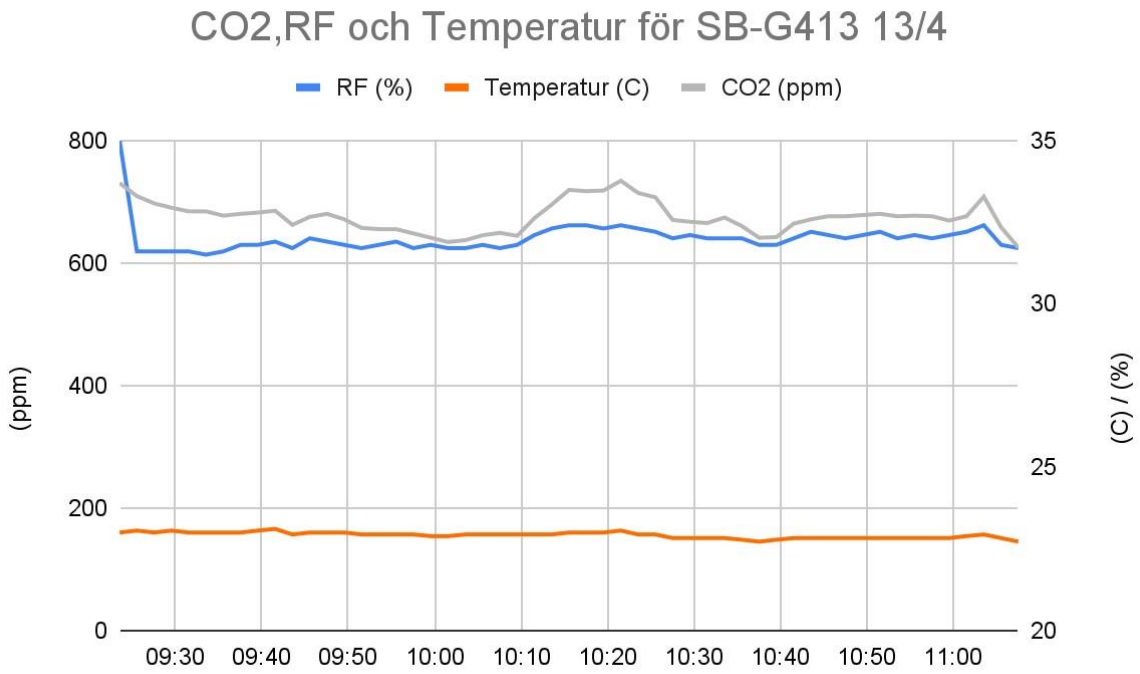


Diagram 6: Graf över förändring av Temperatur, Relativ fuktighet och mängd CO2 i grupprum 413 i SB mellan 09:20 till och med 11:10 den 12/4 - 2023

Kommentar: Tre personer satt i rummet under hela mättiden, dörren var stängd hela tiden. Grafen visar inga värden som överstiger några riktvärden. Eleverna som satt i rummet tyckte inte att klimatet var speciellt dåligt.

4.1.6 SB-G510

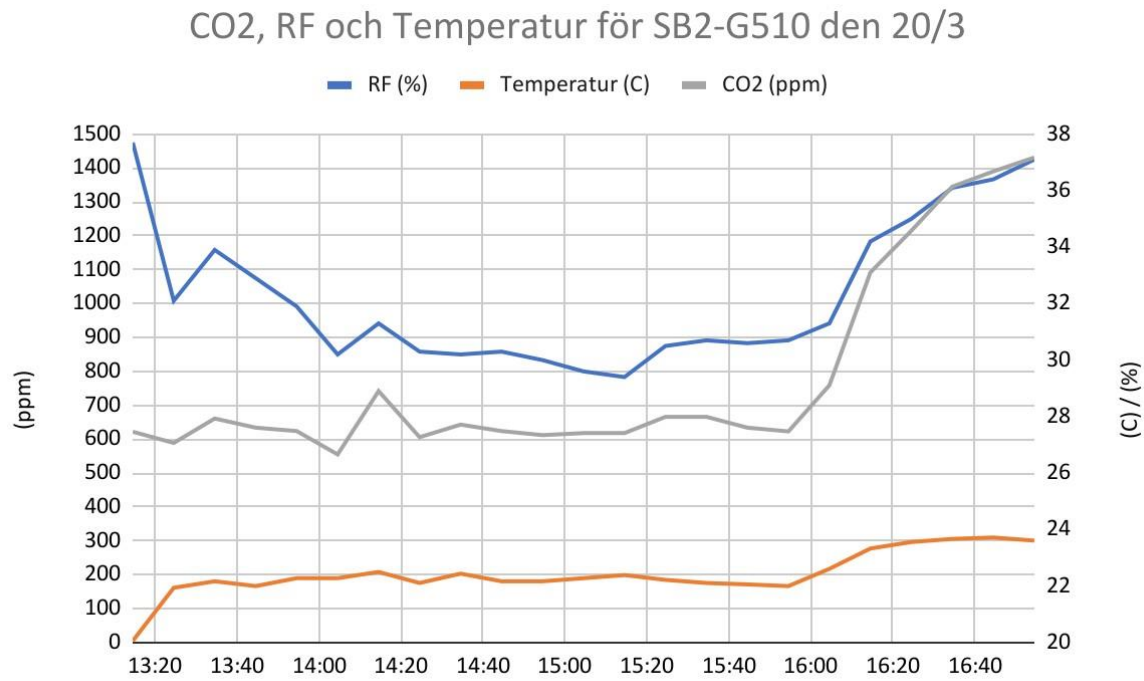


Diagram 7: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i Grupp rum 402 i SB mellan 13:30 till och med 17:00 den 20/3 - 2023

Kommentar: Var två personer fram till 15:15 då en till kom in. Två¨personer använde rummet precis innan mätningen påbörjades, de satt där okänd tid. Grafen visar inget över riktvärden förrän efter 16.00 då koldioxid och RF ökar snabbt. Eleverna som kom först upplevde när de klev in i rummet att det varmt. Efter klockan 16.00 upplever samtliga i rummet att det blivit "kvavare".

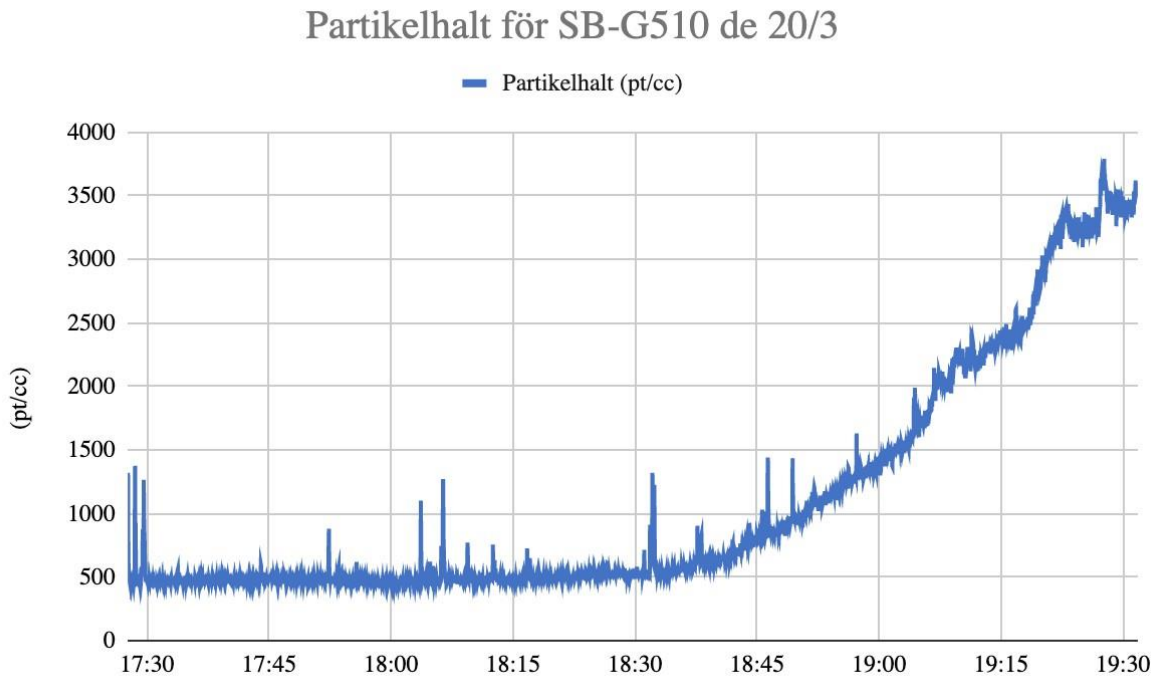


Diagram 8: Graf över förändring av partikelhalt i Grupp rum 510 i SB mellan 13:30 till och med 17:00 den 20/3 - 2023

Kommentar: Samma observationer som "Diagram 7"

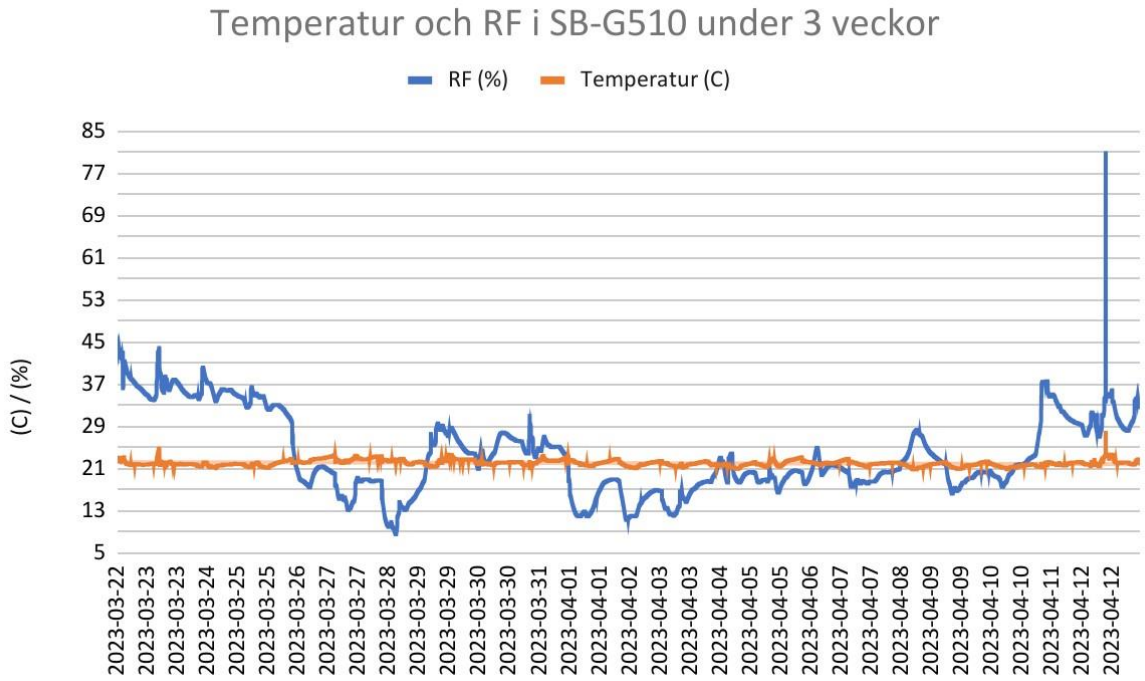


Diagram 9: Graf över förändring av temperatur och relativ fuktighet i SB-G510 under tidsperioden 22/3 -2023 till 12/4 - 2023

Kommentar: Mätaren satt i taket i rummet i tre veckor. Upplevt klimat okänt under specifika tider. Väldigt låga värden för RF vid upprepade tillfällen. Temperaturen är dock mer eller mindre konstant med försumbara avvikelser.

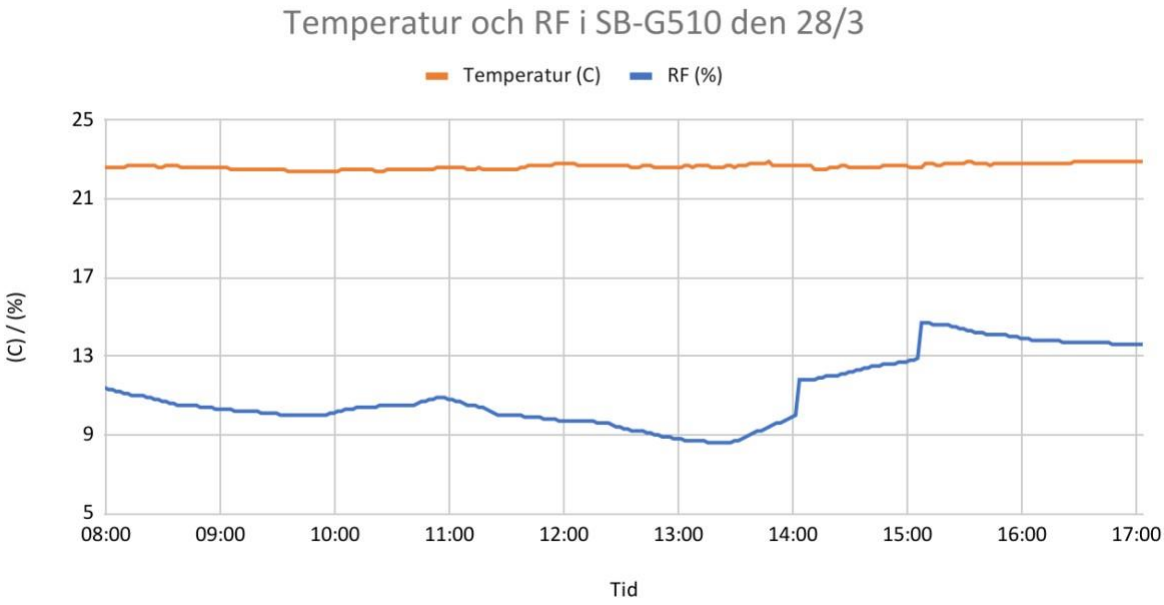


Diagram 10: Graf över förändring av temperatur och relativ fuktighet i SB-G510 mellan 08:00 till och med 17:00 den 28/3 - 2023

Kommentar: Inzoomad bild från “Diagram 9”. Här syns tydligare ett exempel på låga RF-värden.

