



UiT Norges arktiske universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, energi og materialteknologi

Inneklimaanalyse av E-blokk, UiT campus Narvik

(A study of the indoor climate analysis of E-block, UiT campus Narvik)

Ibrahim Nazari & Fatima Bazmohammed

Masteroppgave i Integrert bygningsteknologi Byg-3900, mai 2021

MASTEROPPGAVE

for

Fatima Bazmohammed & Ibrahim Nazari

(553813 & 140798)

Vår 2021

Inneklimaanalyse av E-blokka, UiT campus Narvik

(A study of the indoor climate analysis of E-block, Campus Narvik)

Bakgrunn

UiT campus Narvik er et formålsbygg på 26640 m² (BTA) og eies av Statsbygg. Campus ble bygget for første gang i 1969 og utvidet i 1997. Etter at UiT-Narvik fikk medhold om oppgradering av campus, utlyste Statsbygg en åpen anbudskonkurranse om oppgradering og utvikling i 2017. Bjørn bygg AS fikk ansvaret som totalentreprenør. Oppgradert bygg ble overlevert høsten 2020.

Den nye teorifløya er aktuell for innklimakartlegging som følge av oppgraderingen og varierende bruk/belastning. Basert på varierende utnyttelse av bygget over døgnet – med og full bruk på dagtid og delvis bruk på kveldstid – vil det være interessant undersøke hvordan inneklimaet varierer over døgnet og med varierende personbelastning. Deler av campus (hovedsakelig teorifløya) vil bli vurdert opp imot gjeldende krav, forskrifter og retningslinjer for å se om inneklimaet er forsvarlig. Oppgaven går ut på å vurdere om de aktuelle delene av campus Narvik har et forsvarlig inneklima og analysere dette. Inneklimarelaterte målinger og vurderinger skal baseres på data fra det termiske og atmosfæriske innemiljøet. Målinger skal utføres i utvalgte rom etter nærmere avklaring med intern veileder og underdirektør for Bygg- og eiendom ved UiT.. Dette omfatter også omfang og type målinger samlet sett.

Begrensning av oppgaven

Vurderinger og analyse vil bygge på måleresultater innen termisk og atmosfærisk innemiljø, understøttet av befaringer, intervjuer av driftspersonell, samt en spørreundersøkelse etter Ørebromodellen. Øvrige deler av innemiljøet, herunder akustisk, mekanisk, estetisk og psykososialt miljø vil ikke bli undersøkt. Enkelte sider av det akustiske innemiljøet vil inngå i oppgaven, slik som vurdering av etterklangstiden i den oppgraderte kantina.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Generelt om inneklima og krav til kvalitet på inneklima.
3. Erfaringer fra andre tilsvarende undersøkelser i undervisningsmiljø.
4. Befaring og målinger av inneklimaet i den nye teorifløya.
5. Spørreundersøkelse blant brukere.
6. Analyse og vurdering av inneklimaet opp mot gjeldende krav, forskrifter og retningslinjer.
7. Forslag til eventuelle utbedringer.
8. Faglig og samfunnsmessig relevans (vurdering av oppgavens relevans opp mot FNs bærekraftsmål).
9. Det skal utarbeides en vitenskapelig artikkel/paper basert på besvarelsen, maks 10 sider. (Artikkelen kan sees på som er kortversjon av hele besvarelsen.)

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med UiT Narvik

Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.
- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavenes innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logiske argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	11.01.2021
Innleveringsdato:	15.05.2021
Kontaktperson bedrift: Geir Nygård	Underdirektør Bygg- og eiendom, UiT Telefon: 76 96 61 57 / 915 96 312 E-post: geir.nygard@uit.no
Veileder UiT - IVT: Svein-Erik Sveen	Førsteamanuensis Telefon: 76 96 62 47 / 414 25 654 E-post: svein-erik.sveen@uit.no

UiT – Norges Arktiske Universitet

Institutt for bygg, energi og materialteknologi



Svein-Erik Sveen

Faglig ansvarlig/veileder

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på en flott studietid for to studenter fra sivilingeniørstudiet "Integrert bygningsteknologi" ved institutt for bygg, energi og materialteknologi ved UiT Norges arktiske universitet, campus Narvik. Oppgaven er skrevet på vårsemesteret 2021 på oppdrag fra UiT Norges arktiske universitet, campus Narvik.

Vi vil rette en stor takk til vår hovedveileder førsteamanuensis Svein-Erik Sveen for veiledning, Overingeniør Nils Andreassen for opplæring i måleinstrumenter, underdirektør Geir Nygård og Statsbygg som driftsansvarlig for all bistand under prosjektet og øvrige ansatte på UiT i Narvik. Vi ønsker også å takke kantinepersonell som har hjulpet oss med utarbeidelse av måling i kantina.

Sammendrag

Denne masteroppgaven er en studie av inneklima ved UiT Norges arktiske universitetet campus Narvik. Oppgaven dekker deler av termiske- og atmosfæriske parameterer i teorifløya, samt deler av det akustiske forholdet i kantina. Målingen/ loggingen av de utvalgte termiske- og atmosfæriske parameterer i teorifløya ble utført i to perioder (25. februar til 1. mars i 3. etasje og 4. mars til 8. mars i 2. etasje), samt målingen av akustikk i kantina ble gjort 27. januar.

Ifølge verdens helseorganisasjon (WHO) en person oppholder seg 90 % av tiden innendørs, og derfor er det av betydning å sørge for at inneklima er tilfredsstillende. Godt inneklima i oppholdsrom er viktig for å ivareta gode helse, komfort og trivsel. E-blokka ved UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble oppgradert/ rehabilitert betydelig, og interesse fra UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik som bruker og Statsbygg som eier var stor for å gjennomføre et inneklimatekst for E-blokka.

Hensikten med målingene var å analysere, samt dokumentere de utvalgte inneklimatekster ved teorifløya og kantina. I tillegg sammenligne og vurdere inneklimatekster med myndighetens krav- og anbefalinger. For å få en indikasjon på hvilke parameterer kan være hensiktsmessige, er det foretatt en Ørebroundersøkelse på tross av lite aktivitet på campusen på grunn av koronapandemien i dette periode. Inneklimatekster blant annet lufttemperatur, lufthastighet, luftskifte, relativ luftfuktighet, forventet middelvurdering (PMV), CO₂, Flyktige organiske karbon (TOC), formaldehyd, samt etterklangstiden i kantina ble målt ved logging og øyeblikksmålinger.

Generelt var det lav relativ luftfuktighet i både 2. og 3. etasje i teorifløya. Resultater i 2. etasje viser at den relative luftfuktigheten ligger under 18 %, det er lavere enn dagens anbefalte verdier. Konsentrasjonen av CO₂ i alle rommene ligger godt under 1000 PPM under personbelastning i arbeidsdager i driftstiden, og det indikerer gode luftskifte. Men CO₂-nivået stiger kraftig til over 1000 PPM, dersom det er menneskelig aktivitet utenfor driftstiden blant annet om kvelden og helgen hvor ventilasjonen skrus av. TOC- og formaldehyd-nivået i alle rom ligger innenfor den øvre grensen.

lave PMV-verdier i alle rommene viser at antall misfornøyde er mindre enn 5 %. Målingsdataene i kantina viser at etterklangstiden ble betydelig forbedret etter oppgraderingen/ rehabiliteringen, og dermed etterklangstiden er tilfredsstillende i henhold til dagens krav for ombygging. Ørebroundersøkelsen og målingsdataene viser generelt et tilfredsstillende inneklimatekst ved UiT Norges Arktiske Universitetet campus Narvik, bort sett fra lav relativ luftfuktighet i fyringssesongen som ligger under de anbefalte verdier. Undersøkelsen er sammenlignet med andre tilsvarende undersøkelser blant annet (Karlegging av inneklimatekst ved Skistua barneskole) av Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne, hvor det viser seg at lav relativ luftfuktighet er et felles problem i inneklimatekst.

Forslag til videre arbeid er å gjennomføre en likende undersøkelse/ måling når det er store menneskelige aktiviteter i rommen, slik rommene er dimensjonert for maks personbelastninger, samt utføre målingen i andre årstider som kan være gunstige. I tillegg ta en spørreundersøkelse når det er mulig å få flere svar.

Abstract

This master's thesis is a study of indoor climate at UiT The Arctic University of Norway campus Narvik. The thesis covers parts of the thermal and atmospheric parameters in the teoriføly, as well as parts of the acoustic conditions in the canteen. The measurement / logging of the selected thermal and atmospheric parameters in the teoriføly was performed in two periods (25th February to 1st March on the 3rd floor, and 4th March to 8th March on the 2nd floor), as well as the measurement of acoustics in the canteen was done January 27th.

According to the World Health Organization (WHO), a person spends 90% of their time indoors, and therefore it is important to ensure that the indoor climate is satisfactory. A good indoor climate in living rooms is important for maintaining good health, comfort, and well-being. The E-block at UiT The Arctic University of Norway campus Narvik was upgraded / rehabilitated significantly, and interest from UiT The Arctic University of Norway campus Narvik as user, and Statsbygg as owner was huge to carry out an indoor climate analysis for E-block.

The purpose of the measurements was to analyze and document the selected indoor climate parameters at the teoriføly and the canteen. In addition, compare and assess the indoor climate relationship with the authority's requirements and recommendations. To get an indication of which parameters may be appropriate, an "Ørebro" -examination was performed despite little activity on UiT The Arctic University of Norway campus Narvik due to the corona pandemic during this period. Indoor climate parameters including air temperature, air velocity, air exchange, relative humidity, predicted mean value (PMV), CO₂, volatile organic carbon (TOC), formaldehyde, and the reverberation time in the canteen were measured by logging and instantaneous measurements.

In general, there was low relative humidity on both (2nd and 3rd floors) on the teoriføly. Results on the 2nd floor shows that the relative humidity is below 18%, which is lower than the current recommended values. The concentration of CO₂ in all rooms is below 1000 PPM when it's human activities in working days during operating time. But the CO₂ level increase to over 1000 PPM, if there is human activity outside the operating time, including in the evenings and weekends (when ventilation turns off). The TOC and formaldehyde levels in all rooms are within the upper limit. PMV values in all rooms shows that the number of dissatisfied is less than 5 %. The measurement data in the canteen shows that the reverberation time was significantly improved after the upgrade / rehabilitation, and thus the reverberation time is satisfactory in accordance with the current requirements. The "Ørebro" -examination and measurement data generally shows a satisfactory indoor climate at UiT Norwegian Arctic University campus Narvik, except low relative humidity, which is below the recommended values. The examination has been compared with other similar examination, (Mapping of indoor climate at Skistua primary school) by Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne, where it turns out that low relative humidity is a common problem in the indoor climate.

Suggestions for further work are to carry out a similar examination/ measurement when there are several students and employees in the room, as the rooms are dimensioned for maximum activities, as well as perform the measurement in other seasons that may be favorable. In addition, take an examination when it is possible to get more answers.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	v
Abstract	vii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Mål.....	2
1.3 Metode	2
1.4 Avgrensning	2
2 Teoretisk grunnlag for inneklima	3
2.1 Overordnede krav.....	3
2.2 Termisk innemiljø & krav.....	5
2.2.1 Termisk komfort	5
2.2.2 Lufttemperatur.....	7
2.2.3 Operativ temperatur	7
2.2.4 Lufthastighet	8
2.2.5 Vertikal temperaturgradient.....	8
2.2.6 Relativ luftfuktighet	9
2.3 Atmosfærisk innemiljø & krav	10
2.3.1 Luftmengder	10
2.3.2 Flyktige organiske forbindelser	11
2.3.3 CO ₂ -konsentrasjon	12
2.3.4 Formaldehyd	13
2.4 Helseeffekt & inneklima	13
2.4.1 Flyktige organiske forbindelser	14
2.4.2 Formaldehyd	14

2.4.3	CO ₂	14
2.4.4	Lufthastighet	14
2.4.5	Lufttemperatur.....	14
2.4.6	Relativ luftfuktighet.....	15
2.5	Akustikk (Kantina).....	15
2.5.1	Romakustikk	15
2.5.2	Lydtrykk og lydtryknivå.....	15
2.5.3	Absorpsjon av lyd	15
2.5.4	Etterklangstid	16
3	Metodikk	19
3.1	Måleplan.....	19
3.1.1	Termiske- og atmosfæriske inneklime	19
3.1.2	Akustikk	20
3.2	Måleinstrumenter.....	21
3.2.1	Hioki LR8400-20 datalogger	21
3.2.2	Brüel & Kjær sporgassmåler (type 1512 og 1403)	22
3.2.3	Datablad Testo 400	23
3.2.4	Brüel & Kjær lydmåler 2270	24
3.3	Måleusikkerhet.....	25
3.3.1	Luftmengder	25
3.3.2	Lufttemperatur.....	25
3.3.3	PMV	25
3.3.4	CO ₂ , Luftens vandampinnhold, formaldehyd og TOC ref. Toluene	26
3.3.5	Etterklangstid i kantina	26
3.4	Ørebromodellen	26
4	Beskrivelse av måleobjektet.....	29

