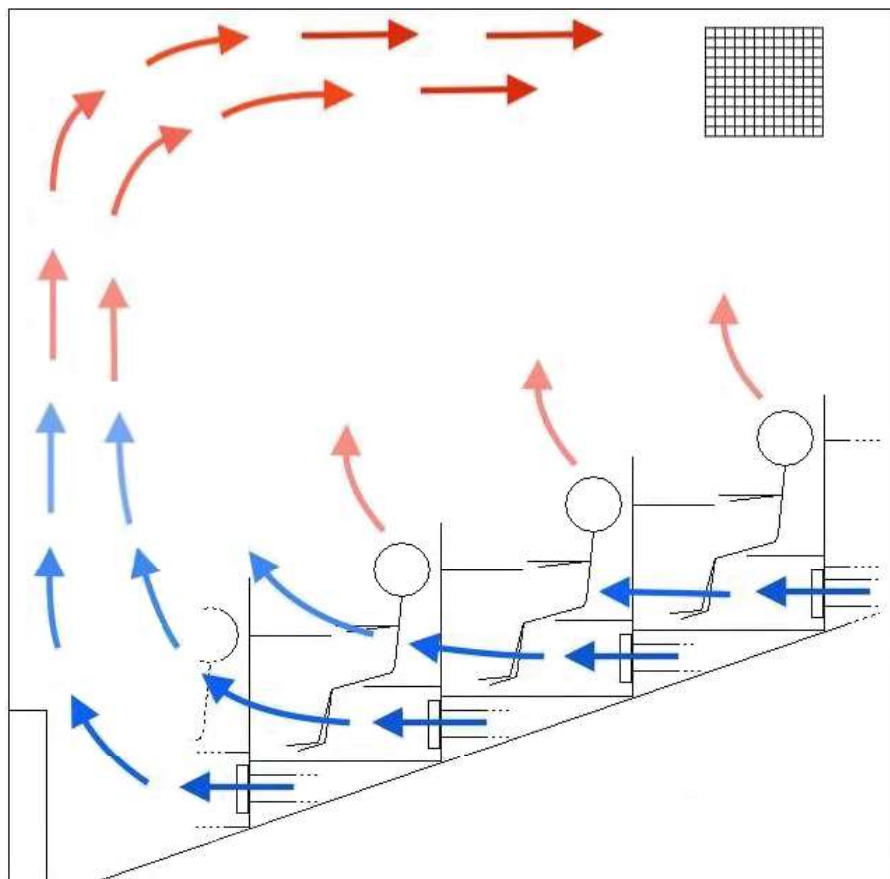




Luftkvalitet i Samhällsbyggnadshuset på Chalmers

En mätstudie baserad på koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur i hörsalar och grupprum

Kandidatarbete inom programmet för Väg- och vattenbyggnadsteknik, BMTX01-17-81B

Henric Erntoft

Tor Lundberg

Christofer Sandäng Sernheim

KANDIDATARBETE BMTX01-17-81B

Luftkvalitet i Samhällsbyggnadshuset på Chalmers

En mätstudie baserad på koldioxid, relativ luftfuktighet
och lufttemperatur i hörsalar och grupprum

HENRIC ERNTOFT

TOR LUNDBERG

CHRISTOFER SANDÄNG SERNHEIM



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2017

Luftkvalitet i Samhällsbyggnadshuset på Chalmers

En mätstudie baserad på koldioxid, relativ luftfuktighet
och lufttemperatur i hörsalar och grupprum

HENRIC ERNTOFT

TOR LUNDBERG

CHRISTOFER SANDÄNG SERNHEIM

© HENRIC ERNTOFT, 2017

© TOR LUNDBERG, 2017

© CHRISTOFER SANDÄNG SERNHEIM, 2017

Handledare: Anders Trüschel, arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installations-
teknik

Examinator: Jan Gustén, arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Installationstek-
nik

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: 031 772 1000

Omslag: Illustration över luftrörelser i en hörsal

Göteborg, Maj 2017

Förord

Rapporten har skrivits som ett kandidatarbete om 15 hp av studenter på Väg- och vattenbyggnadsprogrammet 300 hp vid Chalmers tekniska högskola. Rapporten behandlar luftkvaliteten i det nyrenoverade Samhällsbyggnadshuset på Chalmers.

Vi vill tacka personalen vid Installationsteknik som har hjälpt oss och bidragit med viktig information gällande kandidatarbetets utformning. Vi vill speciellt tacka Jan Gustén, Håkan Larsson och Anders Trüschel för all hjälp under kandidatarbetet. Vi vill även tacka de företag som har hjälpt oss under utformningen av kandidatarbetet; Bengt Bergsten och Åsa Östlund på Chalmersfastigheter AB, Johan Petersson på Bengt Dahlgren AB samt Jan G Karlsson och Jan Henningsson på Akademiska Hus AB. Slutligen vill vi tacka Anna Rosenberg och Martina Svantesson för ett utmärkt samarbete under kandidatarbetet.

Henric Erntoft
Tor Lundberg
Christofer Sandäng Sernheim

Göteborg, Maj 2017

Luftkvalitet i Samhällsbyggnadshuset på Chalmers

En mätstudie baserad på koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur i hörsalar och grupprum

HENRIC ERNTOFT

TOR LUNDBERG

CHRISTOFER SANDÄNG SERNHEIM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

I samband med att Väg- och vattenbyggnadshuset genomgick en renovering och blev Samhällsbyggnadshuset byttes mycket av installationstekniken i lokalerna ut i syfte att ge ett behagligare inomhusklimat. Det har både innan och efter renoveringen funnits delade uppfattningar om inomhusklimatet i lokalerna. Den här studien syftar till att inom området inomhusklimat utvärdera och kartlägga luftkvaliteten i Samhällsbyggnadshuset. Tillvägagångssättet har varit att genom en enkätundersökning och egna mätningar bilda en uppfattning om luftkvaliteten i valda hörsalar och grupprum. Mätningar har gjorts på koldioxid, relativ luftfuktighet samt lufttemperatur vilka har stämt överens med enkätresultaten. Utifrån de resultat som studien gett så är bedömningen att hörsalarna håller en bra luftkvalitet. Däremot tenderar ventilationsgraden att vara högre än nödvändigt med avseende på koldioxid och ett lägre luftflöde skulle kunna tillsättas när belastningen är låg. Grupprummen bedöms hålla en något sämre luftkvalitet, speciellt vid tillfällen då de är fullsatta, och skulle kunna gynnas av att öka luftflödet eller att styra ventilationen med en koldioxidgivare parallellt med den befintliga temperaturgivaren.

Nyckelord: Inomhusklimat, luftkvalitet, koldioxid, relativ luftfuktighet, lufttemperatur, mätningar

Air quality in Samhällsbyggnadshuset on Chalmers University of Technology

A study based on measurements of carbon dioxide, relative humidity and air temperature in lecture halls and group rooms in Samhällsbyggnadshuset

HENRIC ERNTOFT

TOR LUNDBERG

CHRISTOFER SANDÄNG SERNHEIM

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Services Technology

Chalmers University of Technology

Abstract

As Väg- och vattenbyggnadshuset was renovated into Samhällsbyggnadshuset much of the heating, ventilation and air conditioning technology was renewed with the intention of creating a more pleasant indoor climate. Both before and after the renovation there have been difference of opinions regarding the indoor climate of Samhällsbyggnadshuset. This study seeks to, within the subject of indoor climate, evaluate and map the air quality of Samhällsbyggnadshuset. The approach has been to establish an understanding of the air quality in chosen lecture halls and group rooms both by conducting a questionnaire survey and measuring certain parameters of the air quality. The measured parameters are carbon dioxide, relative humidity and air temperature and the results match those of the questionnaire survey. Based on the results of the study, the assessment is that the air quality in the lecture halls is good. However there is a tendency of unnecessarily high air flows pertaining to the carbon dioxide levels. The lecture halls could lower the air flow when the room is less than full. The air quality of the group rooms is at times below a wanted level, especially when the room is full, and could benefit from increasing the air flow or having a carbon dioxide sensor alongside the existing temperature sensor.

Keywords: Indoor climate, air quality, carbon dioxide, relative humidity, air temperature, measurements

Beteckningar

RF/RH - Relativ luftfuktighet/Relative humidity

ppm - Miljondelar (Parts per million)

SB-huset - Samhällsbyggnadshuset

W - Watt

C_t - Uppmätt koldioxidnivå utomhus

C^* - Koldioxidnivå vid jämvikt

V_{int}^* - Antal liter koldioxid som verksamheten släpper ut per sekund

V^* - Ventilationsflödet för tilluften

C_{max}^* - Maximal koldioxidnivå i hörsalen

Innehållsförteckning

	Sida
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Problemformulering	2
1.4 Avgränsning	2
1.5 Rapportens disposition	3
2 Teori	4
2.1 Luftkvalitet	4
2.1.1 Luftföroreningar	4
2.1.1.1 Partikelformiga föroreningar	4
2.1.1.2 Gasformiga föroreningar	5
2.1.2 Vikten av god luftkvalitet	6
2.1.3 Varför mäta koldioxid?	6
2.1.4 Varför mäta relativ luftfuktighet och lufttemperatur?	7
2.2 Luftrörelse	10
2.2.1 Luftrörelse i hörsalarna SB-H1 och SB-H5	10
2.2.2 Luftrörelse i grupprummen	11
2.3 Beräkningar	12
3 Lokala förutsättningar	15
3.1 Ventilationssystem	15
3.1.1 Lindinvent	15
3.1.2 Swegon Gold	16
3.2 Hörsalar	16
3.2.1 SB-H1	16
3.2.2 SB-H5	17
3.3 Grupprum	18
3.3.1 Grupprum typ 1	18

3.3.2	Grupprum typ 2	19
3.4	Gränsvärden	20
4	Metod	23
4.1	Källor	23
4.1.1	Muntliga källor	23
4.1.2	Skriftliga källor och dokumentation	23
4.2	Studiebesök	24
4.3	Litteraturstudie	24
4.4	Luft rörelse	24
4.4.1	Luft rörelse i SB-H1	24
4.4.2	Luft rörelse i SB-H5	25
4.5	Hörsalar	26
4.6	Grupprum	28
4.7	Utrustning	30
4.8	Orienterande mätning och kontroll av mätare	31
4.9	Enkätundersökning	32
4.9.1	Enkät utifrån Örebromodellen	32
4.9.2	Genomförande av enkät	32
5	Resultat	34
5.1	Enkät	34
5.1.1	Hörsalar	34
5.1.2	Grupprum	37
5.2	Mätning i hörsalar i SB-huset	39
5.2.1	SB-H1	39
5.2.2	SB-H5	45
5.3	Mätning i grupprum i SB-huset	49
5.3.1	Mätning med två personer i grupprum typ 1	50
5.3.2	Mätning med sex personer i grupprum typ 1	51
5.3.3	Mätning med två personer i grupprum typ 2	54
5.3.4	Mätning med sex personer i grupprum typ 2	56
5.4	Maximal koldioxidnivå i hörsalar	58
5.4.1	Maximal koldioxidnivå i SB-H1	58
5.4.2	Maximal koldioxidnivå i SB-H5	59
5.5	Sammanfattning av resultat	61
5.5.1	Mätningar	61
5.5.2	Enkät	62
6	Diskussion	63

6.1	Hörsalar	63
6.2	Grupprum	64
6.3	Luftkvalitet under eftermiddagen	65
6.4	Praktiska svårigheter med mätningar	65
6.5	Trovärdighet i enkätundersökningen	66
7	Slutsats	67
	Referenslista	68
	Bilaga A Enkät	70
	Bilaga B Mätresultat	73

1

Inledning

Studenter har före och efter renoveringen av Samhällsbyggnadshuset på Chalmers upplevt att inneklimatet inte når upp till önskade nivåer med avseende på luftkvalitet. I den här studien vill vi därför undersöka inneklimatet i det renoverade Samhällsbyggnadshuset för att se om den allmänna uppfattningen hos studenterna stämmer överens med de uppmätta värdena för koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur.

1.1 Bakgrund

Efter uppförandet av Väg- och vattenbyggnadshuset har medvetenheten om luftföroreningar utvecklats, vilket har lett till att striktare krav på luftkvaliteten har införts. Under de senaste åren har projektering och ombyggnation genomförts av det som varit Väg- och vattenbyggnads utbildningslokaler och som nu är Samhällsbyggnadshuset, där bland annat ventilationssystem ersatts i syfte att ge en behagligare och mer energieffektiv miljö. Luftkvaliteten har en stor betydelse för människors arbetsförmåga och välmående. Även om luftkvaliteten är inom de krav som finns behöver inte luftkvaliteten upplevas som bra. Ett bra inneklimat är något som beror av såväl människors individuella uppfattningar som den fysiska påverkan på människan. Inneklimatet i hörsalar och grupprum i SB-huset har både innan och efter renoveringen upplevts bristfälliga.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka och kartlägga luftkvaliteten utifrån värden på koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur i hörsalar och grupprum i SB-huset på Chalmers. Resultaten utvärderas utifrån gällande riktvärden samt med hjälp av en enkätundersökning där användarnas uppfattning av luftkvaliteten ges.

1.3 Problemformulering

Inneklimatet i hörsalar samt grupprum i SB-huset har ansetts vara bristfälligt av oss studenter, vilket går att se i resultaten av enkätundersökningen. För att ta reda på om inneklimatet i SB-huset faktiskt är bristfälligt ansåg vi att en mer omfattande undersökning krävdes. Idén var från början att göra en kartläggning av energianvändningen och inneklimatet i det nyrenoverade SB-huset där termiskt klimat och luftkvalitet skulle undersökas. Vi har valt att rikta in oss på luftkvalitet och undersöker koldioxid, lufttemperatur och relativ luftfuktighet medan en parallell kandidatgrupp inriktar sig på det termiska klimatet och en annan parallell kandidatgrupp riktar in sig på energianvändning.

Följande frågeställningar behandlas utifrån syftet:

- Hur upplevs luftkvaliteten i hörsalar/grupprum av användarna?
- Hur bra/dålig är luftkvaliteten i hörsalar/grupprum jämfört med riktvärden för koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur?
- Hur är luftkvaliteten efter genomförd renovering?
- Vad var målsättningen med renoveringen med avseende på luftkvalitet?

1.4 Avgränsning

Den här rapporten är avgränsad till enbart luftkvalitet. Det finns ett samarbete med ett parallellt kandidatarbete av Rosenberg och Svantesson (2017) som heter *Termiskt klimat i universitetslokaler* som kan läsas för att, i kombination med denna rapport, få en helhetsbild av inneklimatet i SB-huset. Samarbetet har gällt enkäten och vissa av mätningarna. Ytterligare ett parallellt kandidatarbete finns och det behandlar energianvändning, med den gruppen har inget samarbete funnits. Inom området luftkvalitet kommer koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur att undersökas. Ingående förklaringar till valda mätparametrar finns att läsa i avsnitt 2.1.3 och 2.1.4.

Mätningar har utförts i den största hörsalen, SB-H1, samt en mindre hörsal, SB-H5. Det finns fler hörsalar i SB-huset med liknande kapacitet men SB-H1 och SB-H5 valdes för att begränsa antalet mätningar. Detta gäller också grupprummen, mätningar utfördes i några av grupprummen men inte alla då det skulle innebära en stor mängd mätningar som inte rymts inom tidsplanen. Mätningarna är utförda under sen vinter och tidig vår. Hade mätningarna istället utförts under sen höst och tidig vinter hade resultaten kunnat se annorlunda ut på grund av den större

mängd fukt som finns i luften under den årstiden. I rapporten undersöks inte hur användarnas prestationförmåga eller hälsa påverkas av luftkvaliteten, däremot finns hänvisning i avsnitt 2.1.3 till studier där detta undersöks.

1.5 Rapportens disposition

Nedan följer en kort beskrivning av rapportens olika kapitel samt en kort beskrivning av dess innehåll.

Kapitel 2 - I teorikapitlet ges en beskrivning av vad luftkvalitet är, luft rörelser i de lokaler som undersökts samt beräkningar av koldioxidhalter.

Kapitel 3 - I lokala förutsättningar beskrivs vilka ventilationssystem som används i hörsalarna och grupprummen, hur hörsalarna och grupprummen är uppbyggda, vilka mätinstrument som har använts och vilka gränsvärden som finns att förhålla sig till.

Kapitel 4 - I metodkapitlet beskrivs hur mätningar har utförts i hörsalar och grupprum och en förklaring hur enkätundersökningen utformades och utfördes.

Kapitel 5 - I resultatkapitlet presenteras de resultat som mätningarna har gett från hörsalarna och grupprummen samt resultatet från enkätundersökningen.

Kapitel 6 - I diskussionskapitlet analyseras vad utfallet av resultatet är och vad som hade kunnat göras annorlunda.

Kapitel 7 - I slutsatskapitlet sammanfattas det viktigaste från resultat och diskussion. Här ges även förslag på möjliga förbättringsåtgärder.

2

Teori

För att ge en kunskapsgrund om projektet ges här en förklaring över teori bakom luftföroreningar, hur luft rörelser uppträder samt hur beräkningar utförts. Här redogörs även för vad begreppet luftkvalitet innebär.

2.1 Luftkvalitet

Det som bestämmer luftens kvalitet är hur pass förorenad luften är av sådant som kan störa eller skada människan. Man brukar då räkna med partikelformiga föroreningar och gasformiga föroreningar. Luftkvaliteten påverkas även av luftfuktighet och temperatur både på så sätt att det har inverkan på koncentrationen av vissa gasformiga föroreningar men även genom att det påverkar hur luften upplevs. Lukt är också något som tas hänsyn till vid bedömning av luftkvalitet.

2.1.1 Luftföroreningar

De föroreningar som finns i luften alstras från flera olika källor. Man bestämmer enligt Abel och Elmroth (2014) rumsluftens föroreningshalt utifrån:

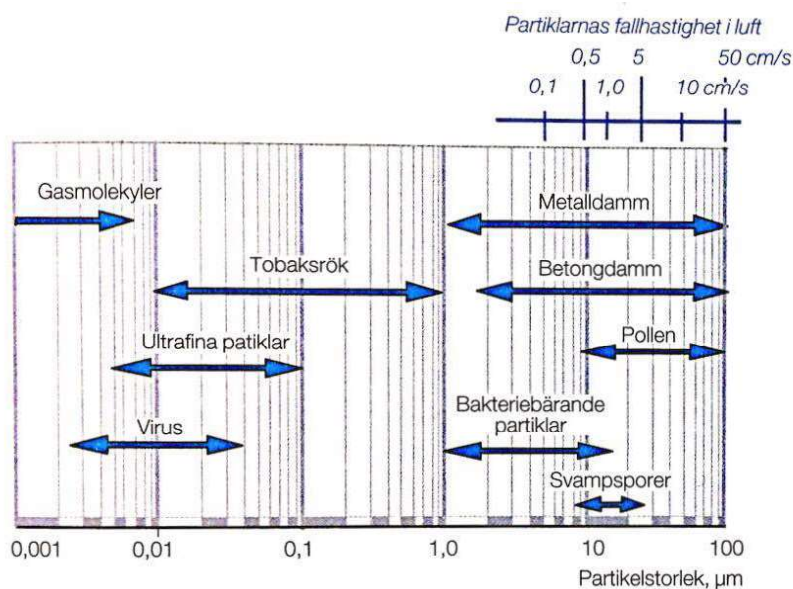
- Uteluftens halt av partiklar och gaser
- Människornas och verksamhetens alstring av partiklar och gaser
- Byggnadens och rumsinredningens avgivning av gaser
- Ventilationen

Uteluftens föroreningshalt beror på vad det är för miljö. I innerstadsmiljö är halten av luftföroreningar större än på landsbygden till följd av mer aktivitet. Luftföroreningar delas in i partikelformiga föroreningar och gasformiga föroreningar.

2.1.1.1 Partikelformiga föroreningar

Partikelformiga föroreningar mäts i antal partiklar per volymenhet. Vanligt är att partiklar delas in i PM_{2.5} och PM₁₀ som är masskoncentrationen av partiklar större än 2,5 μm respektive 10 μm mätt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Partikelformiga föroreningar

avges dels från naturen men de stora utsläppen kommer från trafik och industrier. Med avseende på hälsa är följande partikelformiga föroreningar intressanta: virus, bakterier, kvalster, svampsporer, pollen, radioaktiva partiklar samt rök. I figur 2.1 ses några av dem och dess storlekar. Partiklar som har en storlek större än $50\text{ }\mu\text{m}$ kommer inte att hålla sig kvar i luften och följa luftrörelserna. De partiklar som inte faller ur luften finns risk för att man andas in.



Figur 2.1: Partikelstorlekar. Källa: Abel och Elmroth (2014)

2.1.1.2 Gasformiga föroreningar

Gasformiga föroreningar bildas främst genom förbränning men avges även vid mänsklig aktivitet och från andra levande organismer. Gasformiga föroreningar kan vara organiska eller oorganiska och deras koncentrationer anges vanligtvis med halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) eller andel (ppm). Den högst förekommande oorganiska gasen inomhus är koldioxid och finns i människans utandningsluft. Ett önskvärt intervall för koldioxid inomhus är 400-1000 ppm. Organiska gasformiga föroreningar finns också inomhus men i mindre andel, ner mot 0.1 ppm. Dessa gaser brukar benämnas VOC som står för Volatile Organic Compounds. Dessa kan även delas in i VVOC (Very Volatile Organic Compound) och SVOC (Semi Volatile Organic Compound). Abel och Elmroth (2014)

2.1.2 Vikten av god luftkvalitet

Vid projektering av hus tas hänsyn till vilken sorts aktivitet som byggnaden kommer att rymma. Det kan vara bostadshus, skolor eller varuhus. I samtliga fall måste det planeras för att användarna ska uppleva att inneklimatet är bra och det är av väsentlighet att se till att temperaturen håller rätt nivå och att luftkvaliteten är god. Det kan vara svårt att sätta fingret på vad god luftkvalitet innebär eftersom det till viss del handlar om personliga preferenser. Det går att säga mycket om luftens kvalitet utifrån uppmätta värden av bland annat koldioxid och partiklar men det säger inte nödvändigtvis hur luften upplevs av användarna. Luftföroreningarna bör ligga inom utsatta riktvärden men om luften trots det upplevs som dålig är det svårt att hävda att luftkvaliteten är bra.

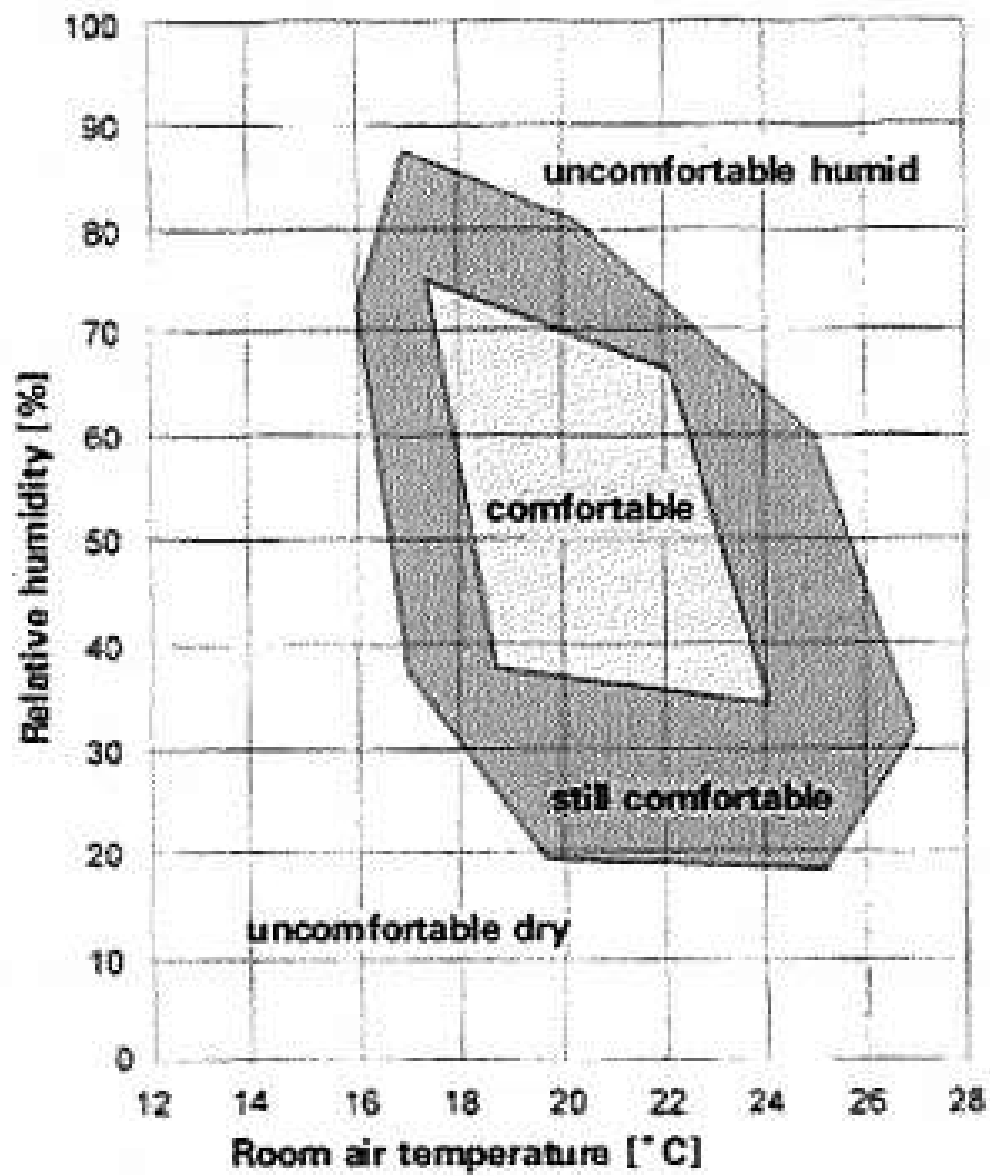
I den här rapporten används begreppet luftkvalitet som term för att beskriva en samlad bild av hur luften uppfattas av användarna och hur koldioxidnivån och den relativa luftfuktigheten är jämfört med de riktvärden som gäller för dessa typer av lokaler.

2.1.3 Varför mäta koldioxid?

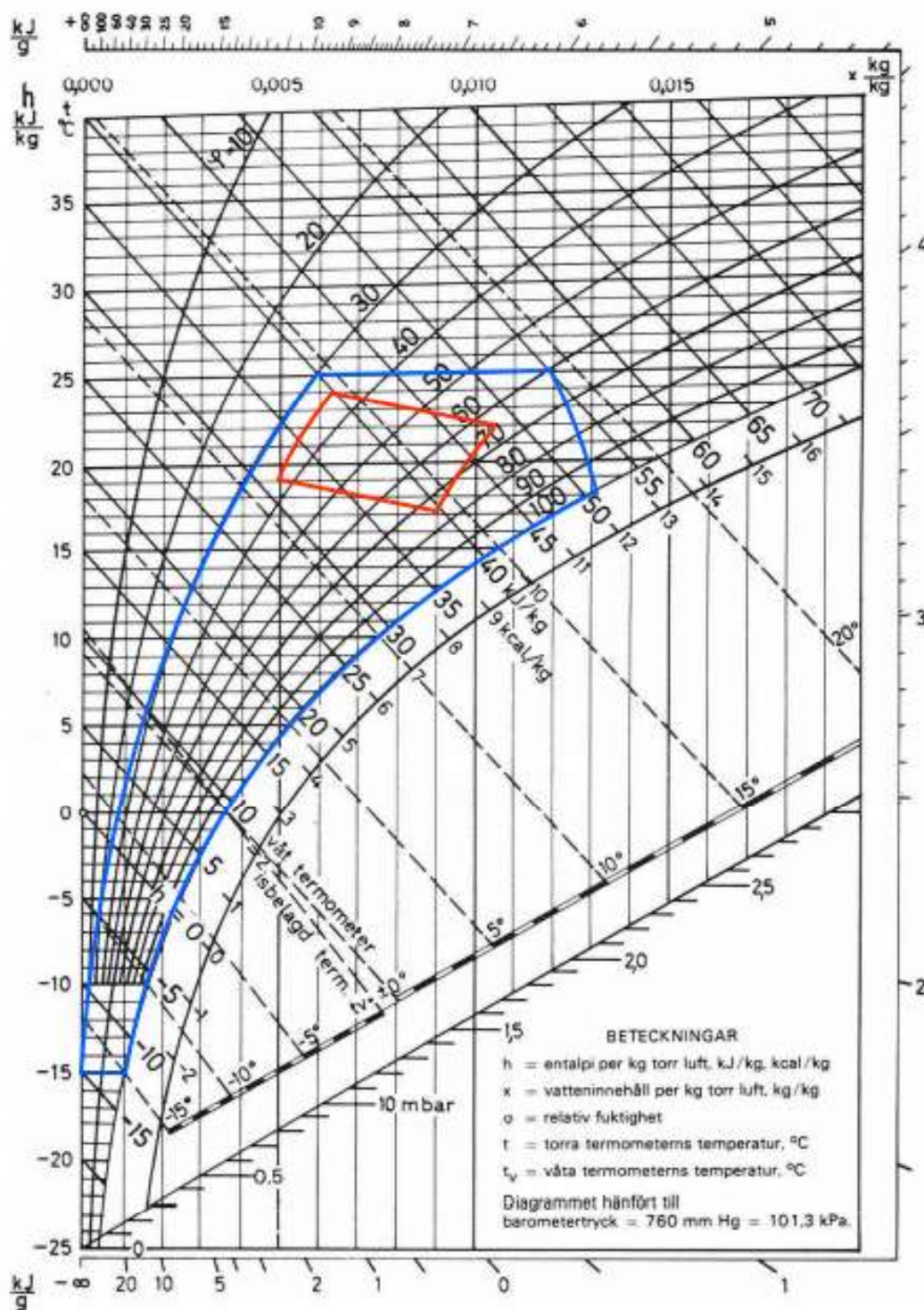
Vid undersökning och bedömning av luftkvalitet finns det flera möjliga föroreningar att mäta. Anledningen till att vi i den här studien valt att endast mäta koldioxid är att det ger en bra indikation på halten av andra föroreningar från människan (alt. en indikation på hur bra rumsventilationen är). Detta för att koldioxid avges från människor tillsammans med andra bioeffluenter och alltså ökar i samma takt. Det är de andra bioeffluenterna som vi människor besväras av när vi upplever dålig luftkvalitet. Dessa är däremot svårare att mäta än koldioxid men går att koppla väl till nivån koldioxid varför man generellt sett bestämmer gränsvärden endast för koldioxid. Att koldioxid i sig inte upplevs besvära vid sitt uppnådda gränsvärde finns dokumenterat av Zhang, Wargocki, Lian och Thyregod (2016) där det visas att endast en förhöjd halt av koldioxid inte ger upplevelsen av dålig luftkvalitet men att om halten koldioxid får öka i takt med andra bioeffluenter från människan så upplevs luftkvaliteten som dålig. Zhang et al. (2016) visar en koppling mellan förhöjd halt bioeffluenter och negativa effekter på upplevd luftkvalitet, hälsosymptom samt kognitiva prestationer. Även en studie gjord av Myhrvold, Olsen och Lauridsen (1996) i norska skolor styrker sambandet mellan luftföroreningar och negativ inverkan på prestationsförmåga. De har i klassrum mätt koldioxidnivåer och kopplat dessa till elevernas koncentration och prestationsförmåga.