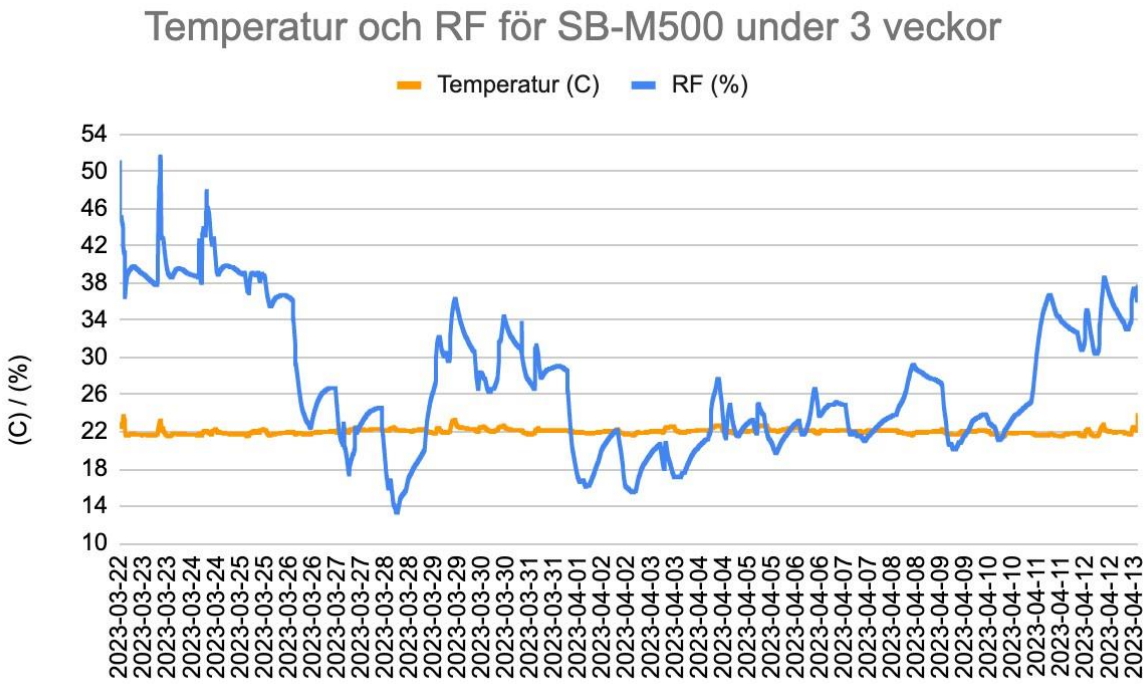


Diagram 11: Graf över förändring i relativ fuktighet och temperatur i SB-M500 under tidsperioden 22/3-2023 till 13/4-2023

Kommentar: Mätaren satt i mitten av rummet ovanför tavlan. Upplevt klimat okänt under specifika tider. Väldigt låga värden för RF vid upprepade tillfällen. Temperaturen är dock mer eller mindre konstant med försumbara avvikelser.

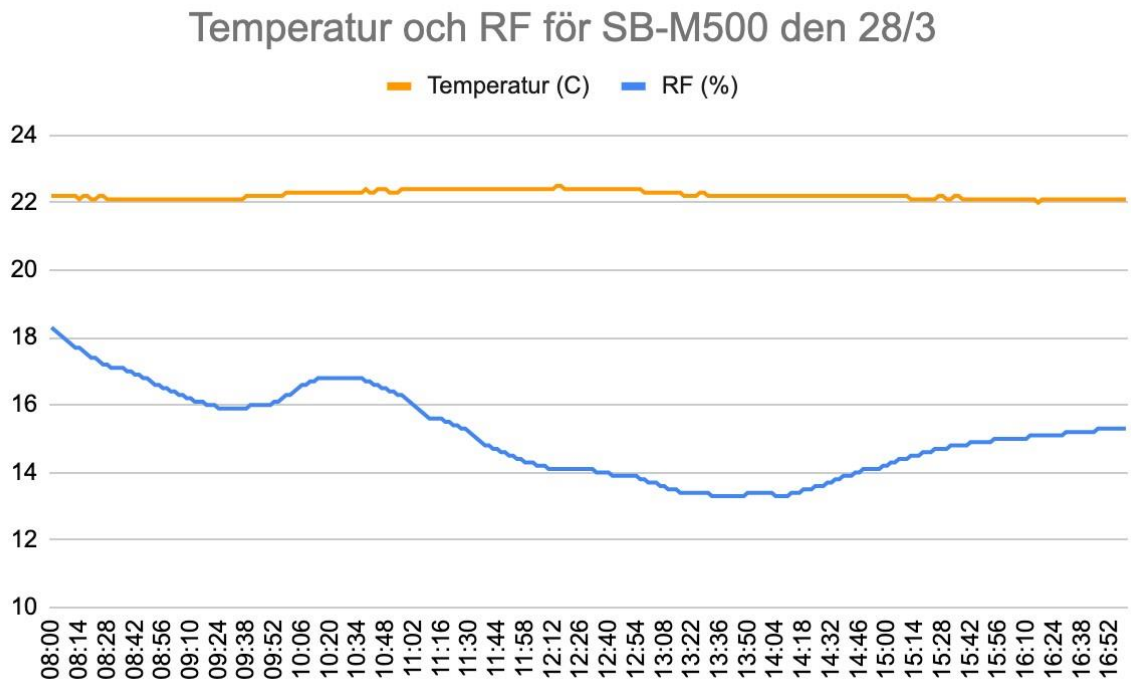


Diagram 12: Graf över förändring av Temperatur och Relativ Fuktighet i SB-M500 i SB mellan 08:00 och 17:00 den 28/3-2023

Kommentar: Inzoomad bild från "Diagram 11". Här syns tydligare ett exempel på låga RF-värden.

4.1.7 SB-M500

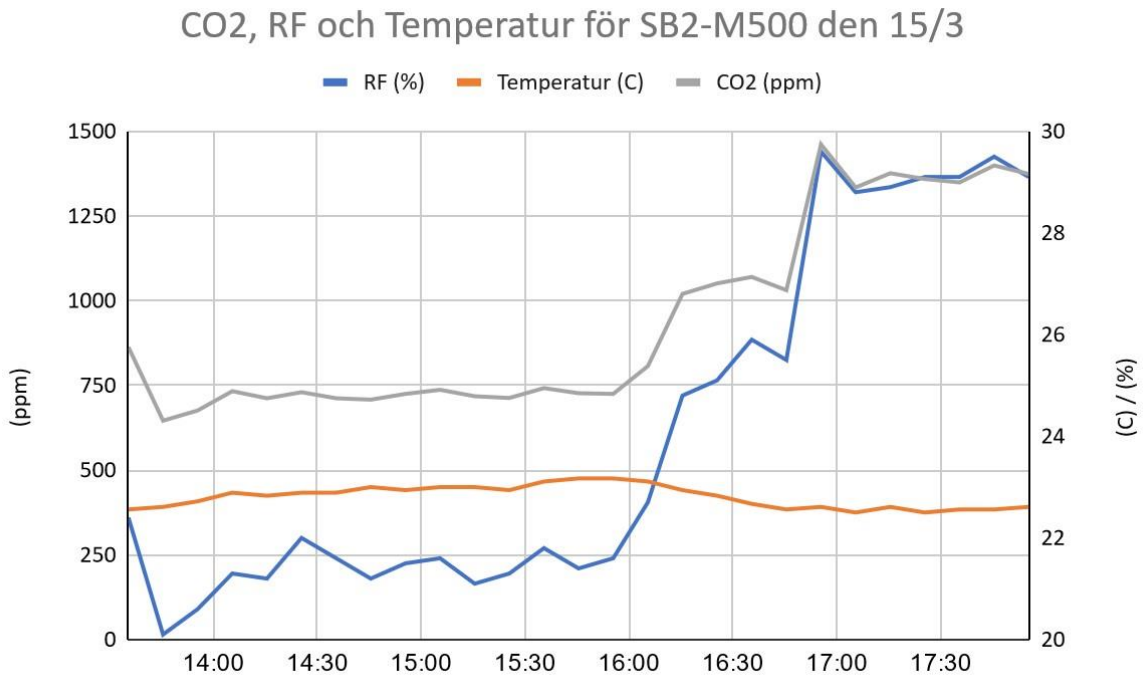


Diagram 13: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i Grupprum 402 i SB-M500 mellan 13:30 till och med 18:00 den 15/3-2023

Kommentar: Mätningar skedde under en tentamen med cirka 50 personer närvarande från början. Grafen visar en stark ökning efter 16.00 i CO2 och RF. Det upplevda klimatet från eleverna är okänt men tentamens-vakterna tyckte att luften varit dålig länge när mätningen upphörde.

4.1.8 SB-D080

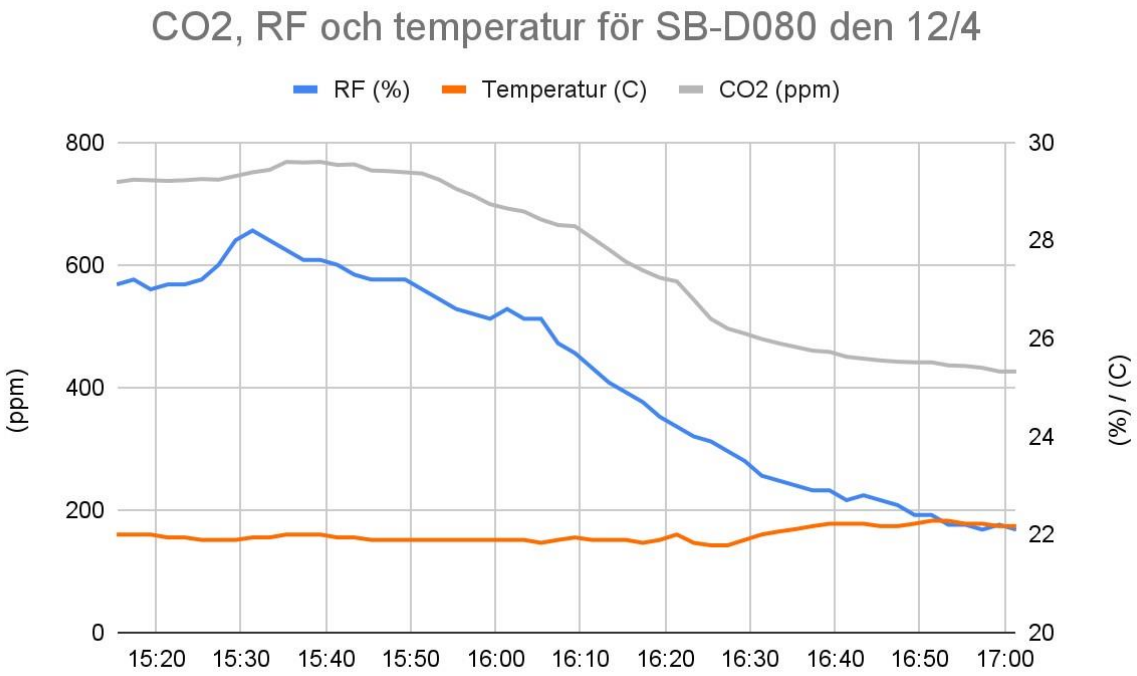


Diagram 14: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i SB Datasal D080 mellan 15:20 till och med 17:00 12/4 -2023

Kommentar: Lokalen var fullsatt, alla datorer på. Elevernas upplevda klimat är okänt. Inga värden överstiger några riktvärden.

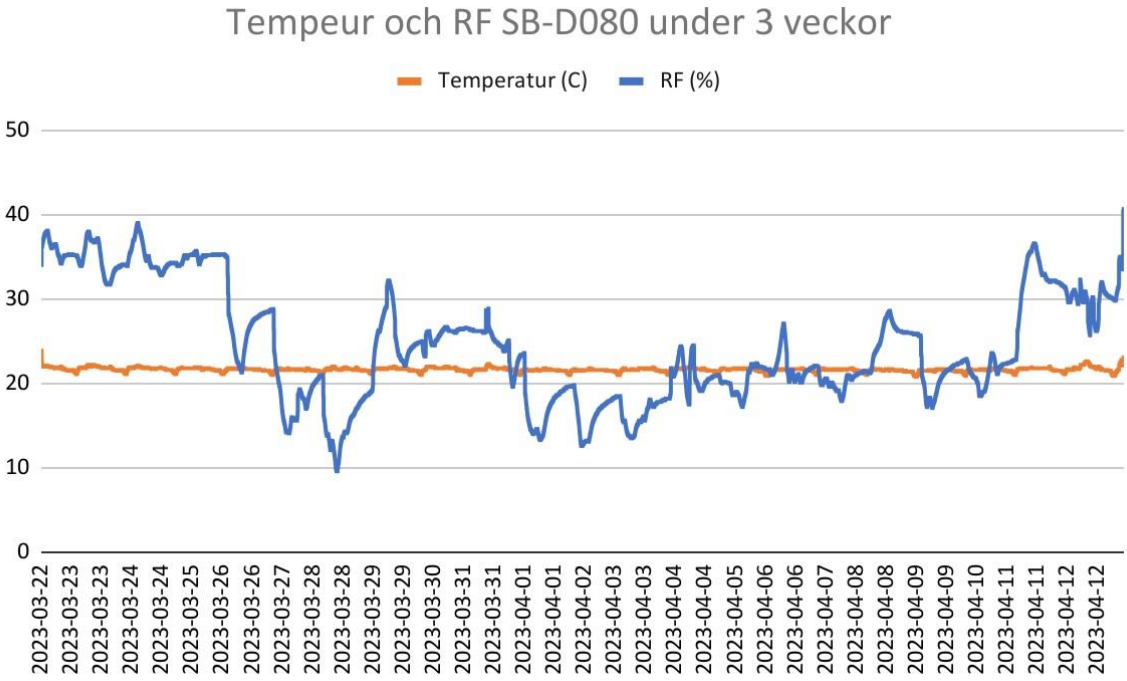


Diagram 15: Graf över förändring av Temperatur och Relativ Fuktighet i Datasal D080 i SB mellan 03/22 -2023 och 04/13 - 2023

Kommentar: Två mätare satt i rummet i sitthöjd. Mätarna var placerade så att de skulle spegla var elever upplevt ett kallt klimat. Upplevt klimat okänt under specifika tider. Väldigt låga värden för RF vid upprepade tillfällen. Temperaturen är dock mer eller mindre konstant med försumbara avvikelser.