4.1	Ventilasjon	31
4.2	Oppvarming	31
4.3	Akustikk.....	31
5	Resultater	33
5.1	Ørebroundersøkelsen	34
5.2	Utendørs klimaforhold	36
5.3	Lufttemperatur	37
5.4	Luftmengde.....	41
5.5	Lufthastighet.....	43
5.6	Relativ luftfuktighet	44
5.7	Termisk komfort	47
5.8	Karbondioksid (CO ₂).....	48
5.9	Flyktige organiske forbindelser (TOC)	51
5.10	Formaldehyd	53
5.11	Akustikk.....	55
6	Diskusjon	57
6.1	Lufttemperatur & krav.....	57
6.2	Luftmengde & krav	59
6.3	Lufthastighet & krav	60
6.4	Relativ luftfuktighet & krav	60
6.5	Termisk komfort & krav.....	63
6.6	Karbondioksid & krav	64
6.7	Flyktige organiske forbindelser & krav	66
6.8	Formaldehyd & krav	67
6.9	Sammenheng mellom luftskifte & CO ₂	67
6.10	Relativ luftfuktighet & temperatur	69

6.11	Arbeidsdager kontra helg.....	69
6.12	Etterklangstid & krav.....	69
6.13	Ørebroundersøkelse & målinger	70
6.14	Sammenligning med andre undersøkelser	71
7	Oppsummering.....	73
7.1	Gjennomføring.....	73
7.2	Generelle tiltak ved inneluft rehabilitering/ oppgradering	73
7.3	Konklusjon	73
7.4	Forslag til videre arbeid	75
8	Referanser	77
	Vedlegg.....	i
A	Radonkart	i
B	-Plantegninger	ii
B.1	plantegning med Mikrofon og høytale posisjon	vi
B.2	Snitt Kantina	viii
B.3	plantegninger med tekniske føringer	ix
B.4	Snitt med tekniske føringer	xii
C	Måleoppsett	xiii
D	kalibreringsdata for måleinstrumenter.....	xiv
D.1	Multi-gas Monitor Type 1512 & multipoint sampler and doser type 1403	xiv
D.2	Data blad Testo 400.....	xv
D.3	BRÜEL & KJÆR 2270.....	xvi
E	Ørebroskjemaet	xvii
F	Måledata	xviii
F.1	Graf av Multigass monitor i 3. etasje fra torsdag til mandag.....	xviii
F.2	Graf av CO ₂ -konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til mandag	xix

F.3	: Graf av TOC- Konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til mandag.	xx
F.4	: Graf av formaldehyd- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.	xxi
F.5	: Graf av konsentrasjon av SF6 i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	xxii
F.6	: Graf av luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	xxiii
G	Temperatur (Hioki)	xxiv
G.1	: Graf av temperaturvariasjoner i 3. etasje fra torsdag til fredag.	xxiv
G.2	: Graf av relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag til mandag.	xxv
H	Måledata	xxvi
H.1	Graf av Multigass monitor i 2. etasje fra torsdag til mandag.....	xxvi
H.2	Graf av CO ₂ -konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til mandag	xxvii
H.3	: Graf av TOC- Konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til mandag.	xxviii
H.4	Graf av formaldehyd-Konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til fredag.....	xxix
H.5	: Graf av konsentrasjon av Svovelheksafluorid i 2. etasje fra torsdag til fredag.....	xxx
H.6	: Graf av luftskifte i 2. etasje fra torsdag til fredag.....	xxxi
I	Temperatur (Hioki)	xxxii
I.1	: Graf av temperaturvariasjoner i 2. etasje fra torsdag til fredag.	xxxii
I.2	: Graf av relativ luftfuktighet for 2. etasje fra torsdag til mandag.	xxxiii
J	Måleplan Komfortmeter (Datablad Testo 400)	xxxiv
J.1	: Tredje etasje	xxxiv
J.2	: Andre etasje.....	xxxv
K	Akustikk i kantina	xxxvi
K.1	Måledata av etterklangstiden	xxxvi
K.2	Beregning av etter klangstiden (Før rehabiliteringen)	xxxvii
K.3	: Beregning av etter klangstiden (etter rehabiliteringen)	xxxviii
L	-Tabell for metningstrykk av luftens vandampinnhold.....	xxxix

Figurliste

Figur 2-1, Hierarkisk oversikt over bestemmelser knyttet til regler og anbefalinger	4
Figur 2-2 : Korrelasjon mellom PPD og PMV	6
Figur 2-3: Optimal operativ temperatur med tillatt variasjon	8
Figur 2-4, Sammenheng temperatur gradient og andel misfornøyde	9
Figur 2-5, Illustrasjon av påvirkningsfaktorer for atmosfærisk inneklime	10
Figur 2-6: kjemiske forbindelser fra byggevarer og emisjonsegenskapene til ulike materialgrupper	12
Figur 2-7: illustrasjon over omrøringsprinsippet.	13
Figur 2-8:Eksempel på beregning av etterklangstid.....	17
Figur 2-9: Krav til etterklangstid gitt i.....	17
Figur 3-1: Hioki LR8400-20 datalogger	21
Figur 3-2: INNOVA 1403 & 1512 med Laptop og sporgassflaske	22
Figur 3-3: Testo 400 universelt inneklimeinstrument med stativ, CO ₂ -føler, Turbulensføler og Globe termometer Ø 150 mm.....	23
Figur 3-4: Brüel & Kjær Type 2270	24
Figur 4-1: <i>illustrasjon av arealer fra 1969 og 1997. Det skraverte området viser arealer teorifløya</i>	29
Figur 4-2: UiT Campus Narvik sett fra nordvest etter oppgradering/ rehabilitering.	30
Figur 4-3: Flyfoto av UiT campus Narvik	30
Figur 5-1: Ørebrorose av registrerte klager på inneklimeet på UiT campus Narvik.....	34
Figur 5-2: Ørebrorose av symptomer ansatte på UiT campus Narvik opplever.	35
Figur 5-3: Sektordiagram, forbedrings graden av etterklangstiden i Kantina ved UiT campus Narvik.	36
Figur 5-4: Værdata for 2. etasje fra torsdag til mandag.....	36
Figur 5-5: Værdata for 3. etasje fra torsdag til mandag.....	37
Figur 5-6: temperaturvariasjoner for 3. etasje fra Torsdag-fredag.....	38
Figur 5-7: temperaturvariasjoner for 3. etasje fra lørdag-søndag	39
Figur 5-8: temperaturvariasjoner for 2. etasje Torsdag-fredag	39
Figur 5-9: temperaturvariasjoner for 2. etasje fra lørdag-søndag	40
Figur 5-10: Luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	41

Figur 5-11: Luftskifte i 3. etasje fra lørdag til søndag.....	42
Figur 5-12: Luftskifte i 2. etasje fra torsdag til fredag.....	42
Figur 5-13: Luftskifte i 2. etasje fra lørdag til søndag.....	43
Figur 5-14: Lufthastighet for 3. etasje fra torsdag til fredag.....	44
Figur 5-15: Relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag til fredag.....	45
Figur 5-16: Relativ luftfuktighet for 2. etasje fra torsdag til fredag.....	45
Figur 5-17: Relativ luftfuktighet for 2. etasje fra lørdag til søndag.....	46
Figur 5-18: Korrelasjon mellom PPD og PMV for undervisningsrom E3160.....	47
Figur 5-19: variasjon av CO ₂ -konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	48
Figur 5-20: variasjon av CO ₂ -konsentrasjon for utvalgte rom i 3. etasje fra søndag til mandag.	49
Figur 5-21: variasjon av CO ₂ -konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til fredag.....	49
Figur 5-22_ variasjon av CO ₂ -konsentrasjon i 2. etasje fra søndag til mandag.....	50
Figur 5-23: Variasjon av TOC-nivået i 3. etasje torsdag- fredag.....	51
Figur 5-24: variasjon av TOC-konsentrasjon i 3. etasje fra lørdag til søndag.....	52
Figur 5-25: variasjon av TOC-nivået i 2. etasje torsdag til fredag.....	52
Figur 5-26: variasjon av TOC-nivået i 2. etasje lørdag til søndag.....	53
Figur 5-27: Variasjon av Formaldehyd-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	53
Figur 5-28: Variasjon av Formaldehyd-konsentrasjon i 3. etasje fra lørdag til søndag.....	54
Figur 5-29: målingsresultater av etterklangstiden i kantina.....	55
Figur 6-1 Innendørs- og utendørs 3. etg.	57
Figur 6-2, innendørs- og utendørstemperatur for 3. etg.	58
Figur 6-3, Innendørs- og utendørstemperatur for helgen i 2. etg.	59
Figur 6-4: lufthastighet i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	60
Figur 6-5: Relativ luftfuktighet i 2. etasje fra lørdag til fredag.....	61
Figur 6-6, Innendørs- og utendørs relativ luftfuktighet for 3. etg.	62
Figur 6-7: variasjon av relativ luftfuktighet for andre og tredje etasje i to forskjellige tidsperioder.....	62
Figur 6-8: korrelasjon av PPD og PMV.....	63
Figur 6-9:variasjon av CO ₂ -konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	64
Figur 6-10: CO ₂ -konsentrasjon i 3. etasje fra søndag til mandag.....	65
Figur 6-11: TOC- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	66

Figur 6-12: HCHO- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	67
Figur 6-13: luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.....	68
Figur 6-14: CO ₂ - Konsentrasjon i3 etasje fra torsdag til fredag	68
Figur 6-15: målingsresultat og beregning av etterklangstiden i kantina	70
Figur 6-16, Registrering av klager og miljøfaktorer.....	71

Tabbeliste

Tabell 2-1, Oversikt over likheter og ulikheter på inneklima og innemiljø, og hva de innebærer.....	3
Tabell 2-2, Oversikt over lover, forskrifter og veiledere som stiller krav til og gir anbefalinger om inneklima til virksomheter.	4
Tabell 2-3, PMV-indeks fra kaldt til hett.	5
Tabell 2-4, Figur 2 3: Kategorier for termisk inneklima/ luftkvalitet.	6
Tabell 2-5, Anbefalte verdier for operativ temperatur (samlet virkning av lufttemperatur & termisk stråling).....	7
Tabell 2-6, eksempel på optimal temperatur og avvik.	7
Tabell 2-7, Kategorisert temperaturredifferansen mellom hode og ankel.	9
Tabell 3-1, Måleplan i tredje etasje.	20
Tabell 3-2, Måleplan i andre etasje.....	20
Tabell 5-1, oversikt over de utvalgte inneklima gjennomført i teorifløya der, L= logging, og Ø= øyeblikksmålinger.	33
Tabell 5-2, viser oversikt over måling av etterklangstid i kantina der Ø= øyeblikksmåling, L= logging.....	34
Tabell 5-3, Målingsdetaljer for PMV-målinger i 3 etasje.	47
Tabell 5-4, Målingsdetaljer for PMV-målinger i 2 etasje.	47
Tabell 5-5, Måledata for etterklangstiden i kantina.	55
Tabell 6-1, krav etterklangstid gitt i tabell 2.2 i	69

1 Innledning

Denne vitenskapelige rapporten er en studie av inneklima i teorifløya- og kantina (E-blokka) ved UiT Norges arktiske universitet campus Narvik. Denne oppgaven omfatter analysering/ kartlegging deler av termiske- og atmosfæriske inneklimaet i teorifløya- samt akustikk i kantina der etterklangstiden er hoved fokuset. Formålet med analysering/ kartlegging av teorifløya- og kantina er, å vurdere inneklimaforholdet etter oppgraderingen/ rehabiliteringen opp mot bestemmende myndigheters krav.

UiT campus Narvik er en del av UiT Norges arktiske universitet med et areal på ca. 26640 m². UiT campus Narvik ble bygd opp i to byggetrinn i 1969 og 1997. Den eldste bygget fra 1969 deles i tre avdelinger (Teorifløya, Administrasjon og kantina). Teorifløya består av tre etasjer hvor hele bygget ble total oppgradert der kun bærekonstruksjonen ikke berørt. Administrasjonsbygget er oppgradert utvendig blant annet etterisolert og har fått nye fasader. Kantina ble også oppgradert utvendig der bygget har fått nye fasader og etterisolering. I tillegg ble den nedre delen av kantina oppgradert innvendig for å forbedre akustikkforholdet [1].

Inneklimaparameterer i teorifløya skal logges i tredje og andre etasje, hvor det skal velges ut tre forskjellige rom i hver etasje. Målingen av etterklangstiden i kantina skal foregå ved øyeblikksmålinger i henhold til gjeldende norsk standard for måling av etterklangstid for romakustikk. I tillegg skal målingsdataene sammenlignes med Ørebroundersøkelse, og andre tilsvarende rapporter. Detaljer om målingsplan er redegjort i kapittel 3.

1.1 Bakgrunn

Et dårlig inneklima kan bidra til sykdom og plager hos mange mennesker. Personer med allergi, astma og andre overfølsomhetssykdommer er spesielt sårbare og dermed kan få betydelig økt helseplager i bygg med dårlig inneklima. Friske mennesker vil også få betydelige helse plager ved å oppholde seg i et bygg med dårlig inneklima over lengere tid. De vanligste plager kan blant annet være hodepine, tørre hud, luftveisinfeksjoner, slimhinneirritasjon, nedsatt konsentrasjon og nedsatt arbeidsevne. De overnevnte plagene er avhengige av hvilke inneklimaparameterer avviker i et bygg [2].