2.1.4 Varför mäta relativ luftfuktighet och lufttemperatur?

I *Arbetsmiljöbeaktande vid ny- och ombyggnation*, Chalmersfastigheter (2017), som är föreskriften för renoveringen av SB-huset finns inga krav på den relativa fuktigheten i hörsalar eller grupprum. I dessa typer av lokaler används inte ventilationssystem som justerar luftfuktigheten då det vanligtvis inte behövs enligt J. Petersson (personlig kommunikation, 4 april 2017). Anledningen till att den relativa luftfuktigheten ändå mäts i detta arbete är att den påverkar luftkvaliteten både direkt och indirekt. Direkt sker det genom att luften upplevs olika vid varierande luftfuktighet. Det vanligaste problemet är irritation i ögon på grund av för torr luft enligt Condair (2017). Indirekt påverkas luftkvaliteten genom att fukt kan gynna tillväxt av mikroorganismer som dels kan medföra hälsorisker och dels avge oönskad lukt Folkhälsomyndigheten (2016). För att luftfuktigheten ska upplevas som behaglig måste ett visst vatteninnehåll finnas i luften vid en viss temperatur, en viss relativ luftfuktighet måste hållas. När uteluft tillsätts inomhus kan den relativa luftfuktigheten vara svår att hålla vid en behaglig nivå. Vid kalla utetemperaturer är RF utomhus hög trots att den faktiska vattenmängden i luften är låg. När sådan kall luft tillsätts i ett rum kommer den att upplevas torr på grund av en högre temperatur inomhus. I figur 2.2 nedan ses vid vilken temperatur och relativ luftfuktighet som luften upplevs som behaglig och inte. I figur 2.3 ses Göteborgs utomhusklimat som det blå området och *comfortable*-området från figur 2.2 som det röda området, *still comfortable*-området är inte inritat i figur 2.3. Om utomhusluft med exempelvis 5 °C och 70 % RF tillsätts inomhus och endast värms utan fuktning till 20 °C nås inte *comfortable*-området. Ett visst fukttillskott från bland annat människor bör räknas in och då kan en bra relativ fuktighet fås. Figurerna nedan illustrerar dock att en önskad RF utgör ett begränsat område som innebär en utmaning att hamna inom.



Figur 2.2: Figur som beskriver vid vilken temperatur och relativ fuktighet som komfort upplevs. Källa: Chalmers (2016)



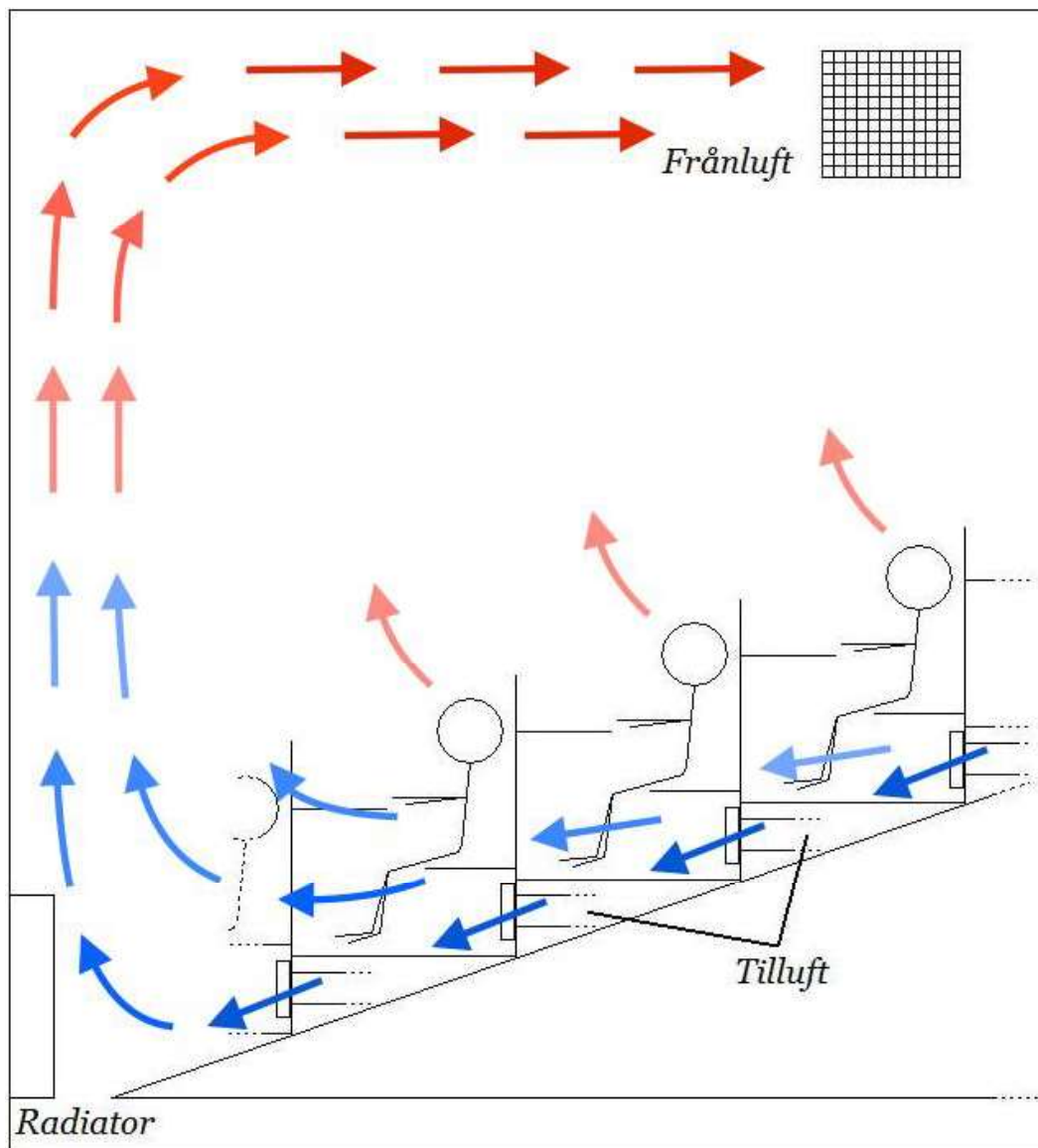
Figur 2.3: Mollierdiagram med Göteborgs utomhusklimat (blått område) och "comfortable"-området (rött område) från figur 2.2.

2.2 Luft rörelse

Varmluft har lägre densitet än kall luft, detta bidrar till att den varma luften stiger. Detta genererar ett luftflöde genom rummet, från att den kalla luften tillförs vid tilluftsdonen till att den varma luften förs ut genom frånluftsdonen. När den uppvärmda kalla luften stiger tar den med sig föroreningar och partiklar ut från rummet. Detta bidrar till ett bättre inomhusklimat. Luft rörelser blir intressant vid luftkvalitetsmätningar eftersom att det är viktigt att mätvärden ger en representativ bild av luften i hela rummet. Mätare bör därför inte placeras exempelvis precis vid tilluften utan bör placeras där människor befinner sig. Om man vet hur luften i ett rum rör sig kan man placera mätare vid de positioner som ger en rättvis bild av den rådande luftkvaliteten.

2.2.1 Luft rörelse i hörsalarna SB-H1 och SB-H5

Luft tillförs via tilluftsdon under stolarna i hörsalarna. Den kalla luften sjunker nedåt i riktning med bänkradernas längslutning och blandas med internvärme från personer, elektronisk utrustning osv. Radiatorerna som är placerade längst ner i hörsalen värmer luften ytterligare. Den uppvärmda luften för med sig luftföroreningar och stiger upp mot taket, varpå den förs ut genom en frånluftsventil. Vid mätningar av klimatskalet för SB-H1 innan renoveringen upptäcktes att väggen som gränsar mot entrén transmittade mycket värmeenergi och att kallras från fönstren gav upphov till en kall luftström nedåt från väggen in mot bänkraderna. Åtgärder vidtogs under renoveringen vilket resulterade i en bättre isolerad vägg och vattenburen väggvärme enligt J. Petersson (personlig kommunikation, 4 april 2017). Luft rörelserna vid väggen är nu riktade uppåt mot taket. I figur 2.4 visas luft rörelserna i hörsalarna.

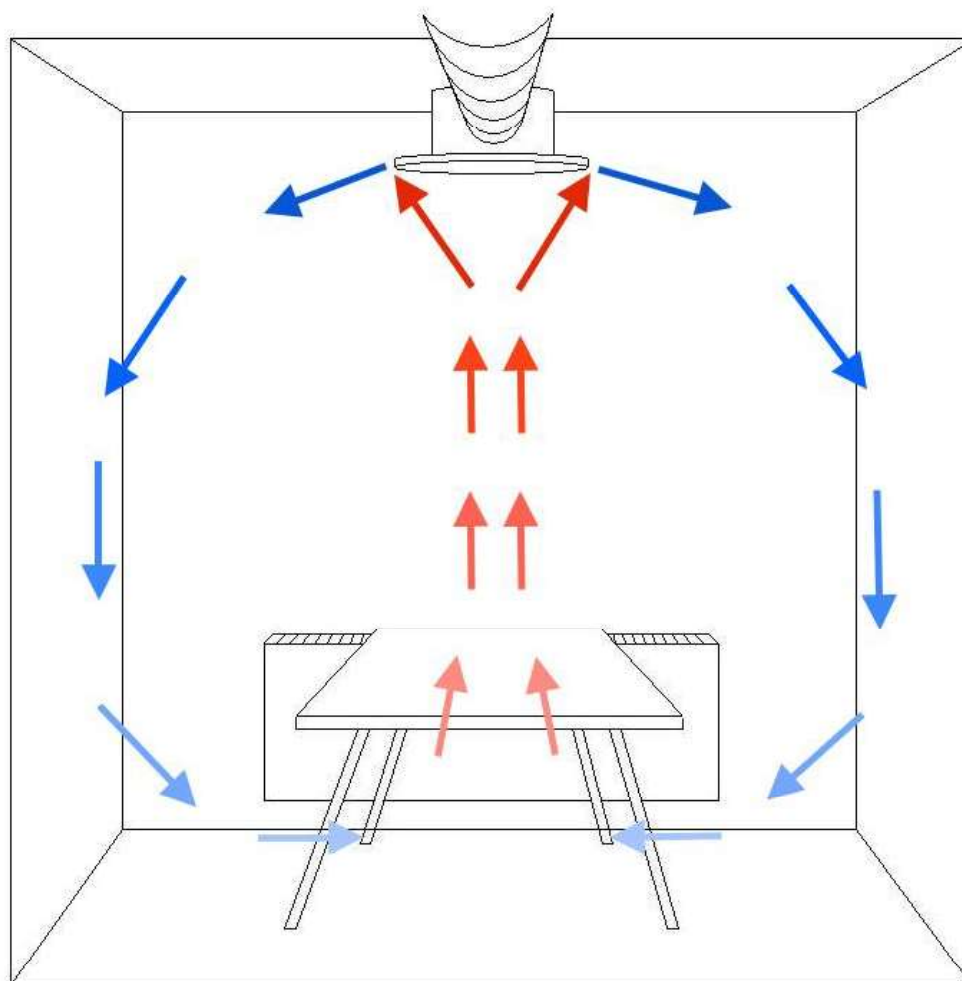


Figur 2.4: Luft rörelser i hörsal SB-H1 och SB-H5

2.2.2 Luft rörelse i grupprummen

Luft rörelserna i grupprummen genereras av en påtvingad konvektion från tillufts-donen. Tillufts donen består av lameller vars funktion är att rikta tilluften så att samma radie från donet erhålls oberoende av storleken på luftflödet i ventilations-kanalerna. Den kalla luften som tillförs genom donen sjunker på grund av högre densitet än omgivande luft. Konvektivt tillförd värme från människor medför att den kalla luften värms upp och stiger. Luften blandas med den uppvärmda luften från radiatorerna och leds vidare som frånluft genom ventilen ovanför dörren, se

figur 2.5 nedan.

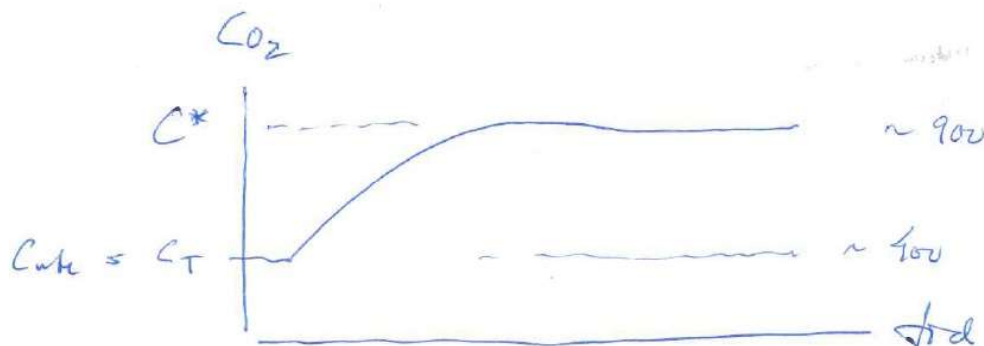


Figur 2.5: Tilluftsdon som ger upphov till konvektion. Temperaturgivaren är placerad på undersidan av tilluftsdonet.

2.3 Beräkningar

För att beräkna den potentiella koldioxidnivån vid full utnyttjandegrad av SB-H1 och SB-H5 behövs antal personer i hörsalen vid mättillfället, maximalt antal personer i hörsalen, hur mycket koldioxid varje person andas ut samt hörsalens ventiltionsgrad. Vi antar att fullständig omblandning av luften sker i hörsalen, de ekvationerna som presenteras nedan är hämtade ur kursboken. Hur koldioxidnivån förändras under tiden kan ses i figuren 2.6. Koldioxidnivån är vid början lika

med koldioxidnivån i utomhusluften, när fler och fler personer befinner sig i hörsalen stiger koldioxidnivån samtidigt startar ventilationen och detta bidrar med att koldioxidnivån hamnar på ett jämviktläge.



Figur 2.6: Koldioxidnivån

$$C^* = C_t + \frac{V_{int}^*}{V^*} ppm \quad (2.1)$$

$$C_t \approx 400 ppm \approx 400 * 10^{-6} \frac{l_{CO_2}}{l_{luft}}$$

$$V_{int}^* = antalpersoner * 18 \frac{l_{CO_2}}{h} = \frac{antalpersoner * 18 l_{CO_2}}{3600} \frac{s}{s} \quad (2.2)$$

En människa släpper i genomsnitt ut 18 liter koldioxid under en timme.

$$V^* = Ventilationensnivån \frac{l_{luft}}{s}$$

Genom att räkna ut koldioxidbidraget från människorna och använda koldioxidnivån vid jämviktsläget kan ventilationsgraden räknas ut med hjälp av ekvation 2.3.

$$900 * 10^{-6} = 400 * 10^{-6} + \frac{V_{int}^*}{V^*} \rightarrow V^* = \frac{V_{int}^*}{500 * 10^{-6} s * ppm} \quad (2.3)$$

När ventilationsnivån är känd kan den användas för att räkna ut en maximal koldioxidnivå vid fullsatt hörsal.

$$C_{max}^* = C_t + \frac{V_{int,max}^*}{V^*} = 400 * 10^{-6} + \frac{maximaltantalpersoner * 18}{3600} * \frac{500 * 10^{-6}}{V_{int}^*} ppm \quad (2.4)$$

3

Lokala förutsättningar

I detta kapitel beskrivs hur hörsalarna och grupprummen är uppbyggda samt hur ventilationssystemen fungerar. Gränsvärden för koldioxid presenteras också i detta kapitel.

Bengt Dahlgren AB har vid renoveringen av SB-huset projekterat efter Miljöbyggnad Silver (Sweden Green Building Council (2012)) och även följt föreskrifter från Chalmersfastigheter (2017). Det innebär att byggnaden ska klara av olika byggnadsspecifika och verksamhetsspecifika krav, exempelvis energieffektivitet respektive luftkvalitetskrav. Vad gäller luftkvalitet ska koldioxidhalten vara under 1000 ppm, med en viss acceptans för tillfälliga avvikelser. Den relativa luftfuktigheten i rumsluften är beroende av fukttillståndet i uteluften och av personerna som vistas i lokalerna, såvida inte fuktbehandlingsaggregat används. Vid projekteringen bedömdes verksamheten i SB-huset inte kräva annan fukt än den som tillförs med utomhusluften och därmed har luftfuktare inte varit aktuellt.

3.1 Ventilationssystem

För att inneklimatet ska vara behagligt med hänsyn till lufttemperatur och luftkvalitet måste ventilationssystemet klara av att tillfredsställa lokalens behov. Beroende på hur verksamheten ser ut måste ventilationssystemet klara av att anpassa sig därefter. Ventilationssystem kan vara utformade på flera olika sätt beroende på märke och användningsområden. Nedan förklaras vilka ventilationssystem som används i hörsalar respektive grupprum.

3.1.1 Lindinvent

Ventilationssystemet i grupprummen är utformat av företaget Lindinvent som arbetar inom området ventilation. Deras så kallade smarta system anpassar sig till den rådande verksamheten för att ge ett behagligt inneklimat. De aktiva tilluftsdonen styrs genom att dess sensorer läser av lufttemperaturen och om det finns närvaro av människor, de har även kanaltemperaturgivare, kanaltryckgivare och flödesgivare.

Lindinventsystemen är aktivt under vardagar 7.00-21.00, under helgdagar 10.00-18.00 och 7.00-21.00 under tentamensveckor. Enligt J. Karlsson (personlig kommunikation, 20 mars 2017) går det att manuellt sätta igång systemet via en knapp som sitter i trapphuset de tider då lininventsystemet är avstängt.

3.1.2 Swegon Gold

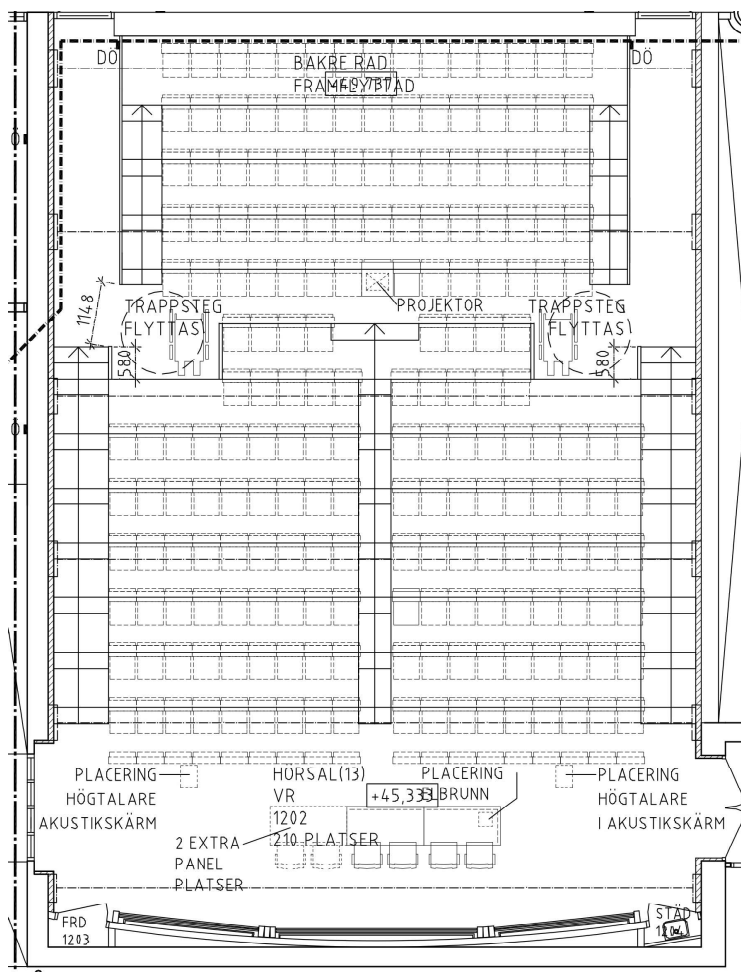
Under hörsalarna SB-H1 och SB-H5 finns det ett rum där ventilationsaggregaten är placerade. Aggregatet är av typen Swegon Gold med roterande värmeväxlare med kyl- och värmebatteri. Systemet är aktivt under vardagar 7.00-17.00 och 7.00-21.00 under tentamensveckor. I framtiden ska ventilationssystemet vara kopplat till det lokala bokningssystemet av hörsalar. Detta kommer att innebära att ventilationssystemet är avstängt då ingen aktivitet finns i hörsalen enligt J. Karlsson (personlig kommunikation, 20 mars 2017). Tilluften tillförs under varje sittplats och systemet har givare som ger möjligheten att ställa in systemet efter lufttemperatur, koldioxid och om det finns närvaro av människor i lokalen. Koldioxiden är enligt J. Petersson (personlig kommunikation, 4 april 2017) överordnad temperaturen vilket innebär att om koldioxiden når gränsvärdet 1000 ppm kommer ventilationsnivån att öka även om det skulle ge för låg temperatur. Under tiden som mätningar har utförts i SB-H1 har det varit ett konstant ventilationsflöde på 2110 liter per sekund uppger J. Karlsson (personlig kommunikation, 26 april 2017).

3.2 Hörsalar

Nedan följer en förklaring av hur de hörsalar som behandlas i rapporten är uppbyggda samt överskådliga bilder över hörsalarna.

3.2.1 SB-H1

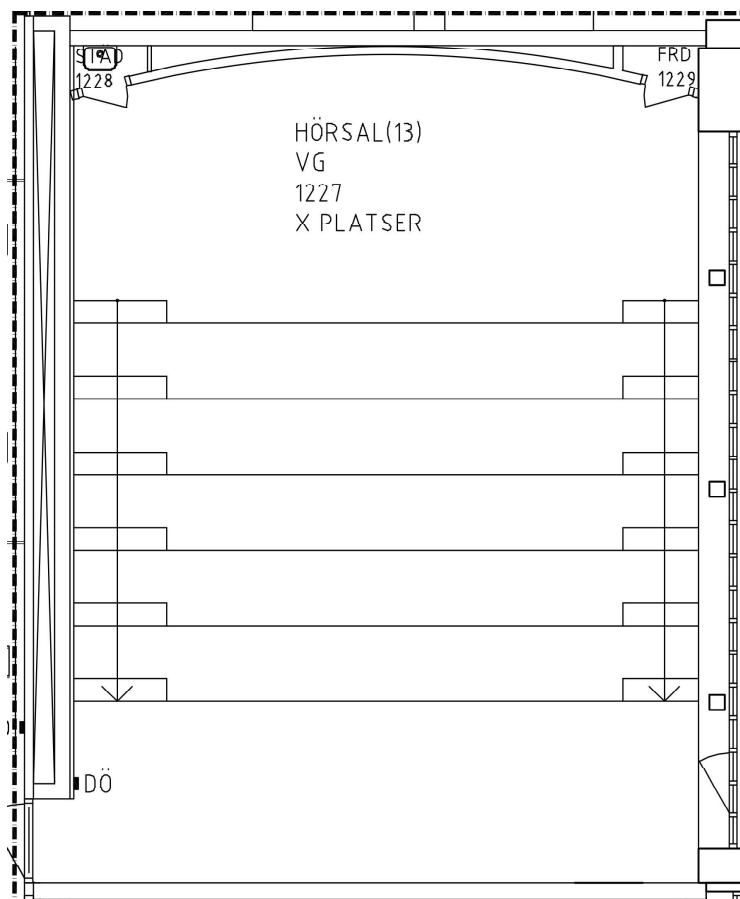
I SB-H1 figur 3.1 finns 13 bänkrader med ca 16 sittplatser på varje rad, totalt 210 personer ryms i salen. Under varje sittplats finns det ett tilluftsdon förutom på den översta raden. Ett frånluftsdon finns i det övre vänstra hörnet sett från ingången till hörsalen, likaså finns det en temperaturgivare längst bak i mitten och en närvaromätare ovanför högra ingången. Radiatorer finns bakom tavlorna och under det vänstra fönstret. Ventilationen styrs med avseende på lufttemperatur och koldioxid.



Figur 3.1: Ritning över hörsalen SB-H1.

3.2.2 SB-H5

I SB-H5 figur 3.2 finns 7 bänkrader med ca 10 platser på varje rad med totalt 72 sittplatser i salen. Tilluftsdon finns under varje sittplats förutom på den översta raden och två frånluftsdon sitter i taket längst bak i salen symmetriskt placerade. Radiatorer finns bakom tavlor och längsmed den vänstra väggen. Ventilationen styrs med avseende på lufttemperatur.



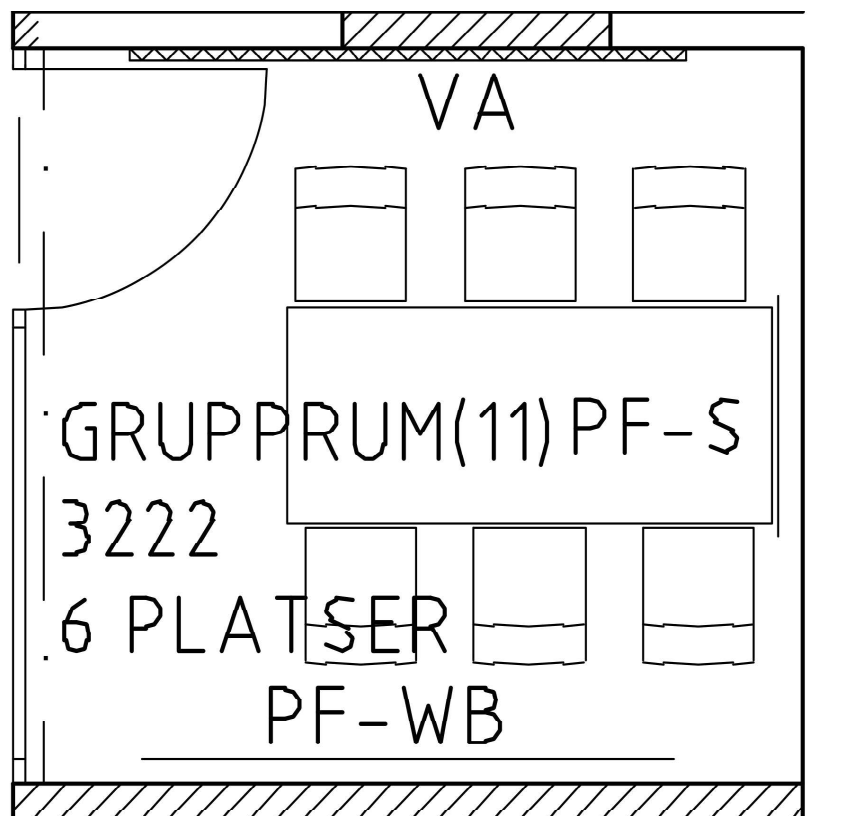
Figur 3.2: Ritning över hörsalen SB-H5.

3.3 Grupprum

Nedan följer en förklaring på hur de grupprum som behandlas i rapporten är uppbyggda samt överskådliga bilder över grupprummen. Ventilationen är av typen lindinvent och dess funktion kan läsas i avsnitt 3.1.1.

3.3.1 Grupprum typ 1

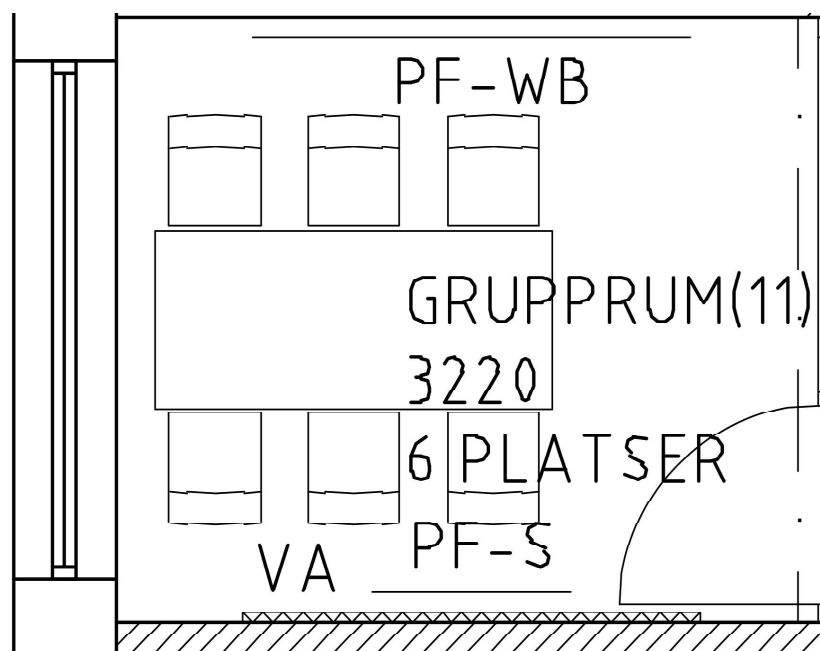
Grupprum typ 1 figur 3.3 har sittplatser för 6 personer, tilluftsdonet är placerat centrerat i taket och en frånluftsventil finns ovanför dörren.



Figur 3.3: Ritning av grupprum typ 1.

3.3.2 Grupprum typ 2

Grupprum typ 2 figur 3.4 har som typ 1 också 6 sittplatser, tilluftsdonet sitter i mitten av taket och frånluftsventilen är placerad ovanför dörren. Till skillnad från grupprum typ 1 är det högre takhöjd och fönster ut mot innegården. Radiatorer är placerade under fönstren.



Figur 3.4: Ritning av grupprum typ 2.

3.4 Gränsvärden

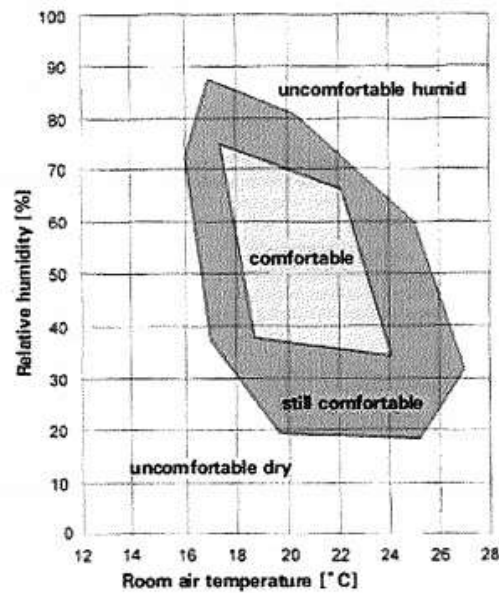
De föreskrifter som utgått ifrån vid renoveringen finns i dokumentet *Arbetsmiljöbeaktande vid ny- och ombyggnation* och är sammanställt av Chalmersfastigheter (2017). Koldioxidnivån ska enligt föreskrifterna ha ett medelvärde <1000 ppm under ett 15 minuters intervall. Nedan ses i tabell 3.1 gränsvärden och börvärden för koldioxid samt börvärden för lufttemperatur i de hörsalar och grupprum som undersökts. Börvärde för koldioxid finns endast för SB-H1 eftersom att det är den enda av de undersökta lokalerna som kan styras på koldioxid. De andra lokalerna har gränsvärden för koldioxid men där är lufttemperaturen styrande.

Tabell 3.1: Gränsvärden och börvärden för koldioxid och temperatur i undersökta hörsalar och grupprum. Källor: Chalmersfastigheter (2017) och J. Karlsson (personlig kommunikation, 26 april 2017)

	SB-H1	SB-H5	Grupprum
Gränsvärde Koldioxid	1000 ppm	1000 ppm	1000 ppm
Börvärde Koldioxid	600 ppm	-	-
Börvärde Temperatur	21 °C	21 °C	21 °C

Några krav på luftens relativa fuktighet finns inte för hörsalar eller grupprum då det

inte bedöms behövas men i figur 3.5 går det att se områden för relativ luftfuktighet och lufttemperatur då fukten upplevs komfortabel och icke-komfortabel.



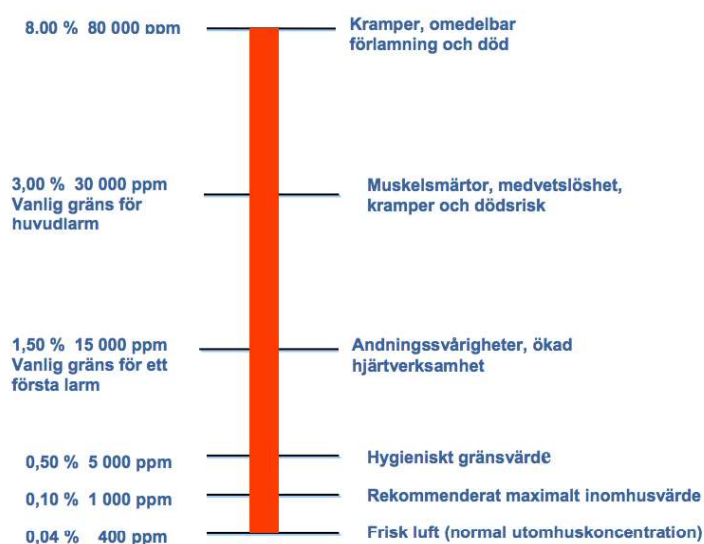
Figur 3.5: Figur som beskriver vid vilken temperatur och relativ fuktighet som komfort upplevs. Källa: Chalmers (2016)

Tabell 3.2 nedan visar koldioxidnivåer mellan 350 till 5000 ppm, hur de upplevs och vad som generellt sett anses som en godkänd nivå.