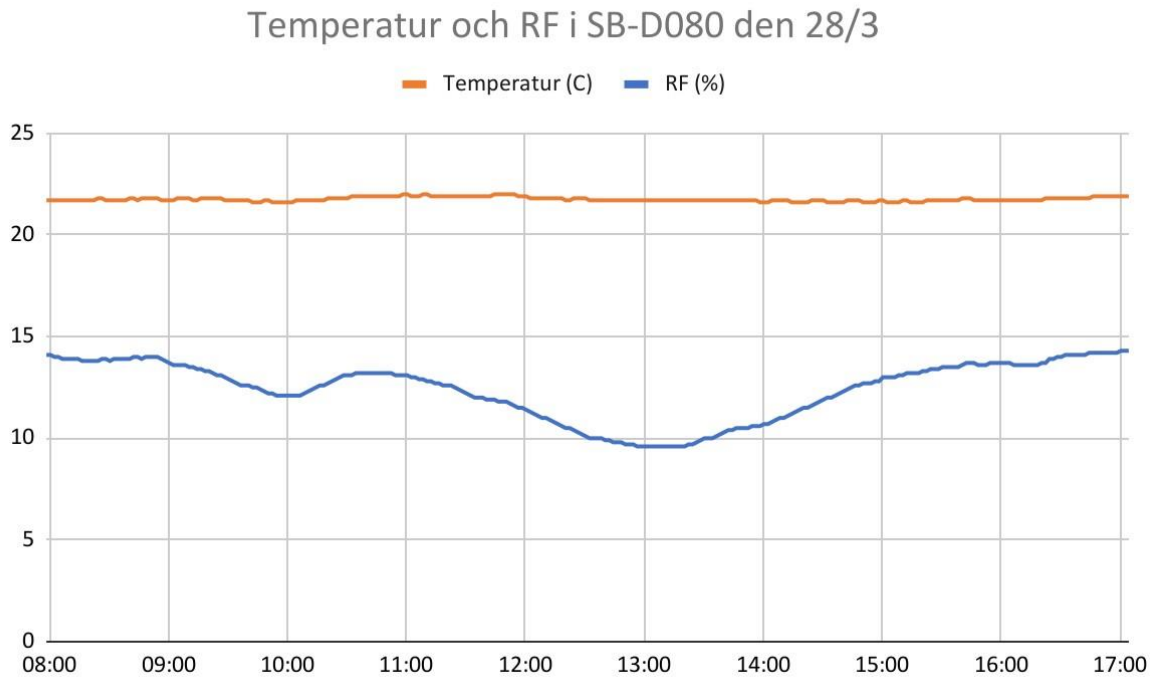


Diagram 16: Graf över förändring av Temperatur, Relativ Fuktighet och mängd CO2 i Datasal D080 i SB mellan 08:00 och 17:00 28/3 -2023

Kommentar: Inzoomad bild från “Diagram 15”. Här syns tydligare ett exempel på låga RF-värden.

Mätplats	Lägsta värde (m/s)	Medelvärde (m/s)	Högsta värde (m/s)
1	0,11	0,20	0,67
2	0,13	0,23	0,73
3	0,09	0,19	0,55
4	0,07	0,20	0,80

Tabell 1: Tabell över högsta, lägsta och medelhastigheten på luften vid en arbetsplats

Kommentar: Mätningarna utfördes i sitthöjd vid fyra olika arbetsplatser. Ingen satt vid dessa platserna men ett drag var lätt att känna av under mättiden.

4.2 Akademiska hus mätdata

I denna delen av resultatet presenteras den mätdatan som Akademiska Hus tillhandahållit.

4.2.1 SB-G311

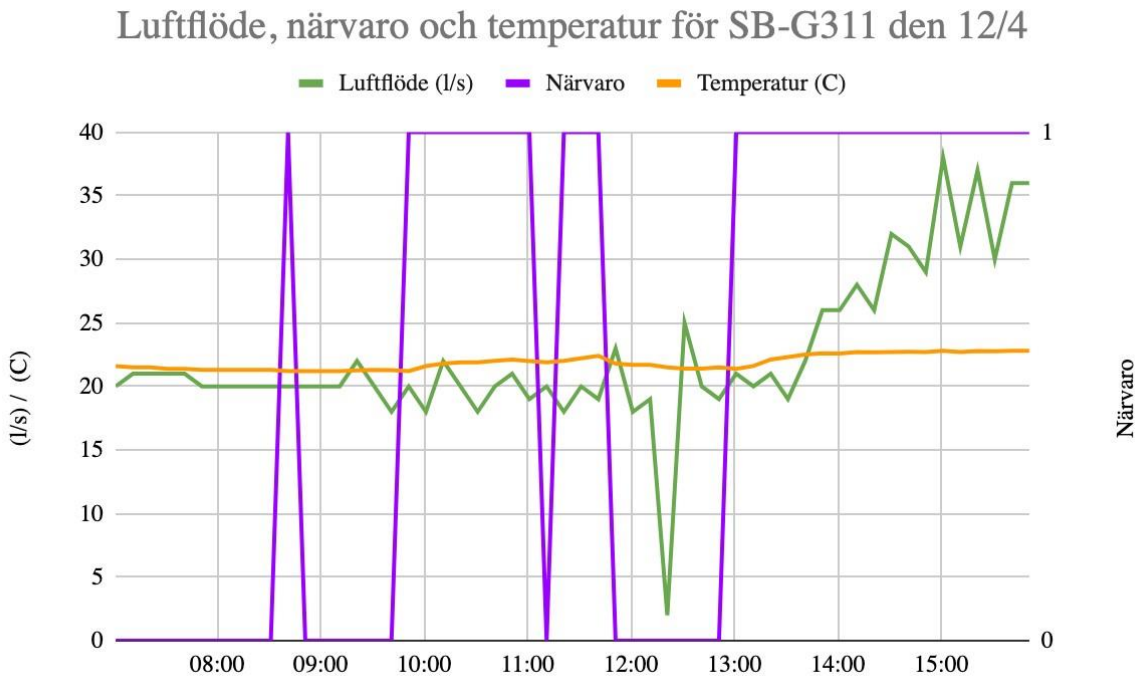


Diagram 17: Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G311 där närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 den 12/4-2023.

4.2.2 SB-G312

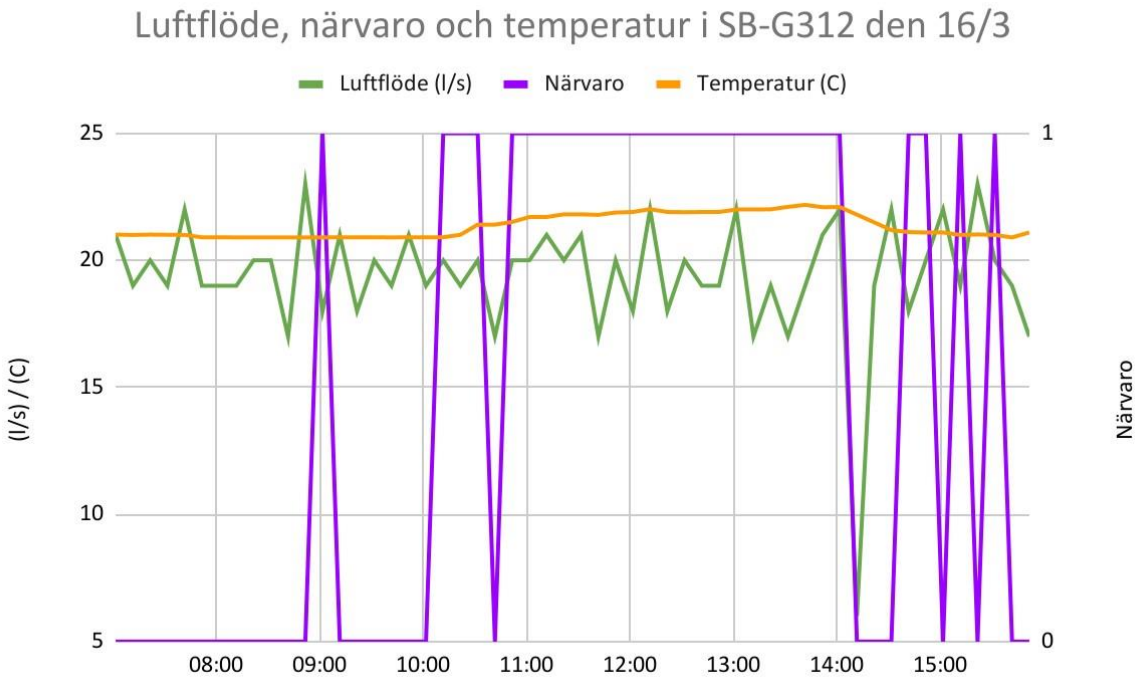


Diagram 18: Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G312 där närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 den 16/3-2023.

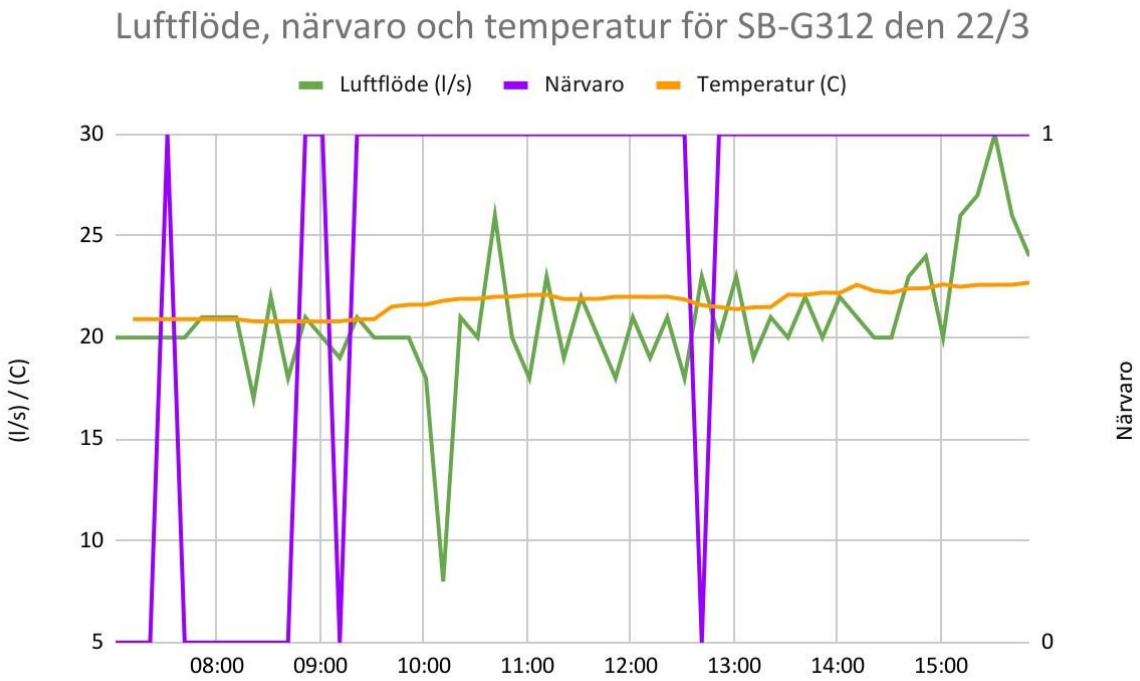


Diagram 19 : Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G312 där närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 den 22/3-2023

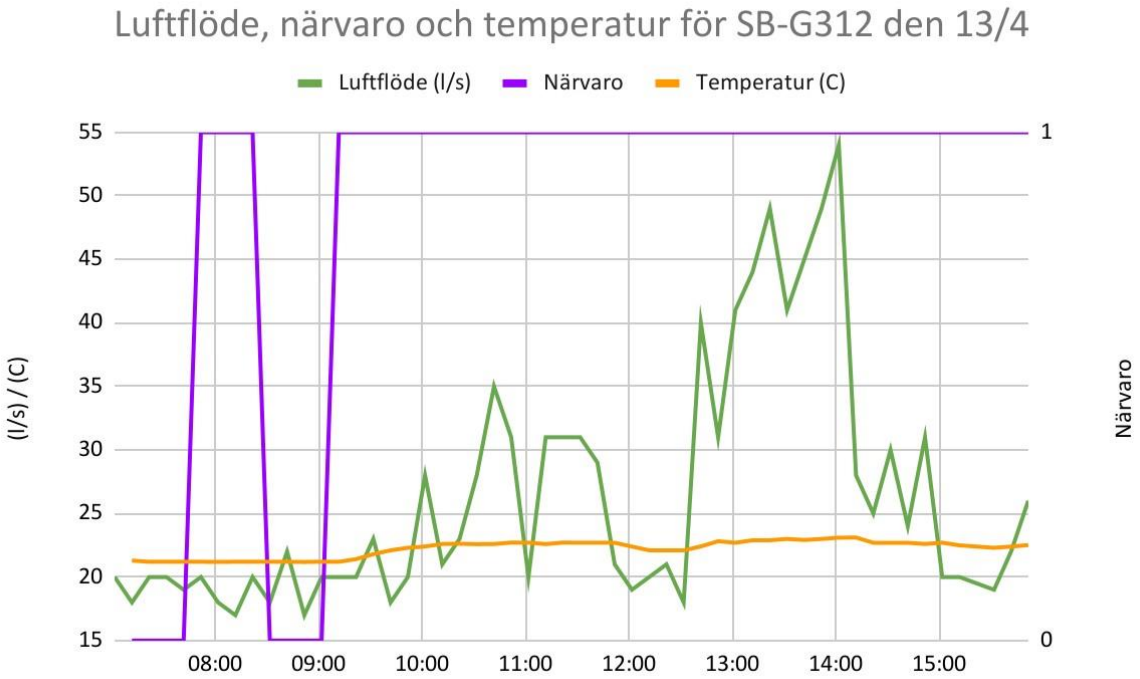


Diagram 20: Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G312 där och närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 13/4-2023