Ifølge verdens helseorganisasjon (WHO) en person oppholder seg 90 % av tiden innendørs, og derfor er det av betydning å sørge for at inneklima er tilfredsstillende. Godt inneklima i oppholdsrom er viktig for å ivareta gode helse og trivsel. For å ivareta et tilfredsstillende inneklima i et bygg, har myndigheter utviklet krav, normer og anbefalinger for ulike inneklimaparameterer i ulike bygninger.

Den eldste bygget ved UiT Norges arktiske universitet campus Narvik ble betydelig oppgradert. Inneklimaet er meget interessant å studere med tanke på forbedring av blant annet, termiske- og atmosfæriske inneklima i teorifløya, samt forbedring av akustikkforholdet (etterklangstiden) i kantina. I tillegg har det vært av interesse å vurdere inneklimaet etter oppgraderingen opp mot myndigheters krav og anbefalinger.

1.2 Mål

Formålet ved analysering/ kartlegging av inneklimaparametere ved campus Narvik er å få en oversikt over inneklimaforholdet etter oppgraderingen av teorifløya og kantina. I teorifløya skal det termiske- og atmosfæriske inneklimaet vurderes- og sammenlignes med dagens krav og anbefalinger. Akustikkforholdet i kantina skal måles og sammenlignes med før- og etter rehabilitering av kantina opp mot dagens krav, anbefalinger for etterklangstiden. I tillegg skape en helhetlig analyse av inneklimaet i teorifløya- og kantina i forhold til hva statsbygg som eier og UiT campus Narvik som bruker forventer av oppgraderingen/ rehabiliteringen.

1.3 Metode

For å få en pekepinn på hva ansatte ved UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik synes om inneklimaet, og hva slags plager de ble utsatt for, er det gjort en Ørebroundersøkelse. I teorifløya er det valgt å måle deler av det termiske- og atmosfæriske inneklimaparameterer i 3. og 2. etasje med et tidsintervall på fire døgn i hver etasje. De utvalgte rommene er medregnet som de ugunstige med tanke på beliggenhet, bruk, størrelse og andre faktorer som kan ha betydning for målingen. Det er brukt flere instrumenter til de ulike målinger. Blant annet Multigass monitor til måling av CO₂, TOC- og formaldehydkonsentrasjon, vandampinnhold og luftskifte. Hioki ble brukt til logging av temperatur og Testo 400 til målinger av PMV-verdier hvor relativ luftfuktighet, lufthastighet, vandamminnhold og flere andre parameterer. Brüel And Kjær ble brukt til måling av etterklangstiden i kantina.

1.4 Avgrensning

Målingen av inneklima skal foregå i vintertid, og det har ikke tatt hensyn til andre årstider. Siden bygget er oppgradert/ rehabilitert, havner bygget under inneklimakategori 2 [3].

Målingene i teorifløya er begrenset til 4 undervisningsrom og 2 grupperom, hvor deler av termiske- og atmosfæriske inneklimaet skal logges over lengere tid. Målingene i kantina er begrenset til 2 lydildeposisjoner og 32 måleposisjoner i øvre- og nedre sone. Kjøkkenet, serveringssted og møterom er ikke tatt med i målinger. Parameterer som er målt i denne rapporten blitt avgrenset til:

- Lufttemperatur
- Lufthastighet
- PMV
- Relativ luftfuktighet
- Luftens vandampinnhold
- CO₂
- Flyktige organiske forbindelser (VOC)
- Formaldehyd
- Etterklangstiden i kantina

Radonproblematikk er det ikke vektlagt i denne rapporten, grunnet er at det ikke er registrert betydelig fare for radon i området rundt UiT i Narvik [4]. Radonkart ligger i vedlegg A.

2 Teoretisk grunnlag for inneklima

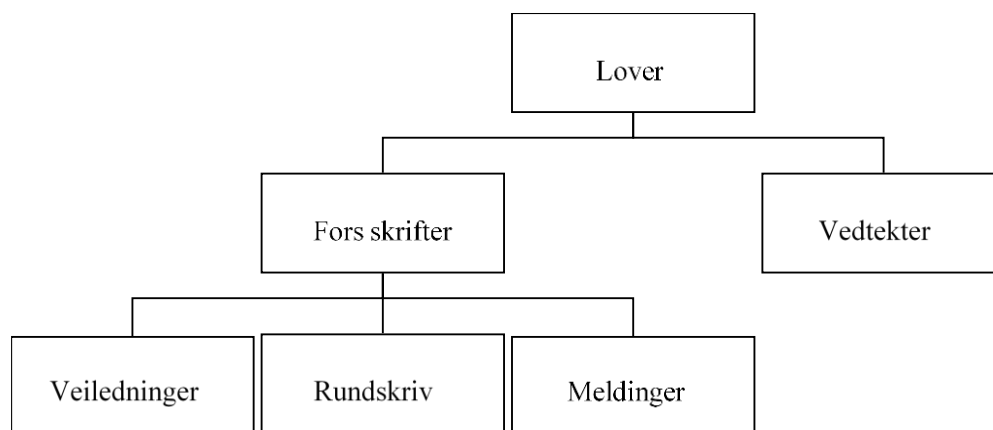
Begrepet inneklima omfatter fem faktorer- og disse inneklimatefaktorer er termiske, atmosfæriske, akustiske, aktiniske og mekaniske inneklimatefaktorer. Inneklimatefaktorer har stor betydning for menneskes komfort, trivsel og helse. Ifølge verdens helseorganisasjon (WHO) en person oppholder seg 90 % av tiden innendørs, og den helhetlige opplevelsen av innemiljøet er avhengig av overnevnte faktorer. Dersom en eller flere av overnevnte faktorer ikke tilfredsstiller brukernes preferanser, kan det få konsekvenser i form av helsemessige plager, samt produktivitets- og funksjonsnedsettelse og andre effekter. I dette kapitlet er det gjort rede for de inneklimatefaktorer som er relevant å ta med videre i rapporten [3].

Tabell 2-1, Oversikt over likheter og ulikheter på inneklimatefaktorer og innemiljøet, og hva de innebærer [5].

Type innemiljø	Beskrivelse	Inneklimatefaktorer	Innemiljø
Estetisk	Påvirker vår trivsel. Og er relevant til det visuelle inntrykk vi har	Nei	Ja
Psykososialt	Inkluderer blant annet arbeidsmiljø, sosialt og psykologisk miljø	Nei	Ja
Aktinisk	Strålingsmiljø. Omfatter lys, armaturer og elektromagnetisk stråling, mikrobølger og radon. Der det er apparater som skaper eller har røntgenstråling omfatter dette også aktinisk innemiljø.	Ja	Ja
Akustisk	Dette inkluderer lyd miljø med hørbar lyd. Blant dette er også støy (uønsket lyd)	Ja	Ja
Atmosfærisk	Det atmosfæriske innemiljøet består av luftens sammensetning (kjemisk og fysisk), herunder oksygen, karbondioksid, nitrogen, karbonmonoksid, nitrogenoksid, svoveldioksid, organiske gasser, partikler og støv.	Ja	Ja
Termisk	Temperatur, vertikal temperaturgradient, strålingstemperatur, strålingsasymmetri, operativ temperatur, lufthastighet, trekk, luftfuktighet, aktivitet, bekledning, termisk nøytralitet, og termisk komfort.	Ja	Ja
Mekanisk	Bygningsutforming, sikkerhet, risiko, ergonomi og sittestilling.	Ja	Ja

2.1 Overordnede krav

For å ivareta brukerens trivsel, komfort og helse i en bygning, har myndigheter satt opp en rekke lover, forskrifter og veiledninger. Lover blir satt opp av stortinget og basert på det utarbeidet forskrifter og vedtekter av henholdsvis departementet og kommunestyret [5].



Figur 2-1, Hierarkisk oversikt over bestemmelser knyttet til regler og anbefalinger [5].

Tabell 2-2, Oversikt over lover, forskrifter og veiledere som stiller krav til og gir anbefalinger om inneklimate til virksomheter [3].

Love	Inneholder
Arbeidsmiljøloven	Forplikter eiere av virksomheter og anlegg til å sørge for at disse drives i samsvar med forskriftene
Folkehelseloven	
opplæringsloven	
Plan- og bygningsloven	Regulerer byggesaker Stiller et generelt krav til forsvarlig drift av tekniske anlegg i bygninger
Forskrift	Inneholder
Arbeidsplassforskriften	Utfyllende bestemmelser om inneklimate og arbeid for å sikre krav i lovverket. Deler av arbeidsplassforskriften forplikter også utleiere av arbeidslokaler
Forskrift om miljørettet helsevern	
Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler mv.	
Internkontrollforskriften	Pålegger virksomheter å drive systematisk HMS-arbeid
Byggeteknisk forskrift	Krav til inneklimate ved nybygging, bruksendring, og større ombygninger
Veileder	Inneholder
Veiledning om inneklimate og luftkvalitet på arbeidsplassen	Normverdier og anbefalinger for luftkvalitet, byggematerialer, ventilasjon, enøk, termisk inneklimate, innregulering, måling og kravspesifikasjon
Anbefalte faglige normer for inneklimate	Generelt grunnlag for helsefaglig vurdering av luftkvalitet og støy Anbefalte grenseverdier og råd om inneklimatearbeid
Veiledning til byggeteknisk forskrift	Veiledning fra DiBK om hvordan bestemmelsene i byggeteknisk forskrift kan oppfylles

2.2 Termisk innemiljø & krav

Menneskers trivsel, komfort og helse i et bygg er avhengige av termiske innemiljø, og derfor er det av betydning at rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensyn til tilfredsstillende komfort og helse ved forutsatt bruk. Følgende parameterer har sine innflytelser på varmebalansen hos brukere i et bygg.

- * Lufttemperatur
- * Strålingstemperatur
- * Vertikal temperaturgradient
- * Strålingsasymmetri
- * Operativ temperatur
- * Lufthastighet (trekk)
- * Luftfuktighet
- * Aktivitet
- * Bekledning
- * Termisk komfort
- * Termisk nøytralitet

For at varmebalansen skal oppnås, må disse størrelsene stå korrekt i relasjon til hverandre. Menneskes aktivitet kan påvirke varmebalansen ved å endre aktivitetsnivået eller bekledning [6].

2.2.1 Termisk komfort

Termisk komfort eller varmekomfort er en subjektiv følelse eller sinnstilstand der mennesker er tilfreds med det termiske inneklimate. Under termisk komfort ønsker man ikke kaldere eller varmere, verken for kroppen som helhet eller for de enkelte kroppsdelene (føtter, nakke e.l.). Lokale termiske ubehag for kroppsdelene er for eksempel trekk, for kalde/ varme føtter, eller for stor forskjell i lufttemperatur mellom ankel- og hodenivå. Brukerens termiske komfort i et bygg er avhengig av aktivitetsnivå, bekledning og det termiske inneklimate. Termisk komfort for hver enkelt person vil variere. Det er interessant å vite hvordan et gitt termisk inneklimate vil bli vurdert av en tilfeldig sammensatte gruppe av mennesker. Termiske inneklimate er avhengige av lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastighet og relativ luftfuktighet.

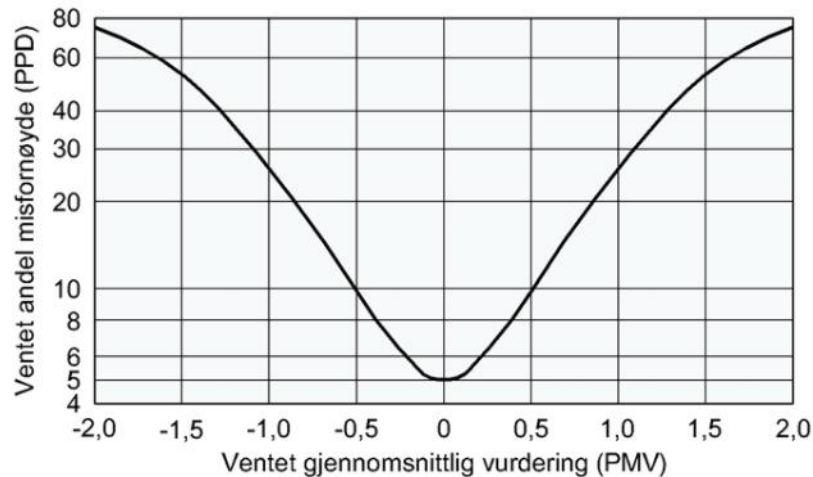
PMV-indeksen (predicted mean vote) er en indeks som brukes til å beskrive hvor varmt eller kaldt omgivelsene føles. PMV-indeksen forutsier gjennomsnittlig av et termisk inneklimate hos en gruppe mennesker hvor indeksen er basert på en sjutrinnskala fra kaldt til hett [6].

Tabell 2-3, PMV-indeks fra kaldt til hett.

Skala	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Vurdering	Kaldt	Kjølig	Noe kjølig	Nøytralt	Noe varmt	Varmt	hett

PPD-indeksen forutsier prosent av et normalisert utvalgt personer som vil være misfornøyd med et gitt termisk inneklima ved gitt bekledning og aktivitet. På grunn av menneskes forskjellige termiske preferanser, er det ikke mulig å ha et romklima som tilfredsstillende alle. Det minste PPD-indeks man regner å kunne oppnå er 5 %. PPD-indeksen kan uttrykkes ved hjelp av PMV-verdier som følgende [6].