Tabell 3.2: Koldioxidnivåer. Källa: Senseair (2011)

5000 ppm	Maximal koncentration under en åttatimmars arbetsdag enligt det svenska Arbetsmiljöverket
2000 ppm	Enligt många undersökningar medför denna koldioxidnivå en anmärkningsvärd ökning i känslan av trötthet, dåsigheit, huvudvärk och allmän obekvämlighet
1000 ppm	Enligt den amerikanska standarden ASHRAE 62-1989 är denna koldioxidnivå den maximalt rekommenderade i ett rum. Den är också den rekommenderade bekvämlighetsnivån i många andra länder t ex i Sverige och Japan. Den motsvarar ett luftflöde (ett behov av friskluft) på ca 7 liter per sekund och person.
800 ppm	Detta motsvarar ett luftflöde (ett behov av friskluft) på omkring 10 liter per sekund och person.
400-600 ppm	Risk för överventilation
350-450	En vanlig utomhuskoncentration

Figur 3.6 nedan visar vad extrema nivåer av koldioxid har för påverkan på människan.



Figur 3.6: Extrema koldioxidnivåer och dess påverkan på människan.

Källa: Senseair (2011)

4

Metod

För att få en översikt över hur luftkvaliteten i hörsalar och grupprum upplevs används enkätundersökningar som stöd. Mätningarna genomförs i hörsalarna SB-H1 och SB-H5 samt i två olika typer av grupprum i SB-huset. Det som mäts är koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur. Mätningar görs i hörsalarna vid olika tillfällen, då det är olika stora belastningar beroende på hur stora klasserna som befinner sig i salarna är. Luftkvaliteten kan variera beroende på position i hörsalarna, vid tilluften är det bättre luftkvalitet än vid frånluften. Därför mäts det på fler ställen än vid dessa två för att kunna få en helhetsbild utav rummets totala luftkvalitet. Framförallt är det intressant att mäta där folk vistas. I metodkapitlet ges även en förklaring av vilken mätutrustning som har använts och hur luftflöden i hörsalarna har undersökts.

4.1 Källor

Genom muntliga och skriftliga källor har data samlats in, detta för att ge en bättre förståelse för hur ventilationssystemen, hörsalarna och grupprummen är uppbyggda.

4.1.1 Muntliga källor

Eftersom många olika parter har varit delaktiga i projekteringen av ventilationssystemet och renoveringen av SB-huset har det varit intressant att ta del av vad dessa parter har haft att säga. Vi har pratat med Chalmersfastigheter AB, Akademiska Hus AB samt Bengt Dahlgren AB.

4.1.2 Skriftliga källor och dokumentation

De skriftliga källor som har använts är ritningar från Akademiska Hus, samt mailkonversationer och bifogat material så som mätdata från hörsalarna. I rapporten finns det också skriftliga källor från Chalmersfastigheter med projekteringsföreskrifter. Flera litteraturkällor som tidsskrifter och böcker har också använts samt internetkällor.

4.2 Studiebesök

Akademiska Hus AB är ett svenskt statligt ägt bolag som förvaltar fastigheter vid landets högskolor och universitet. Det är Akademiska Hus som äger och förvaltar lokalerna i Samhällsbyggnadshuset. För att få en bättre förståelse hur Samhällsbyggnadshuset är uppbyggt har ett studiebesök gjorts hos Akademiska Hus med driftstekniker Jan G Karlsson. Ytterligare ett möte gjordes med projektledare Åsa Östlund från Chalmersfastigheter och Jan Henningsson från Akademiska Hus för att få en bättre förståelse varför Samhällsbyggnadshuset renoverades. Ett studiebesök hos Chalmersfastigheter med Bengt Bergsten har gjorts, han förtydligade för oss att det är Akademiska Hus som äger och förvaltar Samhällsbyggnadshuset och inte Chalmersfastigheter.

4.3 Litteraturstudie

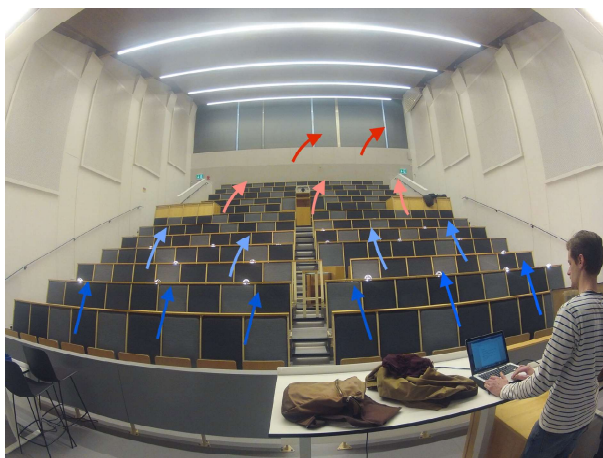
För att få en korrekt och bred bild av luftkvalitet som område och vad som är känt inom området har en litteraturstudie gjorts. Litteraturstudien har gett fakta om luftföroreningars påverkan på människor och vilka mätparametrar som är intressanta för luftkvalitet.

4.4 Luftrörelse

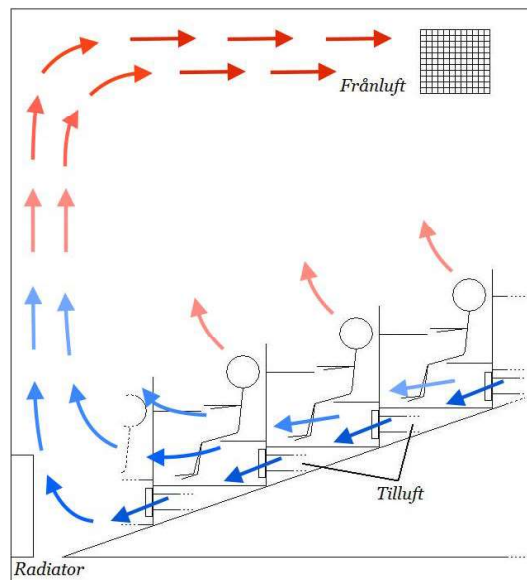
För att placera mätarna så att mätresultatet avspeglar luftkvaliteten på ett korrekt sätt undersöks luftrörelserna i hörsalarna SB-H1 och SB-H5. Utifrån detta resultat kan vi avgöra vid vilka positioner mätarna ska placeras.

4.4.1 Luftrörelse i SB-H1

Vid undersökning av luftrörelse i SB-H1 har en rökgenerator och 18 st 60 W lampor använts, lamporna motsvarar ca 18 personer. Lamporna placerades i mitten av hörsalen för att efterlikna hur studenter sitter vid föreläsning. Rök spreds ut längst fram i hörsalen, vid varje bänkrad samt på sidorna av hörsalen. För att motverka den påskjutande effekt som rökgeneratort och dess fördelarrör gav varierades riktningen på rörmynningen, vilket ledde till att röken fick en jämnare spridning. Rökens rörelse studerades och illustreras i figur 4.1 och 4.2 nedan. Anledningen till att röken rör sig snett i figur 4.1 är att det endast finns ett frånluftsdon och det är placerat på väggen till höger i bild.



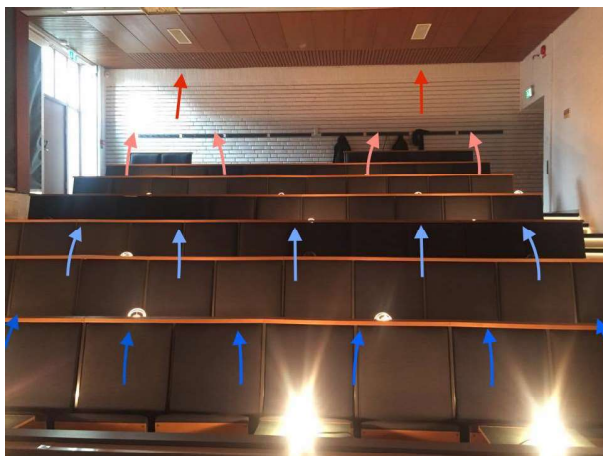
Figur 4.1: Luftrörelse SB-H1



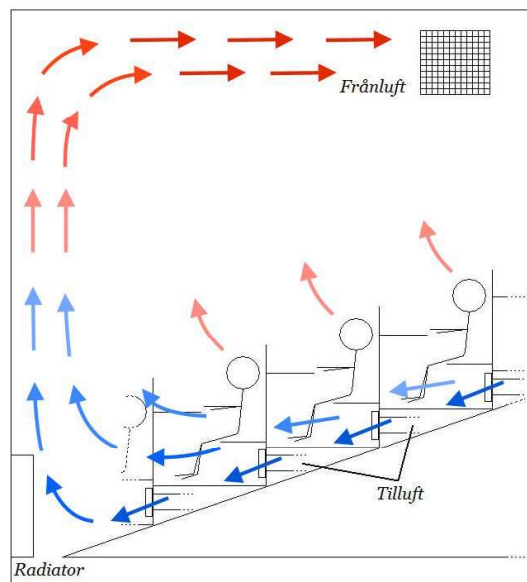
Figur 4.2: Luftrörelse SB-H1

4.4.2 Luftrörelse i SB-H5

På samma sätt som i SB-H1 spreds röken i SB-H5 ut längst fram i hörsalen, vid varje bänkrad samt på sidorna av hörsalen. Lamporna fördelades jämt över hörsalens sittplatser för att efterlikna hur studenter sitter vid föreläsning. Röakens rörelse illustreras i figur 4.3 och 4.4.



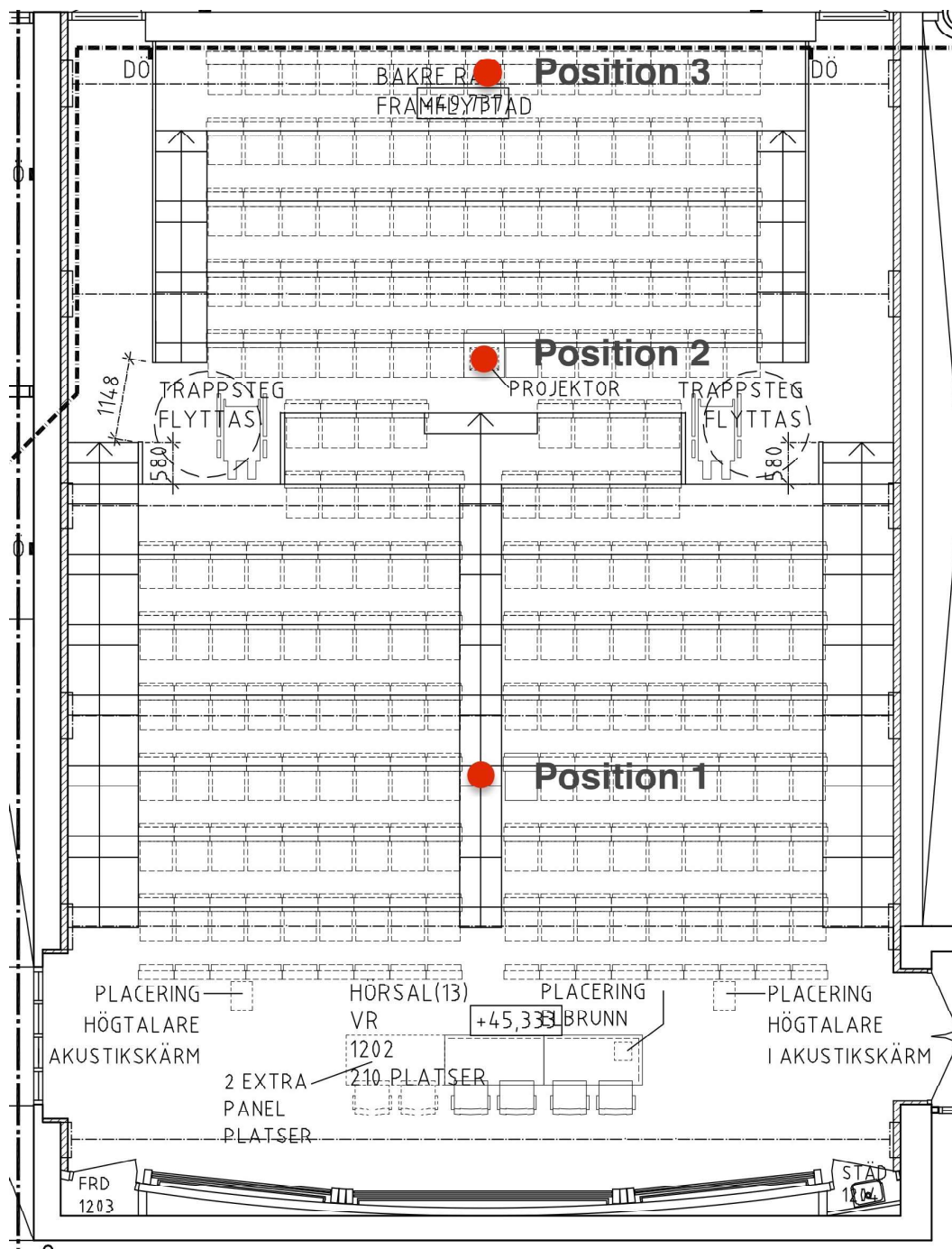
Figur 4.3: Luftrörelse SB-H5



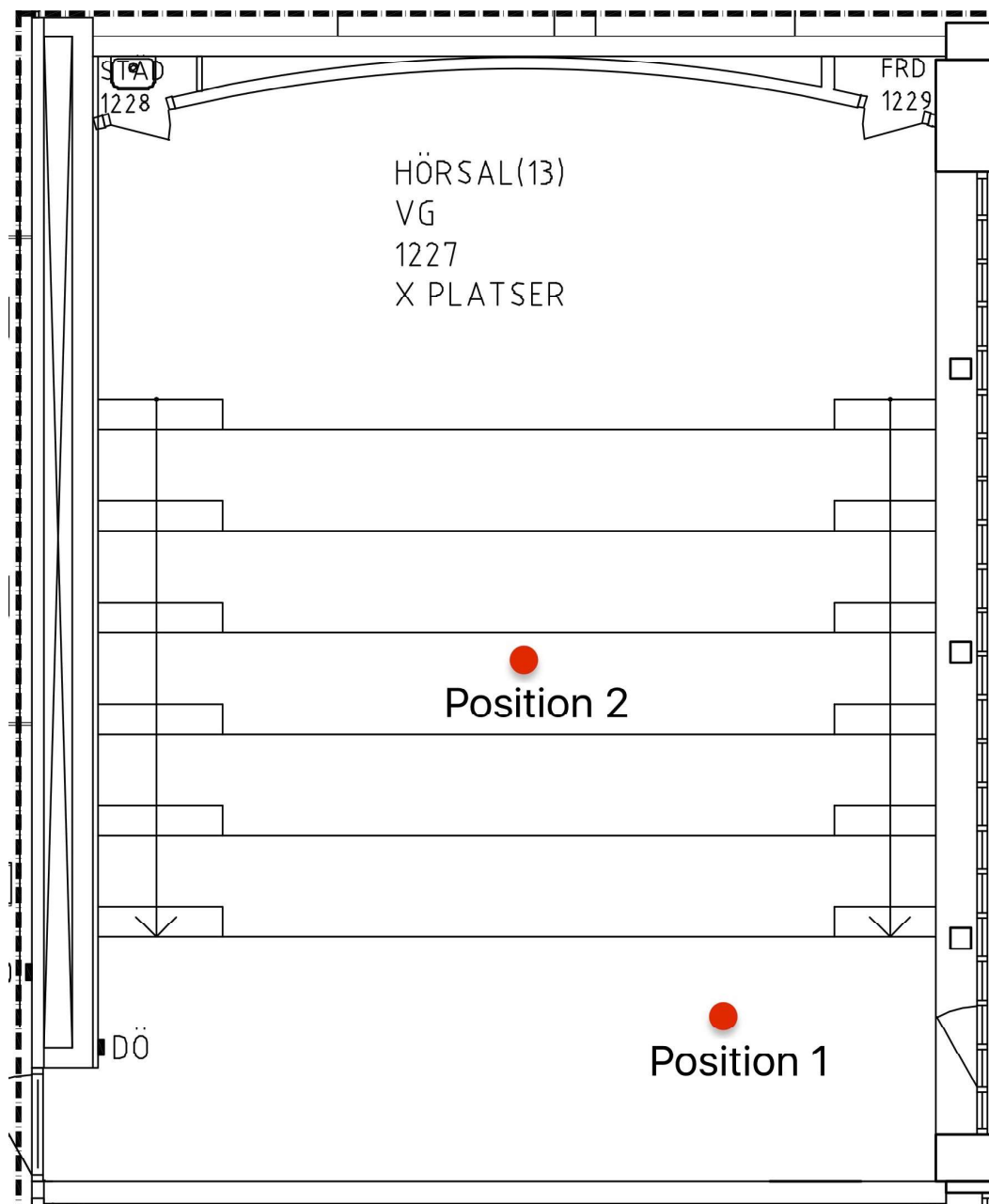
Figur 4.4: Luftrörelse SB-H5

4.5 Hörsalar

De hörsalar som undersökts är SB-H5 och SB-H1. SB-H1 är den största hörsalen i SB-huset, alltså innehar den störst kapacitet och den används mest frekvent av hörsalarna i SB-Huset. Dålig luftkvalitet i SB-H1 skulle innebära att många personer berörs. SB-H5 valdes då den är en av de minsta hörsalarna i SB-huset och är därför ofta fullsatt, detta bidrar till att luftkvaliteten kan komma att påverkas negativt. Mätutrustningen placerades längst fram, i mitten och längst bak vid frånluften i SB-H1. SB-H5 är betydligt mindre än SB-H1 räcker det med två mätinstrument som placeras i mitten av hörsalen samt vid frånluften. Genom detta fås en gradient över koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur. I figur 4.5 och 4.6 visas mätpositioner i SB-H1 och SB-H5.



Figur 4.5: Placering av mätare i hörsalen SB-H1.



Figur 4.6: Placering av mätare i hörsalen SB-H5.

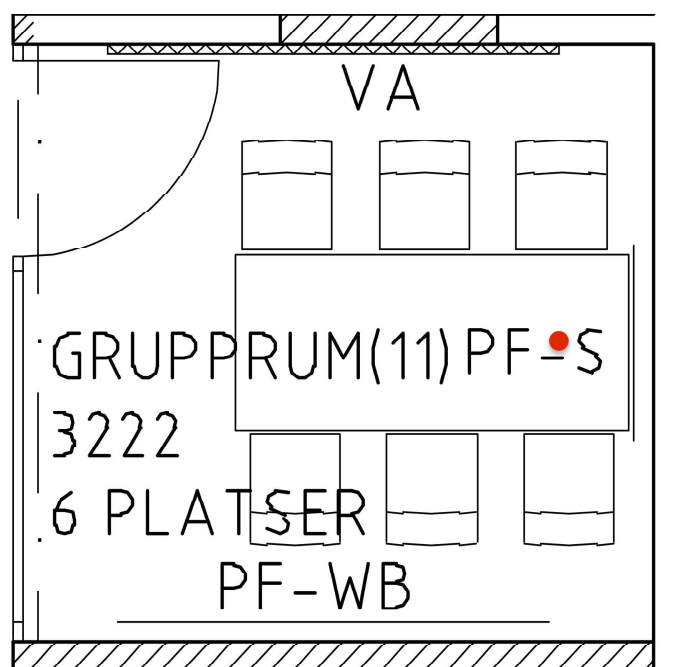
4.6 Grupprum

De grupprum som undersökts är typ 1 och typ 2. Mätutrustningen placerades i huvudhöjd i grupprummet för att avspegla den luftkvalitet som personerna i grupprummet utsätts för. Då grupprummen är små både area- och volymmässigt kan värdena som fås genom mätningen antas vara ett medelvärde av grupprummets

totala luftkvalitet.

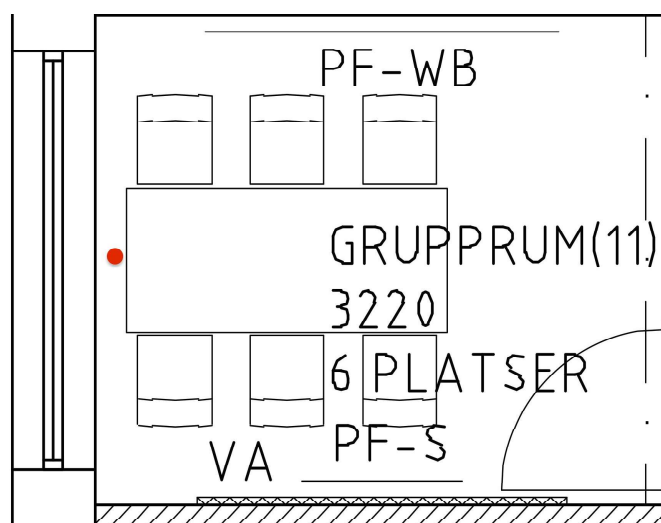
Nedan ses ritningsbilder av grupprum av typ 1 och 2 med mätplaceringar illustrerade med röda prickar.

Typ 1



Figur 4.7: Grupprum typ 1. Placering av mätare i grupprum utan fönster.

Typ 2



Figur 4.8: Grupprum typ 2. Placering av mätare i grupprum med fönster.

4.7 Utrustning

De mätinstrument som använts vid mätningarna är Rotronic CP11 (figur 4.9) och pSenseRH figur 4.10. De är handhållna mätinstrument som mäter koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur. Rotronic CP11 loggar ett mätvärde var tioende sekund upptill 6000 mätvärden medan PSenseRH enbart visar realtidsvärden. Vid test av luftflöde har rökgenerator RG-100 (figur 4.11) använts samt 18 st 60 W lampor som ska motsvara 18 personer.



Figur 4.9: Rotronic CP11.
Källa: Rotronic (2017)



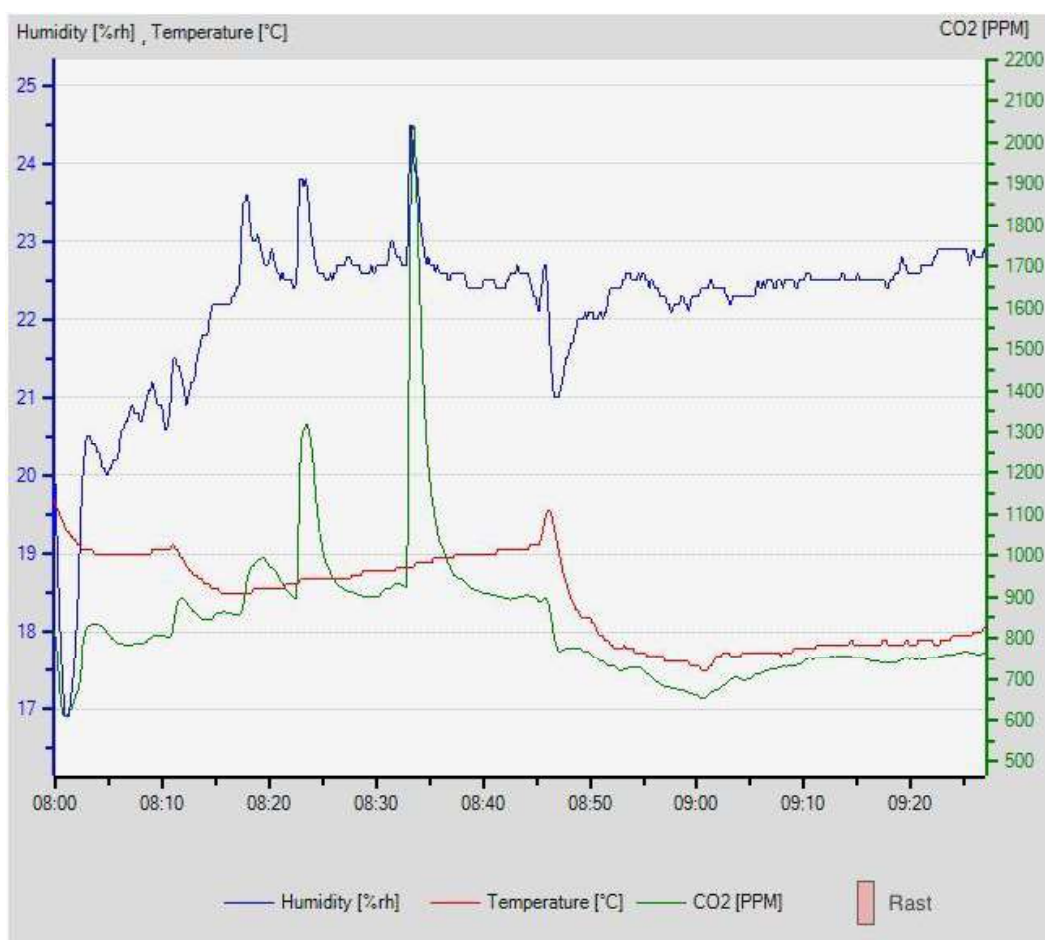
Figur 4.10: pSense RH. Källa: Senseair (2017)



Figur 4.11: Rökgenerator RG-100.

4.8 Orienterande mätning och kontroll av mätare

För att vara förberedd på de kommande mätningarna genomfördes en orienterande mätning. Mätningen utfördes i grupprum typ 1 med två personer mellan 8.00-9.30. För att testa om mätutrustningen fungerade satt personerna närmre mätaren för att se om den gav utslag, samt lät mätaren stå bredvid och logga som om det vore en riktig mätning. I figur 4.12 varierar koldioxidnivån, lufttemperaturen och den relativa luftfuktigheten kraftigt mellan 8.10-8.35, under den tiden satt personerna närmre mätaren och som väntat gav mätaren utslag för detta. Från 8.40-9.30 var mätaren längre ifrån och lägre värden uppmättes.



Figur 4.12: Testmätning i grupprum typ 1.

I mätstudien användes tre olika mätare varav två är från samma tillverkare, det kan skilja sig åt i hur noggrant mätarna redovisar mätdata. För att kontrollera detta sattes mätarna mot tilluften i SB-H1 tills mätarna stabiliserade sig. Utomhusluften innehöll 404 ppm och Rotronic visade 414 ppm samt 420 ppm medan pSense RH

visade 464 ppm. Detta tyder på att Rotronic ger ett bättre mätresultat och är mer tillförlitligt medan pSense RH:s mätresultat ligger ca 10 % högre än Rotronicen.

4.9 Enkätundersökning

För att komplettera mätningarna med studenters uppfattning om inneklimatet har en enkätundersökning genomförts i samarbete med en annan kandidatgrupp, Rosenberg och Svantesson (2017). Enkäten har gjorts med stöd av Örebromodellen.

4.9.1 Enkät utifrån Örebromodellen

Örebromodellen utgår ifrån att det finns ett eller flera problem med inomhusklimatet. Enkätundersökningar kan användas som ett verktyg för att få en översikt över vad problematiken kan vara mer specifikt. När problemen är kartlagda är det aktuellt att börja använda sig av mätutrustning eller provtagning för att få ett tydligare svar på vad som kan vara orsaken till problemet. Genom att tolka mätvärdena och proverna kan en slutsats dras om vilka åtgärder som ska användas för att få bukt med problemen Kjell Andersson (2017).



Figur 4.13: Örebromodellen. Bildkälla: Kjell Andersson (2017)

4.9.2 Genomförande av enkät

Enkäten har genom samverkan med Rosenberg och Svantesson (2017) utformats så att frågorna dels behandlar de termiska förhållandena och dels luftkvaliteten i utbildningslokalerna, delar av resultatet presenteras enbart i deras rapport *Termiskt klimat i universitetslokaler*. Undersökningen har riktats mot studenter som är huvudanvändare av lokalerna i Samhällsbyggnadshuset. Enkäten har delats ut under föreläsning i pappersformat och studenter har fått lämna in den ifylld. Ungefär 370 st enkätsvar har samlats in. De tillfrågade klasserna är:

- Samhällsbyggnadsprogrammet, 300hp årskurs 1
- Samhällsbyggnadsprogrammet, 180hp årskurs 1
- Byggingenjör, 180hp årskurs 3
- Väg- och vattenbyggnadsteknik, 300hp årskurs 3
- Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik, 180hp årskurs 2
- Samhällsbyggnadsteknik, 300hp årskurs 2
- Samhällsbyggnadsteknik, 180hp årskurs 2
- Arkitektur och teknik, 300hp årskurs 1

Enkäten har bestått av frågor där studenterna har fått gradera sitt svar på en given skala. En uppdelning av kön och olika antagningsår mellan 2014-2016 har gjorts för att kunna se om det finns variationer mellan dem vad gällande uppfattningen av inneklimatet. Med hjälp av Microsoft Excel har svarsenkäterna kunnat sammanställas och schematiskt åskådliggöras i rosdiagram.

5

Resultat

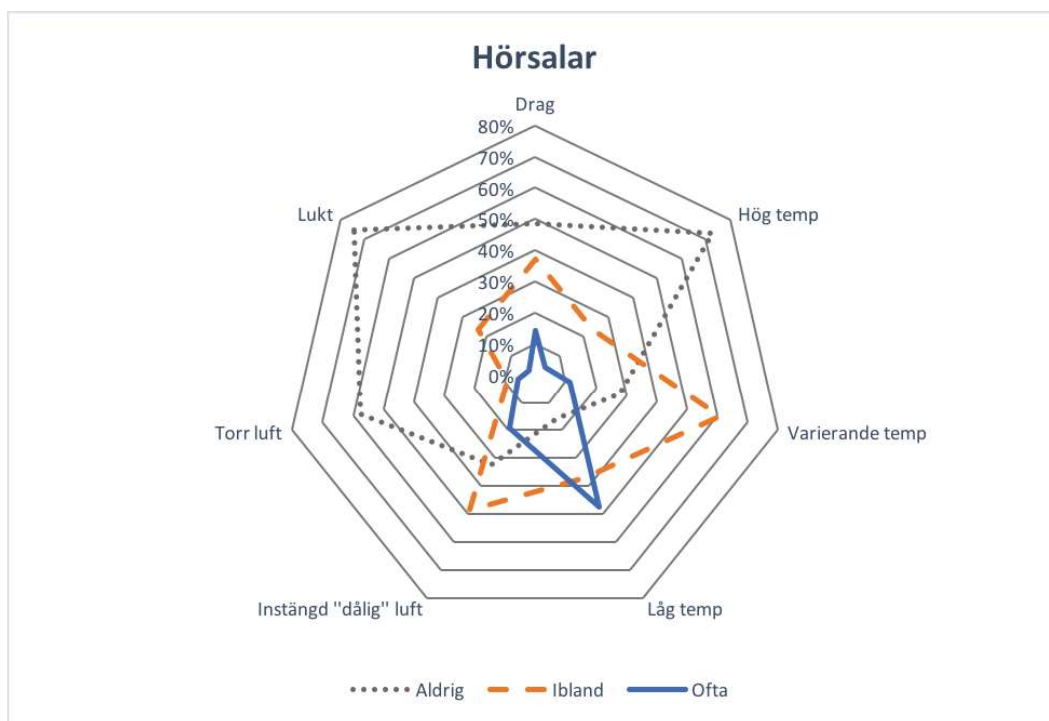
I detta kapitel presenteras resultaten från enkäten gällande hörsalar och grupprum. Även resultat från mätningar i hörsalar och grupprum redovisas här.

5.1 Enkät

Nedan presenteras svarsresultaten från enkäterna gällande inneklimatet i hörsalar och grupprum. Eftersom enkäten utformats i samarbete med Rosenberg och Svan-
tesson (2017) som undersöker termiskt klimat finns även deras svarsresultat med i diagrammen. Först redovisas i rosdiagram i vilken utsträckning studenterna upplever *drag, hög temperatur, varierande temperatur, låg temperatur, instängd "dålig" luft, torr luft* samt *lukt* i hörsalar och grupprum. Sedan redovisas i cirkeldiagram hur studenterna upplever luftkvaliteten med alternativen *mycket bra, bra, acceptabel, dålig* samt *mycket dålig*. Det redovisas även i cirkeldiagram när studenterna upplever problem med luftkvaliteten.