4.2.3 SB-G402

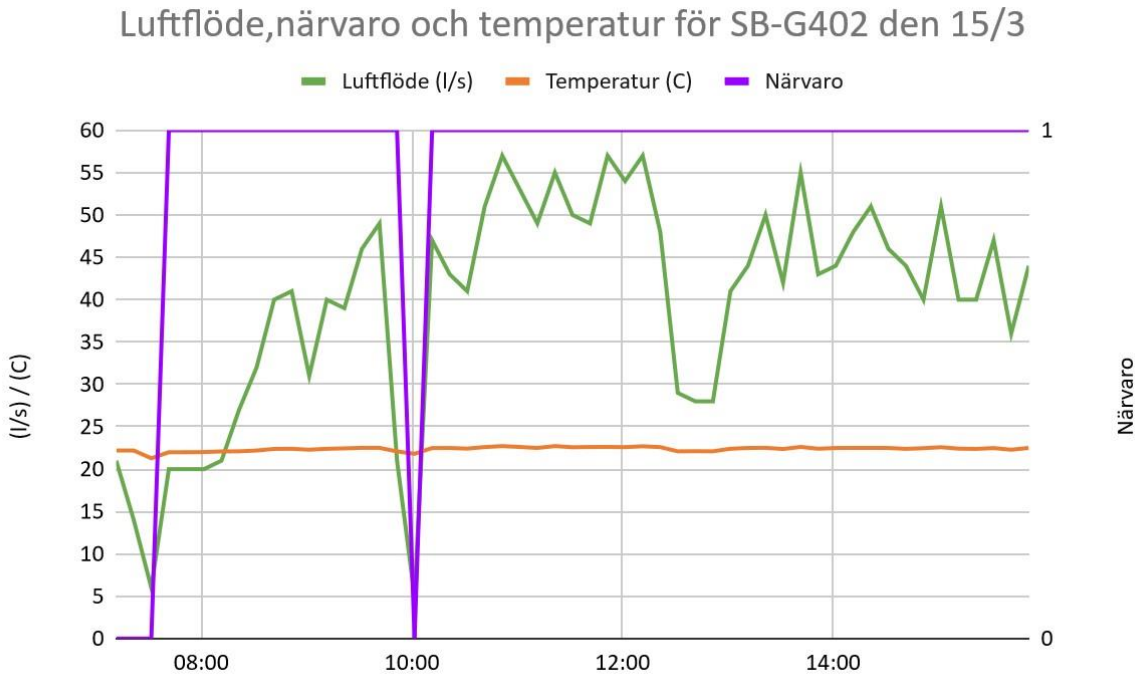


Diagram 21: Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G402 där och närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 15/3-2023

4.2.4 SB-G410

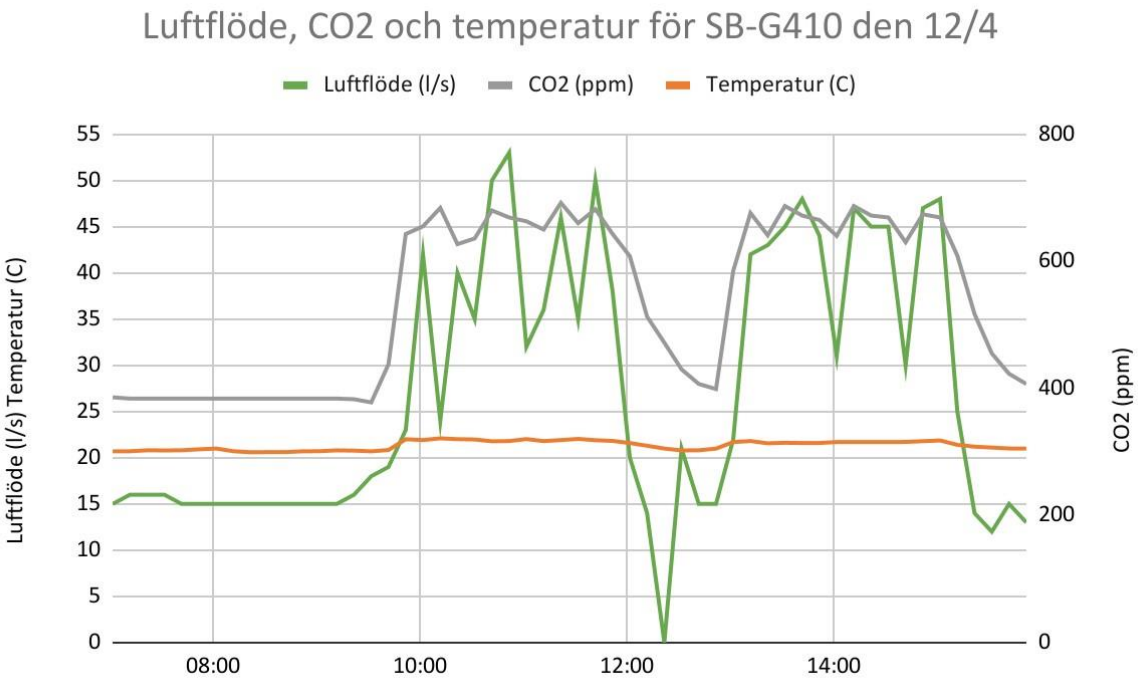


Diagram 22: Graf över förändring av Temperatur, luftflöde och mängd CO2 i SB-G410 i SB mellan 07:00 och 16:00 12/4 -2023

4.2.5 SB-G413

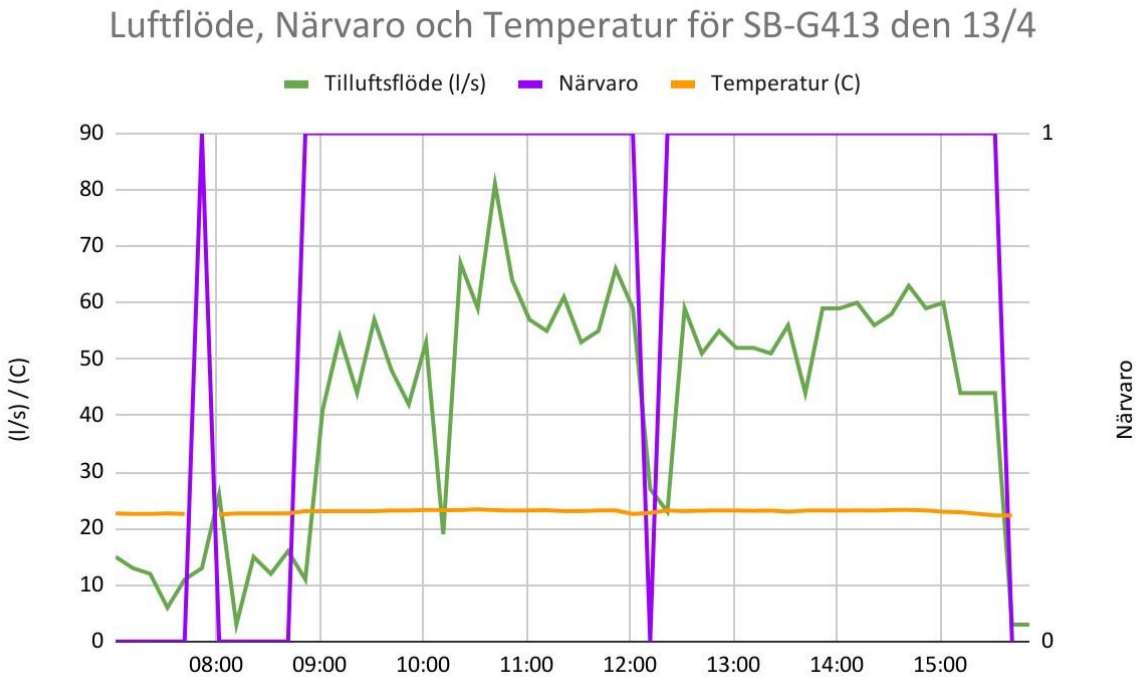


Diagram 23: Graf över luftflödet och temperaturen i förhållande till närvaron i SB-G413 där närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 den 13/4-2023

4.2.6 SB-G510

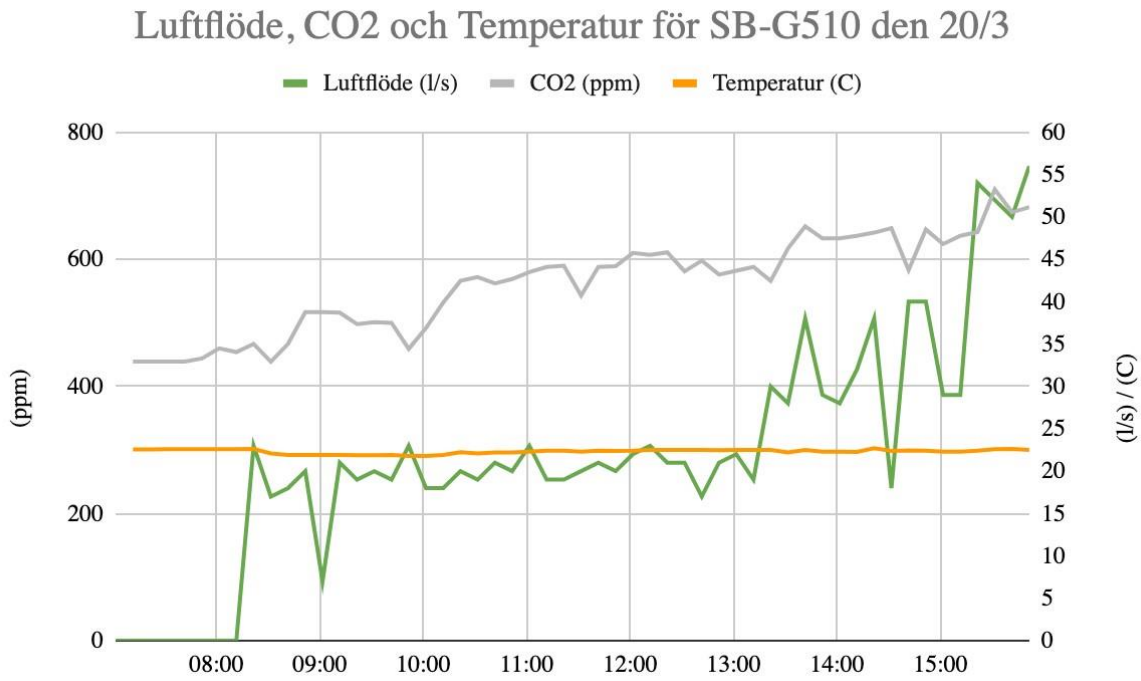


Diagram 24: Graf över förändring av Temperatur, luftflöde och mängd CO2 i SB-G510 i SB mellan 07:00 och 16:00 20/3 -2023

4.2.7 SB-D080

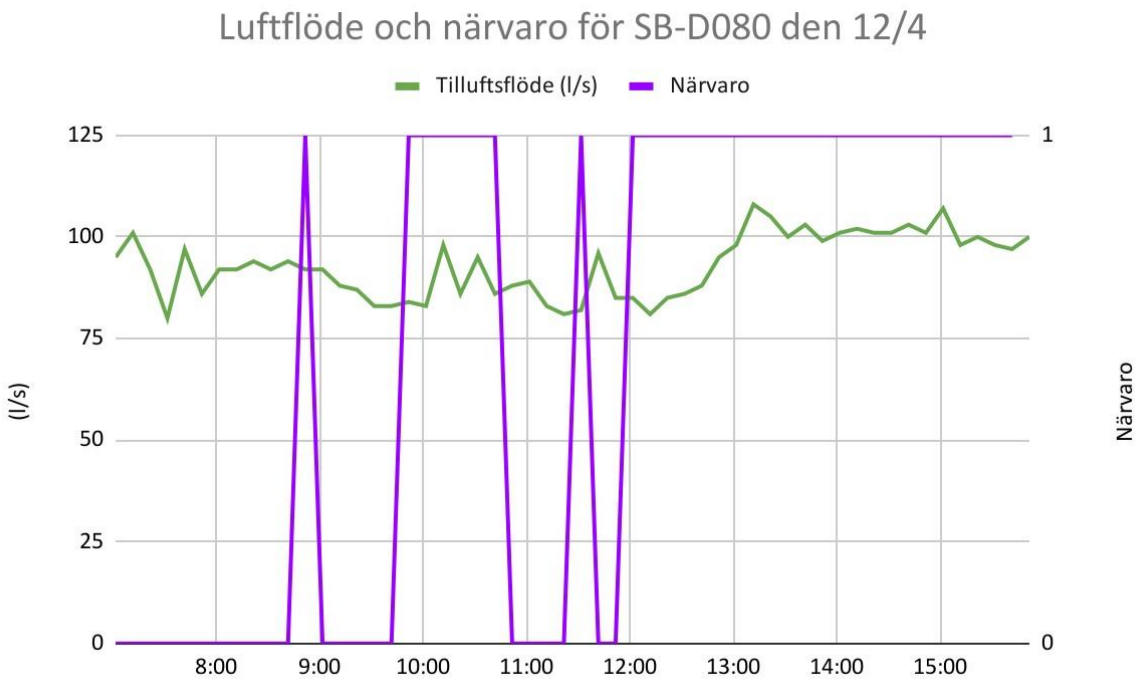


Diagram 25: Graf över luftflödet i förhållande till närvaron i SB-D080 där närvaron representeras med 1 eller 0 om någon är där respektive frånvarande mellan 07:00 och 16:00 den 12/4-2023

4.2.8 SB-M500

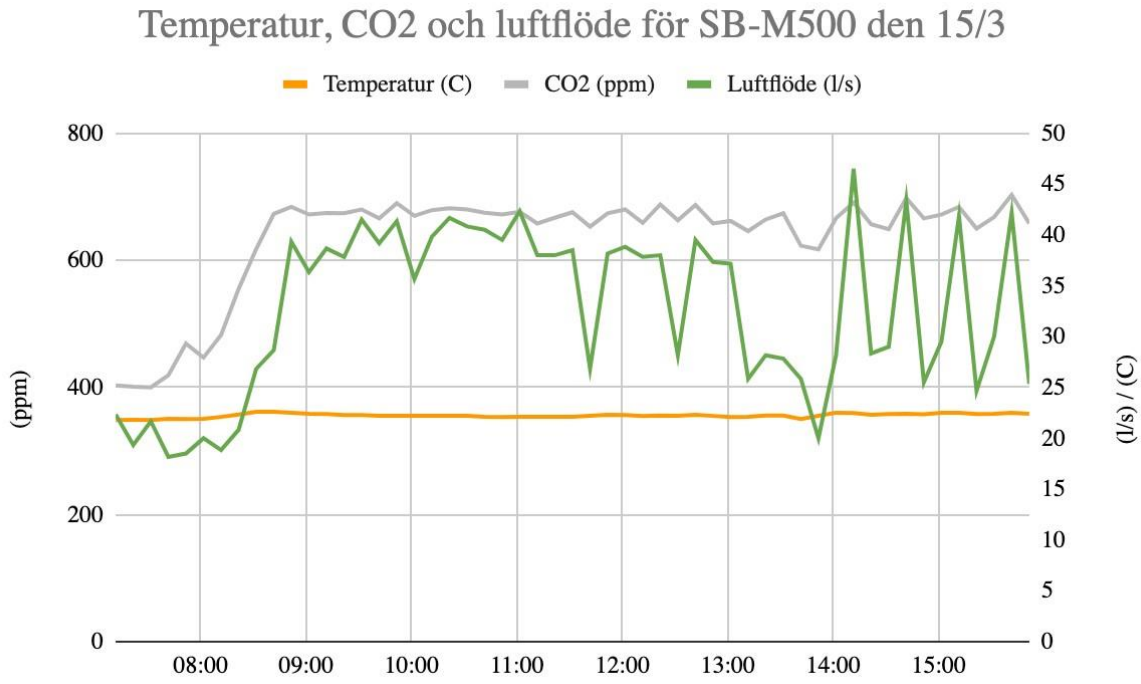


Diagram 26: Graf över förändring av Temperatur, luftflöde och mängd CO2 i SB-M500 i SB mellan 07:00 och 16:00 15/3 -2023

Analys och jämförelse

5.1 Analys egen mätdata

Den egna mätdatan är lite svår att analysera eftersom den inte följer något tydligt spår. Vissa gånger är till exempel koldioxidhalterna en bra bit över 1000 ppm vilket antyder för dålig omsättning av luft och andra dagar befinner sig nivåerna på bra nivåer < 800 ppm. Många mätningar har skett med endast två personer men även i dessa resultat kan koldioxidhalterna variera från bra till dåligt.