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0,033533 \cdot PMV^4 - 0,1792 \cdot PMV^2)} \quad (1)$$



Figur 2-2 : Korrelasjon mellom PPD og PMV [6].

En gruppe av mennesker som oppholder seg i et rom, vil aldri oppnå 100 % tilfredshet, og det vil alltid noen som føler seg kaldt eller varmt. på grunn av brukernes krav til termisk inneklima, kategoriseres et bygg i fire kategorier. Kategorier representerer ulike forventningsnivået med konkrete kriterier for termisk inneklima i bygninger for en gitt aktivitet og bekledning [7].

Kategorier for termiske inneklima/ luftkvalitet i [7] med nasjonalt tillegg.

Tabell 2-4, Kategorier for termisk inneklima/ luftkvalitet.

Kategori	Tilsvarende
i	Høyt forventningsnivå. Anbefalt i rom der det oppholder seg svært sensitive og sårbare personer med spesielle behov, som syke, spedbarn og gamle
ii	Normalt forventningsnivå. Bør brukes i nye og oppgraderte bygninger
iii	Moderat forventningsnivå. Tilsvarende TEK17 for nybygg. Kan brukes i eksisterende bygninger
iv	Oppfyller ikke noen av kategorier over. Bør bare godtas i en begrenset tid av året.

2.2.2 Lufttemperatur

Lufttemperaturen er det mest anvendt parameter, og spiller en vesentlig rolle for oppnåelse av termisk komfort. For store temperaturforskjeller mellom hodenivå og ankelnivå kan føre til ubehag. Derfor registreres lufttemperaturen 1.1 meter og 0,1 meter over gulv ved en sittende person. Dersom det er et omrøringsventilasjonsystem i rommet, vil lufttemperatursforskjellen mellom anke- og hodenivå være tilnærmet likt. For fortreningsventilasjon, skal lufttemperaturen registreres ved 0.1 meter og 1.1 meter overgulv, og temperaturdifferansen skal ikke overstige 3 °C. I bygge teknisk forskrifter anbefales det å holde lufttemperaturen under 22 °C i perioder med oppvarmingsbehov [8].

Tabell 2-5, Anbefalte verdier for operativ temperatur (samlet virkning av lufttemperatur & termisk stråling)

Aktivitetsgruppe	Lett arbeid	Middels arbeid	Tungt arbeid
Temperatur °C	19-26	16-26	10-26

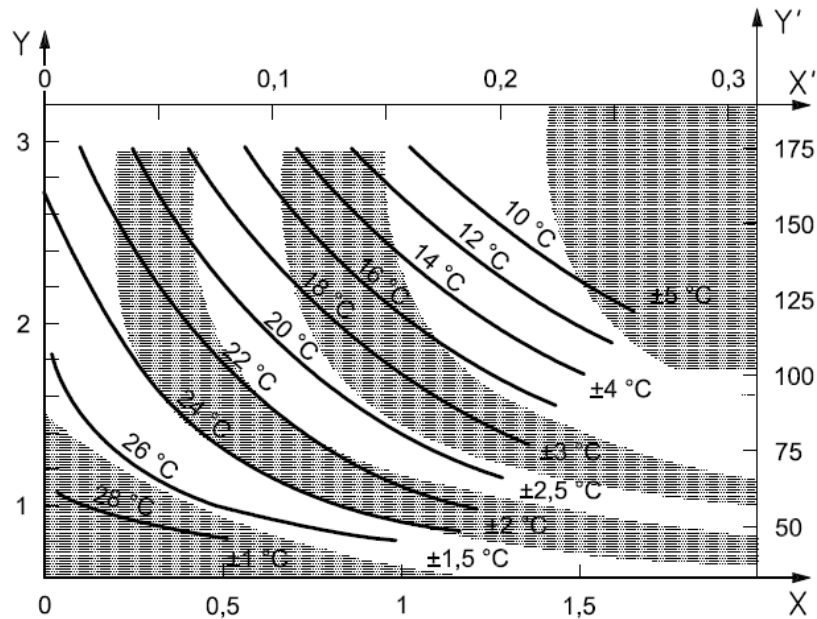
Tabell 2-6, eksempel på optimal temperatur og avvik [9].

Rom	Lufttemperatur										
	Sommer					Vinter					
	Maks °C	Overskridelse [h/år]	Optimal	Min. dag [°C]	Min. natt [°C]	Maks. glidning [°C]	Maks [°C]	Optimal [°C]	Min. dag [°C]	Min. natt [°C]	Maksglidning [°C]
Kontor	26	50	24	22	17	4	23	22	20	18	3

2.2.3 Operativ temperatur

Begrepet operativ temperatur brukes til å forklare personenes følte temperatur. Operativ temperaturen er et konstruert temperaturmål som kombinerer effekten av lufttemperaturen og strålingsutvekslingen med omgivende flater. Ved optimal operativ temperatur er forventet gjennomsnittlig vurdering (PMV-indeksen lik null) og optimal operativ temperatur er avhengig av aktivitet og bekledding. Operativ temperatur kan beregnes i mange tilfeller som den aritmetiske midtdelen av gjennomsnittlig strålingstemperatur og lufttemperatur. Formelen kan uttrykkes som følgende.

$$t_{op} = 0.5 \cdot (t_L + t_{fm}) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$



Figur 2-3: Optimal operativ temperatur med tillatt variasjon [10].

Figuren over (kategori B, PPD < 10 %) viser sammenhengen mellom bekledning i clo på X-aksen, og aktivitetsnivå i met på Y-aksen, X' er klærnes varmemotstand i $\frac{m^2 \cdot K}{W}$. Y' er stoffskifte $\frac{W}{m^2}$ og Figuren over gjelder for lufthastighet mindre $0,1 \frac{m}{s}$. De heltrukne kurvene viser tilstander der PMV er null for en gitt optimal temperatur. De skraverete og hvite feltene markere temperaturintervaller rundt optimal operativ temperatur, der PMV-indeksen ligger i intervall $\pm 0,5$ for en gjennomsnittlig vurdering av optimal operativ temperatur. PMV= $\pm 0,5$ tilsvarer mindre enn 10 % misfornøyde [9], [10].

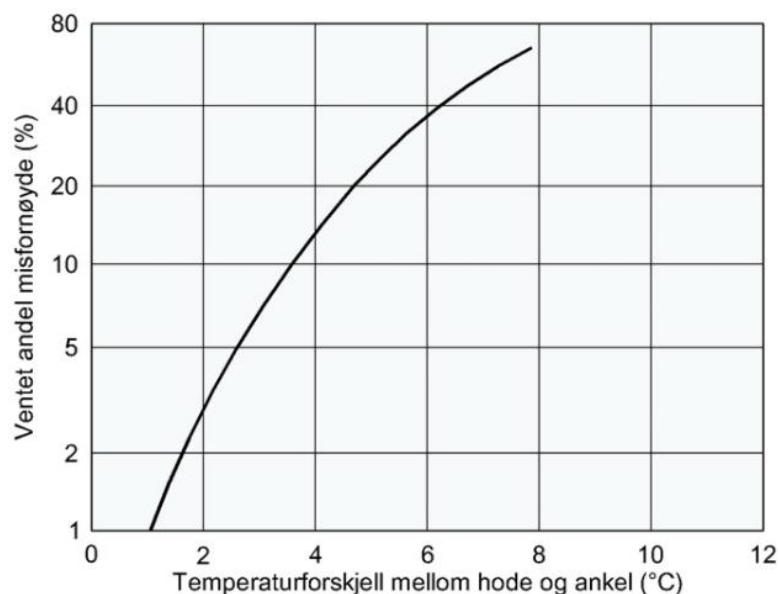
2.2.4 Lufthastighet

Lufthastighet i et oppholdsrom har stor betydning for menneskers komfort. For høy luftighet gir diskomfort. Ifølge TEK17, lufthastighet fra varme- og ventilasjon må ikke overskride 0,15 m/s i rommets oppholdssone [8].

2.2.5 Vertikal temperaturgradient

For høy vertikal temperaturforskjell mellom hodenivå (1,1 meter) og ankelnivå (0,1 meter) fører til diskomfort hos mennesker. Utfordringen oppstår ofte ved et fortreningsventilasjonssystem i et rom når temperatur forskjell mellom hode- og ankelnivå er for stor. Men i et rom med omrøringsventilasjonssystem vil vertikal temperaturdifferansen være relativt lavt avhengig av hvor godt luften blandes i rommet. Åpning av vinduer/ dører i et rom hvor temperaturdifferansen er stor, kan også skapes diskomfort. Korrelasjon mellom prosent misfornøyd (PD) og vertikal temperaturdifferansen ($\Delta t_{a,v}$) hvor temperaturdifferansen $\Delta t_{a,v} < 8$ °C. Andelen misfornøyde i % kan regnes ifølge dette uttrykket [9], [11].

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})} \quad (3)$$



Figur 2-4, Sammenheng temperatur gradient og andel misfornøyde [10].

Ifølge [10] temperaturdifferansen skal ikke overskride 2-4 °C. temperaturdifferansen mellom hode- og ankel.

Tabell 2-7, Kategorisert temperaturdifferansen mellom hode og ankel [10].

Kategori	Vertikal temperaturdifferanse (°C)
A	< 2
B	< 3
C	< 4

2.2.6 Relativ luftfuktighet

Begrepet relativ luftfuktighet forteller forholdet mellom vandampens aktuelle partialtrykk og metningstrykk ved samme temperatur, og oppgis i [%]. Relativ luftfuktighet har stor betydning for komfortfølelse, helse og trivsel hos mennesker. For høye relativ luftfuktighet gir økt svetteproduksjon og kan bidra til en følelse av ubehagelig termisk inneklimate og samtidig gir økt fare for muggvekst i bygninger. Lavere luftfuktighet gir økt varmetap gjennom rask fordunsting av fukt på hudoverflaten og medfører til at luft kjennes kaldere. Om vinteren er den relative luftfuktigheten lavere enn andre årstider. Den kalde luften varmes opp av ventilasjonsaggregatet, og relativ luftfuktighet blir enda lavere i inneklimateet. Lav relativ luftfuktighet fører til helseplager blant annet tørt øye, hud, nese og andre hudirritasjoner. For beregning av metningstrykket er valgt å bruke formelen [14], [13].

$$P_{sat} = 611 \cdot e^{(72,5 \cdot 10^{-3} \cdot \theta - 288,1 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^2 + 0,79 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^3)} \quad (4)$$

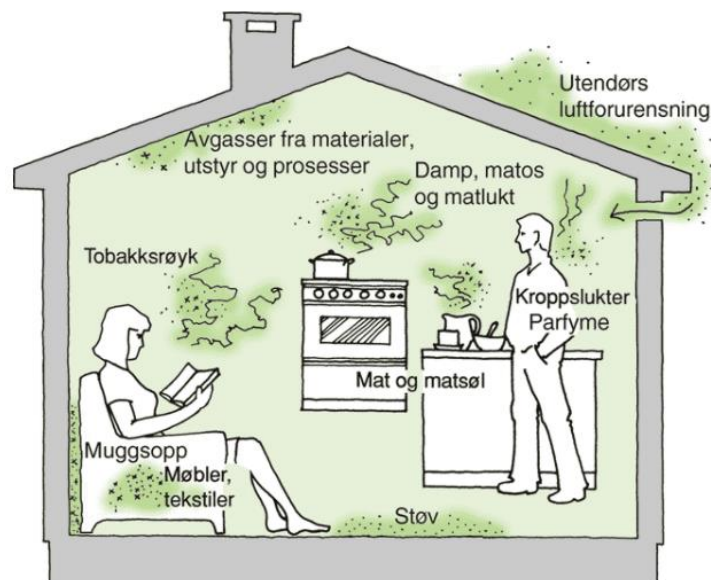
Formelen gjelder for temperatur mellom 0 og 40 °C [15].

$$RF = \frac{P_v}{P_{sat}} \cdot 100 \quad (5)$$

2.3 Atmosfærisk innemiljø & krav

Et atmosfærisk innemiljø består av en sammensetning av luftens kjemiske og fysiske komponenter. Luftkvaliteten i et bygg er betinget av faktorer som romutforming, ventilasjon, forurensningskilder og renhold. Det er sammenheng mellom ventilasjon og atmosfærisk innemiljø. Ventilasjonen sørger for å tilføre friske luft, gi muligheten til temperaturkontroll og fjerne skadelige forurensninger fra bygget.

For at luftkvaliteten skal være akseptabel i et rom, har ASHARE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) i 2001 definert luftkvaliteten som skal ikke inneholde forurensningskilder av skadelige konsentrasjoner. Dette kravet må verifiseres av hvert enkelt land og i tillegg må en vesentlig minoritet (minimum 80 %) av de tilfredsstilles. TEK17 stiller en rekke krav til luftkvalitet og- termisk inn klima hvor kravene skal bidra til å forebygge helseskader og negativ komfortopplevelse [17], [16].



Figur 2-5, Illustrasjon av påvirkningsfaktorer for atmosfærisk inn klima [17].