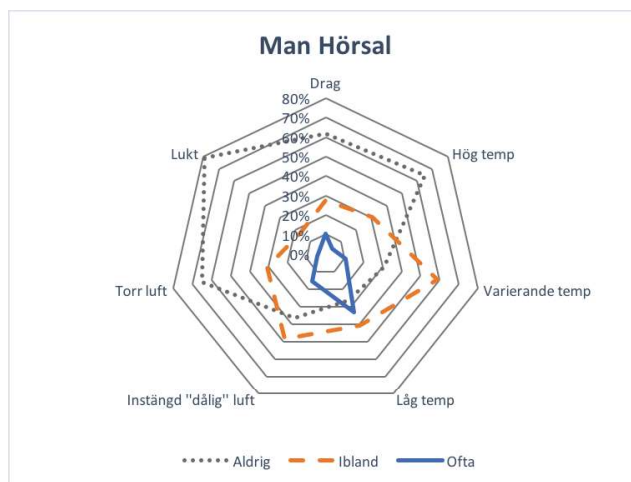
5.1.1 Hörsalar

I figur 5.1 nedan går att se att av *lukt, torr luft* och *instängd "dålig" luft* är det det sistnämnda som märks av mest i hörsalar. 20 % upplever *ofta* att det är *instängd "dålig" luft*, 50 % upplever att det *ibland* är *instängd "dålig" luft* och resterande 30 % upplever *aldrig* att det är *instängd "dålig" luft*. För 75 % upplevs *aldrig* någon *lukt* och för 60 % upplevs *aldrig* någon *torr luft*.

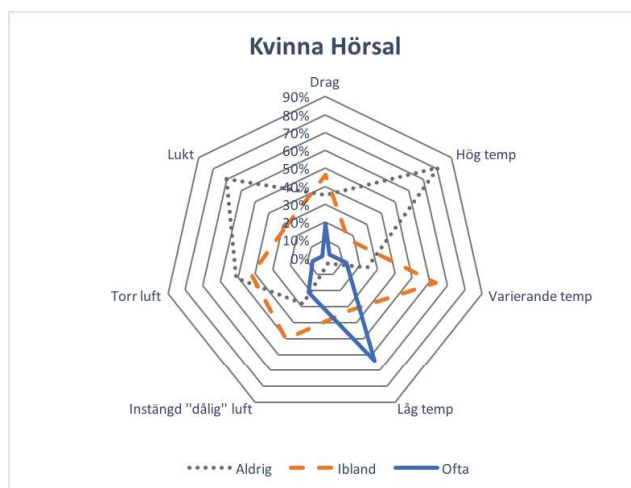


Figur 5.1: Diagrammet redovisar alla samlade enkätsvar gällande inneklimatet för hörsalar där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten.

I figur 5.2 och 5.3 återfinns svarsresultaten från män respektive kvinnor för hörsalar. Enligt figur 5.2 och 5.3 upplever kvinnor lukt, torr luft och instängd "dålig" luft i något större utsträckning än män.

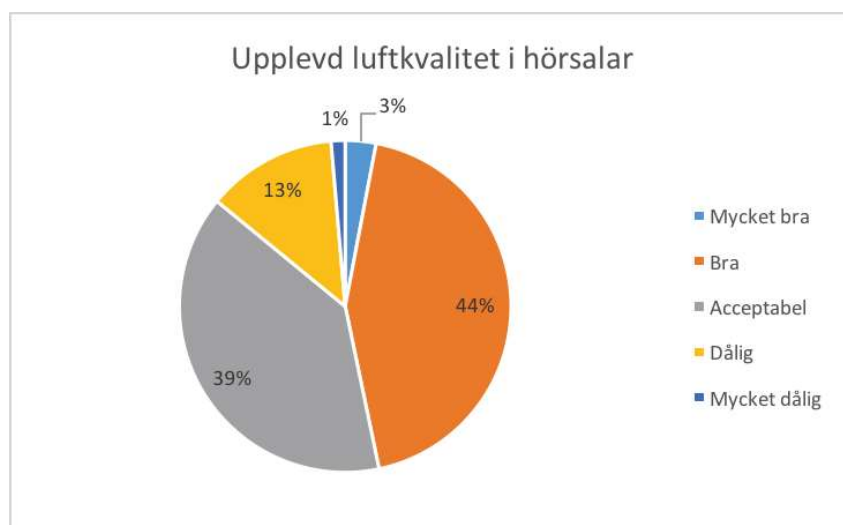


Figur 5.2: Diagrammet redovisar resultaten från mäns enkätsvar där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten.

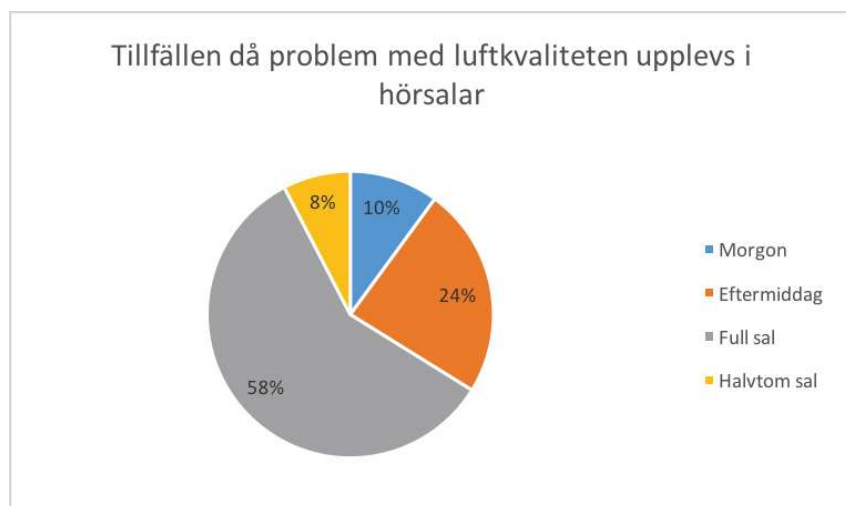


Figur 5.3: Diagrammet redovisar resultaten från kvinnors enkätsvar där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten.

I figur 5.4 nedan redovisas hur luftkvaliteten i hörsalarna i SB-huset upplevs. Resultaten visar att störst andel tycker att det är *Bra* luftkvalitet och näst störst andel tycker att det är *Acceptabel* luftkvalitet. Detta stämmer bra överens med genomförda mätningar som visar goda koldioxidvärden för hörsalar, se avsnitt 5.2.1 och 5.2.2 med tillhörande figurer. De som inte tycker att det är bra luftkvalitet upplever *instängd "dålig" luft* vilket ses i figur 5.1. I figur 5.5 nedan redovisas vid vilka tillfällen som problem med luftkvaliteten upplevs. Problem upplevs oftast på *eftermiddagen* och vid *full sal*. Att problem upplevs vid eftermiddagen är rimligt vilket kan ses i figur 5.13 och 5.14 där koldioxidnivån stiger kraftigt efter kl. 16.00 med anledning av att ventilationen stängts av.



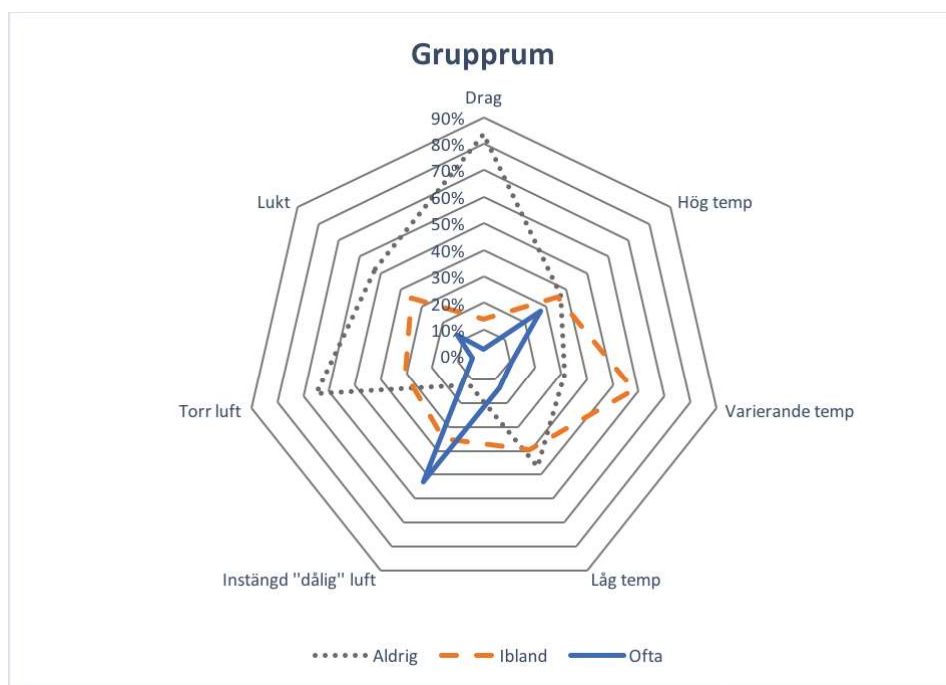
Figur 5.4: Diagram över upplevd luftkvalitet i hörsalar i SB-huset.



Figur 5.5: Diagram över tillfällen då luftkvaliteten upplevs som dålig i hörsalar i SB-huset.

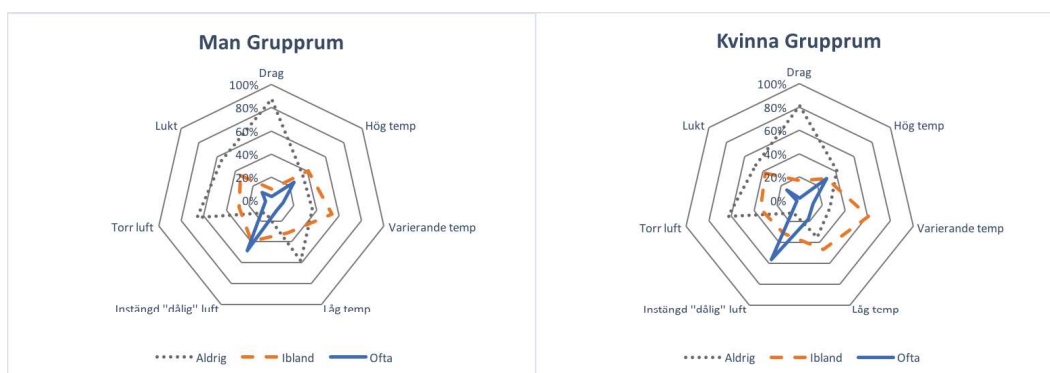
5.1.2 Grupprum

I figur 5.6 nedan går det se att av *lukt*, *torr luft* och *instängd "dålig" luft* är det för grupprum som för hörsalar att *instängd "dålig" luft* upplevs oftare än *lukt* och *torr luft*. *Instängd "dålig" luft* upplevs ofta av knappt 55 %, ibland av 35 % och aldrig av drygt 10 %. Luften upplevs alltså sämre i grupprum än i hörsalar.



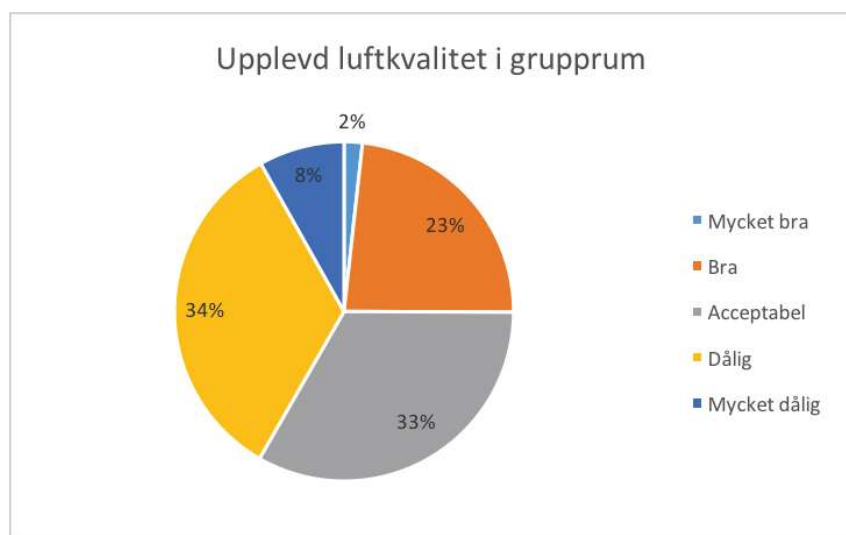
Figur 5.6: Diagram som redovisar alla samlade enkätsvar gällande inneklimatet för grupprum där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten.

I figur 5.7 och 5.8 nedan ses att svarsresultaten från män respektive kvinnor inte skiljer sig åt avsevärt gällande luftkvaliteten i grupprum.

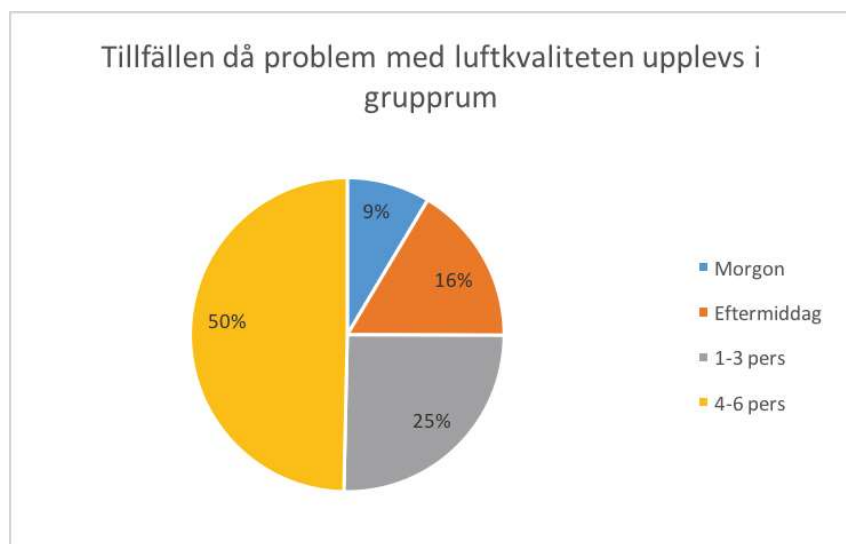


Figur 5.7: Diagram som redovisar resultaten från mäns enkätsvar där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten. Figur 5.8: Diagram som redovisar resultaten från kvinnors enkätsvar där lukt, torr luft och instängd "dålig" luft berör luftkvaliteten.

Nedan redovisas i figur 5.9 den upplevda luftkvaliteten i grupprum i SB-huset. Vid jämförelse med hörsalar se figur 5.4 så är uppfattningen att luftkvaliteten i grupprum är sämre. Trots att *Acceptabel*-andelen är stor är *Dålig*-andelen lite större och *Bra*-andelen är betydligt mindre. Även i grupprum är *instängd "dålig" luft* det största problemet men här upplevs också *lukt* i viss utsträckning se figur 5.6. I resultaten från koldioxidmätningar går även att se att koldioxidnivån ligger högt vilket indikerar en dålig luftkvalitet se figur 5.23 och 5.26. De tillfällen som problem upplevs i grupprum i SB-huset redovisas nedan i figur 5.10. Oftare upplevs problem på eftermiddagen och när det är 4-6 personer.



Figur 5.9: Diagram över upplevd luftkvalitet i grupprum i SB-huset.



Figur 5.10: Diagram över tillfällen då luftkvaliteten upplevs som dålig i grupprum i SB-huset. Notera att diagrammet redovisar svar på två olika frågor där "Morgon" och "Eftermiddag" är svarsalternativ till en fråga och "1-3 pers" och "4-6 pers" är svarsalternativ till en annan fråga.

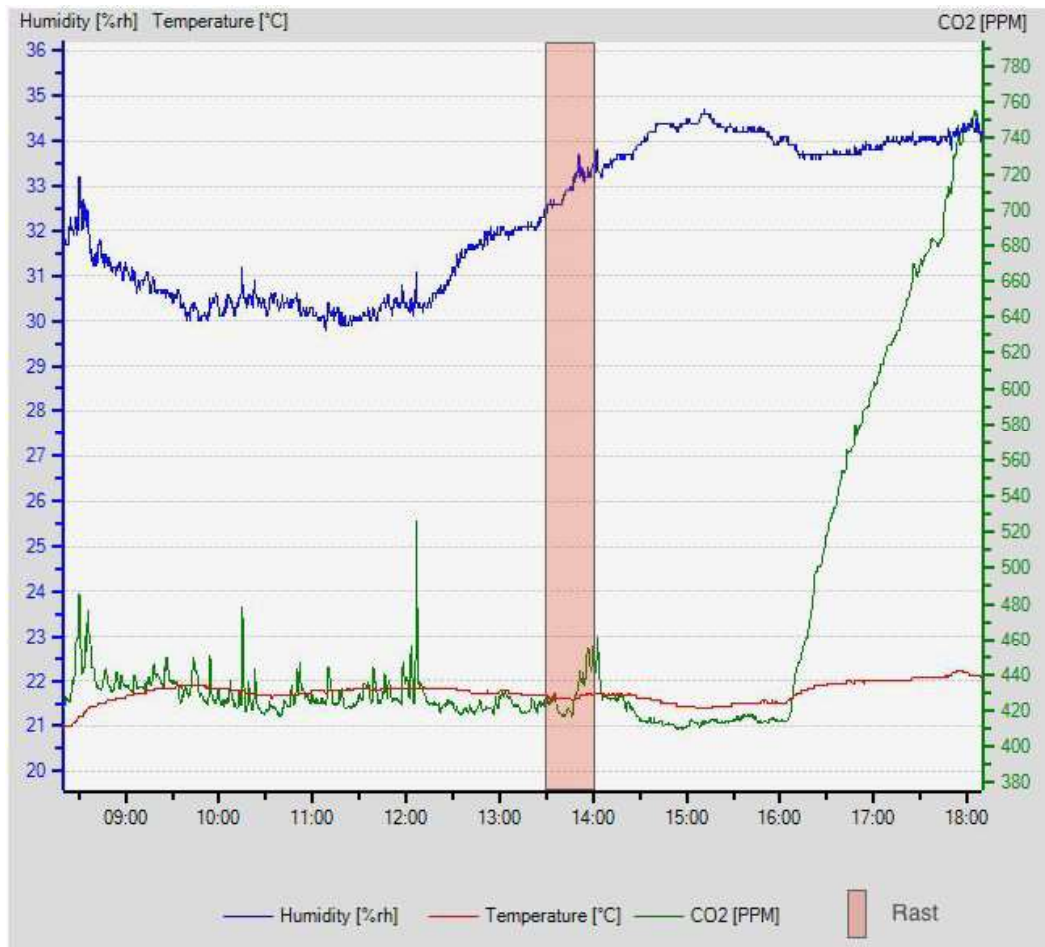
5.2 Mätning i hörsalar i SB-huset

Mätningar har genomförts under olika förutsättningar i hörsalarna, de har genomförts under förmiddagar, eftermiddagar samt heldagar. Antalet studenter har varierat under dessa tider och på så sätt kan mätresultatet variera från samma hörsal. Då hörsalarna aldrig har uppnått sin fulla kapacitet har inga mätvärden fåtts för den typen av användning, detta tas hänsyn till genom att ett värde räknas ut och antas vara samma som en mätning hade gett. Nedan presenteras mätresultaten för SB-H1 och SB-H5.

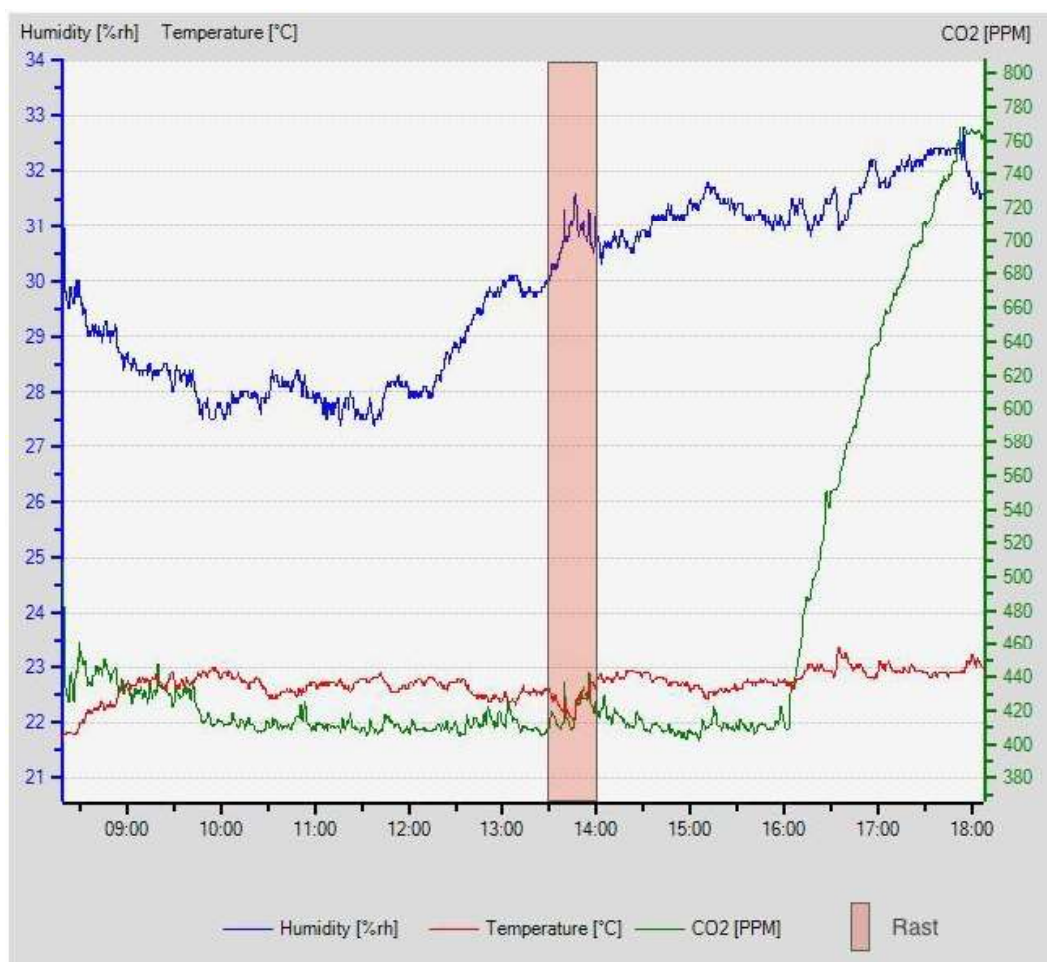
5.2.1 SB-H1

Under tentamen i SB-H1 placerades två mätare vid positionerna 1 och 2 enligt figur 4.5. Dessa mätare gav mätvärden enligt figur 5.11. I hörsalen under första tentamen 8.30-13.30 var det 25 tentander och under andra tentamen 14.00-18.00 var det 20 tentander. Under båda tentamenstillfällena satt tentanderna utspridda i hörsalen. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/03/16 var 8,7°C, 77,0% RH och 402 ppm. I figur 5.11 kan tillfälliga toppar noteras, detta beror förmodligen på att någon tentand eller tentavakt har kommit för nära mätaren och på så sätt

blir det ett felaktigt värde som mätaren loggar. I figuren 5.11 ökar koldioxidnivån och lufttemperaturen snabbt i början av tentamen ca 08.00, detta beror på att ventilationsystemet ej har hunnit att känna av hur många som befinner sig i hörsalen och därför har systemet inte kommit igång med att öka luftflödet till hörsalen. När systemet slutligen har kommit igång sjunker koldioxidnivån och lufttemperaturen stabiliserar sig på en jämviktsnivå runt 430 ppm och 21,7 °C. Den relativa luftfuktigheten sjunker på grund av att lufttemperaturen höjs i takt med att fler tentander kommer in i hörsalen och detta bidrar till att mätnadsånghalten höjs och till följd av detta sjunker den relativa luftfuktigheten. Vid 12.30 börjar koldioxiden och lufttemperaturen att sjunka, detta är till följd av att flera av tentanderna börjar bli klara med sin tenta och lämnar hörsalen, till följd av detta stiger den relativa fuktigheten. Vid dagens andra tentamen som äger rum 14-18 ligger inte koldioxidnivån och lufttemperaturen på samma nivå som innan, detta beror på att det är färre tentander i hörsalen som avger koldioxid och värme. Vid 16 tiden inträffar något som får koldioxidnivån att rusa iväg och lufttemperaturen höjs något. Detta beror förmodligen på att ventilationen stängs av, varpå luften i hörsalarna blir sämre rent luftkvalitetsmässigt. Liknande värden kan utläsas ur figur 5.12, koldioxidhalten, relativ luftfuktigheten och lufttemperaturen varierar på samma sätt som mätaren enligt figur 5.11. Det enda som kan noteras är att koldioxidhalten är lägre, till följd av att färre personer sitter längre upp i hörsalen. Den luften som har varit i hörsalen under dagen anses som god med avseende på de riktvärdena som finns för koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur.



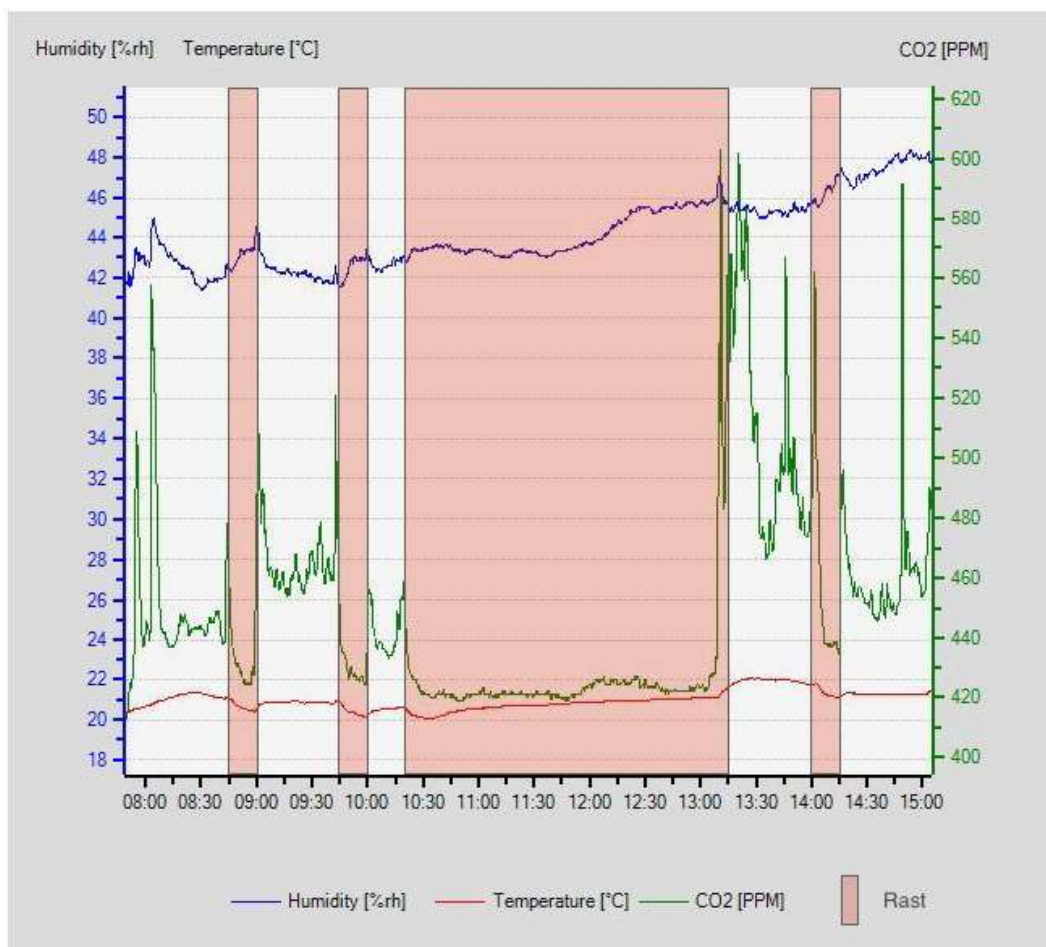
Figur 5.11: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 under tentamen kl 8.30-13.30 och 14.00-18.00 i SB-H1



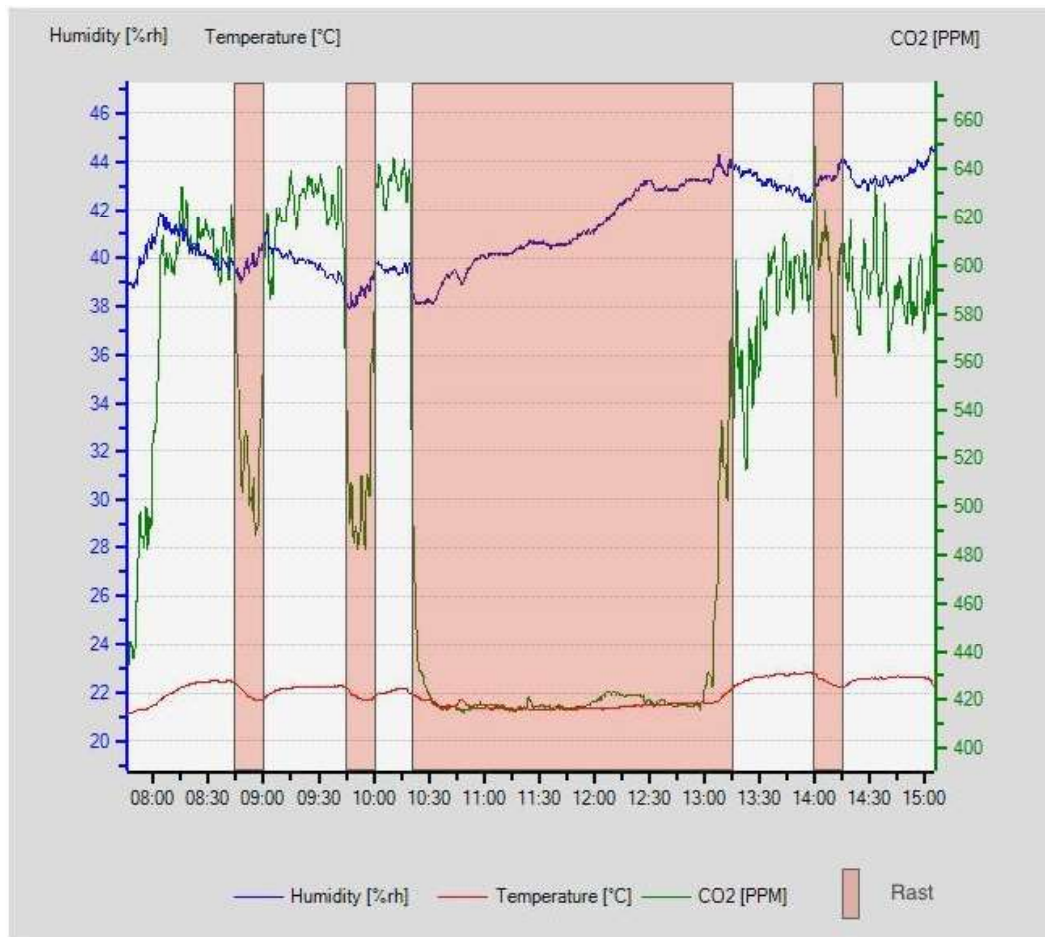
Figur 5.12: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 under tentamen kl 8.30-13.30 och 14.00-18.00 i SB-H1

Under föreläsningen i SB-H1 har tre mätare placerats enligt figur 4.5. Dessa mätare gav mätdata enligt figurerna 5.13, 5.14 och 5.15. Den sistnämnda figuren ser annorlunda ut gentemot 5.13 och 5.14 det beror på att mätvärden har lagts in manuellt var 5:e minut, mätaren har en felmarginal på ca 10%. I hörsalen under första föreläsningen 8.00-10.45 var det 107 studenter och under den andra föreläsningen 13.15-15.00 var det 70 studenter. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/03/31 var 13,4°C, 79,7% RH och 424 ppm. I figurerna 5.13 och 5.14 finns det tillfälliga toppar som inte varade under någon längre tid, detta kan bero på att studenter har kommit i kontakt med mätaren och på så sätt stört mätresultatet. Raster har infunnits mellan 8.45-9.00, 9.45-10.00, 10.45-13.15 och 14.00-14.15, under dessa tider kan mätresultat bortses ifrån. Vid början av varje föreläsning och

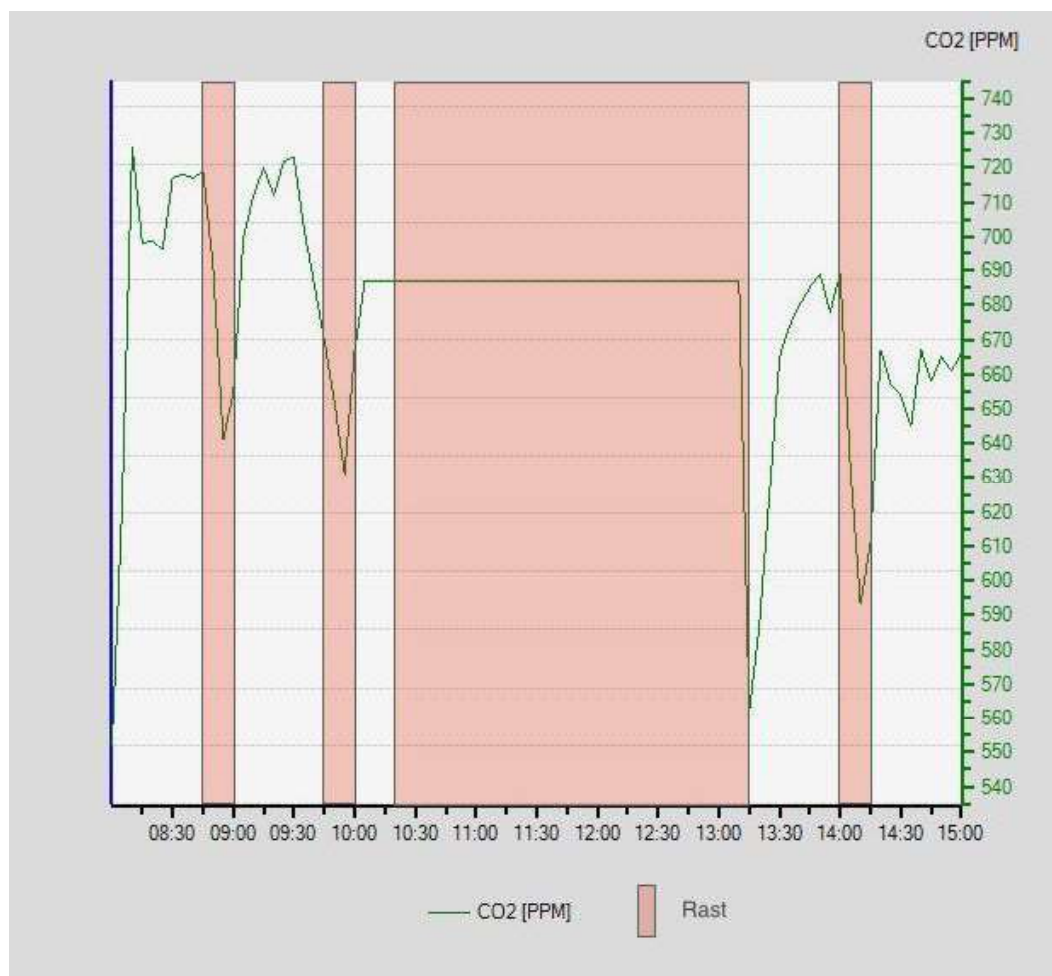
efter varje rast stiger koldioxidnivån till en jämviktsnivå och ligger där tills nästa rast inträffar, lufttemperaturen varierar på samma sätt. Även att lufttemperaturen stiger under dagen stiger också den relativa luftfuktigheten, vilket förmodligen beror på att luftens vatteninnehåll ökar samtidigt som det är fler studenter under dagens andra föreläsning än den första. Den relativa luftfuktigheten ligger enligt figur 2.2 på godkända nivåer under hela dagen. Koldioxidnivån ligger under hela dagen under 1000 ppm vilket är godkänt, högre nivåer av koldioxid fås längre upp i hörsalen vilket är rimligt då luften stiger uppåt i hörsalen.