5.1.1 Grupprum

I grupprummen ser man en ganska stor variation i hur de presterar. Vissa dagar har det varit bra och vi har inte hört några speciella klagomål medan andra dagar så har det funnits klagomål trots att mätvärdena är inom riktlinjerna. Det verkar heller inte finnas någon tydlig korrelation mellan hur många som befunnit sig i grupprummet och det upplevda klimatet då vi har mätt med fem personer i ett rum kontra tre i ett annat. De som var fem upplevde att rummet presterade bra, och detta överensstämmer med mätdatan se diagram 5, medan de som satt tre stycken upplevde ett sämre klimat, även detta överensstämmer med mätdatan se diagram 2. Vi har även bara suttit två stycken i ett rum och då har koldioxiden börjat jämna ut sig runt 1200 ppm, se diagram 1, men halterna har i vissa fall hållit sig runt 700-800 ppm vilket anses vara inom ramen för vad som är acceptabelt.

Det tydligaste som går att se på de diagram där vi mätt efter klockan 16.00 är att ventilationen stängs av. Det finns redan en lösning till nämligen en knapp som sitter på varje våning i trapphuset. Informationen om att detta existerar verkar dock vara bristande då inte ens läraren inom installationsteknik hade vetskap om att detta fanns.

I våra långtidsmätningar av temperatur och relativ fuktighet ser man i SB-G510 att temperaturen håller sig väldigt stabil medan RF varierar stort vilket delvis är att vänta sig eftersom RF inne styrs mycket av RF utomhus. Dock så kan man se att RF under vissa dagar är väldigt lågt, under 20 %. I diagram 10 ser man att den under dagen har ett RF-värde så lågt som 9 %, något som många skulle uppfatta som obehagligt.

Mätningar av partikelhalt gjordes i flera grupprum men av okänd anledning har majoriteten av denna datan försvunnit. Dessutom har den datan som finns kvar fel tidsstämpel och på

grund av saknad kompetens inom Excel lyckades den inte korrigeras till rätt. Av dessa anledningar har vi valt att endast ta med ett diagram som med partikelhalt som tillhör ett annat diagram som mäter koldioxid, RF och temperatur, se diagram 7 och 8. I dessa diagram kan man se en tydlig korrelation mellan partikelhalten i luften och koldioxid. Av detta kan i sin tur utgå från att partikelhalten ökar på samma sätt i de andra rummen.

5.1.2 Datorsal

Datorsalen SB-D080 har enligt elever inte haft några problem när det kommer till för höga halter av koldioxid. Det stora problemet som upplevts av elever är att man upplever att det är kallt på vissa platser i rummet. Vid en första anblick stöds inte detta av våra mätningar eftersom temperaturen mer eller mindre aldrig går under 21 grader. På grund av detta gjordes vidare mätningar av lufthastigheten på samma nivå som en elev som sitter vid en dator skulle befinna sig på, se tabell 1. Dessa mätningar gör att man lätt kan se att lufthastigheten klart överstiger vad som börjar upplevas som drag, och eftersom luften som skickas ut är kallare än luften i rummet så upplevs det som att det är kallt.
I diagram 14 ser man att det inte finns något fel med för höga halter koldioxid då värdena ligger stabilt under 800 ppm i fullsatt sal. Att värdena sjunker snabbt redan strax innan 16.00 beror antagligen på att elever börjar lämna salen.
Vi mätte även i denna salen under en längre tid temperatur och koldioxid. I diagram 15 ser man en plottning av hela tidsperioden och där kan man se att temperaturen är väldigt stabil medan RF varierar precis som i SB-G510. Även här ser vi ganska exakt som grupprummet att RF dippar under 10 % den 28 februari.

5.1.3 Lärosal

SB-M500 är den största lärosalen i SB-huset och den har fått blandat kritik från elever. Vissa säger att den fungerar som den ska och vissa säger att den känns kvav eller att donen låter mycket när de går igång. Eftersom att vi inte har mätt ljudnivån i rummet tas det inte upp mer än att klagomålet tagits upp. Vi mätte en gång i SB-M500 under en tentamen som pågick från 13:30 till 18:00, se diagram 13. I mätningarna ser man att koldioxiden håller en stabil nivå hela tiden fram till klockan 16.00 då den snabbt ökar följt av ännu en snabb ökning ca 16.45. Som tidigare nämnt vid analysen av grupprummen så är detta för att ventilationen stängs av vid 16.00 och antagligen har informationen om knappen för förlängd ventilation inte kommit fram till tentavakterna. Anledningen till den andra stora ökningen vid 16.45 är dock oklar,

mätaren satt ovanför tavlan precis vid katedern i mitten av rummet så att koldioxiden ökar på grund av att många går fram för att lämna in sina tentamen är inte speciellt sannolik dock den bästa anledningen vi kan komma fram till.

5.2 Analys akademiska hus

Datan från akademiska hus som analyseras är främst den som mätts under de dagarna då även vi har mätt. De diagram som ligger under bilagor är under flera månader och ger inte speciellt mycket värde varken för en analys eller jämförelse. Alla salar mäter inte samma sak, vissa rum har fler mätare i sig vilket gör att en senare jämförelse kan bli svårare.

5.2.1 Grupprum

Alla grupprum som vi har fått mätdata från Akademiska Hus mäter luftflöde, temperatur och närvaro. Vissa två av de grupprummen som vi mätte i har även koll på koldioxidhalten, se diagram 22 och 24. Det tydligaste som går att säga om mätdatan härifrån är att det finns en tydlig korrelation mellan närvaron och ett ökat luftflöde, något som är att förvänta sig. Det är svårt att se någon korrelation mellan temperatur och luftflöde då temperaturen sällan stiger mer än en grad. Eftersom närvaron reagerar lika om det kommer in en person som om det kommer in 10 är det även svårt att säga hur luftflödet varierar. Enligt beskrivningen av hur systemet fungerar ska temperaturen var det som styr luftomsättningen men om den är helt stabil och närvaron visar att det befinner sig personer i rummet är det svårt att se mer exakt hur systemet väljer att reglera flödet.

5.2.2 Datorsal

Det som mäts i datorsal SB-D080 är temperatur, närvaro och luftflöde från lindinvent donen. Utöver de vanliga ventilationsdonen finns det även sex stycken kylaggregat som tar in luften i rummet och kyler den med hjälp av ett internt kylbatteri som sitter i aggregatet lokalt. Temperaturen som mättes upp av Akademiska Hus låg hela tiden under 20 grader, se diagram 25, detta kan anses som kallt för många då optimal temperatur ligger över 20 grader. Korrelationen mellan luftflöde och närvaro i datorsalen är dock inte lika tydlig som den var i de andra salarna/rummen, detta kan dock ha med skalan att göra eftersom flödet såklart ökar så fort som salen används. I diagram 25 ser man att luftflödet dessutom är väldigt högt jämfört med övriga salar/rum när ingen är där, ca 75-80 l/s.

5.2.3 Lärosal

SB-M500 är en av salarna som även mäter koldioxid. Mätningarna som redovisas i diagram 26 är från den 15 mars under en dag då det var tentamen. Man kan se att koldioxidhalten håller sig stabilt under 800 ppm, vilket är precis där man kan anta att det ska ligga. Även här ligger temperaturen stabilt runt 21 grader, se diagram 26. Akademiska Hus mäter inte RF i denna salen heller så den informationen finns inte med från deras sida. Vi fick inte tag i information från närvaro sensorerna i salen men baserat på tidigare resultat från grupprum och datorsal så kan man anta att luftflödet även här ökar vid närvaro av människor. Något som dock går att se en korrelation mellan är luftflödet och koldioxid som nästan ser ut som förskjutna kopior av varandra på vissa ställen. Detta är antagligen eftersom koldioxiden är en av de drivande krafterna tillsammans med temperaturen som reglerar hur stort luftflödet ska vara. De gångerna då luftflödet dippar men koldioxiden stannar runt samma har folk antagligen lämnat rummet.

5.3 Jämförelse

När vi jämför våra grafer med de grafer vi har fått från akademiska hus så ser vi att våran mätdata och akademiska hus mätdata stämmer överens väldigt bra, i de rum där det finns koldioxidmätare ligger differensen mellan vår uppmätta koldioxidhalt och akademiska hus koldioxidhalt inom 100 ppm vilket ses som rimligt eftersom att vi har olika mätinstrument och mätinstrumentet sitter på olika ställen. Även temperaturen verkar vara på samma nivå vilket också betyder att vår och akademiska hus mätinstrument fungerar som det skall.

Vi ser även en koppling mellan låga koldioxid halter och de grupprumm som har en koldioxidsensor, där de grupprum med koldioxid sensorn har lägre halter koldioxid vilket är den parametern vi främst har kollat på för att få en bild på hur bra inomhusklimatet är.

6. Slutsats

Det finns ingen tydlig slutsats att dra från de resultat vi har fått ut. I vissa fall har koldioxidhalten gått upp över folkhälsomyndighetens riktvärde för när man bör kolla till ventilationen och i vissa fall ligger halterna bra till. Något som är tydligt dock är att ventilationen stängs av vid 16.00, detta går dock att korrigera manuellt med hjälp av en knapp som sitter monterad i trapphusen som förlänger ventilations tiden, dock är det nästan ingen som känner till detta enligt vår förståelse.

Grupprummen är nog de svåraste rummen att dra en bra slutsats från eftersom vi aldrig fick koncisa mätdata mellan de olika rummen. Det är någonting som är fel eftersom elever har klagat under hela tiden vi har skrivit detta examensarbete och även sen vi började på Chalmers. Anledningen till detta är antagligen inte på grund av för hög eller för låg temperatur eller för hög koldioxidhalt. Det enda som kanske kan anses vara obehagligt kan vara de låga fukthalterna uppmätta men om en låg fukthalt korrelerar till att det känns kvavt och instängt känns inte särskilt självklart. Dessutom har vi fått klagomål på flera tider av dagen även då fukthalterna legat på okej nivåer. En anledning skulle kunna vara att man sitter nära varandra och i vissa fall väldigt många i ett rum vilket kan göra att man undermedvetet tror att det är kvavt och instängt trots att värdena ligger inom vad som anses vara bra/okej.

I datorsalen var som sagt från början klagomålen inte att det känns kvavt eller instängt utan det var mer att det var alldeles för kallt på vissa ställen. De första mätningarna visade att det kanske var lite kallare än i andra rum så som grupprummen men inte tillräckligt för att majoriteten skulle tycka att det är kallt. Med vidare mätningar av lufthastigheten vid olika arbetsplatser fann vi att hastigheten av luften kunde ligga så högt som 0.67 m/s, drygt tre gånger över vad som börjar upplevas som drag. Detta är anledningen till att vissa kan uppleva att det är bekvämt inne i salen medan andra måste ta på sig ytterkläder när de sitter och arbetar. Att datorsalens temperaturmätare och våra mätningar inte riktigt stämmer överens är dock intressant. Draget kommer inte från smart-donen utan från kylaggregaten som sitter i rummet. Dessa styrs dock av smart-donen som mäter temperaturen och säger till aggregaten om det behöver vara kallare där inne. Den dagen vi mätte hade vi relativt konstanta värden mellan 21-22 grader medan smart-donen aldrig mätte över 20 grader. Att de då av någon anledning skulle säga till aggregate att det behövs kylas kan ses som konstigt och eventuellt kanske skulle behöva kollas till. Om de sätts på vid för låga värden kanske den

blåser mer än vad den faktiskt behöver när temperaturen ligger mellan 21 och 22 vilket gör att drag blir mer tydligt.

Lärosalen SB-M500 mätte inte upp några speciellt dåliga värden, då ventilationen var på. Det var en bra mätdag eftersom vi mätte under en hel dag då tentamen utfördes från 8-18 och salen var fullsatt en bra del av den tiden. Tentavakterna klagade på att det varit dålig luft där inne ett bra tag men det är oklart om de började uppfatta den dåliga luften före eller efter 16.00. Med största sannolikhet började de känna av det efter 16.00 eftersom alla parametrar såg bra ut innan dess, och att kunskap om den förlängda ventilationen antagligen hade löst eller åtminstone hjälpt situationen. I övrigt verkar salen fungerat mer eller mindre som den ska åtminstone den dagen vi mätte.

Några värden som av någon okänd anledning fanns i flera rum var de låga fukthalterna hela dagen den 28 mars. Det fanns även ganska låga fukthalter andra dagar men inte lika lågt som det datumet. Kollar man på bilaga xx ser man RF utomhus samma datum. Med hjälp av diagrammet och ett mollierdiagram kan man dra slutsatsen att det är ganska logiskt med de låga RF värdena. Om man endast värmer uteluften torrt kommer det inte tillföras mer fukt men eftersom temperaturen ökar kommer RF att bli lägre. Detta är antaglien den bästa förklaring till de väldigt låga värdena.