2.3.1 Luftmengder

For å ivareta en tilfredsstillende luftkvalitet i et bygg, må det tas hensyn til flere parametere. Uteluft må i første omgang kvalitet sikres- og kartlegges for mulige forurensninger. Tilluftmengden i et rom er avhengige av rommetes totale forurensningsnivå, og derfor er av betydning å dimensjonere luftmengder riktig. For dimensjonering av luftmengder kan ulike kriterier legges til grunn blant annet, luktkriterier, respirasjonskriterier og gjennomsnittlige forurensningskilde eller dominerende forurensningskilder [18].

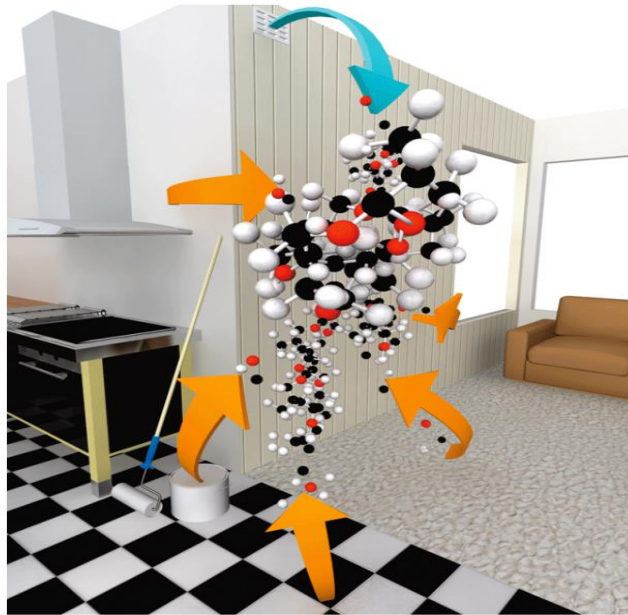
For å unngå negative helseeffekter, sørge for trivsel og velvære stiller TEK17 krav til luftkvalitet. Til beregning og dimensjonering av friskluftmengden kan NS-EN ISO 7730: 2005 kan brukes. Her er noen preaksepterte løsninger fra TEK17 for undervisningsrom [19].

§ 13-3. Ventilasjon for publikum og arbeidsbygning.

1. Frisklufttilførsel på grunn av forurensning fra personer med lett aktivitet skal være minimum $26 \frac{m^3}{h \cdot person}$. Ved annet aktivitetsnivå enn lett aktivitet, skal frisklufttilførselen tilpasses slik at luftkvalitet blir tilfredsstillende.
2. Frisklufttilførsel på grunn av forurensning fra materialer, produkter og installasjoner skal være minimum
 - $2,5 \frac{m^3}{h}$ når bruk enheten er i bruk
 - $0,7 \frac{m^3}{h}$ når enheten er ikke i bruk
3. Rom med forurensende aktiviteter og prosesser skal ha tilstrekkelig avtrekk til at det opprettholdes tilfredsstillende luftkvalitet.
For bygninger av lufttilførsel tas det utgangspunkt i verdiene punkt 1, 2 og 3. verdiene (1+2) og 3 sammenlignes, den største verdien for dimensjonering og drift.

2.3.2 Flyktige organiske forbindelser

Flyktige organiske forbindelser, (Volatile Organic Compound) eller VOC, er en fellesbetegnelse for kjemiske forbindelser som løsemidler, bensin og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Det finnes mange forskjellige flyktige organiske forbindelser i inneluft- og de ulike forbindelsene varierer med kildene og ventilasjonen. De organiske forbindelsene som finnes i inneluften, kan deles i grupper avhengig av forbindelsens egenskaper. Man skiller mellom lettflyktige (VVOC), flyktige (VOC) og tungflyktige (SVOC) organiske forbindelser. Flyktige organiske forbindelser kan også grupperes etter kokepunkt [20].



Figur 2-6: kjemiske forbindelser fra byggevarer og emisjonsegenskapene til ulike materialgrupper [20].

Flyktige organiske forbindelser forekommer for meste innendørs, selv om uteluften også bidrar i en vis grad. Grovt kan kildene inndeles i vedvarende kilder som avgassing fra bygningsmaterialer- og varierende kilder knyttet til menneskers aktivitet. Emisjon av TVOC fra bygningsmaterialet, innredning og overflatebehandling vil være relativ større enn gamle. Ofte vil avgassingsnivået avta og falle mot normale verdier i løpet av noen måneder eller innen et år [20], [21].

Overordnet krav i TEK17 sier at byggverk skal utformes og oppføres på en slik måte at gjennom hele sin livssyklus ikke kommer til å utgjøre en trussel mot arbeidstakernes, brukernes eller naboens hygiene, helse eller sikkerhet. Samt høy grad av slike stoffer skal ikke påvirke klimaet og miljøet under oppføring, bruk og riving hvor, TVOC: 1 ppm= 1 mg/m³ [22].

2.3.3 CO₂-konsentrasjon

Karbondioksid (CO₂) er en farg- og luktløs gass som i alt vesentlig er et forbrenningsprodukt fra stoffskifte til levende organismer. CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren er mellom 300-500 ppm. Mennesker er den viktigste kilden av CO₂-gassen et voksent menneske skiller ut omtrent 12 liter CO₂ i timen ved stillesittende arbeid. CO₂-konsentrasjonen er avhengig av luftskiftet, menneskes aktivitet og uteluftkvalitet med tanke på CO₂-konsentrasjonen i et rom [23].

CO₂ er ikke i seg selv giftig, men den virker kvelende på grunn av manglende oksygen for respirasjonen. I tillegg vil for høy konsentrasjon av gassen i et rom påvirke menneskers konsentrasjonsevne og produktivitet. I Følge TEK17 maksimal CO₂-konsentrasjon i et oppholdsrom skal ikke overskride 1800 $\frac{mg}{m^3}$ (1000 ppm). Beregningen fra ppm til mg/m³ kan uttrykkes som følgende

$$\text{Konsentrasjon CO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 0,0409 \cdot \text{konsentrasjon (ppm)} \cdot \text{molekylvekt}$$

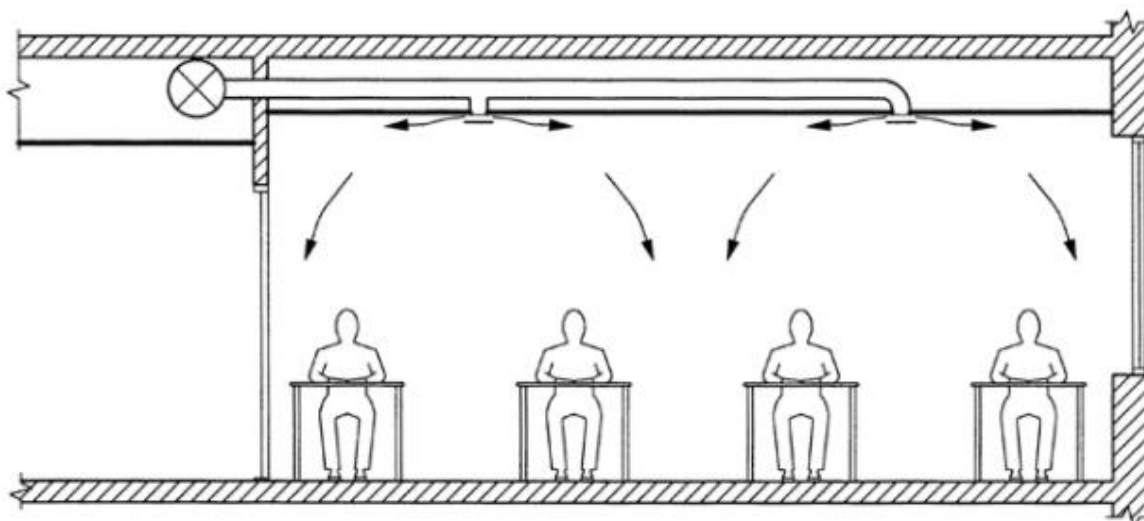
Hvor CO₂-molekylvekt M= 44,01 g/mol [24].

2.3.4 Formaldehyd

Formaldehyd er en giftig gassart som har en ubehagelig stikkende lukt. De fleste av oss mennesker reagere på formaldehyd med irritasjon av øyeslimhinner og slimhinner i de øvre luftveier. Enkelte mennesker utvikler hudallergi, luftveisallergi og astmatiske reaksjoner. Myndighetene har satt opp krav til maksimale konsentrasjon av formaldehyd i oppholdsrom. Ifølge Bygg forsk konsentrasjonen av formaldehyd ikke overskride 0,1 ppm eller 100 µg/. Formaldehyd: 1 ppm= 1,2 mg/ m³ [9].

Omrøringsventilasjonsystem

Den mest utbredte løsningen for å ventilere publikumsbygg/ næringsbygg er balansert ventilasjon med omrøringsystem. Dette prinsippet gir kostnadseffektivitet og bidrar til et godt inneklime. En omrøringsventilasjon tilfører friskluft med ganske høy hastighet der luften i oppholdsrommet blandes godt. Friskluftp hastigheten avtar, og temperaturen jevner seg ut før luften når oppholdssonen. Fordelen med omrøringsventilasjonsystem er at temperaturfordelingen og forurensningskonsentrasjonen i rommet blir relativt jevn ut over hele rommet [25], [26].



Figur 2-7: illustrasjon over omrøringsprinsippet.

Figuren over viser en illustrasjon over omrøringsprinsippet der friskluft med høy hastighet blåses ut via ventiler/ rister. Friskluft blandes med romluft slik lufthastigheten avtar- og temperaturen jevner seg ut, før luften når oppholdssonen.

2.4 Helseeffekt & inneklime

Ulike faktorer i innemiljøet kan bidra til sykdommer og plager hos mennesker. Noen mennesker er mer følsomme, og dermed vil kroppen reagere tidligere enn andre. Menneskers trivsel, helse og velvære er avhengige av de ulike parametere i atmosfæriske- og termiske inneklime. Påvirkninger av ulike parametere er gjort rede i underkapitlet.

2.4.1 Flyktige organiske forbindelser

Flyktige organiske forbindelse (VOC) i innemiljø består av en samlegruppe av forskjellige stoffer som kommer fra avgassing av byggematerialer (stasjonærkilde) og menneskes aktivitet (variabelkilde). På grunn av mangel av kunnskap, vet man lite om de fleste stoffene per i dag. Flyktige organiske forbindelser, hverken enkeltvis eller samlet utgjør noen vesentlig helserisiko i det norske innemiljøet. Lave konsentrasjoner av fleste av disse stoffene medfører til mindre helseeffekter, men i enkelte tilfeller er det mulig at kombinasjoner av disse stoffer vil bidra til helseeffekter. Likevel bør man sørge for å unngå høye konsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser i innemiljøet. Ifølge verdens helse organisasjon konsentrasjonen av VOC skal ikke overskride 1-3 (ppm) eller 1-3 mg/m³ for bygg for rom for varig opphold, og for langsiktig mål bør konsentrasjonen ligger mellom 0,2- 0,3 ppm og 0,3 ppm eller 0,3 mg/m³ [9].

2.4.2 Formaldehyd

De fleste av oss mennesker reagere på formaldehyd med irritasjon av øyeslimhinner og slimhinner i de øvre luftveier. Enkelte mennesker utvikler hudallergi, luftveisallergi og astmatiske reaksjoner. Myndighetene har satt opp krav til maksimale konsentrasjon av formaldehyd i oppholdsrom. Ifølge Bygg forsk konsentrasjonen av formaldehyd ikke overskride 0,1 ppm [9].

2.4.3 CO₂

Karbondioksid (CO₂) i inneklima dannes av stoffskiftet i kroppen og befinner seg i luften mennesker puster ut. CO₂- gassen er i seg selv ikke definert skadelig, men for høye konsentrasjonen av gassen vil føre til mangel på oksygen i kroppen. Et innhold av 4-5 % av CO₂ i luft kan ved lengre tids innånding fremkalle bevisstløshet hos mennesker og 8 % av CO₂-gassen i luft vil medføre til bevisstløshet og død etter 30-60 minutter. [26]. CO₂-målinger kan gi et bilde av luftskifte i et rom hvor mennesker antas å være den dominerende forurensningskilden- og konsentrasjonen av CO₂-gassen gir en indikasjon om hvor god luftkvaliteten er. Høye konsentrasjon av CO₂-gassen i inneluft vil medføre til helseplager som hodepine, slimhinneirritasjon, nedsatt arbeidskapasitet og mistriksel [27], [28].

2.4.4 Lufthastighet

Bevegelsen av lufthastigheten i en oppholdssone gir kroppen genererende avkjøling, dette kalles ofte som trekk- og denne kjølevirkningen øker med økende lufthastighet. For høy lufthastighet fra ventilasjon (ventiler), kaldras og stråling fra glass- og vegger i et oppholdsrom vil øke diskomforten hos mennesker i inneklima. Utilfredsstillende inneklima igjen påvirker menneskes trivsel, konsentrasjon og arbeidseffektivitet [29].

2.4.5 Lufttemperatur

Lufttemperaturen i oppholdsrom er avhengige av de øvrige faktorene som inngår i begrepet termisk inneklima. Lufttemperaturen er det viktigste inneklimaparameteren som har en sammenheng med aktivitetsnivå og bekledding. For lave eller høye lufttemperatur fra ventilasjon (tilluftsventilen), kulde eller varmestråling fra overflater vil gi effekter som redusert arbeidskapasitet, trøtthet, nedsatt velvære og prestasjonsevner [29].