Figur 5.13: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 under föreläsning kl 8.00-10.45 och 13.15-15.00 i SB-H1



Figur 5.14: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 under föreläsning kl 8.00-10.45 och 13.15-15.00 i SB-H1

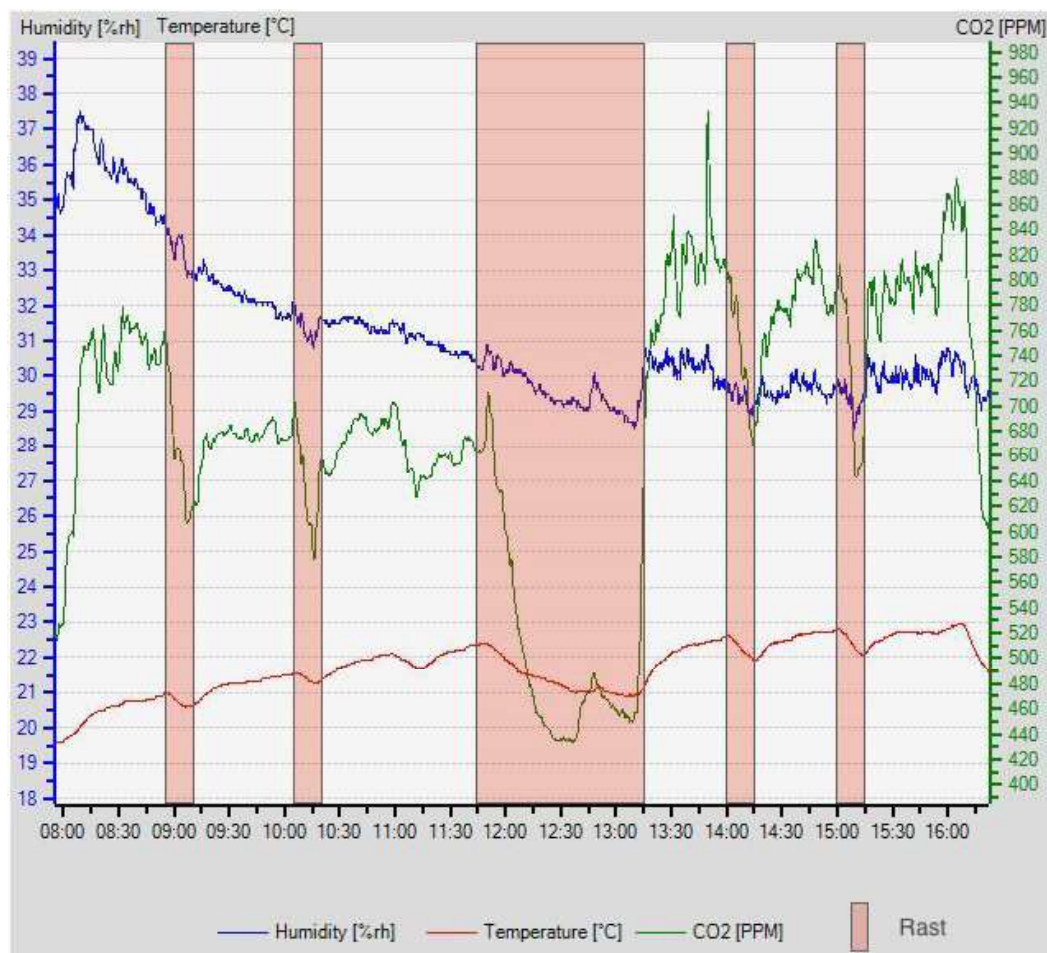


Figur 5.15: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och kolodioxidhalt för en mätare placerad vid position 3 under föreläsning 08:00-10:45 och 13:15-15:00 i SB-H1

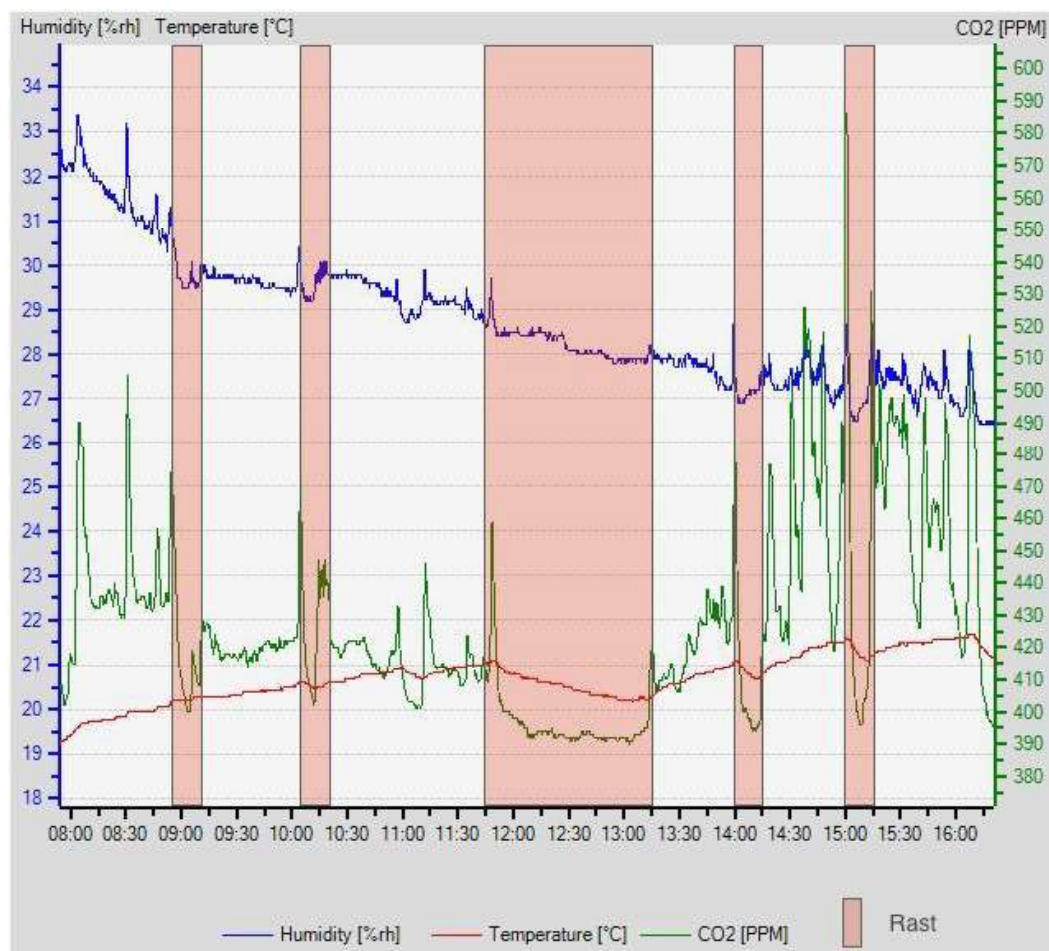
5.2.2 SB-H5

I hörsalen SB-H5 har det varit två föreläsningar under dagen. Den första lektionen mellan 8.00-11.45 med paus mellan 8.45-9.00, 9.45-10.00 och 10.45-11.00, under lektionen var det 33 studenter. Eftermiddagens föreläsning hade 44 studenter och paus mellan 14.00-14.15, 15.00-15.15 och 16.00-16.15. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/02/22 var 6,1°C, 70,3% RH och 400 ppm. De topparna som finns i både figur 5.18 och 5.19 kan bortses ifrån då det är någon student som har råkat komma för nära mätaren och stört mätningen. Frånluften har en högre nivå av koldioxid samt lufttemperatur. Detta beror på att luften som går ut via frånluften har gått igenom salen och tagit med värme och föroreningar på vägen.

Koldioxidnivån stiger vid början av föreläsningen och efter rasterna på grund av att studenterna kommer in i hörsalen och under rasterna sjunker koldioxidnivån till följd av att studenterna går ut från hörsalen. En högre koldioxidnivå fås på eftermiddagens föreläsning då det befinner sig fler studenter i hörsalen än vad det gjorde under förmiddagen. Luftkvaliteten som har varit i hörsalen under dagen anses som god med avseende på de riktvärdena som finns för koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur.



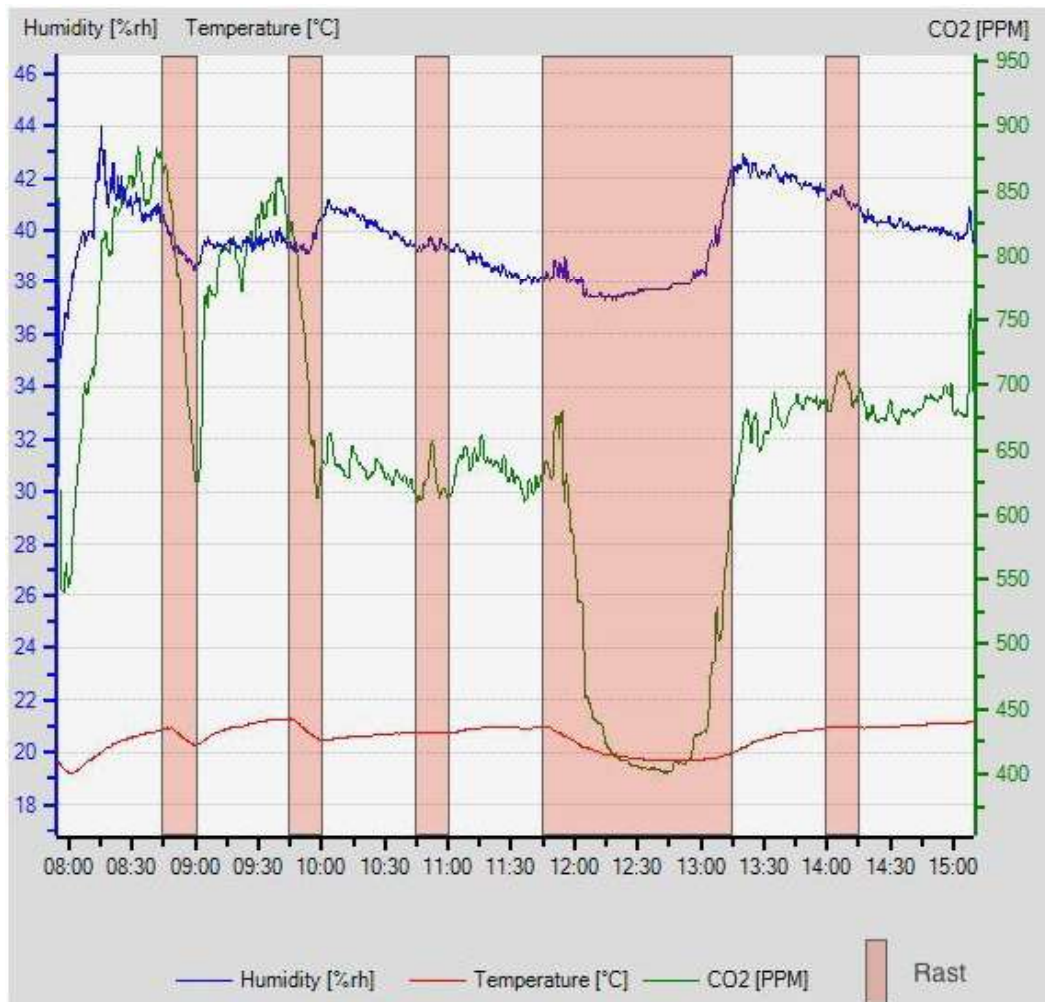
Figur 5.16: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 under föreläsning kl 08.00-17.00 i SB-H5



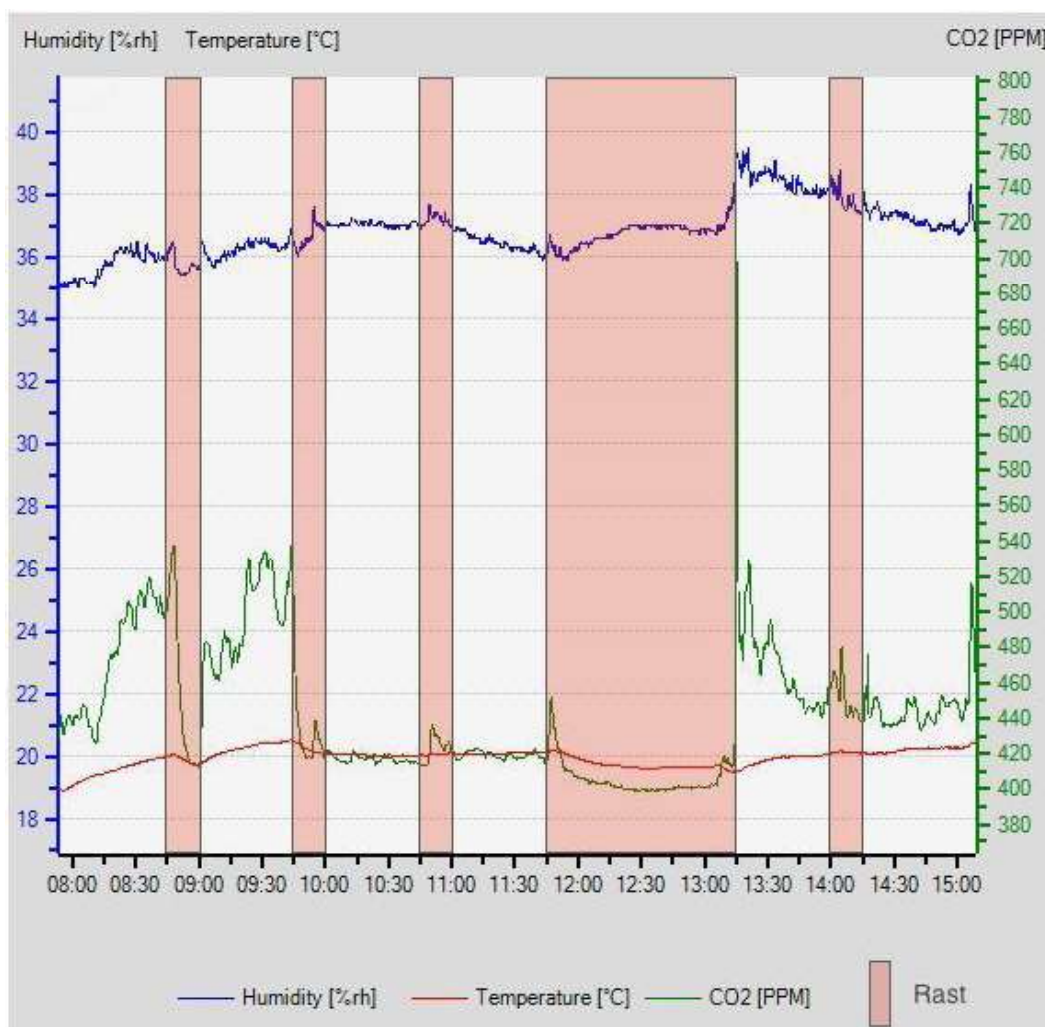
Figur 5.17: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 under föreläsning kl 08.00-17.00 i SB-H5

I SB-H5 har det varit tre föreläsningar under dagen, den första mellan 8.00-9.45 med 33 studenter, den andra mellan 10.00-11.45 med 20 studenter och den tredje mellan 13.15-15.00 med 27 studenter. Rasterna kan ses i figurerna 5.18 och 5.19, mätdata som visas under rasterna får bortses ifrån då det inte ger ett representativt resultat av verksamheten. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/02/20 var 6°C, 93% RH och 407 ppm. Den relativa luftfuktigheten ligger inom godkända gränsvärden under hela dagen oavsett föreläsning och position i hörsalen, dessa värden kan jämföras med figur 2.2. Koldioxidnivån förändras i samband med att verksamheten förändras, när föreläsningarna återigen börjar stiger koldioxidnivån och sjunker när studenterna är på rast. Koldioxidnivån har under hela dagen legat under 1000 ppm vilket är godkänt, högst koldioxidnivå inträffade under den första

föreläsningen på grund utav att det var flest studenter då.



Figur 5.18: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 under föreläsning kl 08.00-15.00 i SB-H5



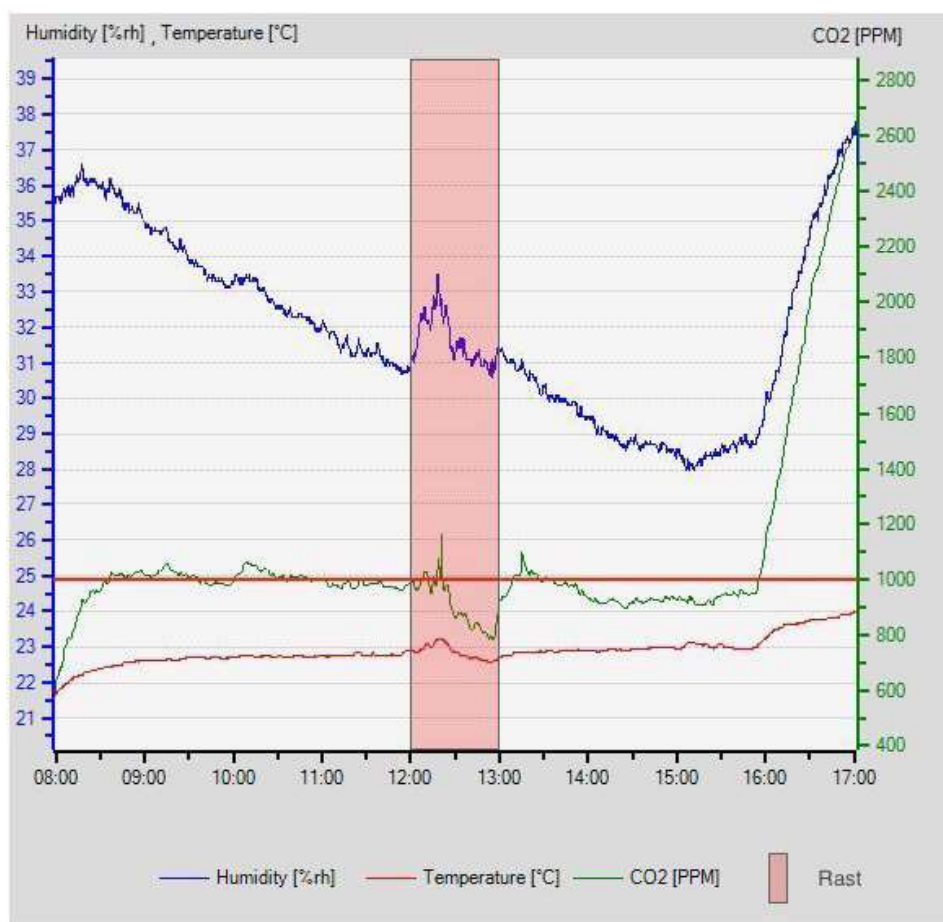
Figur 5.19: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 under föreläsning kl 08.00-15.00 i SB-H5

5.3 Mätning i grupprum i SB-huset

Mätningar har genomförts under förmiddagar, eftermiddagar och heldagar med två till sex studenter. Mätningar har skett i båda typerna av grupprum, dock har ett urval gjorts och endast ett mindre antal grupprum har undersöks, vi antar att samma mätning hade gett liknande värden i de andra grupprummen. Nedan presenteras mätningarna med två och sex personer i både grupprums typ 1 och 2.

5.3.1 Mätning med två personer i grupprum typ 1

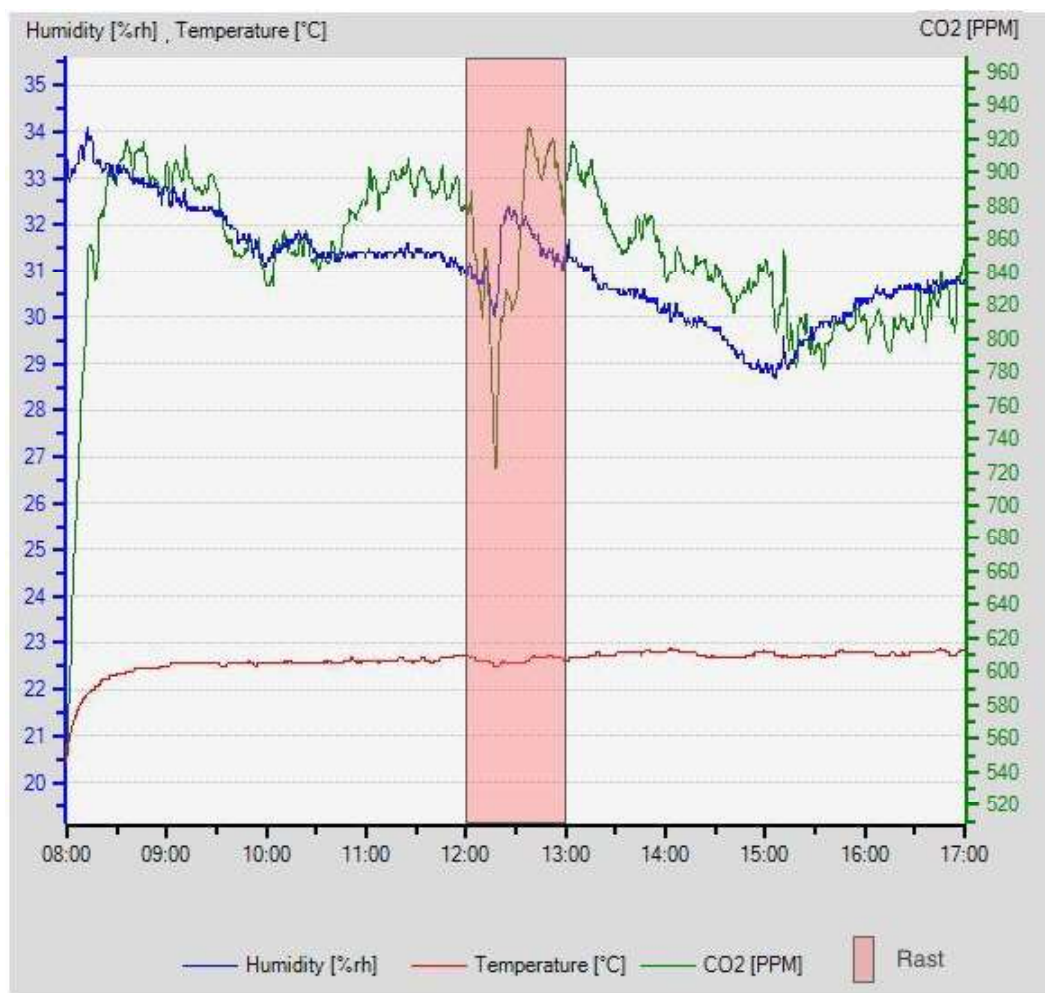
I grupprum typ 1 har det varit två personer från 8.00-17.00. Lunchrast varade mellan 12.00-13.00, den loggade datan mellan dessa klockslag kan bortses ifrån. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/02/28 var 4,7°C, 76,8% RH och 398 ppm. Den relativa luftfuktigheten ligger inom godkända gränser under hela dagen, koldioxidnivån ligger runt 1000 ppm till kl 16.00. Efter kl 16.00 ökar koldioxidnivån kraftigt upp till 2600 ppm och lufttemperaturen ökar ca 1°C, detta beror på att ventilationssystemet vid kl 16.00 stängdes av. Detta kan ses tydligt i figur 5.20.



Figur 5.20: Diagram över lufttemperatur, koldioxid och relativ luftfuktighet för en mätare placerad i grupprum typ 1 med två personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

Samma typ av mätning med två personer i ett grupprum typ 1 gjordes 2017/03/03

som kan ses i figur 5.21. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/03/03 var 5,1°C, 85,3% RH och 409 ppm. Lufttemperaturen, relativa luftfuktigheten och koldioxidnivån ligger på godkända nivåer under hela dagen, till skillnad från mätningen 2017/02/28 stängdes inte ventilationssystemet av vid 16.00 vilket medför att koldioxidnivån håller sig stabil under hela dagen.

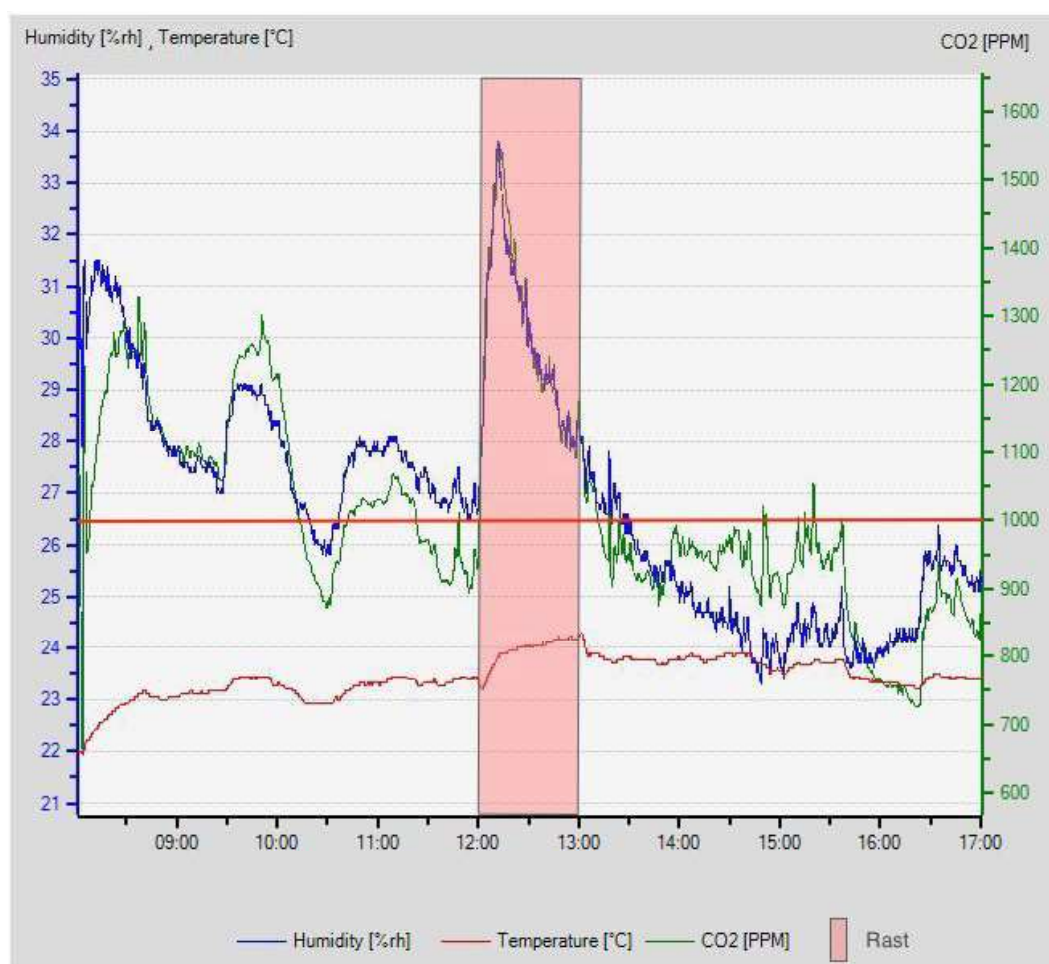


Figur 5.21: Diagram över lufttemperatur, koldioxid och relativ luftfuktighet för en mätare placerad i grupprum typ 1 med två personer.

5.3.2 Mätning med sex personer i grupprum typ 1

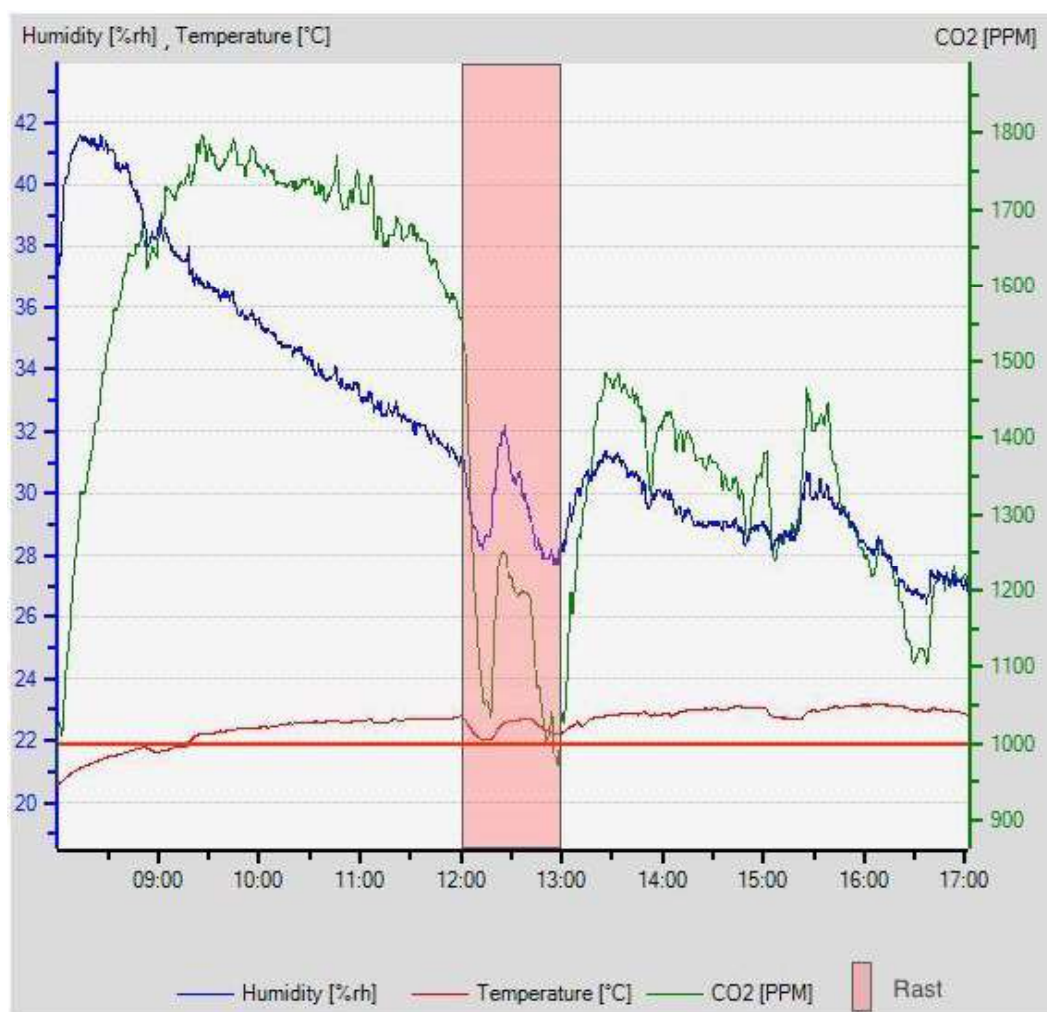
I grupprum typ 1 se figur 5.22 har det varit sex personer från 8.00-17.00. Den enda rasten som förekom under dagen var lunchrast mellan 12-13, då stod dörren öppen ut till korridoren och mätdata under den tidsperioden kan bortses ifrån.

Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/03/13 var 5,4°C, 68,1% RH och 430 ppm. Under förmiddagen ligger koldioxidnivån över 1000 ppm under ett tidsmedelvärde av 15 minuter, som ej är godkänt. Vid ca 9.30 stiger temperaturen, vilket innebär att ventilationssystemet har slagits av då det styrs på temperatur, detta innebär att koldioxidnivån stiger för att sedan sjunka igen när ventilationen startar. Under eftermiddagen ligger koldioxiden under en godkänd nivå, det som kan vara värt att nämna är att den relativa luftfuktigheten är låg vilket innebär att luften är torr och kan bidra till en uppfattning om dålig luftkvalitet. Dock är lufttemperaturen rätt hög vid tillfället och vid ca 15.30 sjunker lufttemperaturen och den relativa luftfuktigheten stiger åter igen.



Figur 5.22: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum typ 1 med sex personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

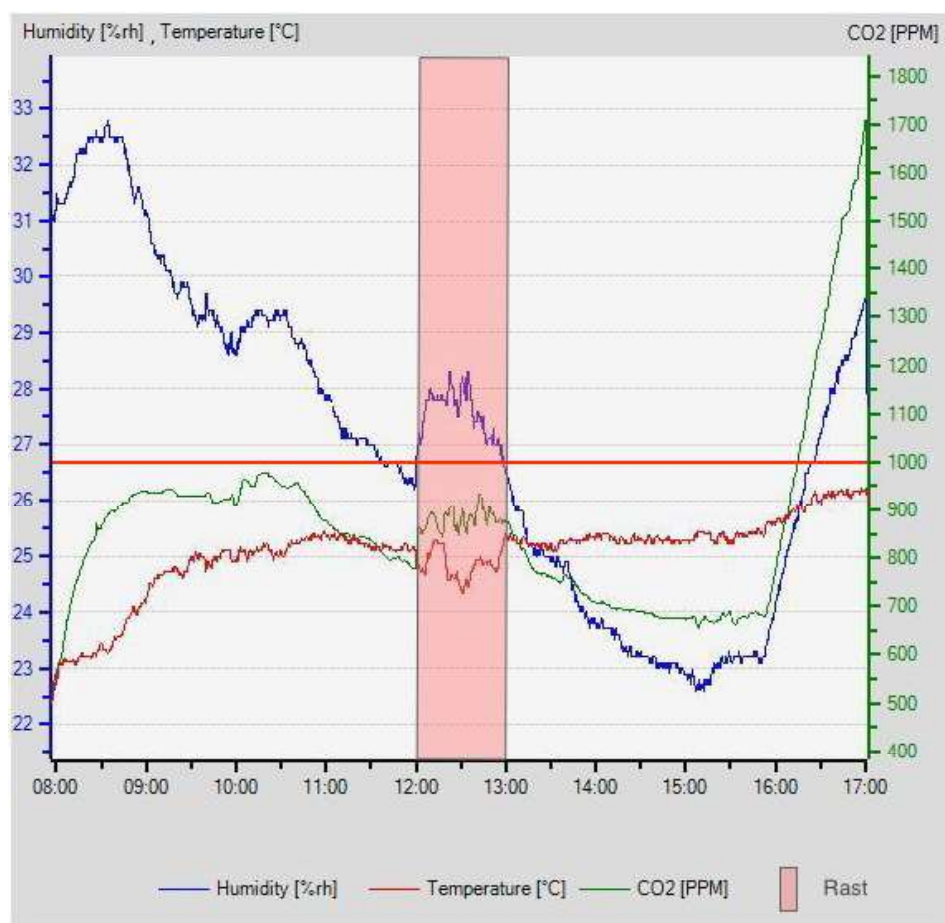
Samma typ av mätning med sex personer i ett grupprum typ 1 gjordes 2017/03/10 (se figur 5.23). Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha i princip samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden var 5,2 °C, 430 ppm och RH 58,6 %. Lufttemperaturen och relativa luftfuktigheten ligger på godkända nivåer under hela dagen, medan koldioxidnivån ligger på för höga nivåer under hela dagen. I jämförelse med mätningen 2017/03/13 ligger koldioxidnivån ännu högre, speciellt under förmiddagen. Då temperaturen är lägre under hela dagen för mätningen 2017/03/10 gentemot mätningen 2017/03/13 kommer ventilations-systemet inte att bry sig om att koldioxidnivån är hög då den inte reagerar på koldioxid, vilket medför att koldioxidnivån kommer att ligga på en hög nivå.



Figur 5.23: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum typ 1 med sex personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

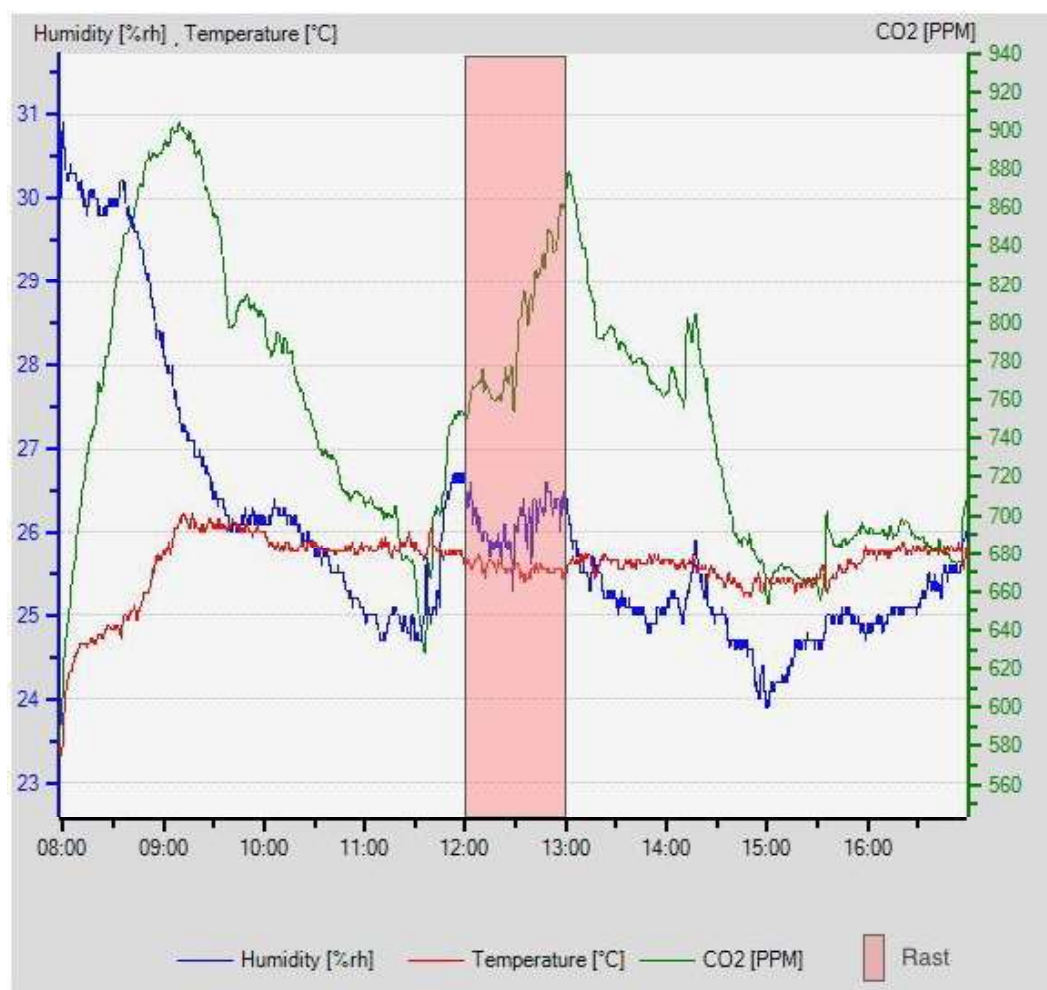
5.3.3 Mätning med två personer i grupprum typ 2

I grupprum typ 2 (se figur 5.24) har det varit två personer från 8.00-17.00. Lunchrast varade mellan 12.00-13.00, den loggade datan mellan dessa klockslag kan bortses ifrån. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha i princip samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/02/28 var 4,7 °C, 76,8 % RH och 398 ppm. Relativa luftfuktigheten ligger inom godkända gränser under hela dagen, koldioxidnivån ligger med god marginal under 1000 ppm till kl 16.00. Efter kl 16.00 ökar koldioxidnivån kraftigt upp till 1700 ppm. Detta beror på att ventilationssystemet vid kl 16.00 stängdes av. Lufttemperaturen ligger högt under hela dagen, detta är på grund av att den var placerad i närheten av en radiator, värdet för lufttemperaturen är därför inte representativt för mätningen.



Figur 5.24: Diagram över lufttemperatur, koldioxid och relativ luftfuktighet för en mätare placerad i grupprum typ 2 med två personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

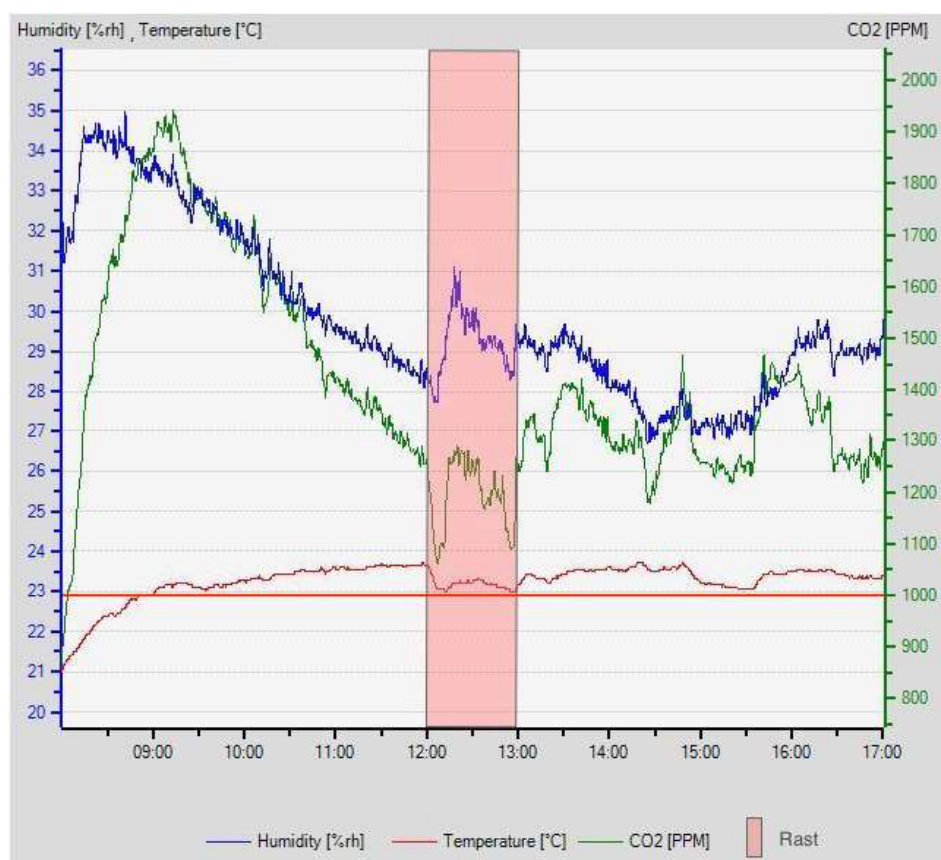
Samma typ av mätning med två personer i ett grupprum typ 2 gjordes 2017/03/03 (se figur 5.25). Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha i princip samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden var 5,1 °C, 409 ppm och RH 85,3 %. Koldioxidnivån och den relativa luftfuktigheten ligger på godkända nivåer under hela dagen, till skillnad från mätningen 2017/02/28 stängdes inte ventilationssystemet av vid 16.00 vilket medför att nivåerna håller sig stabila. Lufttemperaturen är hög under hela dagen och detta beror på att mätaren var placerad nära en radiator vilket störde mätningen.



Figur 5.25: Diagram över lufttemperatur, koldioxid och relativ luftfuktighet för en mätare placerad i grupprum typ 2 med två personer.

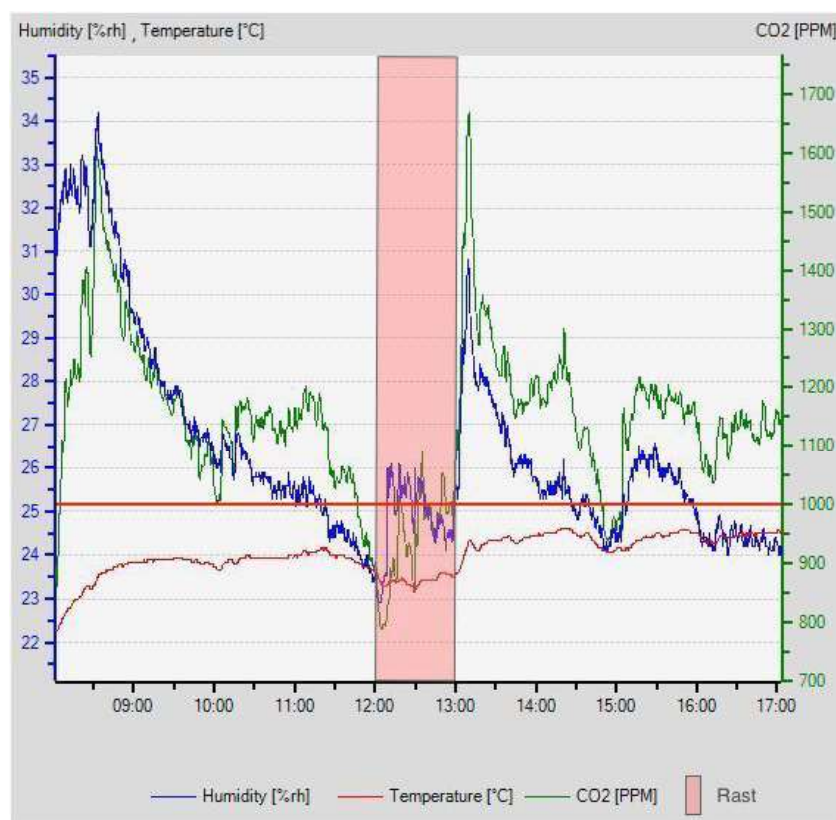
5.3.4 Mätning med sex personer i grupprum typ 2

I grupprum typ 2 (se figur 5.26) har det varit sex personer från 8.00-17.00. Lunchrast mellan 12-13, då mätarna loggar data under rasten kan den datan bortses ifrån då det inte ger ett representativt värde för luftkvaliten. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Utomhusluftens värden den 2017/03/13 var 5,4°C, 68,1% RH och 430 ppm. Koldioxidnivån stiger kraftigt vid 8.00-9.15 upp till 1900 ppm, ventilationssystemet går igång ca 9.00 och koldioxidnivån sjunker ner till 1200 ppm precis innan lunchrasten. Under eftermiddagen ligger koldioxidnivån och varierar mellan 1150-1400 ppm och lufttemperaturen håller sig stabil, då ventilationssystemet styrs på lufttemperaturen som ligger relativt konstant på ca 23,5 °C under eftermiddagen kommer detta bidra till att koldioxidnivån inte kommer sjunka under det rekommenderade värdet 1000 ppm då lufttemperaturen är inom ett godkänt intervall.



Figur 5.26: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum typ 2 med sex personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

Samma typ av mätning utfördes 2017/03/10 (se figur 5.27) med sex personer i ett grupprum typ 2 mellan 8.00-17.00 med lunchrast 12.00-13.00. Tilluften som tillförs i hörsalen antas ha samma värden som utomhusluften förutom lufttemperaturen, den kommer att vara varmare då den värms upp med hjälp utav värmeväxlaren. Utomhusluftens värden var 5,2°C, 58,6% RH och 430 ppm. Koldioxidnivån ligger över 1000 ppm under hela dagen förutom under lunchen vilket bortses ifrån. Ventilationssystemet sänker koldioxidnivån ner till 1000 ppm vid ca kl 10 på förmiddagen och vid ca kl 15 på eftermiddagen går koldioxidnivån ner under 1000 ppm under en kort stund, resterande tid är systemet inte lika effektivt vilket bidrar till att koldioxidnivån ligger över 1000 ppm. Detta är något som också kan ses vid mätningen 2017/03/13 då koldioxidnivån sjunker under förmiddagen men efter kl 13 ligger koldioxidnivån och varierar mellan 1150-1400 ppm. Lufttemperaturen ligger på ca 24 °C under förmiddagen och över 24 °C under eftermiddagen, vilket är snarlikt mätningen den 2017/03/13. Den relativa luftfuktigheten ligger inom det godkända intervallet under hela dagen.



Figur 5.27: Diagram över relativ luftfuktighet, temperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum typ 2 med sex personer. Det röda strecket markerar gränsvärdet för koldioxid.

5.4 Maximal koldioxidnivå i hörsalar

Då hörsalarna ej har varit fullsatta under någon mätning finns det ingen vetskap om vad den maximala koldioxidnivån kan uppgå till. För att kontrollera detta räknas ett teoretiskt maximalt värde ut för koldioxidnivån. Det som är viktigt att poängtera är att ventilationsflödet på tilluften antas vara samma oavsett antal personer i hörsalen SB-H5. Detta antagande görs då det inte finns någon data att tillgå hur ventilationsflödet på tilluften styrs med hänsyn till antal personer i hörsalen. I SB-H1 är tilluftsfloget inställt på 2110 liter per sekund oavsett antal personer i hörsalen enligt J. Karlsson (personlig kommunikation, 26 april 2017).

5.4.1 Maximal koldioxidnivå i SB-H1

Genom att studera figur 5.28 kan en maximal koldioxidnivå räknas ut med hjälp utav ekvationerna från 2.3. Frånluften väljs då den innehåller mest koldioxid på grund av att koldioxiden följer med hörsalens luftström ut ur hörsalen. Det svarta strecket i figuren 5.28 avspeglar frånluften i hörsalen mellan 8.00 till 8.45. Datan för frånluften är tagen från figur 5.13. Koldioxidnivån för frånluften borde ha samma värde som tilluften då ingen verksamhet finns i hörsalen innan kl 8, frånluften ligger på ca 497 ppm medan tilluften ligger på 424 ppm. Detta kan bero på att studenter och de som har utfört mätningarna har varit runtomkring mätaren och på så sätt påverkat den. Utomhusluftens koldioxidhalt var 424 ppm, detta värde mättes efter kl 17 och kan innebära att koldioxidnivån skiljer sig emot den verkliga koldioxidnivån vid kl 8. Antal personer som befann sig i hörsalen var 107 personer. Maximalt antal personer i hörsalen får uppgå till 210 personer och ventilationsnivån i hörsalen var 2110 liter per sekund. Då mätningen utfördes med hjälp av PsenseRH måste mätvärdena reduceras med 10% då mätaren visar en för hög koldioxidhalt. Beräkningarna för maximal koldioxidnivå i hörsal SB-H1 presenteras nedan.

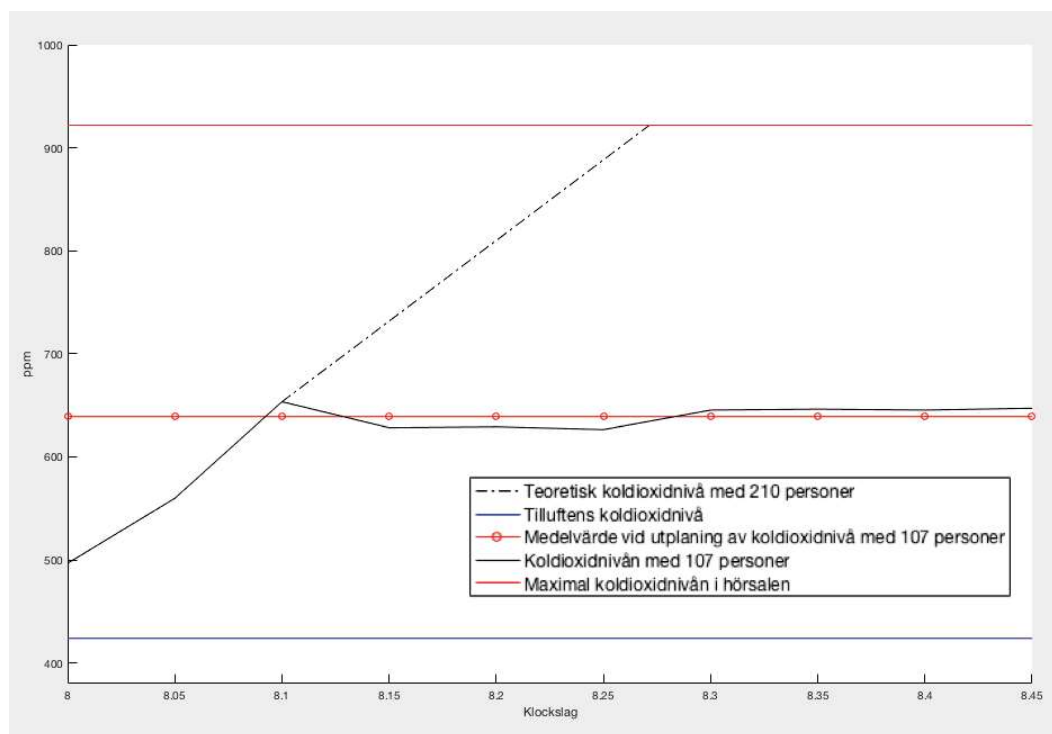
$$C_t = 424ppm$$

$$C^* = 639ppm = C_t + \frac{V_{int}^*}{V^*} = 424ppm + \frac{V_{int,max}^*}{V^*}$$

$$C_{max}^* = C_t + \frac{V_{int,max}^*}{V^*} = 424 * 10^{-6} + \frac{210*18}{3600*2110} \approx 922ppm$$

För att återspegla hur koldioxidnivån förändras när antalet personer i hörsalen ökar från 107 till 210 personer, beräknas och plottas koldioxidökningen i figur 5.28. Koldioxidnivån antas öka lika snabbt med 210 personer som med 107 personer, detta medför att lutningen för båda kurvorna är samma. Lutningen på koldioxidnivån

från kl 8.00 tills koldioxidnivån börjar avta vid 8.10 fås genom att ta skillnaden i koldioxidhalt dividerat med skillnaden i tid, alltså $\frac{653.4-496.8}{810-800} = 15.66 \frac{\text{ppm}}{\text{min}}$. Lutningen på den nya linjen kan då skrivas som $C = 653.4 + 15.66 * x$ där x är tiden i minuter och C har enheten ppm. Linjen C fortsätter upp till det maximala koldioxidvärdet 922 ppm som illustreras med ett rött streck i figur 5.28. Den maximala koldioxidnivån ligger <1000 ppm vilket är en godkänd nivå.



Figur 5.28: Plott över en teoretisk maximal koldioxidnivå i hörsalen SB-H1

5.4.2 Maximal koldioxidnivå i SB-H5

Genom att studera figuren 5.29 kan en maximal koldioxidnivå räknas ut med hjälp utav ekvationerna från 2.3. Frånluften väljs då den innehåller mest koldioxid på grund av att koldioxiden följer med hörsalens luftström ut ur hörsalen. Det svarta strecket i figuren 5.29 avspeglar frånluften i hörsalen mellan 8.00 till 8.45. Datan för frånluften är tagen från figur 5.13. Koldioxidnivån för frånluften borde ha samma värde som tilluften då ingen verksamhet finns i hörsalen innan kl 8, frånluften ligger på 533 ppm medan tilluften ligger på 400 ppm. Detta kan bero på att studenter och de som har utfört mätningarna har varit runtomkring mätaren och på så sätt påverkat den. Utomhusluftens koldioxidhalt var 400 ppm, detta koldioxidvärdet mättes efter kl 17 och kan skilja sig emot det verkliga koldioxidvärdet vid kl 8. Antal personer som befann sig i hörsalen var 33 personer. Maximalt antal personer i

hörsalen får uppgå till 76 personer. Tilluftsflödet i hörsalen fanns inte att tillgå hos Akademiska hus, därför räknas detta flödet ut som V^* . Beräkningarna för maximal koldioxidnivå i hörsal SB-H5 presenteras nedan.

$$C_t = 400ppm$$

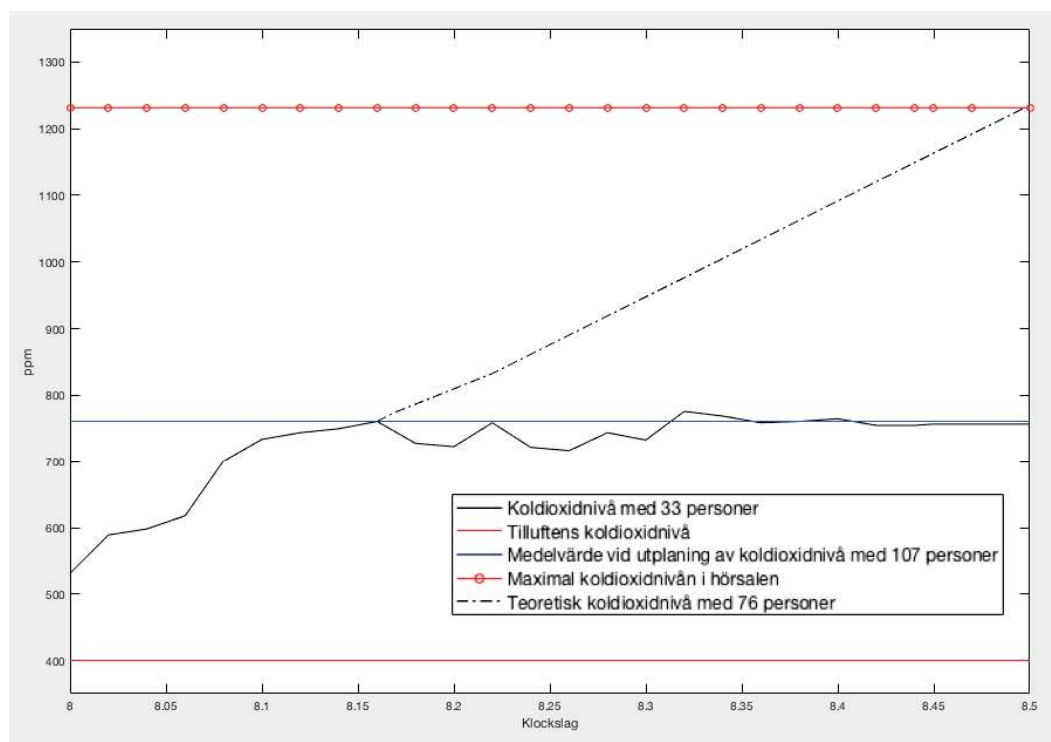
$$C^* = 761ppm = C_t + \frac{V_{int}^*}{V^*} = 400ppm + \frac{V_{int}^*}{V^*}$$

$$V_{int}^* = \frac{antalpersoner * 18}{3600} = \frac{33 * 18}{3600} = 0,165 \frac{l_{CO_2}}{s}$$

$$V^* = \frac{V_{int}^*}{C^* - C_t} = \frac{0,165}{761 * 10^{-6} - 400 * 10^{-6}} = 457 \frac{l_{luft}}{s}$$

$$C_{max}^* = C_t + \frac{V_{int,max}^*}{V^*} = 400 * 10^{-6} + \frac{76 * 18}{3600 * 457} = 1231,5ppm$$

För att återspegla hur koldioxidnivån förändras när antalet personer i hörsalen ökar från 33 till 76 personer, beräknas och plottas koldioxidökningen i figur 5.29. Koldioxidnivån antas öka lika snabbt med 33 personer som med 76 personer, detta medför att lutningen för båda kurvorna är samma. Lutningen på koldioxidnivån från kl 8.00 tills koldioxidnivån börjar avta vid 8.16 fås genom att ta skillnaden i koldioxidhalt dividerat med skillnaden i tid, alltså $\frac{761-533}{816-800} = 14,375 \frac{ppm}{min}$. Lutningen på den nya linjen kan då skrivas som $C = 761 + 14,375 * x$ där x är tiden i minuter och C har enheten ppm. Linjen C fortsätter upp till det maximala koldioxidvärdet 1231,5 ppm som illustreras med ett rött streck i figur 5.28. Linjen C skär det maximala koldioxidvärdet vid kl 8.49, detta är inte praktiskt möjligt då rasten ligger mellan 8.45-9.00. I princip alla personer som befinner sig i hörsalen lämnar hörsalen under rasten, vilket skulle innebära att koldioxidnivån sjunker. Tilluftsflödet för SB-H5 är som tidigare nämnt okänt, därför har ett teoretiskt värde på tilluftsflödet beräknats. I och med att koldioxidnivån stiger, kommer även temperaturen stiga mellan 8.00-8.45 vilket kan ses i 5.18. Detta bidrar till att tilluftsflödet ökar för att bibehålla en lagom lufttemperatur i hörsalen, vilket i sin tur skulle påverka koldioxidnivån.



Figur 5.29: Plott över en teoretisk maximal koldioxidnivå i hörsalen SB-H5

5.5 Sammanfattning av resultat

Nedan presenteras en sammanfattning av rapportens resultat gällande mätningar och enkät.

5.5.1 Mätningar

I hörsalarna SB-H1 och SB-H5 har flera mätningar gjorts. Mätningarna har genomförts under heldagar 8-17, under förmiddagar 8.00-11.45 och under eftermiddagar 13.15-17.00 med ett varierat antal studenter. Resultatet för mätningarna gjorda i hörsalarna är att koldioxidnivåerna ligger under 1000 ppm i både SB-H1 och SB-H5, dock har nivåer nära 1000 ppm och under 600 ppm uppmätts. De tillfällena då koldioxidnivån har överstigit 1000 ppm har det berott på att ventilationssystemet har stängts av under föreläsningen. Då SB-H1 och SB-H5 inte har varit fullsatta under någon mätning har en teoretiskt maximal koldioxidnivå räknats ut, den maximala koldioxidnivån för SB-H1 räknades ut till 922 ppm och till SB-H5 räknades den ut till 1232 ppm. Den relativa luftfuktigheten har under mätningarna i hörsalarna SB-H1 och SB-H5 legat på godkända nivåer och är inget problem för verksamheten. Två olika grupprum har undersökts, dessa typer av grupprum

förklaras i avsnitt 3.3. I grupprummen har mätningar genomförts under förmiddagar, eftermiddagar och heldagar. Antalet personer i grupprummen har varit två och sex stycken. För mätningar i grupprum typ 1 med två personer är resultatet att koldioxidnivån ligger strax under 1000 ppm, vid tillfällen då ventilationen har stängts av har koldioxidnivån överstigit 1000 ppm. Vid mätning med sex personer i grupprum typ 1 har den ofta legat över 1000 ppm under längre perioder men under enstaka tillfällen har koldioxidnivån gått ner under 1000 ppm. Samma resultat har påträffats vid mätning i grupprum typ 2 med två och sex personer, två personer innebär inget problem med koldioxidnivå över 1000 ppm men med sex personer är den över 1000 ppm under merparten av mätningen. Den relativa luftfuktigheten har inte varit ett problem för någon typ av mätning i grupprummen och är inte ett problem för verksamheten.