En allmän slutsats till denna undersökningen kan vara att kommunikationen mellan skolan och Akademiska Hus samt skolan och elever och lärare bör stärkas så att alla kan ta del av de lösningar som faktiskt finns monterade. Det finns dagar då vi märkt att knappen varit på sen vi fick reda på att den existerar så antagligen är det någon/några som vet om att den finns, så frågan är vem som inte informerat tillräckligt bra. Det är svårt att dra bra slutsatser om ventilationen är tillräcklig då våra mätningar har gett väldigt spridda resultat och är inte koncisa nästan någonstans. En ytterligare undersökning skulle behöva göras för att kunna svara på de frågetecken som kan ha uppstått under denna.

7. Diskussion

Det verkar vara väldigt stor skillnad på RF, temperatur och CO2 i de salarna vi har mätt i och detta vet vi inte riktigt anledningen till. Mätdatan är insamlad under olika dagar och på olika tider på dygnet och frågan är vad som gör att till exempel den relativa fuktigheten varierar mellan 10 % upp till 40 %. Vi ser även att vi på flera tillfällen har mätt upp en väldigt låg relativ fuktighet under 10%, i både grupprum och datorsalar vilket vi inte riktigt kan förstå varför, tyvärr har vi ingen närvarosensor i dessa rum när vi har uppmätt en så låg fuktighet så vi vet inte om det faktiskt var människor i salarna eller hur många det var när fuktigheten blev så låg. Tyvärr kan vi inte koppla den låga fuktigheten till utomhusklimatet eftersom att väderstationen i Göteborg har varit avstängd/trasig under den perioden då vi mätte i salen. Men den låga fuktigheten kan bero på att luftkylaren i rummet avfuktar luften.

Även koldioxidhalten har varierat väldigt mycket, ibland ligger den konstant på över 1000 ppm och ibland hålls den stabilt på runt 700 ppm och detta tycker inte vi går att relatera till hur länge man har suttit i vardera sal. Ibland är alltså inneklimatet dåligt redan när man kommer till grupprummet utan en belastning i just det grupprummet och ibland så stiger koldioxidhalten konstant under en längre period innan den jämnar ut sig, vi har tyvärr inget bra svar på varför det är så här utan vi kan bara anta att det kan bero på hur många människor som vistas i huset samma dag samt att belastningen av vädret kan påverka systemet på olika sätt.

De undersökningar vi har gjort har varit svår att redovisa eftersom att den första undersökningen vi gjorde var för att bara få en bild om vad eleverna tyckte om inomhusklimatet där de fick skriva egen text vilket är svårt att sammanställa till en graf som hade visat hur stor andel som är missnöjd med ventilationen, och de senare enkäterna som vi gjorde för att få mer exakt data om specifika rum inte fick tillräckligt med svar för att kunna dra någon slutsats från.

Vi har även gjort mer undersökningar genom att vi själva har frågat personer som har suttit i olika grupprum/lektions salar om vad de tyckte om miljön inne i lokalerna medans de satt där, och vi fick kommentarer så som att man tydligt märkte att luftkvaliteten blev sämre med tiden och att personer som satt i lokalerna blivit trötta och fick svårare att tänka klart. Men vi tyckte det var svårt att redovisa detta eftersom att vi bara frågade personerna muntligt och

informationen var mer till hjälp för oss för att veta hur våran mätdata kopplades till det upplevda inneklimatet, alltså vilka värden på inomhusklimatet som upplevdes som bra eller dåligt.

8. Förslag till förändringar

För att bättre kunna representera inomhusklimatet i SB huset hade vi kunnat mäta i fler salar under en längre period för att se hur mycket klimatet kan fluktuera i till exempel ett speciellt grupprum, för att försöka komma fram till varför koldioxiden kan ligga på 700 ppm i ett grupprum en dag och över 1200 ppm en annan dag.
Vi har även fått ny information efter att vi har gjort våra undersökningar om att grupprummen är olika uppbyggda ventilationsmässigt, vissa grupprum har koldioxidmätare i ventilationsdonen och det hade varit intressant att jämföra grupprum med koldioxidmätare mot grupprum som saknar det för att se ifall klimatet är bättre i de grupprum som har koldioxidmätare, och i så fall ha detta som en slutsats.

Vi hade också velat koppla våra enkätsvar till våran mätdata vilket vi inte hade möjligheten att göra eftersom att vi hade strukturerat våra enkäter på ett dåligt sätt så att det inte på ett snyggt sätt går att visa i rapporten. Vi hade alltså redan från början behövt bygga upp enkäterna så att de på ett snyggare sätt hade gått att visa i ett till exempel diagram genom att ha mindre fritext i enkäterna och mer numerisk data. Vi hade även behövt få fler personer att svara på de enkäter vi satte upp i de specifika grupprummen och lektionssalarna, vilket vi kanske hade kunnat göra genom att i de lektionssalarna och datorsalarna som vi satte upp enkäter kunnat be läraren att be eleverna svara på enkäten.
I grupprummen hade vi själva kunnat göra detta genom att antingen försöka spendera mer tid på skolan eller att vi hade kunnat själva boka de grupprummen och bett våra kompisar sitta där när de pluggar så att de kan rapportera vad de tyckte om klimatet.

Det hade även varit intressant att jämföra klimatet på olika våningsplan för att se om det finns någon tydlig skillnad mellan våningsplanens prestanda och i så fall undersöka detta mer.

Det hade även varit intressant att samarbeta mer med Akademiska hus så att vi själva hade kunnat ändra på olika parametrar som styr ventilationen och på så sätt kanske förbättra ventilationen, genom att till exempel ändra auktoriteten för ventilationsdonen så att de till exempel endast går på koldioxid och se ifall man upplever en skillnad i inomhusklimatet.

Litteraturförteckning

Arbetsmiljöverket. (den 27 Januari 2023). *Allmänventilation*. Hämtat från Arbetsmiljöverket.se: https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-ochventilation/allmanventilation/

Boverket. (den 16 Februari 2022). *Din hälsa kan påverkas av det termiska klimatet*. Hämtat från Boverket.se: https://www.boverket.se/sv/byggande/forebygg-felbrister-skador/konsekvenser-samhallet/konsekvenserhalsan/halsokonsekvenser-av-termisk-komfort/

Ceder, H. (den 21 September 2005). *Arbete och Hälsa.* Hämtat från Folkhälsomyndigheten.se: https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/a22abd3cdc1042e195d50fe4484a7fb9/temperatur-inomhus.pdf

Comfort-Control. (u.d.). *Comfort-control, Energi och miljö*. Hämtat från TSI P-Trak Modell 8525: https://www.comfort-control.se/sv/artiklar/tsi-p-trak-modell8525.html

Condair. (u.d.). *Rekommenderad luftfuktighet - En guide till ett bra inomhusklimat.* Hämtat från Condair.se: https://www.condair.se/halsa-och-optimaltinomhusklimat-med-befuktning/rekommenderad-luftfuktighet-en-guide-tilldet-goda-inomhusklimatet

DB industrie technik. (u.d.). *DB industrie technik*. Hämtat från Easy LOG 24 RFT: https://www.db-industrietechnik.de/de/-92-96-100-103-104-419-631-635-849-1081-1083-3235-3322-3785-3786.html

Folkhälsomyndigheten. (den 9 Februari 2023). *Vägledning om ventilation*. Hämtat från Folkhälsomyndigheten.se: https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsaoch-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/ventilation/

Hillukkala, M. (den 9 Maj 2023). Drifttekniker . (L. Arvidsson, & E. Lundgren, Intervjuare)

Joseph G. Allen, P. M. (2016). *Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments.* Environmental Health Perspectives.

Lindinvent. (u.d.). Lindinspect - Produktbeskrivning. *Klimatsmart helhetslösning Behovsstyrd ventilation, belysning & solavskärmning*.

Luftrenare.se. (u.d.). *Luftföroreningar förekommer normalt i all luft vi andas*. Hämtat från Luftrenare.se: https://www.luftrenare.se/i/information-omluftrenare/luftburna-partiklar-inomhus.html Rotronic. (u.d.). Operation manual.

Satish U, M. M. (2012). *Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of low-tomoderate CO2 concentrations on human decision-making performance.* Environ Health Perspect.

Todorovski, S. (2019). *Koldioxidens effekter på elevers och kontorsarbetares hälsa och mentala prestationsförmåga i skol- och kontorsmiljöer.* Lund: Lunds Univeristet.

Zhang, X. W. (2017). *Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance.* Indoor Air.

Bilagor

SB-G312

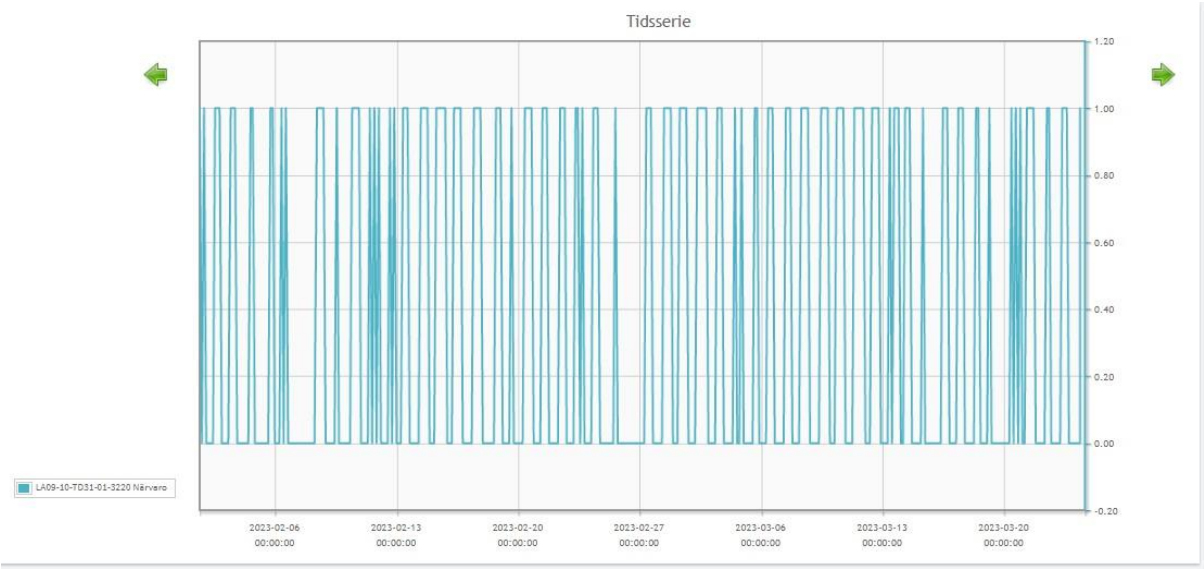


Diagram : Graf över närvaro i grupprum 312 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

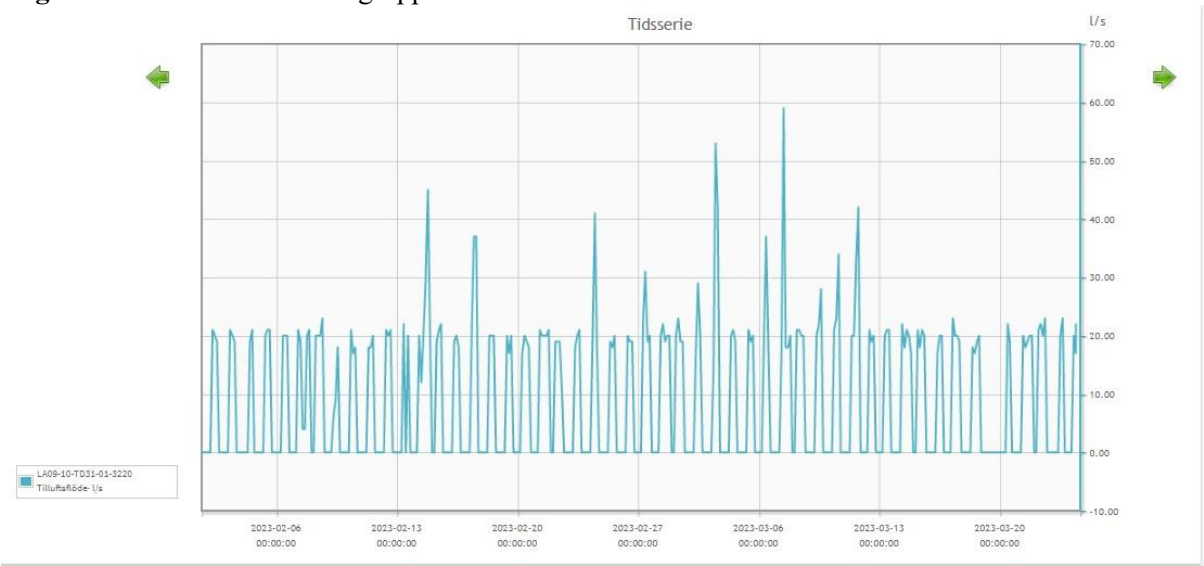


Diagram : Graf över förändring av luftflöde i grupprum 312 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

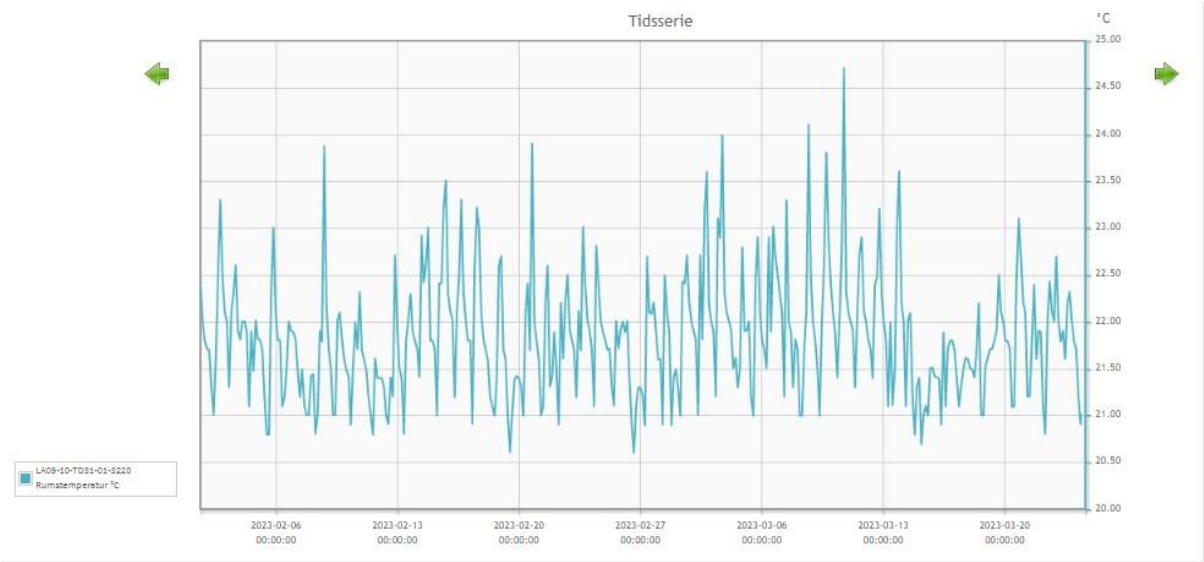


Diagram : Graf över förändring av temperatur i grupprum 312 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