2.4.6 Relativ luftfuktighet

En av de viktigste faktorer i inneklimate er relativ luftfuktighet som gir forholdet mellom vanndampmengden i luft og den maksimale vanndampmengden luften kan inneholde om luften var mettet. Både for lave og for høye relativ fuktighet kan føre til inneklimate problemer. Om vinteren ute luften varmes opp og dermed relativ luftfuktigheten avtar under oppvarmingen. Lave relativ luftfuktighet under 20 % vil føre til helse plager blant annet, statisk elektrisitet, slimhinne- og øyeirritasjon samt uttørring av huden. For høye relativ luftfuktighet (over 70 %) kan imidlertid bidra til lukt, mugg, bygningsskade og liknede i inneklimate. Relativ luftfuktighet bør ligge mellom 20 % til 60 % [29].

2.5 Akustikk (Kantina)

Begrepet akustikk betyr egentlig læren om lyd, men i dag brukes av mange som en felles betegnelse for lydforholdene i et rom. Akustikk er en av fire faktorene i inneklimate og har en stor betydning for trivsel, helse og komfort i inneklimate. I denne oppgaven skal det kun ses på etterklangstiden [30].

2.5.1 Romakustikk

Under begrepet romakustikk kan en samle alle aspekter av lydets oppførsel i et rom, fra fysiske til de rent subjektive. Hver lokal eller rom krever sin egen akustisk regulering (lydregulering) etter behov og bruk. Primært ønsker man å skape så gode høremessige forhold som mulig i de ulike rom. Eksempelvis ønsker man i en konsertsaler og klasserom at den produserte lyden skal gi optimale mottakerforhold for alle publikum, men i industrier, trappeomganger og korridorer ønsker man dempe støy mest mulig. Andre tilfeller som i kontorlandskap ønsker man å dempe støy- og samtidig beholde et visst bakgrunnsnivå som telefonsamtaler og konferanser. For å kunne gjennomføre lydtekniske beregninger, er det nødvendig å spesifisere noen av de viktigste akustiske forholdene i rommet [31].

2.5.2 Lydtrykk og lydtrykknivå

For analysering av lyd er det viktig å ta med disse to grunnleggende parameterer lydtrykk p , og lydtrykknivå, L_p . Lydtrykket er en funksjon av posisjon, tid og frekvens, og svinger mellom en positiv og en negativ verdi [32].

$$\tilde{p}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(x, t) dt \quad (6)$$

I teorien varierer lydtrykket fra uendelig lite til uendelig stort. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa anses som det laveste lydtrykket et menneske kan høre. På grunn av lydtrykkets store intervall, er det vanlig å regne om til den logaritmiske størrelsen lydtrykknivå [32].

$$L_p = 10 \log \left(\frac{\tilde{p}^2}{p_0^2} \right) \quad (7)$$

2.5.3 Absorpsjon av lyd

Absorpsjonskoeffisienten α , er et tall mellom 0 og 1, og forteller hvor stor andel av lyden som absorberes når lydbølgen treffer en flate og reflekteres. En del av lyd som transmitteres gjennom flaten

(veggen), inkluderes av denne koeffisienten α . Hvert enkelt overflateareal i et rom multipliseres med absorpsjonskoeffisienten α , og angir den så kalte absorpsjonsareal A [32].

$$A = \sum_i s_i \alpha_i \quad (8)$$

Rommet gjennomsnittlige absorpsjonsareal kan beregnes som følgende

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum s_i \alpha_i \quad (9)$$

De benyttede akustiske absorberer (absorberende flater), kan grovt inndeles i to hoved grupper. [31]

Porøse absorberer: De velkjente porøse materialer som brukes mest i markedet i dag er, mineralullprodukter og skumplaster- samt de vanlig matter av mineralull; glass- og steinull [32].

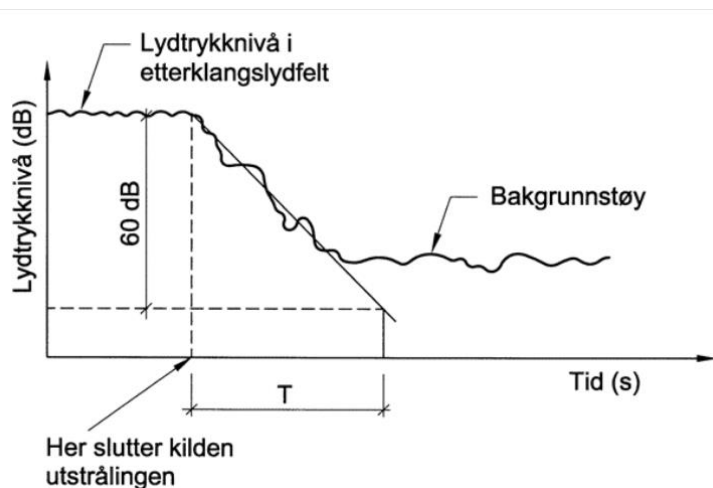
Resonansabsorberer: Resonansabsorberer er bedre egnet til å absorbere lavfrekvente lydbølger. Disse absorberer er blant annet av type membranabsorberer eller typer basert på Helmholtzresonator-prinsipp. Denne type absorberer er som regel bygget opp som en delvis plate med et hulrom bak, og er ofte brukt i himlinger- samt som spalteledning på vegg [34].

Luftabsorpsjon: Fluider kan også absorbere lydenergi, og i romakustikken er det naturlig nok luft som er relevant. Parameterer som relativ luftfuktighet, temperatur og frekvens har sine betydninger for luftabsorpsjon. I innendørs går det imidlertid an å gjøre visse antakelser ved en temperatur på 20 °C og relativ luftfuktighet mellom (20-70) %. Luftens absorpsjonskoeffisient m , må multipliseres med rom volumet og faktor på 4 for å få totalbidraget fra luftabsorpsjon i et rom. Det totale absorpsjonsarealet i et rom kan formuleres som [30], [32].

$$A = \bar{S}\bar{\alpha} + 4mV \quad (10)$$

2.5.4 Etterklangstid

Etterklangstiden, $T(s)$ definert som den tiden det tar før det lydtrykknivået i rom har sunket med 60 dB fra et initialt nivå. Det har eksistert en rekke metoder for å bestemme etterklangskurver og via disse beregnes etterklangstiden, T [35].



Figur 2-8: Eksempel på beregning av etterklangstid [35].

Den meste vanlig metoden i det siste tiden har vært å bruke avbrutt støy. Støy sendes i rommet, og avbrytes etter et konstant nivå er oppnådd. Den mest grunnleggende også mest benyttede formel for å beregne etterklangstiden T , er Sabines formel,

$$T = \frac{0,161V}{A} \quad (11)$$

Ved å sette ligningen (9) i A , blir dette

$$T = \frac{0,161V}{S\bar{\alpha} + 4mV} \quad (12)$$

Der $\bar{\alpha} \ll 1$.

Krav om etterklangstid i ulike bygninger bestemmes etter rommets bruksområder. I rom for musikkutøvelse er det ønskelig med høye etterklangstid mens i kontorlandskap ønsker man lavere etterklangstid- samt å oppnå god taleydighet er det hensiktsmessig at etterklangstiden er lav. Derfor er det alltid utfordring å finne en god etterklangstidsløsning til et bestemt rom [32].

Krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde h gitt i [36]. hvor klasse C gjelder for ny bygg og klasse D for rehabilitering/ oppgradering av eksisterende bygg.

Klasse	A	B	C	D
T_h [s]	$0,13 \cdot h$	$0,16 \cdot h$	$0,20 \cdot h$	$0,27 \cdot h$

Figur 2-9: Krav til etterklangstid gitt i [36].

3 Metodikk

I perioden (25.02.2021- 01.03.2021) og (04.03.2021-08.03.2021) ble det gjennomført logging av utvalgte parameterer i henholdsvis tredje- og andreetasje innenfor deler av de termisk –og atmosfærisk inneklima på UiT campus Narvik. Loggingen ble gjort i 6 forskjellige rom i teorifløya, hvor 4 av dem var undervisningsrom og 2 grupperom. Målestrategien var å måle undervisningsrom E3160, E 317, og Grupperom E3220 fra 25 februar til 1. mars i tredje etasje, og undervisningsrom E2471, E2463 og grupperom E2491 fra 4. mars til 8. mars i andre etasje. Se vedlegg B. Av målinger ble det utført logging av blant annet Lufttemperatur, CO₂, TVOC, Formaldehyd, luftskifte, vanddampinnhold og relativ luftfuktighet. PM-verdier ble målt med et loggingsintervall på et døgn for hvert rom. Undervisningsrommene både i tredje- og andre etasje brukes av studenter og forelesere, men belastningen varierer i koronapandemiperioden, hvor noen rom er mer i bruk enn andre.

Grupperommene både i tredje og andre etasje kan bookes av studenter og ansatte. Undervisningsrom E3160 i tredje etasje, undervisningsrom E2471 i andre etasje og begge grupperommene har fasaden mot glassgata. Undervisningsrom E3171 i tredje etasje og undervisningsrom E2463 i andre etasje har vest fasaden mot det frie. Arealet i undervisningsrom E3160 er 58 m² og arealet i andre undervisningsrommene er 60 m². Undervisningsrommene er dimensjonert til 32 studenter og 1 foreleser. Grupperommene har et areal på 14 m² og er dimensjonert til 6 personer. Undervisningsrommene og grupperommene er valgt å gjøre målinger basert på etasjene og fasaden mot frie og mot glassgata.

I kantina ble det gjennomført Øyeblikksmålinger innenfor akustikk den 27.01.2021. Øyeblikksmålinger ble gjort med to Lydkildeposisjoner og 32 mikrofonposisjoner. Se vedlegg B- B.2. Kantina brukes i dag av studenter og ansatte i lunsjtiden, og andre aktuelle arrangementer på campus Narvik. Kantina er delt opp i øvre del, nedre del og kjøkken. Øvre del kantina er 167m², nedre del kantina er 281 m² og kjøkkenet med gangen, og servering sted er ca. 330 m². Kantina ligger i vest siden av bygget [1].

3.1 Måleplan

3.1.1 Termiske- og atmosfæriske inneklima

I undervisningsrommene og grupperommene ble det gjennomført loggingen av de utvalgte parameterer, se vedlegg B.3 og B.4. (T3-1 til T3-4) og (T2-1 til T2-4) indikerer målepunkter for temperatur logging med HIOKI i tredje og andre etasje. (S3-1 til S3-3) og (S2-1 til S2-3) er målepunkter til sampler D3-1 til D3-3) og (D2-1 til D2-3) er målepunkter til dosering. (PMV 3-1 til PMV3-4) og (PMV 2-1 til PMV2-4) indikerer målepunkter for logging av PMV-verdier i tredje og andre etasje med Testo400. Rommene har omrøringsventilasjonsystem og testene ble tatt midt i klasserommene på høyden 1,1 meter, og PMV3-4 og PMV-2-4 er tatt 0,6 meter fra utvendig fasaden på høyden 1,1 meter. Det ble også gjennomført logging av utetemperatur ca. 0.1 meter fra fasaden. Måleinstrumenter ble plassert i grupperommene under loggingen, og doserings- og sampler slangen, samt temperaturledningen ble delt ut til utvalgte rommene via dørene. Tabellen 3-1 viser detaljer om gjennomføring av målingen i tredje etasje. Vedlegg C viser måleoppsettet for alle målingene.

Tabell 3-1, Måleplan i tredje etasje.

Rom	Etasje	Plassering	Høyde	Måling	Måling	Måling	Måling
E3220 Grupperom	3. etg.	Midten	1,1 m	T3-1	S3-1	D3-1	PMV3-1
E3160 Undervisningsrommet	3. etg.	Midten	1,1 m	T3-2	S3-2	D3-2	PMV3-2
E3171 Undervisningsrommet	3. etg.	Midten	1,1 m	T3-3	S3-3	D3-3	PMV3-3
E3171 Undervisningsrommet	3. etg.	0,6m fra vindu	1,1 m				PMV3-4
E3171 Undervisningsrommet	3. etg.	Ute		T3-4			

Tabell 3-2, Måleplan i andre etasje.

Rom	Etasje	Plassering	Høyde	Måling	Måling	Måling	Måling
E2491 Grupperom	2. etg.	Midten	1,1 m	T2-1	S2-1	D2-1	PMV2-1
E2471 Undervisningsrommet	2. etg.	Midten	1,1 m	T2-2	S2-2	D2-2	PMV2-2
E2463 Undervisningsrommet	2. etg.	Midten	1,1 m	T2-3	S2-3	D2-3	PMV2-3
E2463 Undervisningsrommet	2. etg.	0,6 m fra vindu	1,1 m				PMV2-4
E2463 Undervisningsrommet	2. etg.	Ute		T2-4			

3.1.2 Akustikk

I kantina ble det gjennomført måling av etterklangstid. Etterklangstiden i kantina varierer sterkt avhengig av antall personer som er til stede. Personer har stor effekt på lydabsorpsjon og er det derfor målingene utført i et lukket kantina hvor det har vært tre personer til stede da målingen pågikk.