5.5.2 Enkät

Resultatet från enkäten visar på att studenterna upplever att luftkvaliteten i hörsalarna är *Bra* eller *Acceptabel*, de tillfällen då luftkvaliteten är *Dålig* är när det är *Full sal* enligt figur 5.4. Något som är tydligt är att *låg temperatur* upplevs *ofta* i hörsalarna. Det upplevs sällan varken *dålig lukt* eller *torr luft* i hörsalarna, vilket kan ses i figur 5.1. I grupprummen upplever studenterna ofta *Instängd "Dålig" Luft*, det upplevs aldrig *Torr luft* eller *Drag* och ibland är det *Varierande temperatur* detta visas i figur 5.6. Studenterna anser att luftkvaliteten i grupprummen är *Dålig* eller *Acceptabel*, vilket kan ses i figur 5.9, de tillfällen då luftkvaliteten upplevs *Dålig* är när det är 4-6 personer i grupprummet som illustreras i figur 5.10.

6

Diskussion

I detta kapitel diskuteras de resultat som enkätundersökningen och mätstudien har gett.

6.1 Hörsalar

Den samlade upplevelsen av hörsalarna, som går att se i figur 5.4, är att luftkvaliteten är bra. 44 % tycker att luftkvaliteten är *Bra* och 39 % tycker att den är *Acceptabel*. I figur 5.1 där enkätsvar finns med för både luftkvaliteten och det termiska klimatet går det se att 50 % *ofta* upplever *låg temperatur* i hörsalarna vilket givetvis inte är bra. Rosenberg och Svantesson (2017) kommer i sin undersökning fram till att de operativa temperaturerna i hörsalarna är låga vilket överensstämmer med enkätsvaren. Vid mätningar i SB-H1 ses att koldioxidnivåerna är ganska låga (se figur 5.14) vilket skulle kunna bero på en för hög ventilationsgrad. I tabell 3.2 ses att med en koldioxidandel på 400-600 ppm finns risk för överventilation. Eftersom att både lufttemperaturen och koldioxidnivån är låg skulle det kunna innebära att SB-H1 har en för hög ventilationsgrad. Koldioxidnivån har givetvis inte samma värde överallt i en hörsal, i hörsalarna som undersökts ökar det uppåt och bakåt på grund av lufrörelser som beskrivs i avsnitt 4.4. SB-H1 ventileras med ett konstant flöde som är avsett att förse en fullsatt sal med luft. Det flödet justeras inte utifrån behov vilket innebär att om salen är halvfull tillsätts mer luft än nödvändigt. Luftkvaliteten upplevs då som bra eftersom att koldioxidnivån blir låg men den kan bli onödigt låg och hamna under 600 ppm. Om luftflödet justeras utifrån den rådande verksamheten kan ett mindre luftflöde vid halvfull sal upplevas behagligare med hänsyn till lufttemperatur och drag samt även bidra till en minskad energianvändning samtidigt som koldioxiden håller en önskvärd nivå.

I hörsalarna har det hänt att ventilationssystemet har stängts av ca 16.00 innan föreläsningarna har slutat, se figurerna 5.13 och 5.14. Detta bidrar till att koldioxidnivån ökar snabbt men eftersom föreläsningen slutar vid 17.00 kommer inte koldioxidnivån över 1000 ppm. Då ventilationssystemet under sin drifttid håller koldioxidnivån under 1000 ppm ligger problemet i tiderna som ventilationssystemet

är igång, om ventilationssystemet är i drift finns det inget tecken på att koldioxidnivån skulle gå över 1000 ppm.

I SB-H1 finns möjligheten att styra ventilationen med hjälp av en koldioxidgivare men den används inte i dagsläget utan det ventileras som tidigare nämnt med ett konstant flöde på 2110 liter per sekund. Med det börvärde (600 ppm) som nu är inställt på koldioxidgivaren så skulle den däremot inte hjälpa luftkvaliteten i salen eftersom att luftkvaliteten redan är bra. Dessutom är koldioxidgivaren placerad i frånluften där halten är, om inte högst i salen, väldigt hög vilket skulle ge ett missvisande koldioxidvärde för salen och ge ett fortsatt högt luftflöde. Börvärdet skulle kunna justeras till runt 800 ppm för att ge utrymme för ett bra värde i salen där folk vistas. Alternativt skulle koldioxidgivaren kunna placeras på en position i salen som representerar salens koldioxidnivå bättre.

6.2 Grupprum

För grupprummen kan den samlade upplevelsen av luftkvaliteten ses i figur 5.9. Uppfattningen är att luftkvaliteten är sämre i grupprum än hörsalar vilket stämmer överens med de mätningar som gjorts. Det är också fler som upplever problem med 4-6 pers än 1-3 pers. Jämför man figur 5.24 som visar en mätning med 2 personer i ett grupprum med figur 5.26 som visar 6 personer i ett grupprum ser man att koldioxidandelen är avsevärt högre med 6 personer. Det har visat sig att det inte skiljs mellan grupprum typ 1 och grupprum typ 2 gällande koldioxidnivå, liknande värden har mätts oberoende av vilket grupprum som undersökts. Då mätningarna har utförts i enbart ett urval av grupprum antas att samma resultat hade fåtts vid mätning i andra grupprum. Grupprummen har inget börvärde för koldioxid och ingen koldioxidgivare utan ventileras utifrån en temperaturgivare. I 5.26 stiger koldioxiden i takt med temperaturen fram till ungefär klockan 9.30 då temperaturen börjar stabilisera sig och koldioxidnivån sjunker. Dock så kommer koldioxiden aldrig under gränsvärdet 1000 ppm någon gång under dagen. Även i andra mätningar ses att gränsvärdet överskrids vid tillfällen då 6 personer befinner sig i grupprummet. Grupprummen är projekterade för att kunna rymma 6 personer och klara av att ventileras bort tillräckligt mycket föroreningar för att hålla gränsvärdet för koldioxid. Risker finns att enbart en temperaturgivare inte ger en tillräckligt bra bild av luften i rummet. Ett alternativ vore att ansluta en koldioxidgivare till ventilationssystemet i de grupprum som får för höga koldioxidnivåer. Att installera koldioxidgivare i varje grupprum är kostsamt och bör inte göras i onödan men enligt de resultat som den här studiens mätningar gett så skulle kol-

dioxidgivare kunna behövas. Ett annat alternativ vore att öka ventilationsgraden i grupprummen för att ventilera ut luftföroreningarna, detta kan bidra till att andra faktorer påverkas så som drag och lufttemperatur men kan dock vara bättre ur ett ekonomiskt perspektiv. Ventilationsgraden skulle behöva ökas även med en styrande koldioxidgivare, för då skulle luftflödet kunna anpassas mer exakt.

I grupprummen har ventilationssystemet slagit ifrån vid ca 16.00 vid två mättillfällen vilket kan ses i figurerna 5.20 och 5.24, detta bidrar till att koldioxidnivån har stigit över 1000 ppm. Koldioxidnivån låg under 1000 ppm mellan 8.00-16.00 men vid avslaget ventilationssystem blir koldioxidnivån för hög jämfört med riktvärden. Om driftstiden varar fram till 17.00 borde inte detta problemet uppstå med 2 personer i ett grupprum. De mätningar som har gjorts med 6 personer har koldioxidnivån legat över 1000 ppm under merparten utav dagen, om ventilationssystemet stängs av kommer det förmodligen att bidra till att koldioxidnivån stiger ytterligare och medför att luftkvaliteten blir påtagligt sämre.

6.3 Luftkvalitet under eftermiddagen

I figurerna 5.5 och 5.10 visas att luftkvaliteten upplevs sämre i både hörsalar och grupprum under eftermiddagen. Detta beror sannolikt på att ventilationssystemet vissa dagar stängs av under eftermiddagen medan undervisningen fortfarande är aktiv. Figurerna 5.11 och 5.12 visar att tilluften under tentamen stängs av vid kl 16:00 och att koldioxidhalten stiger mot oönskade nivåer. Grupprummen med relativt liten rumsvolym når de kritiska koldioxidnivåerna snabbt efter avstängning av ventilationen och användarna är särskilt exponerade för den snabba omställningen i luftkvalitet. En annan bidragande faktor kan vara att studenter under eftermiddagen börjar bli trötta och därmed känsligare för en sämre luftkvalitet.

6.4 Praktiska svårigheter med mätningar

Eftersom arbetet till största del är en mätstudie finns risken att fel vid mätningar har haft betydande inverkan på resultaten. En svårighet i den större hörsalen, SB-H1, var att placera en mätare nära frånluften. Samtidigt som idén har varit att mäta där folk vistas i salen hade det varit bra att kunna nå positioner så som frånluften för att få en bättre bild av hur luftkvaliteten i hela salen ser ut.

I samband med varje mätning har uteluften mätts under en kort stund för att ge värden för den luft som tillsätts rummet. De utluftsmätningarna är inte gjorda

där uteluften hämtas till ventilationssystemet utan har av praktiska skäl gjorts vid marknivå i närheten av salen. Detta kan ha gett andra värden för koldioxid, relativ luftfuktighet och lufttemperatur än de som gällt för tilluften i salen.

Då mätningarna till stor del beror på mänsklig aktivitet är det oundvikligt att få vissa avvikelser i resultaten. Mätarna har varit placerade bland studenter och kan ha registrerat för höga värden om någon varit närmre än optimalt. Vissa avvikelser går att se tydligt i resultaten och andra inte. Vid samtliga mätningar har det försökts hållas liknande förhållanden men i praktiken kan skillnader uppstå som gör att en mätning inte blir fullt representativ och jämförbar med de andra. Till exempel så kan luftkvaliteten i ett rum påverkas positivt om dörrar öppnas frekvent men det kan även ge missvisande mätvärden. Vid tolkning av resultaten har dessa typer av avvikelser tagits hänsyn till i den utsträckning det har gått.

6.5 Trovärdighet i enkätundersökningen

Vid enkätens utformning angavs vissa svarsalternativ för de olika frågorna, det är inte säkert att dessa svarsalternativ överensstämmer med hur studenten upplever inneklimatet. Studenten fick då välja det svarsalternativet som ligger närmst det hen upplever. Detta kan ge ett missvisande svar som enkäten sedan delvis grundar sig på. Antalet studenter som blev tillfrågade om hur de upplever inneklimatet i hörsalar och grupprum är begränsat, för att kunna ge en bättre representativ bild utav inneklimatet i de hörsalar och grupprum som studien behandlar kan enkätens resultat ha sett annorlunda ut om fler studenter hade tillfrågats. Troligtvis hade enkäten stärkts med fler studenter. Det finns också en osäkerhet i enkätens resultat med de studenter som är missnöjda med utbildningen, följderna av detta missnöje kan även rikta sig till utbildningslokalerna. En felkälla med enkäten i sin helhet kan vara vid behandlingen av svarsresultaten, resultaten från de tillfrågade studenterna behandlades manuellt via Microsoft Excel. Svarsalternativen kan ha skrivits in under fel flik vilket kan ha lett till att enkätens resultat inte speglar studenternas svar till ett hundra procent, detta är den mänskliga faktorn som kan ha påverkat resultatet av enkäten.

7

Slutsats

I detta kapitel ges en slutsats över de resultat som enkätundersökningen och mätstudien har gett. Förslag på förbättringsåtgärder utifrån resultatet av denna studie presenteras också. För att få en helhetsbedömning av inneklimatet rekommenderas att även läsa slutsatserna i *Termsikt klimat i universitetslokaler* av Rosenberg och Svantesson (2017).

Luftkvaliteten i undersökta hörsalar upplevs som bra av användarna och den uppfattningen stämmer väl överens med mätresultaten. I grupprummen upplevs luftkvaliteten vara något sämre och det syns även i mätresultaten. De krav som funnits på luftkvaliteten har hållits med undantag för gränsvärdet för koldioxid som över-skridits i grupprum då de varit fullsatta.

Hörsalarna bedöms utifrån mätresultaten ha en för hög ventilationsgrad vid tillfällena med låg belastning. Ett lägre luftflöde skulle kunna vara att föredra då det både skulle sänka energianvändningen och ge en mer önskvärd lufttemperatur samtidigt som koldioxidnivån håller gränsvärdet.

Enligt de resultat som mätstudien har kommit fram till kan koldioxidgivare i grupprummen vara en lämplig åtgärd för att förbättra luftkvaliteten i grupprummen, detta kan ses som en komplettering till det befintliga systemet. Ett annat alternativ till att sänka koldioxidnivån kan vara att öka luftflödet i ventilationssystemet så att luftomsättningen blir större.

Ventilationssystemet är fortfarande relativt nytt och alla driftsinställningar är ännu inte optimerade. För att kunna justera ventilationssystemet väl till lokalerna bör uppföljningar göras där man frågar användarna hur de upplever inomhusklimatet.

Referenslista

- Abel, E. & Elmroth, A. (2014). *Byggnaden som system* (Tredje utgåvan). Studentlitteratur AB, Lund.
- Chalmers, I. (2016). *Utbildningsmaterial*.
- Chalmersfastigheter. (2017). *Arbetsmiljöaspekter att beakta vid ny- och ombyggnation på Chalmers*.
- Condair. (2017). *Arbetsmiljö, inomhusklimat och luftfuktighet | Condair*. Hämtad från <http://www.condair.se/fakta-om-luftbefeuktning-och-avfuktning/Arbetsmiljo-inomhusklimat-och-luftfuktighet>
- Folkhälsomyndigheten. (2016). *Luftkvalitet — Folkhälsomyndigheten*. Hämtad från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/inomhusmiljo-allmanna-lokal-och-platser/luftkvalitet/>
- Kjell Andersson. (2017). *Miljömedicin Kjell Andersson Örebro*. Hämtad från <http://www.inomhusklimatproblem.se/model/mdellen.html>
- Myhrvold, A., Olsen, E. & Lauridsen, O. (1996). Indoor environment in schools—pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. *Indoor Air*, 94(4), 369–371. Hämtad från [http://gammelweb.iris.no/internet/student.nsf/199f312efd2a0cacc125680e00635b85/5620dc0e13696990c1257b2b002c6991/\\$FILE/1996-353.pdf](http://gammelweb.iris.no/internet/student.nsf/199f312efd2a0cacc125680e00635b85/5620dc0e13696990c1257b2b002c6991/$FILE/1996-353.pdf)
- Rosenberg, A. & Svantesson, M. (2017). *Termiskt klimat i universitetslokaler* (opublicerad doktorsavhandling). Chalmers tekniska högskola.
- Rotronic. (2017). Hämtad från <https://www.rotronic.com/en/cp11.html>
- Senseair. (2011). *Koldioxid – liv och död Vad är koldioxid (CO₂)?* Hämtad från <http://senseair.se/wp-content/uploads/2011/12/koldioxid.pdf>
- Senseair. (2017). *pSENSE RH*. Hämtad från <http://www.senseair.com/products/handheld/psense-rh/>
- Sweden Green Building Council. (2012). *Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader Manual 2.1*. Hämtad från <https://www.sgbc.se/docman/certifieringssystem-1/106-bedomningskriterier-nyproducerade-byggnader/filehttp://sgbc.se/dokument-och-manualer>

- Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z. & Thyregod, C. (2016). Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. *Indoor Air*. doi: 10.1111/ina.12284

A

Enkät

Inneklimatet i SB-huset – en enkätundersökning till grund för kandidatarbete					
Allmänna uppgifter					
Datum:	Antagningsår:	Kön:			
Inneklimat - Hörsalar					
Har du de senaste 3 månaderna känt besvär av någon eller några av följande faktorer i någon av hörsalarna i SB-huset?					
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		
Drag	☐	☐	☐		
För hög rumstemperatur	☐	☐	☐		
Varierande rumstemperatur	☐	☐	☐		
För låg rumstemperatur	☐	☐	☐		
Instängd ("dålig") luft	☐	☐	☐		
Torr luft	☐	☐	☐		
Lukt	☐	☐	☐		
Temperaturförhållande - Hörsalar					
	Mycket bra	Bra	Acceptabla	Dåliga	Mycket dåliga
Vad anser du om temperaturförhållandena i hörsalarna i SB-huset?	☐	☐	☐	☐	☐
	Morgnarna	Eftermiddagarna	Vid full sal	Vid tom till halvtom sal	
Om problem med temperaturen, när? (Ett eller flera alternativ.)	☐	☐	☐	☐	
Finns det någon eller några hörsalar som har mer problem än andra vad gäller temperaturförhållanden?					
Luftkvalitet – Hörsalar					
	Mycket bra	Bra	Acceptabla	Dåliga	Mycket dåliga
Vad anser du om luftkvaliteten i hörsalarna i SB-huset?	☐	☐	☐	☐	☐
	Morgnarna	Eftermiddagarna	Vid full sal	Vid tom till halvtom sal	
Om problem med luftkvaliteten, när? (Ett eller flera alternativ.)	☐	☐	☐	☐	
Finns det någon eller några hörsalar som har mer problem än andra vad gäller luftkvaliteten?					

Inneklimat – Grupprum

Har du de **senaste 3 månaderna** känt besvär av någon eller några av följande faktorer i något av **grupprummen** i SB-huset? Om du **ej använder** grupprummen i SB-huset, vänligen svara ej på nedanstående frågor.

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
Drag	☐	☐	☐
För hög rumstemperatur	☐	☐	☐
Varierande rumstemperatur	☐	☐	☐
För låg rumstemperatur	☐	☐	☐
Instängd ("dålig") luft	☐	☐	☐
Torr luft	☐	☐	☐
Lukt	☐	☐	☐

Temperaturförhållande - Grupprum

	Mycket bra	Bra	Acceptabla	Dåliga	Mycket dåliga
Vad anser du om temperaturförhållandena i grupprummen i SB-huset?	☐	☐	☐	☐	☐

	Morgnarna	Eftermiddagarna	Vid 1-3 pers i rummet	Vid 4-6 pers i rummet
Om problem med temperaturen, när? (Ett eller flera alternativ.)	☐	☐	☐	☐
Finns det något eller några grupprum som har mer problem än andra vad gäller temperaturförhållanden?				

Luftkvalitet - Grupprum

	Mycket bra	Bra	Acceptabla	Dåliga	Mycket dåliga
Vad anser du om luftkvaliteten i grupprummen i SB-huset?	☐	☐	☐	☐	☐

	Morgnarna	Eftermiddagarna	Vid 1-3 pers i rummet	Vid 4-6 pers i rummet
Om problem med luftkvaliteten, när? (Ett eller flera alternativ.)	☐	☐	☐	☐
Finns det något eller några grupprum som har mer problem än andra vad gäller luftkvaliteten?				

Kompletterande frågor

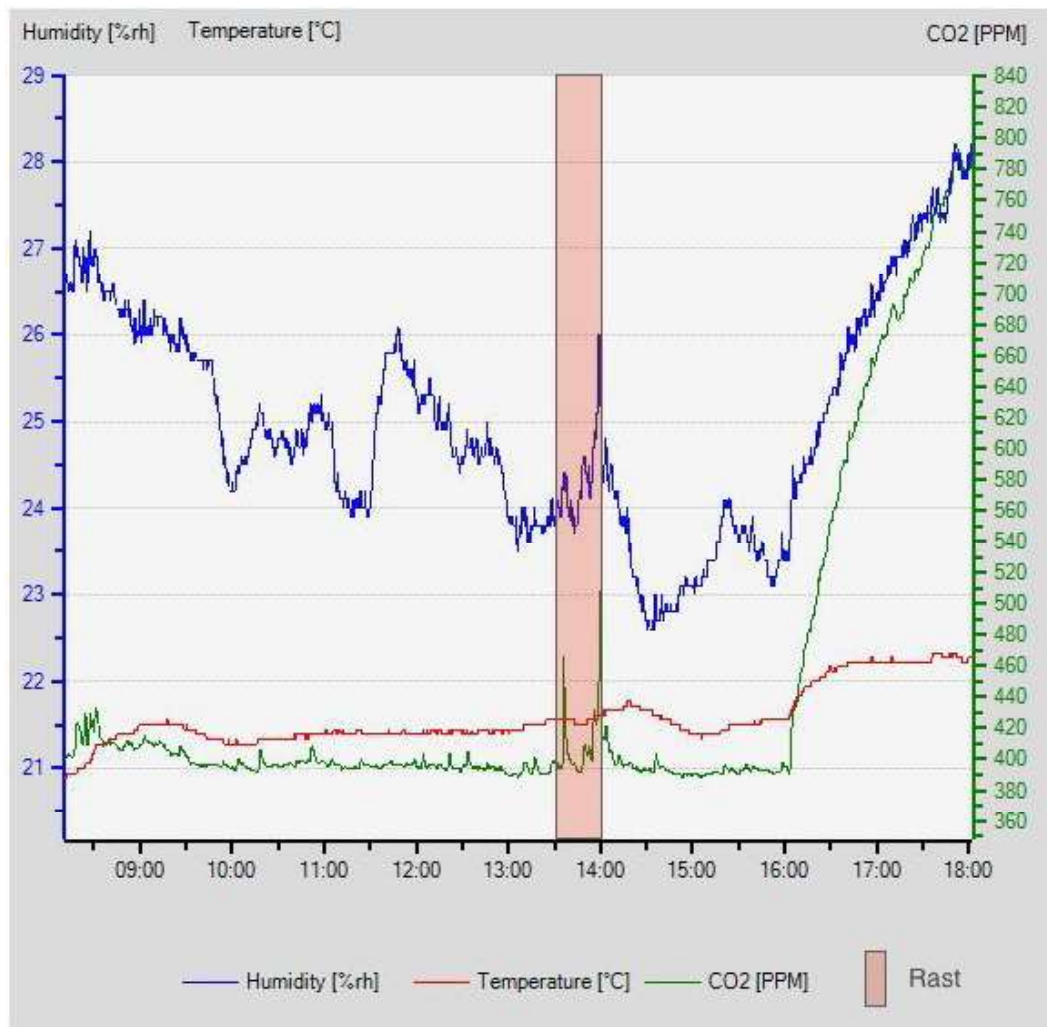
	Ja	Nej
Anser du att inneklimatet i SB-huset påverkar din studieförmåga?	☐	☐

Tack för din medverkan! Vid ytterligare synpunkter, kontakta oss gärna!
 Martina Svantesson, Anna Rosenberg, Henric Erntoft, Tor Lundberg & Christofer Sandäng, TKVOV-3

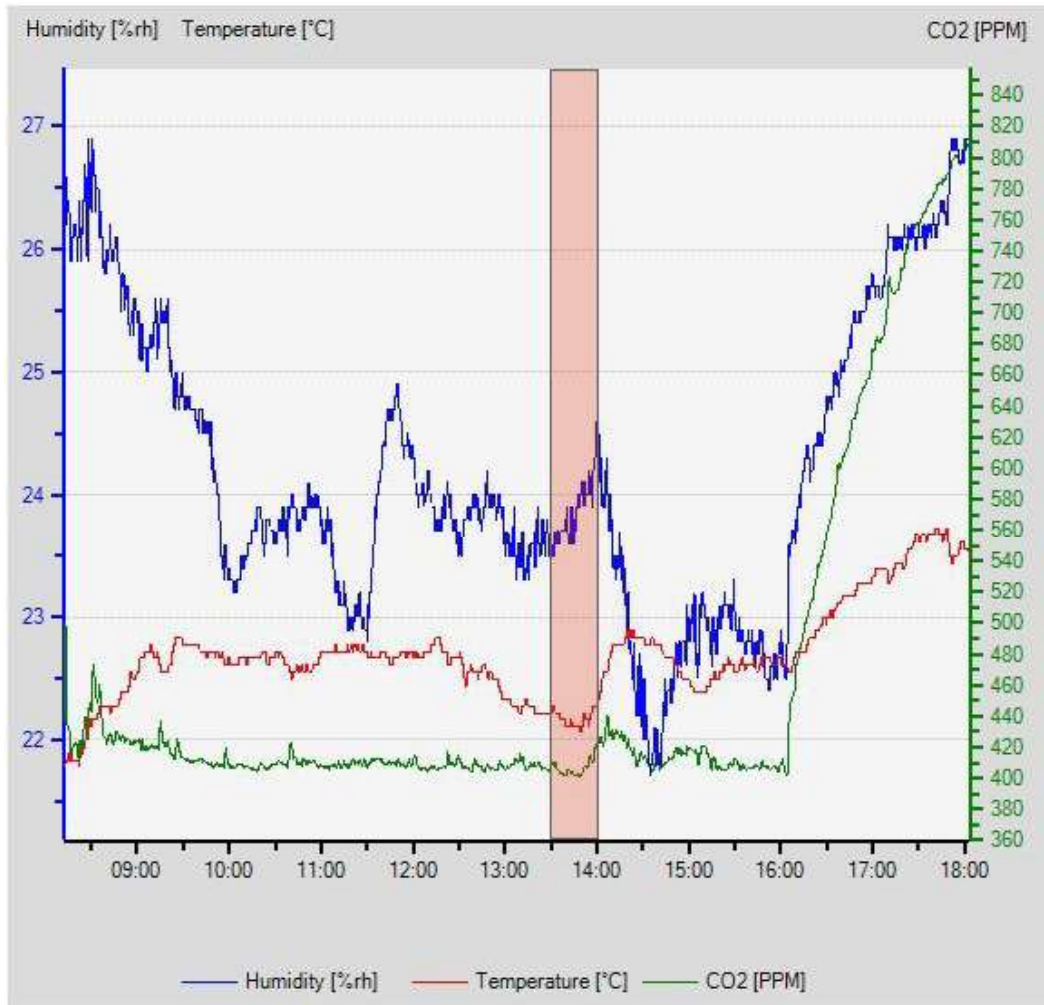
Figur A.2: Andra sidan utav enkäten

B

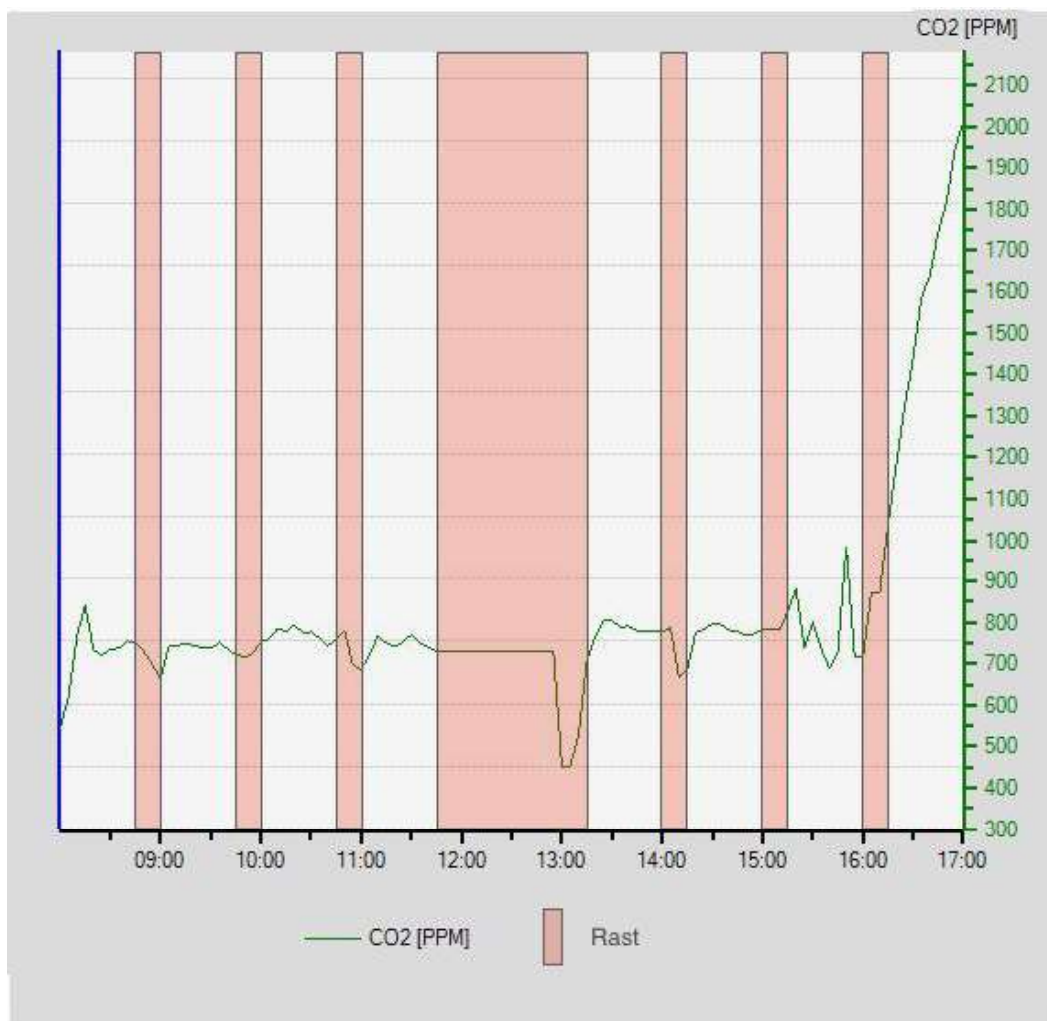
Mätresultat



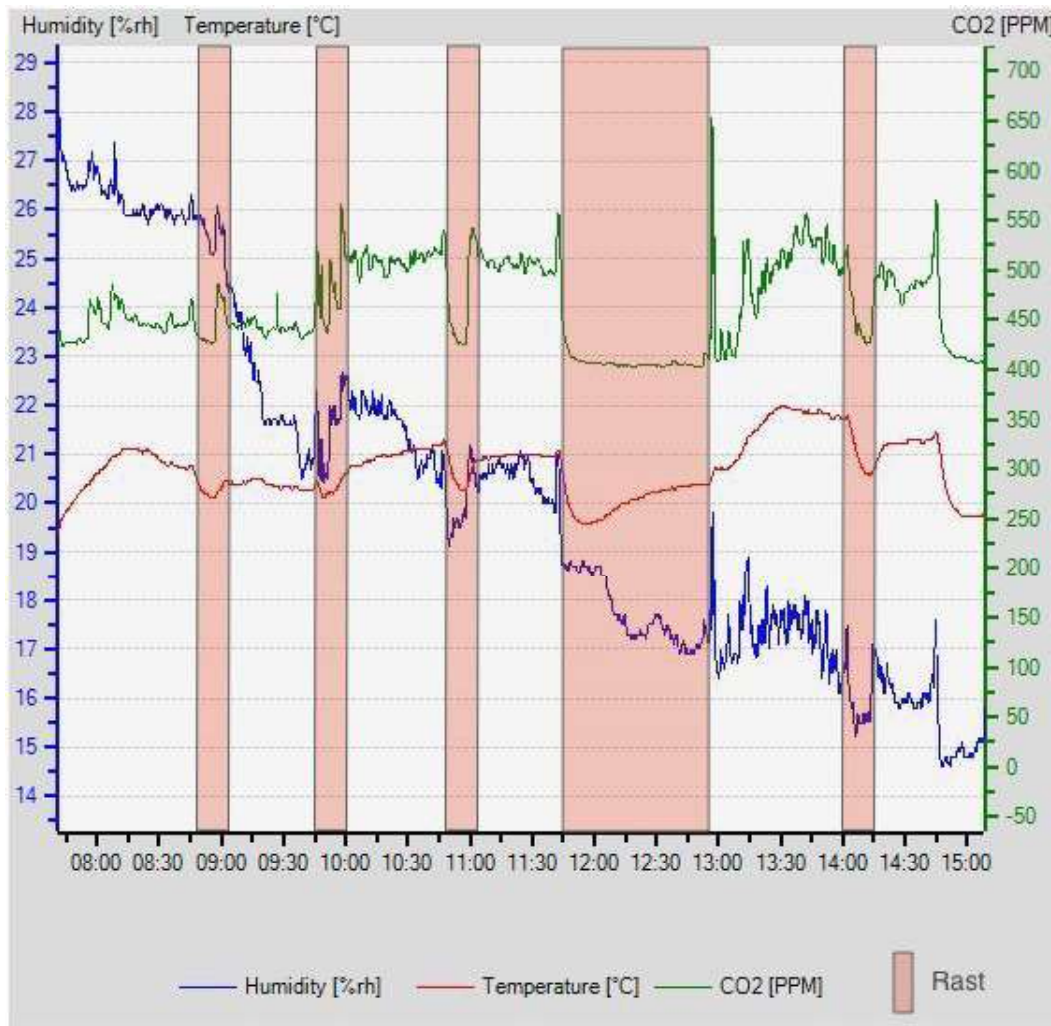
Figur B.1: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 under tentamen kl 8.30-13.30 och 14.00-18.00 i SB-H1, 2017-03-17.