SB-G402

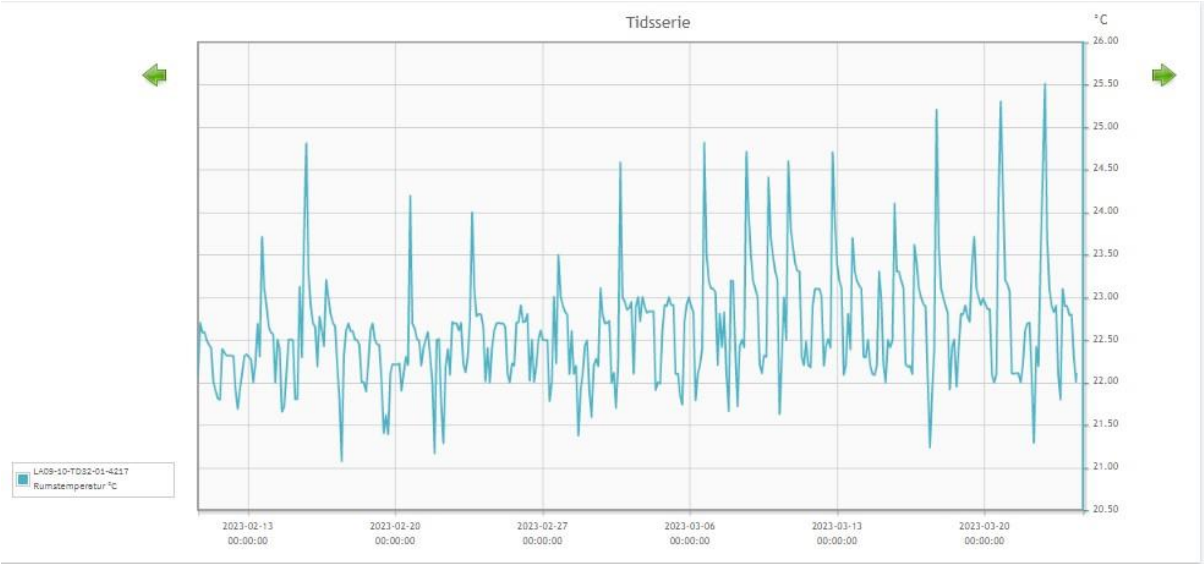


Diagram : Graf över förändring av temperatur i grupprum 402 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

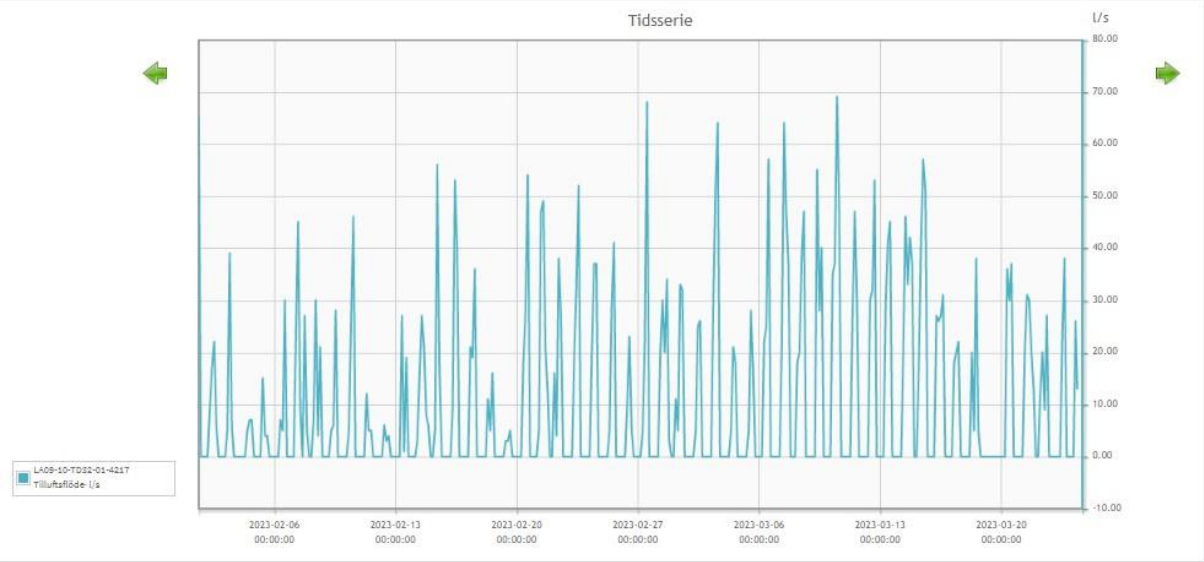


Diagram : Graf över förändring av luftflöde i grupprum 402 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

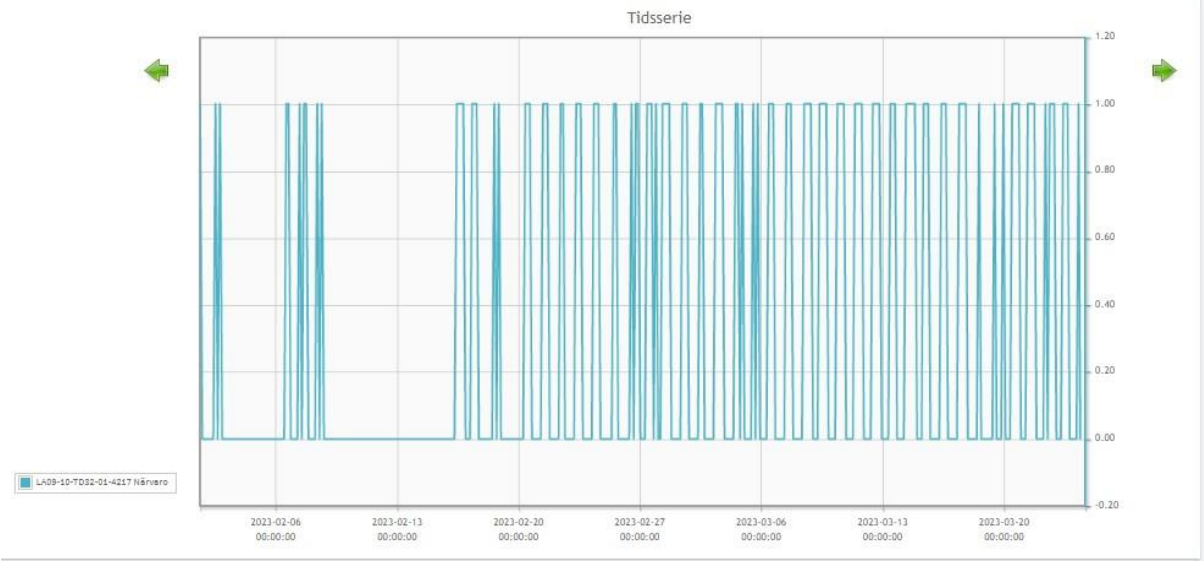


Diagram : Graf över närvaro i grupprum 402 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

SB-G510

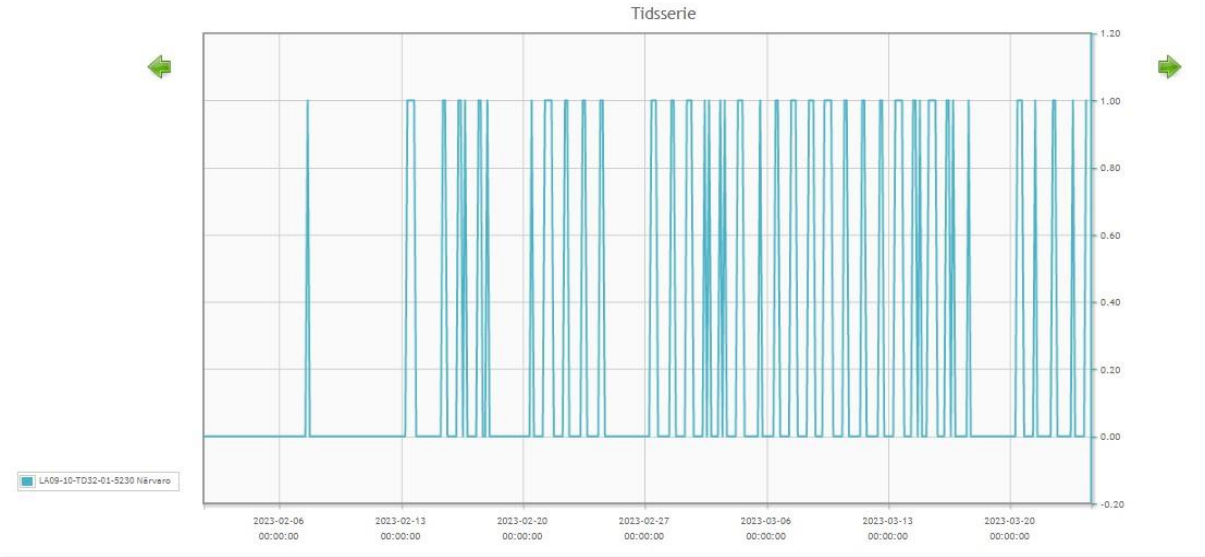


Diagram : Graf över närvaro i grupprum 510 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

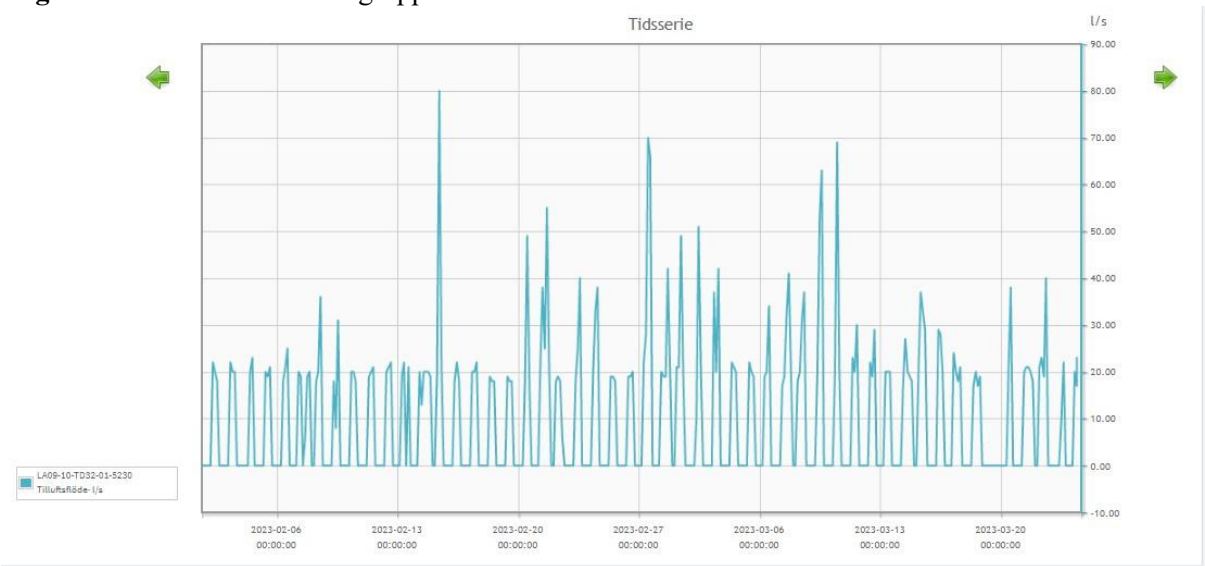


Diagram : Graf över förändring av luftflöde i grupprum 510 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

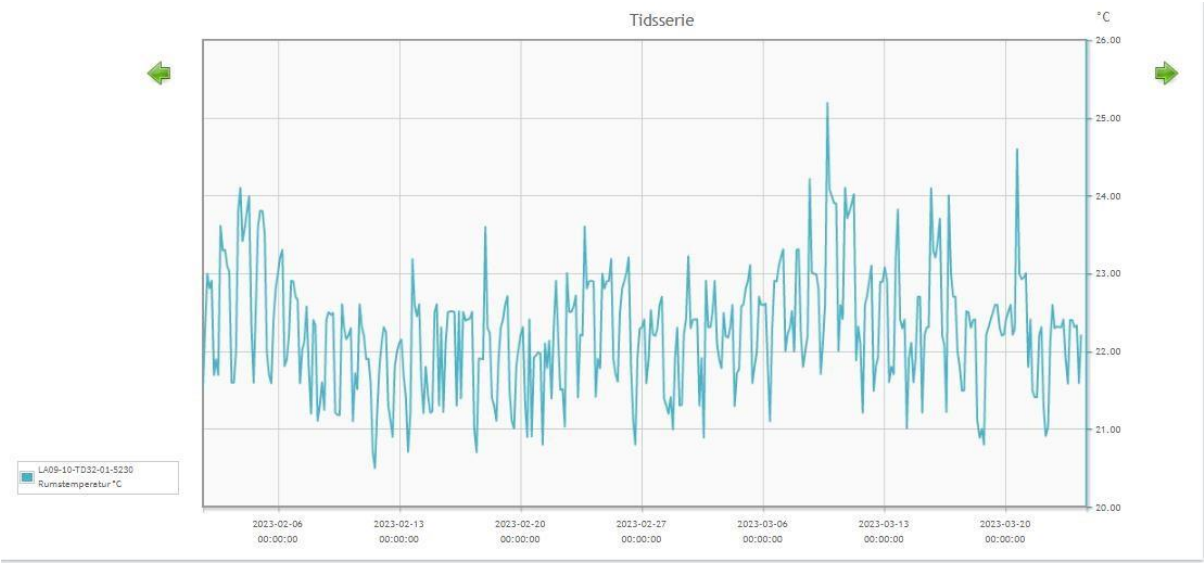


Diagram : Graf över förändring av temperatur i grupprum 510 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