Etterklangstiden kan måles på flere metoder. Det ble brukt avbryt støy metoden hvor støy sendes av en kuleformede høytale i flere retninger (støy kildeposisjoner) og måleposisjoner. Etterklangstiden ble målt ved 2 støy kildeposisjoner og 32 måleposisjoner. Hver måling varer i ca. 3 sekunder, og det ble

tatt 2 målinger per måleposisjoner. Etterklangstiden målt i 1/1- oktavbåndnivåer og høyttaler som spilte av et bredbåndsignal var rosa støy. Den første Støy kilde posisjon S1 var i nedre delen av kantina og 16 måleposisjoner fra M1 til M16 var jevnt fordelt over nedre del, øvre del av kantina og gangen som vist på vedlegg B.1. Den andre støy kilde posisjon S2 var i øvre del av kantina og 16 måleposisjoner fra M17 til M32 var jevnt fordelt over nedre delen, øvre delen av kantina og gangen. Ved alle måleposisjoner er mikrofoner plassert minimum 1 meter fra vegger / reflekterende flater, og 1,5 meter fra Gulvet. Høytaleposisjonen var ca. 7 meter fra veggen og 1,5 meter fra gulvet. Den minste avstanden til mikrofon posisjonen var 7 meter.

3.2 Måleinstrumenter

De ulike måleinstrumentene som ble benyttet for å måle de aktuelle inneklimateparameterne var Multigass monitor doser & sampler, Hioki-temperaturmåler, Testo400 PMV-måler og Brüel & Kjær 2270. Der 3 av måleinstrumenter ble brukt til logging, og en av dem ble brukt til øyeblikksmålinger.

3.2.1 Hioki LR8400-20 datalogger

Hioki LR8400-20 datalogger er en logger med flerkanals datalogger i bærbart format. Denne modell består av 30-kanals funksjon som standard, som ytterligere 30 kanaler kan legges til. På UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble den brukt til å logge temperaturen med termotråder type T og måleintervall ble satt til å være ti minutter. Det vil si at hvert tiende minutt hentet Hioki temperatur fra de fire ulike målepunkter. Plassering av målepunktene er valgt midt i klasserommet på høyden 1,1 meter. Det er viktig å ha kontroll på utetemperaturen for å kunne se hvordan utetemperatur påvirker innnetemperaturen. Det ble gjort logging av to undervisningsrom, 1 grupperom og utetemperatur samtidig i hver etasje (tredje og andre etasje teorifløya) [37].



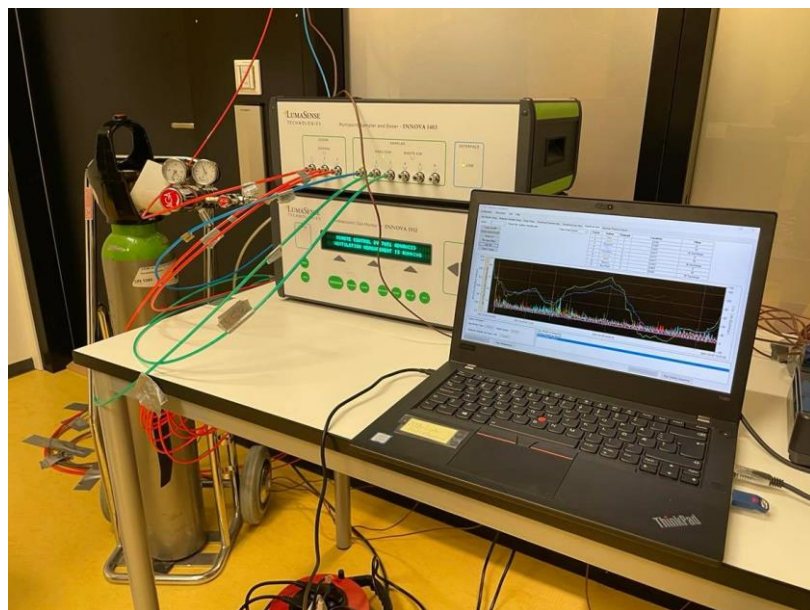
Figur 3-1: Hioki LR8400-20 datalogger

3.2.2 Brüel & Kjær sporgassmåler (type 1512 og 1403)

Det ble brukt sporgassmåler type 1512 og 1403 for loggingen av de utvalgte inneklimaparameterer ved UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Måleinstrumentet består av en multiplekser og en analysator. Multiplekseren muliggjør flere målepunkter, mens analysatorens funksjon er å måle konsentrasjoner av ulike parameter. Som en konsekvens av at det er omrøringsventilasjon i rommene, ble det brukt sporgass (SF₆). Prøvetakingssystemet har 6 innløpskanaler og hver innløpskanal har en lengde på opptil 50 meter der kobler hver kanal til det respektive prøvetakingspunktet. De 6 innløpskanalene konvergerer til en, en treveisventil kan deretter lede gassprøven til 1512 gassmonitor for analyse.

Dosering system har 3 utløpskanaler hver med en sålen- Ventil og en doseringsventil kan være aktiv om gangen. Hver av de 3 doseringsutløpskanalene har en lengde på opptil 50 meter forbinder hver stubbe til det respektive doseringspunktet. På bakplaten til 1403 montert 2 separate innløpskanal som betjener doseringskanalene. Hoved ventilen på doseringsgassinntakskanalen brukes til å levere sporgass til massestrømningsregulatoren. Luftinntaket pumper ekstra luft til doseringsutløpene for å gi raskere levering av sporgassen til doseringspunktet. Dette inntaket har et grovt luftfilter, en pumpe og en trykkomformer for å kontrollere pumpens effektivitet. Det tar ca. ett minutt å levere en dose sporgass til et doseringspunkt 50 meter unna.

For å sikre seg om at prøvene ble hentet fra målepunktene, måtte rørstrekket ikke var lengre enn 50 meter, og at rørene hadde ingen knekk. Det ble hentet luftprøver fra 3 punkter midt i rommene på høyden 1,1 meter. Det ble gjort i både tredje etasje og andre etasje med lik konfigurasjon. Med Multipoint sampler and doser type 1403 er det mulighet til å logge, CO₂, CO, formaldehyda, Vanddamp partialtrykk, SF₆ og TOC ref. Toluene. Under måleperioden ble det gjennomført prosesser som skaper avkastluft både fra analysatoren og Multiplekseren. For at avkastluften ikke kunne påvirke målingene ble sendt ut i friluft utenfor rommet gjennom 2 rør. Loggingen fra måleinstrument ble sendt til en PC og der målingene ble grafisk og numerisk fremstilt [38], [39].



Figur 3-2: INNOVA 1403 & 1512 med Laptop og sporgassflaske

3.2.3 Datablad Testo 400

Datablad Testo 400 inneklimatekstasjon og komfortsett med stativ er det utstyr for måling av lufthastighet- og inneklimatekstasjon og komfortnivå. Med datablad Testo 400 kan opptil åtte følere brukes samtidig (4 * Bluetooth og 4 * kabel). På UiT campus Narvik ble det gjort logging med Testo 400 av PPD, PMV, temperatur, relativ luftfuktighet, CO₂-konsentrasjon, absolutt luftfuktighet, vårtemperatur, duggpunkt og lufthastighet. Målinger ble tatt på midten av undervisningsrommene og grupperommene 1,1 meter vertikalt fra gulvet og 0.6 meter horisontalt fra utvendige fasade. På innstillingene for logging ble det brukt 1,0 clo som bekleddning, 1,2 met som aktivitetsnivå. Logging ble tatt både fra vanlig dags bruk, på kveldens tid og helgene for å se forskjellen. Alle målinger ble lagret sikkert i måleinstrumentet og ved hjelp av programvare ble analysert [40].



Figur 3-3: Testo 400 universelt inneklimatekstasjon med stativ, CO₂-føler, Turbulensføler og Globe termometer Ø 150 mm [40].

3.2.4 Brüel & Kjær lydmåler 2270

Brüel & Kjær Type 2270 ble brukt til måling av etterklangstid i kantina den 27.02.2021. Måleinstrumentet er en fleksibel og håndholdbar analysator som gir muligheten til å måle både lyd og vibrasjonslyd blant annet etterklangstid i bygninger, industri og andre relevante områder. Instrumentet er vennlig å bruke og har mulighet til kobling av 2 kanaler med kombinasjon av mikrofoner og akselerometer. Instrumentets program kan måle opp til 123 dB (A) med 0,5 Hz -20 kHz bredbånd lineart område, og flere andre funksjoner. Målingsdataene fra denne instrumentet ble overført til i Excel og ble analysert [41].



Figur 3-4: Brüel & Kjær Type 2270

3.3 Måleusikkerhet

Alle målinger er utsatt for en usikkerhet, og for inneklimaundersøkelse er det ulike typer måleusikkerhet som kan påvirke resultatene. Måleinstrumentet kan ha feil og den kan reduseres ved kalibrering. I forbindelse med kalibreringen skal det utarbeides et kalibreringssertifikat og den skal minimum inneholde hvilke instrumenter som er kalibrert mot. Informasjon om korreksjon av den målte verdien, kalibreringsbetingelsene, tiden og signaturen til den ansvarlige må dokumenteres. Instrumentfeilene må kontrolleres med jevnt mellomrom eller reduseres ved en kalibrering. I underkapitlene gjort rede for de ulike instrumentene ble kalibrert siden sist. Se vedlegg D. Måleinstrumentene som ble brukt i denne rapporten har varierende kalibrerings tidspunkt.

Tilfeldige usikkerheter kan reduseres ved gjentatte målinger, og det kan skyldes blant annet manglende opplysninger opp på måleskalaen eller den digitale registreringen [42]. Øyeblikks målinger har større sannsynlighet for tilfeldige usikkerheter enn logging. I denne rapport ble det tatt 3 loggninger og en øyeblikksmålinger. For å redusere tilfeldige usikkerheten ble det tatt gjentatte målinger. Der økning i antall målinger ikke reduserer usikkerheten kalles for systematiske usikkerheter, og denne type måleusikkerheter skyldes enten metodefeil eller instrumentfeil. For å redusere metodeusikkerheten ble det omfattende opplæring i bruks av de ulike måleinstrumentene.

3.3.1 Luftmengder

Ved måling av lufthastighet i rommene ble det gjort logging med Testo 400 i midten av rommene. I hvert rom ble det gjort logging i 24 timer med 10 minutters måleintervall. For lufthastighet er det lav sannsynlighet for tilfeldig usikkerheter, med bakgrunn i 10 minutters måleintervall. Klasserommene består av omrøringsventilasjon, og derfor er det grunnlag for å si at strømningskonfigurasjonen i røret ikke påvirket målinger i betydelig grad. Fra leverandørens manualhefte er det oppgitt nøyaktighet på $\pm (0,03\text{m/s} + 4\% \text{ av m.v})$. Testo 400 sitt måleintervall er fra 0-5 m/s [40].

3.3.2 Lufttemperatur

Ved måling av lufttemperatur i undervisningsrommene, grupperommene og utetemperatur ble det gjort logging over fire døgn både i tredje og andre etasje. Tilfeldige usikkerheter er lav for temperaturloggninger med bakgrunn i 10 minutters måleintervall i fire dager. Temperaturen styres manuelt ± 3 °C med temperaturregulator montert på veggene i alle rommene. Dette kan gi varierende temperatur for hver enkelt rom. Lufttemperaturen er avhengig av personbelastning, og det har vært mindre menneskelig aktivitet i de utvalgte rommene som ble målt.

For målepunkt T2-4 og T3-4 kan strålingstemperatur fra sola påvirke den reelle temperaturen, og derfor ble rundt målepunktene isolert med aluminiumsfolie for å beskytte mot solstråling. Usikkerheten til lufttemperaturen er $\pm 0,5$ °C ved standard betingelse som er hentet fra termotrådene. [37].

3.3.3 PMV

For målingene av PMV ble det gjort logging med Testo 400 i midten av rommene med en vertikal høyde på 1,1 meter i alle måleposisjoner. For rommene som ligger mot det frie, er det valgt å plassere instrumentet 0,6 meter fra veggen /vinduer horisontalt. I hver måleposisjon står måleinstrument i 24 timer med 10 minutters måleintervall. PMV-usikkerheten baserer seg på instrumentets usikkerhet for

de ulike temperaturmålinger. Tilfeldig usikkerheten er igjen avhengig av personbelastning og manuell styring og data registrering. På leverandørens manualhefte står at usikkerheten til temperaturmålingene er $\pm 0,5$ °C [40].

3.3.4 CO₂, Luftens vandampinnhold, formaldehyd og TOC ref. Toluen

Ved hjelp av sporgass, ble det gjort logging av de utvalgte parameterer i midten av rommene fra torsdag til mandag for hver etasje. Målingskvaliteten i begge etasjer er avhengig av menneskelig aktivitet i alle rommene Sannsynligheten for tilfeldig usikkerheter kan være store på grunn av s

trekning av rører gjennom dører. Fordelen med denne måling er at hvis måleusikkerheten skulle inntreffe, vil det tydelig vises i resultatene og dermed være enkelt å ekskludere. Ved hjelp av programvaren i Multi-gas monitor oppfattes forstyrrelser i målinger med en avviksmelding. I denne målinger avviksmeldinger er fraværende for alle måledager, og derfor er det ikke akseptabel at målinger skal være påvirket av andre avvik.