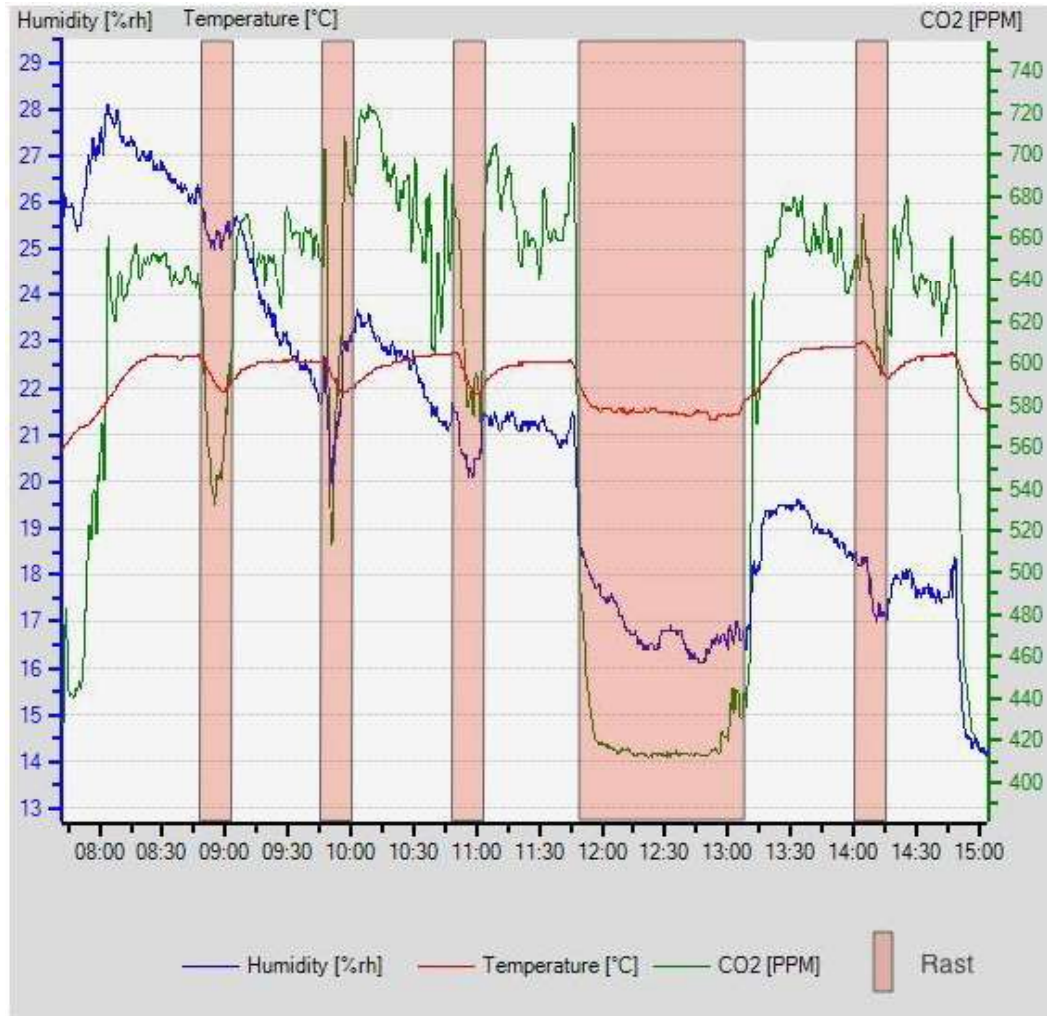
Figur B.2: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 under tentamen kl 08.30-13.30 och 14.00-18.00 i SB-H1, 2017-03-17.



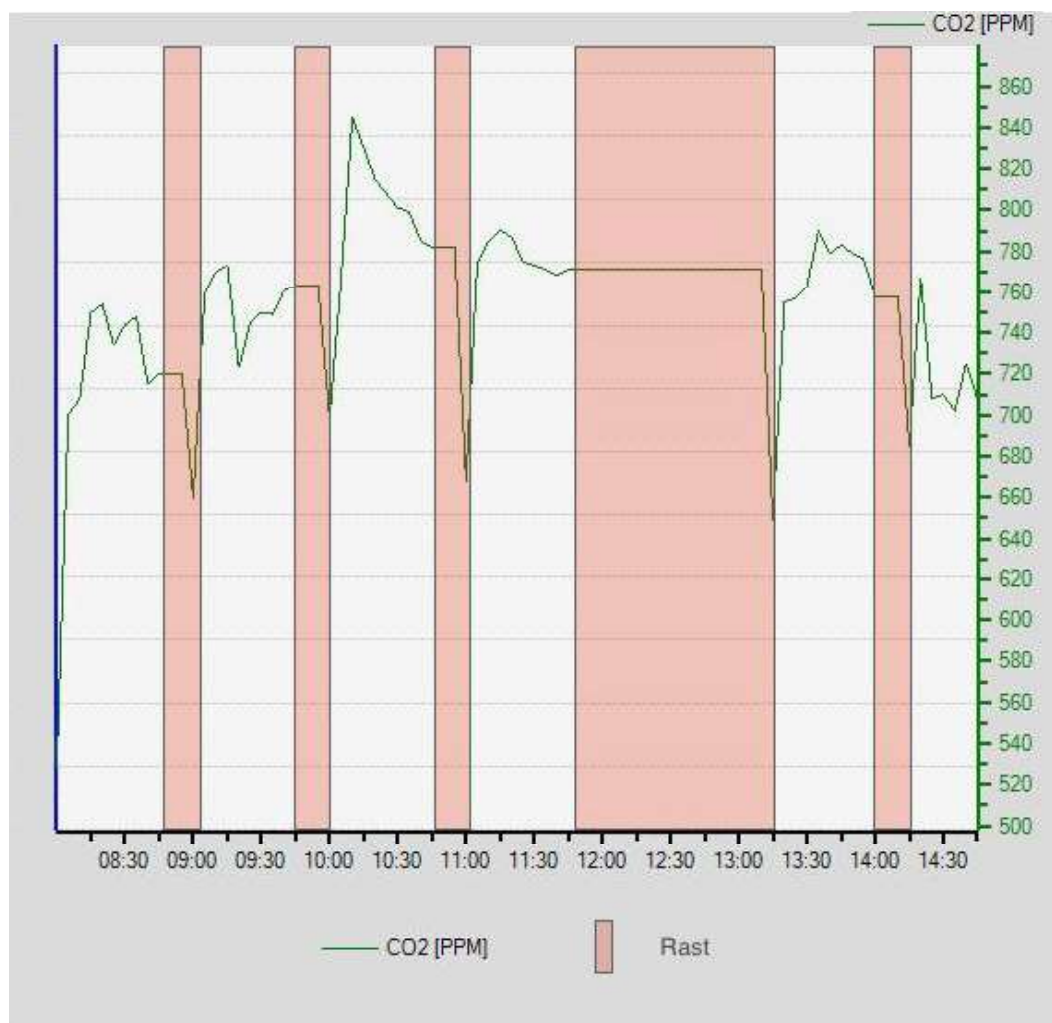
Figur B.3: Diagram över koldioxid för en mätare placerad vid position 3 kl 08.00-11.45 och 13.00-17.00 i SB-H1, 2017-03-22.



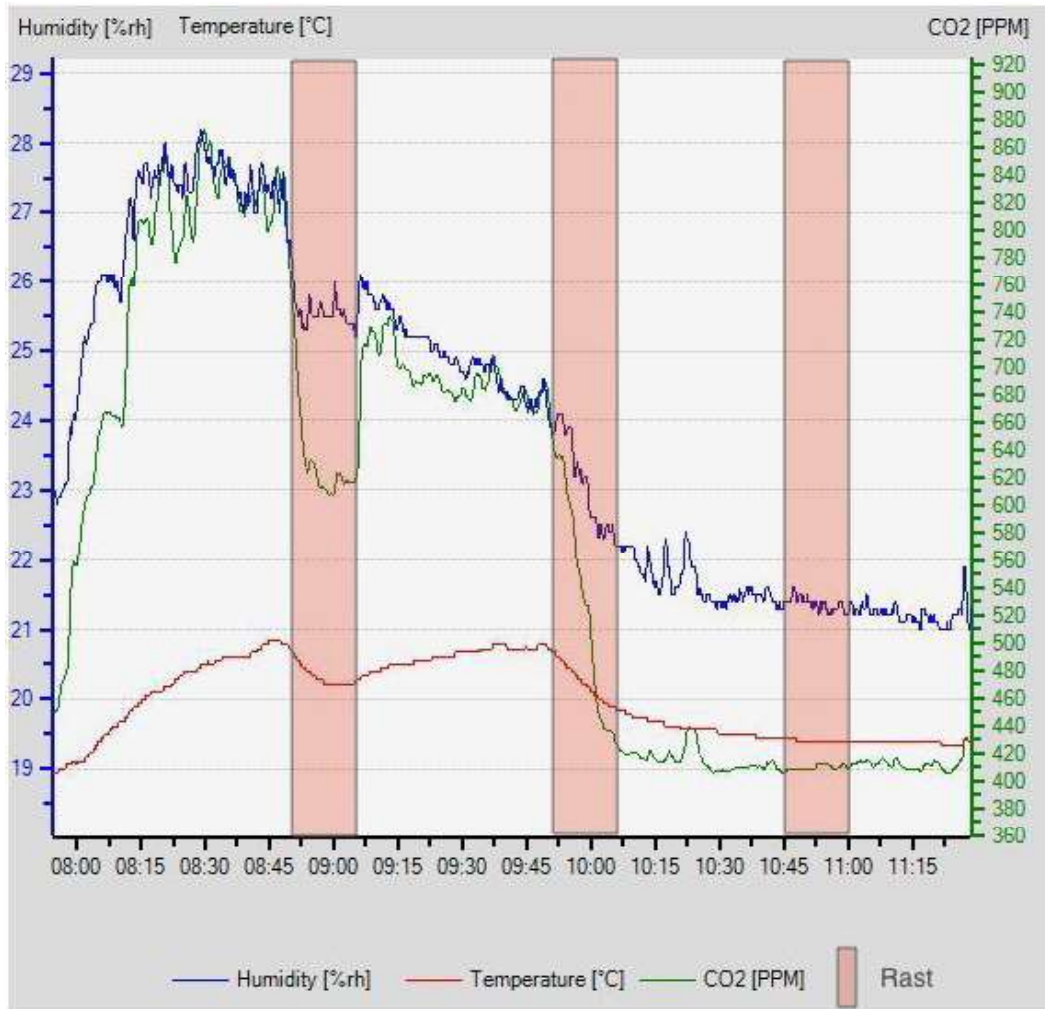
Figur B.4: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 kl 08.00-11.45 och 13.00-17.00 i SB-H1, 2017-03-23.



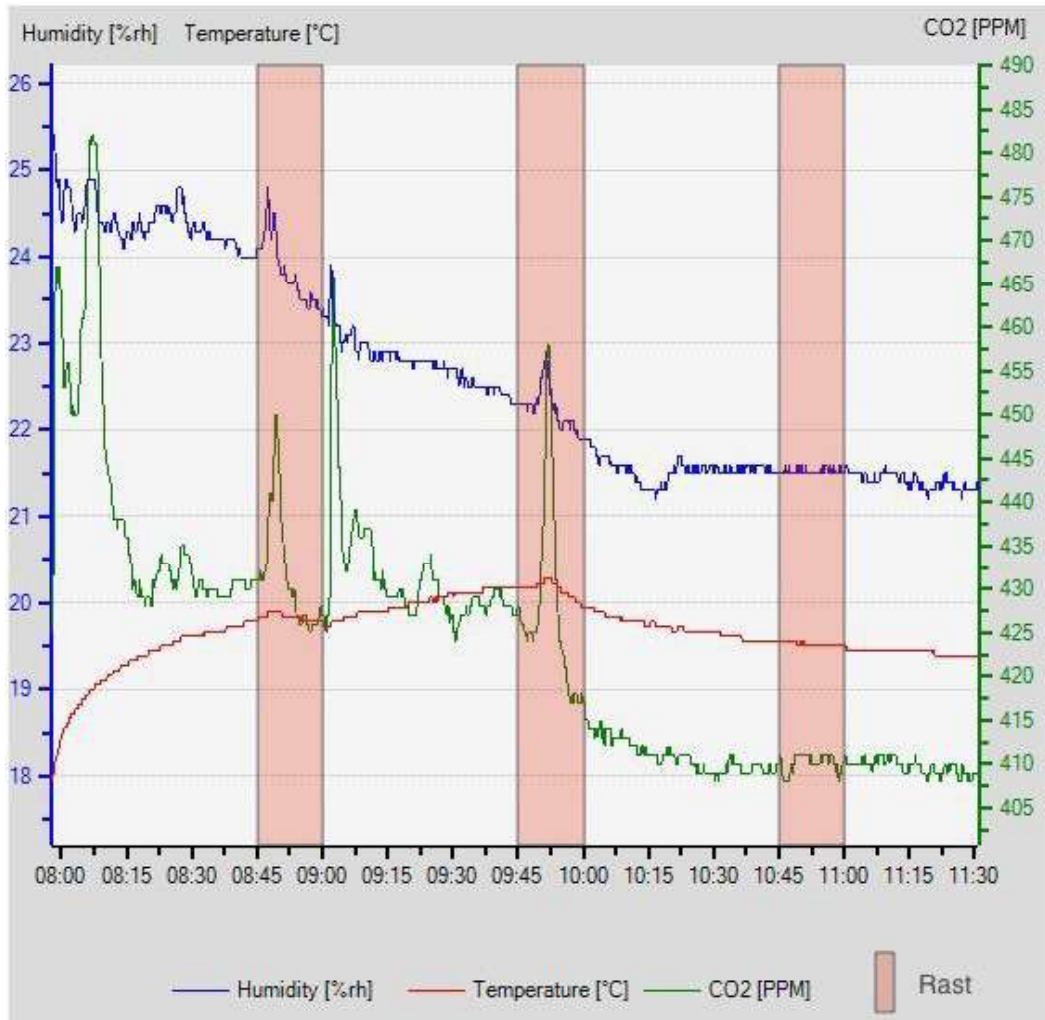
Figur B.5: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 kl 08.00-11.45 och 13.00-17.00 i SB-H1, 2017-03-23.



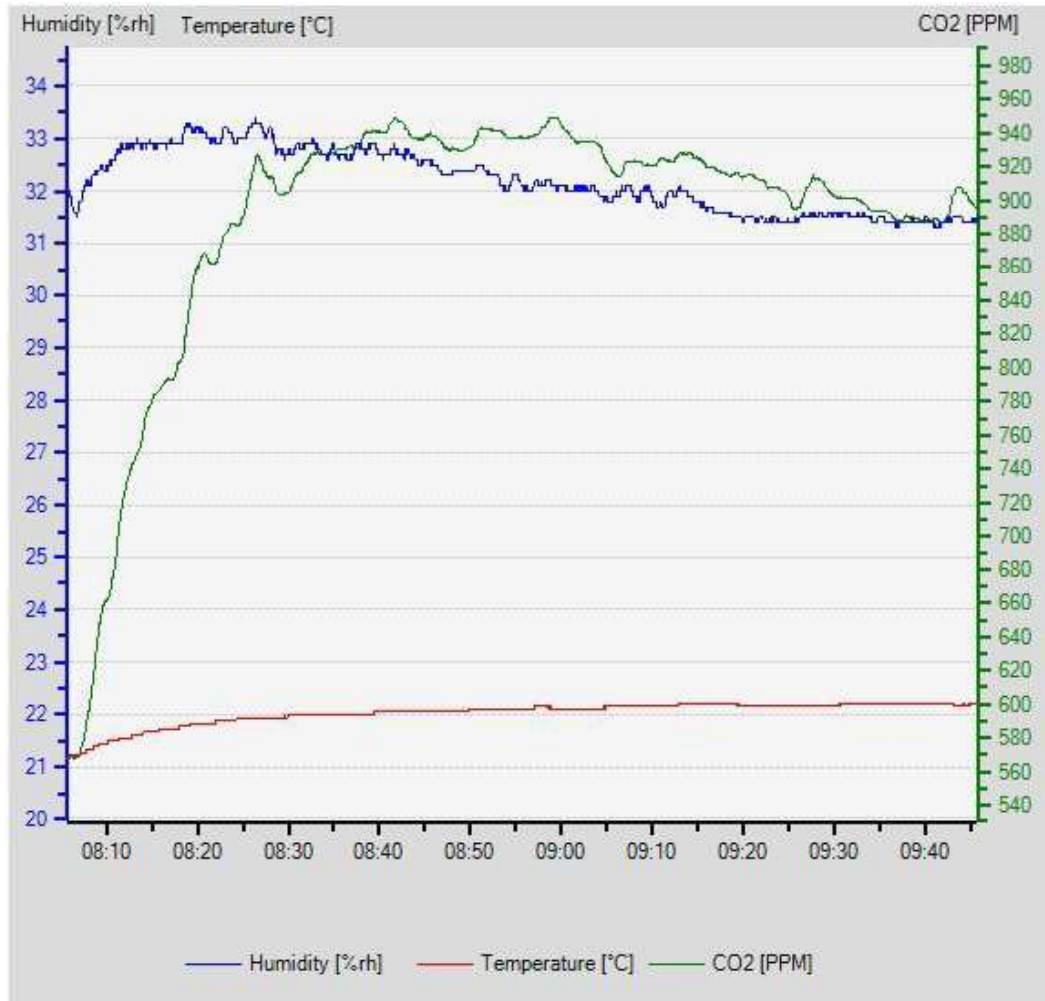
Figur B.6: Diagram över koldioxid för en mätare placerad vid position 3 kl 08.00-11.45 och 13.00-17.00 i SB-H1, 2017-03-23.



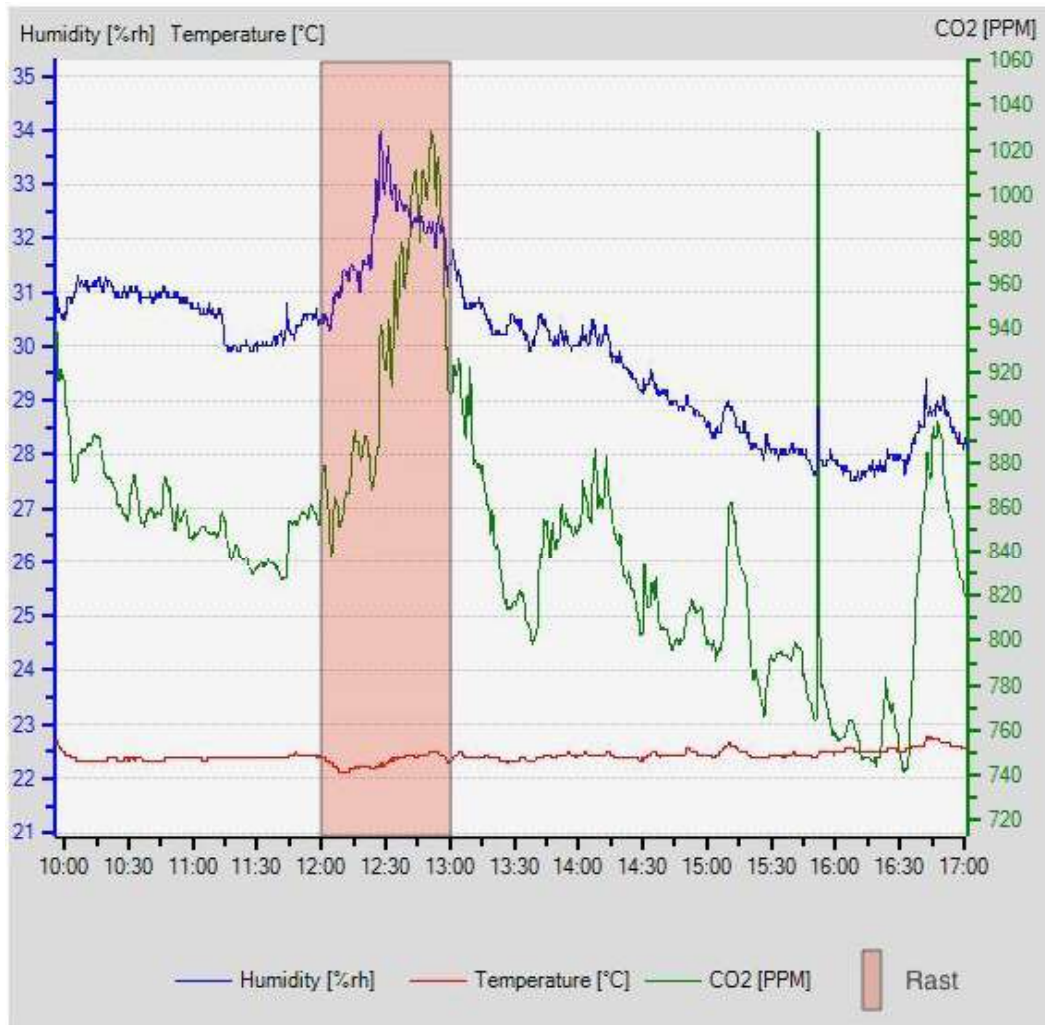
Figur B.7: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 1 kl 08.00-11.45 i SB-H5, 2017-03-06.



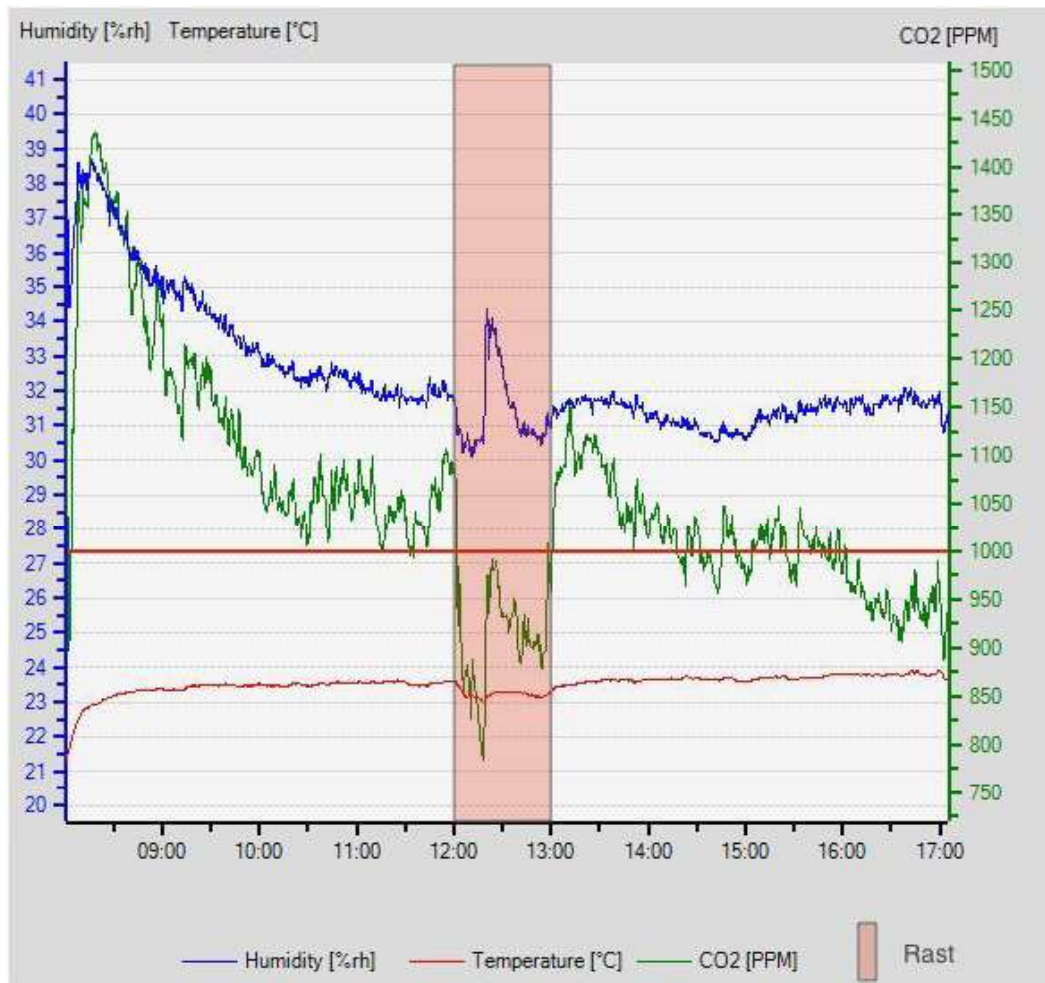
Figur B.8: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad vid position 2 kl 08.00-11.45 i SB-H5, 2017-03-06.



Figur B.9: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G305 kl 08.00-09.45, 2017-02-17.



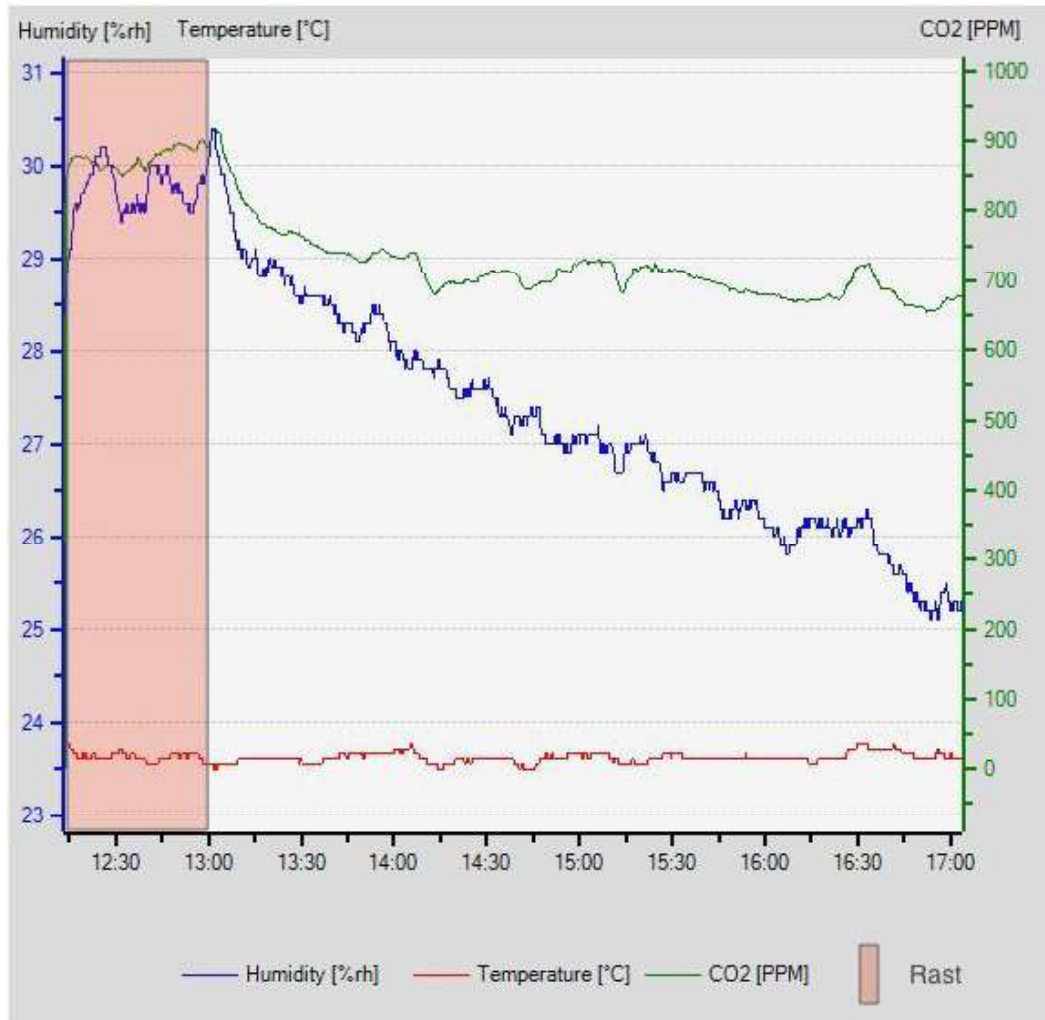
Figur B.10: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G305 kl 10.00-17.00, 2017-02-17.



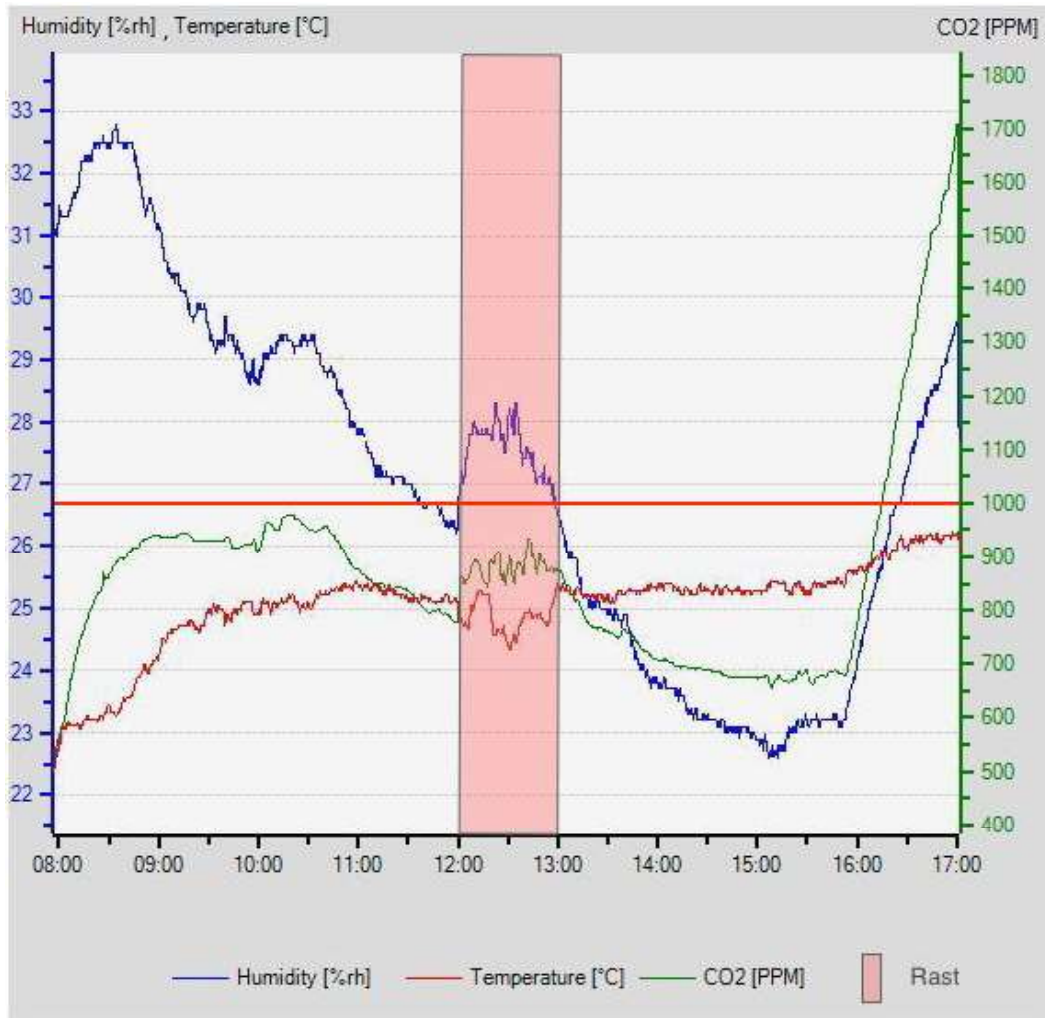
Figur B.11: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G305 kl 10.00-17.00, 2017-03-09.



Figur B.12: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G311 kl 08.00-12.00, 2017-02-17.



Figur B.13: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G311 kl 12.00-17.00, 2017-02-17.



Figur B.14: Diagram över relativ luftfuktighet, lufttemperatur och koldioxid för en mätare placerad i grupprum G313 kl 08.00-12.00, 2017-02-28.