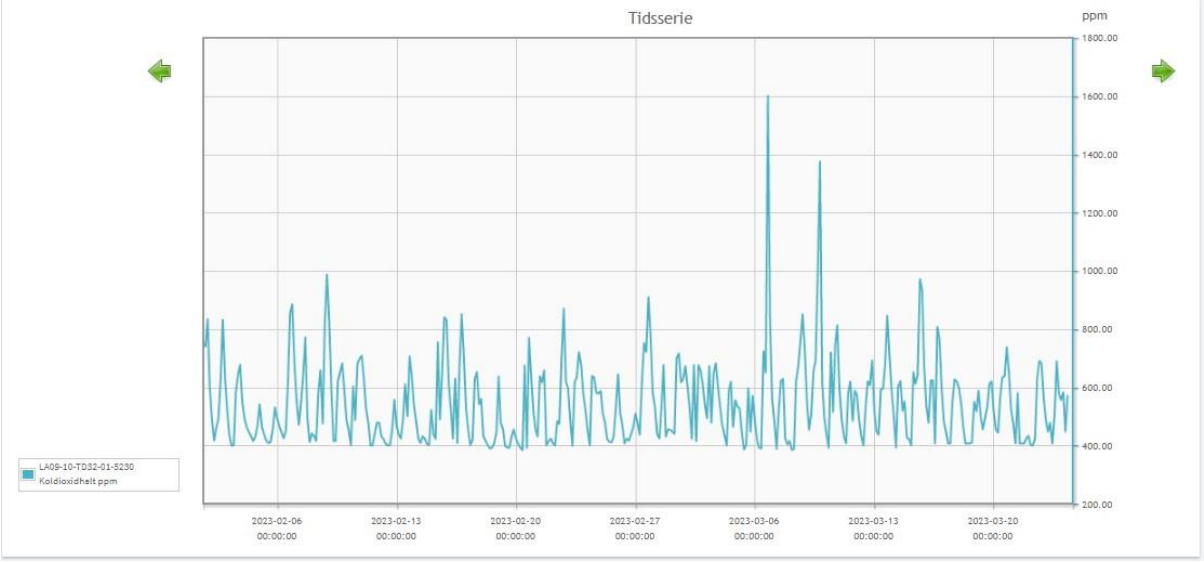


Diagram : Graf över förändring av CO2 grupprum 510 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

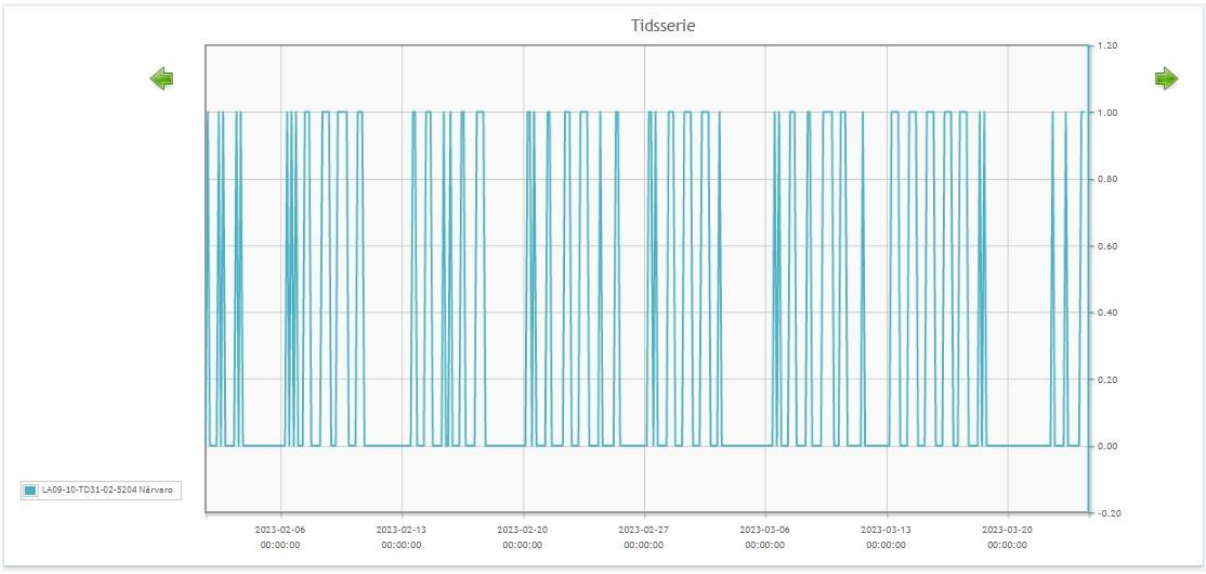


Diagram : Graf över närvaro av CO2 i lektionssalen 500 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

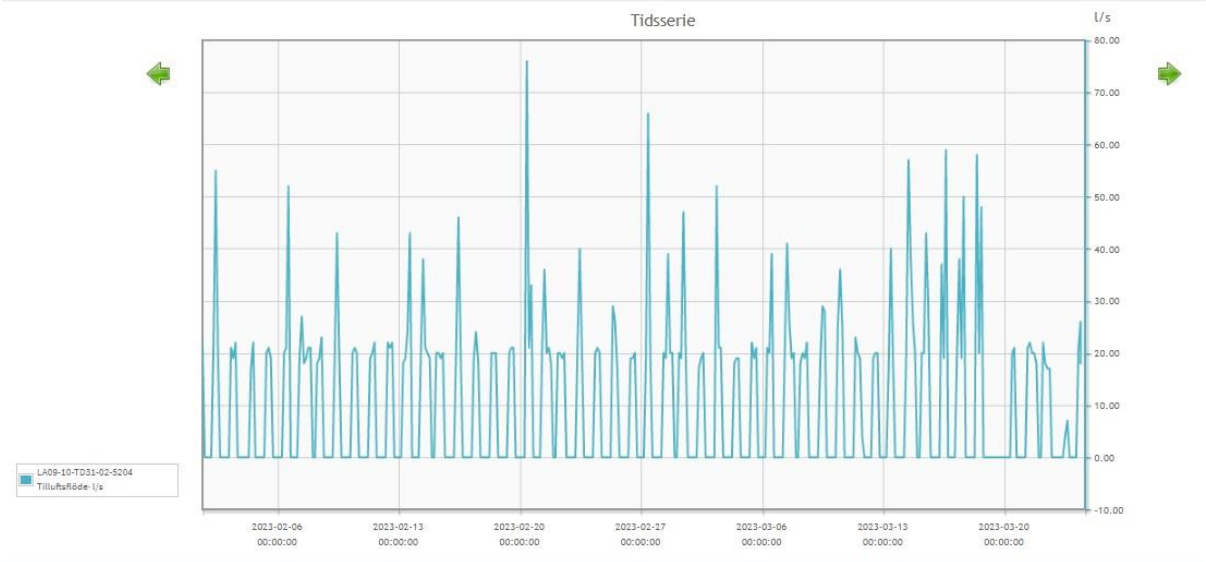


Diagram : Graf över förändring av luftflöde i lektionssalen 500 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

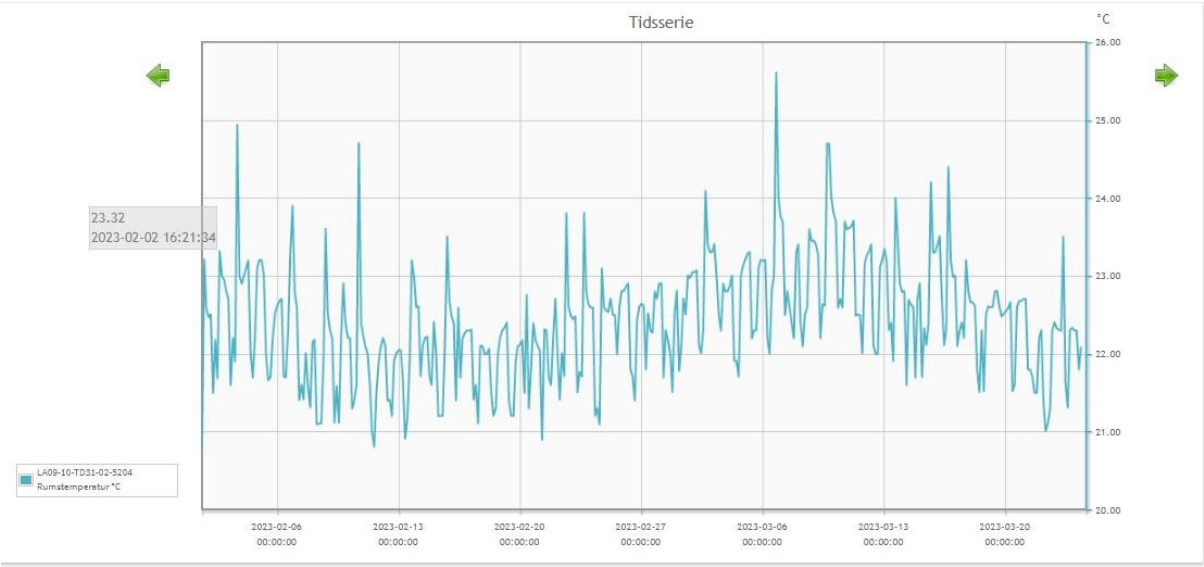


Diagram : Graf över förändring av temperatur i lektionssalen 500 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

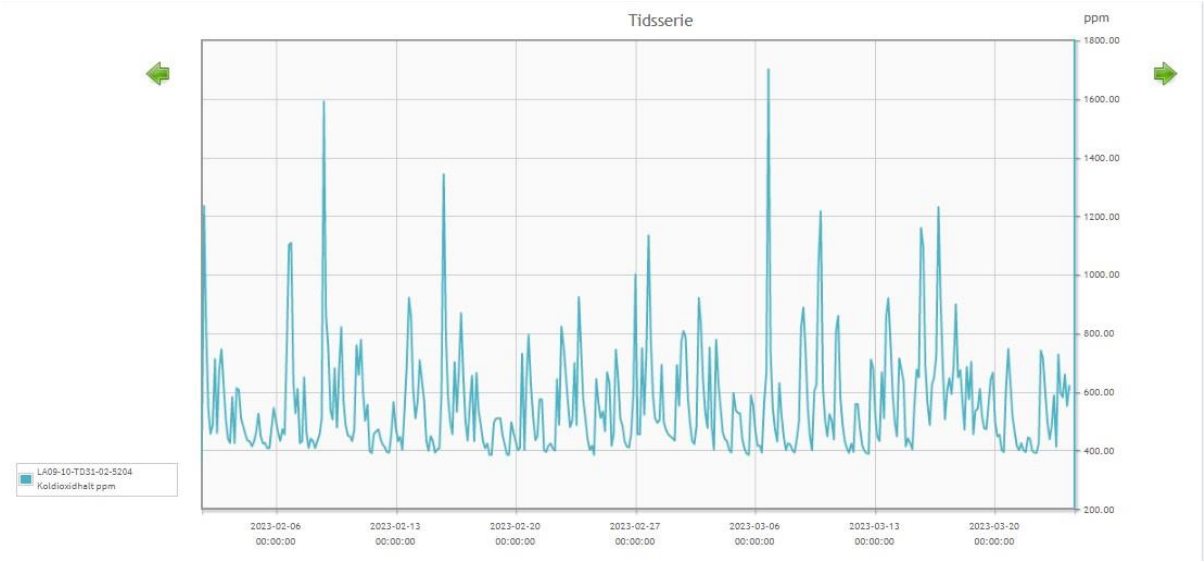
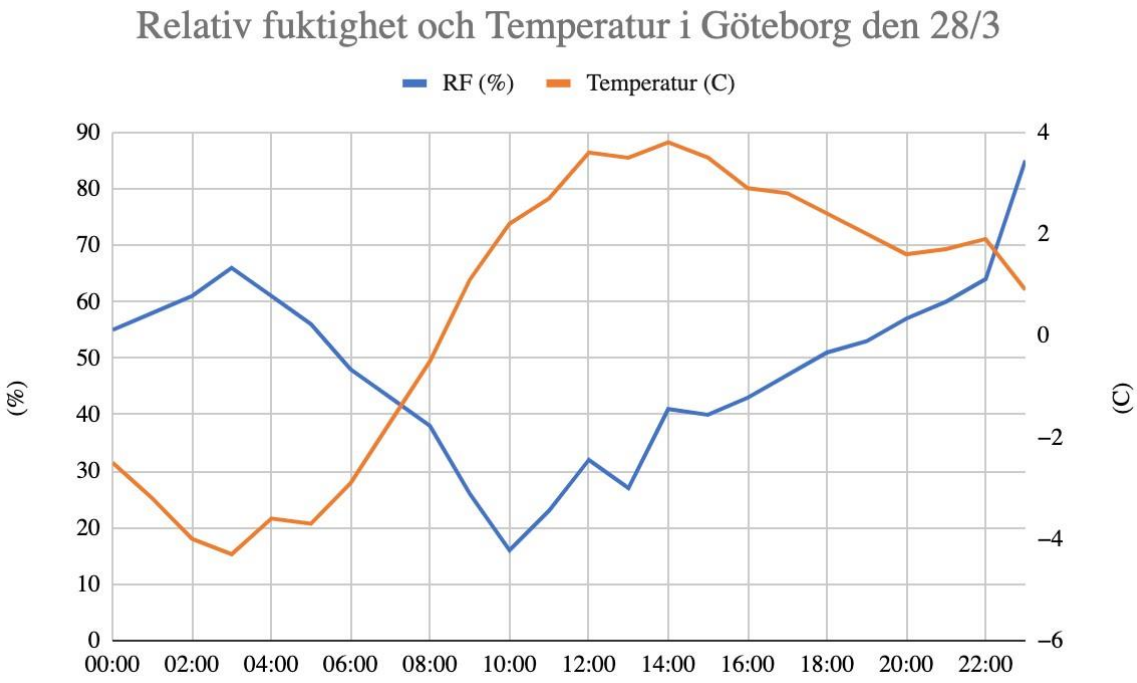


Diagram : Graf över förändring av CO2 i lektionssalen 500 i SB från 2023-02-01 till 2023-03-24

Väder GBG 28/3



INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNAD
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

CHALMERS