3.3.5 Etterklangstid i kantina

Ved måling av etterklangstiden i kantina ble det gjort øyeblikks målinger. For å få representative målinger av etterklangstiden ble det gjort målinger på 32 målepunktposisjoner og 2 lydkildeposisjoner som vist i vedlegg B.1. Disse 32 målepunktene ble målt to ganger hver i tre sekunder. Siden målingene er håndholdte, vil ikke signalene være helt i ro under måling i noen måleposisjoner, som igjen kan medføre at etterklangstiden ble noe annerledes. Dette er en av grunnene til at så mange målinger ble tatt, slik at sannsynligheten for tilfeldig usikkerheter blir redusert. Støykilder fra kjøkkenet og ventilasjonen i kantina ble det slått av. Ekstern støy kan være vanskelig å redusere, men heldigvis undermåling var ingen betydelig ekstern støy.

3.4 Ørebromodellen

Ved Regionssykehuset i Ørebro har medisinsk avdeling utviklet et skjema for registrering av brukernes opplevelser av inn klimaet og hvilke plager de har på stedet. Med Ørebrorose kan en få et inntrykk av plagene og om det kan være sammenheng mellom opplevelser av inn klimaet og de registrerte symptomene. På UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble det brukt Ørebromodellen til spørreundersøkelsen av inn klimaet. Ørebromodellen antyder at normalt kan være 15-20 % klager over innemiljøet [43].

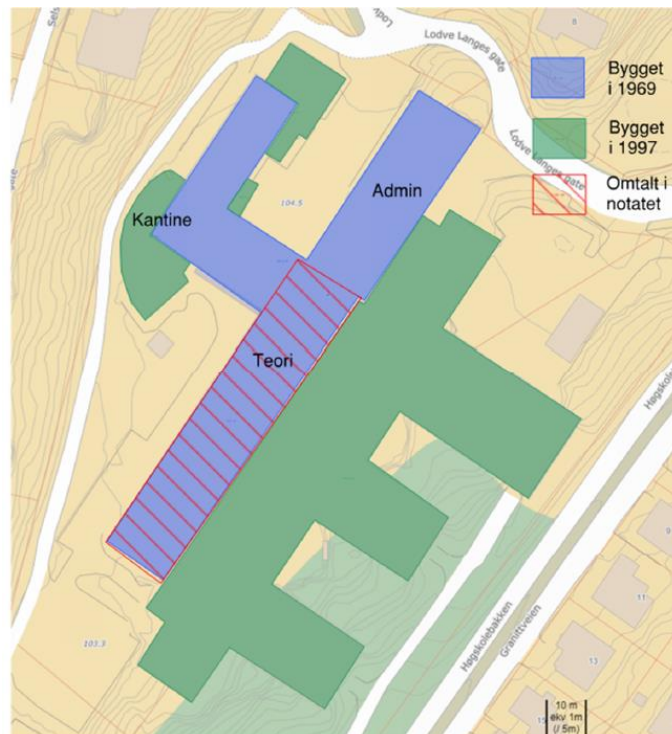
I denne oppgaven ble det sendt en spørreundersøkelse til alle ansatte ved UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik via e-post adressen og den var lagt i Nettskjema. Nettskjema er et web-basert verktøy for spørreundersøkelser, flervalgsoppgaver, på meldinger og datafangst i Forskningsprosjekter. Alle ansatte og studenter ved UiT kan logge seg i Nettskjema med feideløsning med UiT-tilbehørighet [44]. Selv om alle ansatte kan logge seg med feide, men undersøkelsen var sendt på e-post adressen som invitasjon og den var anonymt. Spørreundersøkelsen ble sendt ut som 3 skjemaer hvor i skjema 1 ble registrert hvilke klager de har på inn klimaet på arbeidsplassen. Skjema 2 omhandler symptomer /plager de opplever på arbeidsplassen. Skjema 3 omhandler akustikk i Kantina og i hvor stor grad etterklangstiden i kantina er forbedret etter rehabilitering. Skjemaet ble bygget opp slik at deltakerne kun krysser av det de opplevde av de aktuelle plagene på UiT campus Narvik. I skjema 1 og 2 er det tre avkrysningsmuligheter «Ja, ofte», «av og til» og «Nei, aldri». I skjema

3 er det 4 avkrysningsmuligheter «Forbedret i stor grad», «Forbedret i middels grad», «Forbedret i liten grad» og «Ingen forbedring». Undersøkelse sendt til alle ansatte ved UiT Narvik og det ble returnert 18 besvarte undersøkelser. Hvor 14 personer har svart at de har brukt Teorifløya og Kantina i de siste tre månedene. Dette gir en svarprosent på 77,7 %. Ørebroskjemaet som ble brukt er i vedlegg E

4 Beskrivelse av måleobjektet

UiT campus Narvik er en del av UiT Norges arktiske universitet og der er ca. 277 ansatte og 1200 studenter. UiT campus Narvik tilbyr fremtidsrettet ingeniørutdanning innenfor en lang rekke område, og i tillegg utdannes det også sykepleiere og økonomer. Representanter fra brukergruppen består av Administrasjon/ drift Campus Narvik, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi IVT, Institutt for helse og omsorgsfag IHO, Handelshøyskolen, UiT Universitetsbiblioteket i Narvik, Studentrepresentant, Akademika – bokhandel / næringsareal og Statsbygg drift Campus Narvik [45].

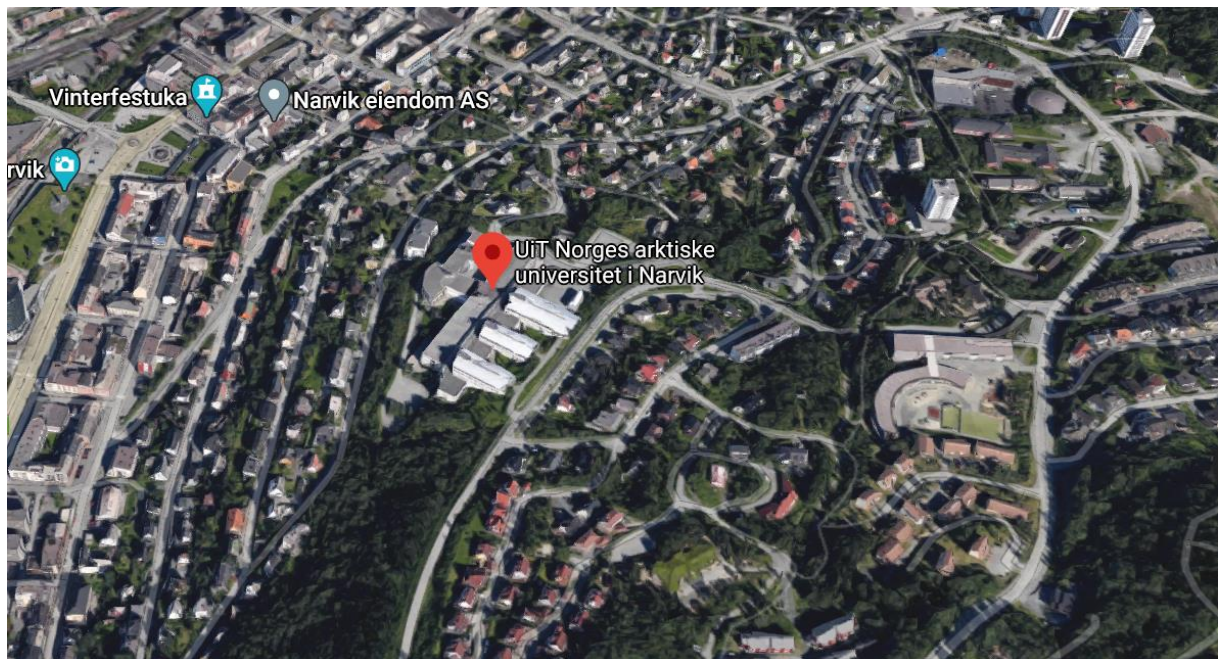
Bygget består av bygg A, B, C og D, Administrasjonsfløy, Gymfløy, Kantinedel og Teorifløy. UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik har i dag et bruttoareal på ca. 26640 m². Det eldste bygget; teori- og administrasjonsfløyen er bygget i 1969, mens del av kantine og bygg A, B, C og D er fra 1997. Eldste byggetrinn fra 1969 er ferdig oppgradert høst 2020 Driftstiden på bygget per i dag er fra 08:00 til 19:00 i arbeidsdager. I helgen blir ventilasjonsanlegget skruet av. Figuren 4-1 viser illustrasjon av UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik hvor den skraverte område er teorifløya [1].



Figur 4-1: illustrasjon av arealer fra 1969 og 1997. Det skraverte området viser arealer teorifløya [46].



Figur 4-2: UiT Campus Narvik sett fra nordvest etter oppgradering/ rehabilitering [45].



Figur 4-3: Flyfoto av UiT campus Narvik

Teorifløya består av tre etasjer, i første etasje på teorifløya er det undervisningsrom, grupperom, sosialsone, bokskap, toalett og gang. I andre etasje er det undervisningsrom, grupperom, sosial sone,

tekniskrom, toalett og gang. I tredje etasje er det undervisningsrom, grupperom, sosialsone, auditorium, møterom, toalett og gang. Plantegninger og rominndeling vises i vedlegg B.

Teorifløya har gode daglysforhold fra vest og sørfasaden som ligger mot frie og øst fasaden ligger mot glassgata. Lysene i teorifløya reguleres av bevegelsesdetektorer og manuell styring montert i hvert rom. På sør- og vestfasaden er det montert utvendig bevegelig solavskjerming for å unngå uønsket solstråling, varmestråling og andre uønskede forhold [1].

4.1 Ventilasjon

Ved oppgradering av teorifløya ble det fullstendig utskifting av alle kanaler i plan 1, 2,3. I det nye planløsning med et stort antall undervisningsrom og grupperom ble plassert nye ventilasjoner. De gamle aggregater ble behold, men aggregater og ventilasjonssjakter hadde for liten kapasitet til å dekke luftmengdebehovet. De eksisterende ventilasjonsaggregatene dekket ikke luftmengdekravet, dermed ble det bygg opp nytt teknisk rom i 4. etasje. Ventilasjonsaggregatet i 4. etasje dekker luftmengdebehovet i 3. etasje, mens 2. og 1. etasje forsynes fra ventilasjonsaggregatet i kjelleren.

Det er et behovstilpasset ventilasjonsanlegg med variable luftmengder (VAV) for å redusere energibehovet til ventilasjon installeres. Behovstilpasset ventilasjonsanlegg med variable luftmengder (VAV) regulerer luftmengden etter behov i alle lokaler med varierende personbelastning. I teorifløya er det omrøringsventilasjonssystem både i plan 1 ,2 og 3. Store deler av undervisningsrommene, grupperommene og gangen har åpne føringer med store kanalføringer.

Det ble installert ventilasjonskjøling på samtlige aggregater og lokal kjøling i undervisningsrom og grupperom. En ny kjølemaskin produserer isvann til ventilasjonskjøling og den er plassert i nytt teknisk rom på taket i teorifløya med tørrkjøler plassert på taket utenfor. Lokal kjøling på teori fløya ble løst med kombibaffler for kombinert tilførsel av til luft og kjøling. I dag styres klimaet i undervisningsrom og grupperom via lokale romregulatorer som er tilknyttet SD-anlegget med aktuatorer (VAV-spjeld og motorventiler), og lokale givere (temperatur, CO₂ og tilstedeværelse) [47],[1].

4.2 Oppvarming

Varmesentralen i UiT Narvik består av to oljekjeler og en elektrokjel og disse ble brukt etter hva som er det rimeligste alternativ. Varmesentralen dekker til tappevann, samt radiatorer, gulvvarme i glassgate og ventilasjon i hele bygget. I dag oppvarmes teorifløya i hovedsak med radiatorer, Temperaturen i undervisningsrom og grupperom styres via lokale romregulatorer som er tilknyttet SD-anlegget. Temperatur kan styres (-3/ +3) med manuelle overstyring med brytere montert i grupperom og undervisningsrom[47], [1].

4.3 Akustikk

UiT campus Narvik har Kantina som består av en øvre del, en nedre del og Kjøkken- og serveringsområde. Til sammen har øvre og nedre delen kapasitet til ca. 220 sitteplasser. Takhøyden i øvre delen og nedre delen av kantina varierer fra 2.8 meter til 3.6 meter. Fasaden av den nedre delen av kantina består av store glassarealer som gir gode lysforhold og utsikt. I oppgraderingstiltaket har kjøkken, serveringsområde og møterom ikke vært med. Etter oppgradering av kantina ble det nye møbler lagt til rette for hyggelige soner hvor dagens lunsj nytes, og arrangementer kan avholdes. Noen soner og møbler utført med materialer som gir god lydabsorpsjon og har positiv effekt på

romakustikken. Den nedre delen av kantina ble oppgradert både innvendig og utvendig. For å forbedre akustikkforholdet, er det brukt lydabsorbenter på veggen mellom vinduer og himling. I tillegg er det plassert sofastoler med gode lydabsorbenter i både nedre- og øvre delen av kantina. Den himlingen i den øvre delen av kantina ble malt, ellers serveringsstedet, kjøkken og gangen ikke forandret [48].

5 Resultater

Alle parameterer som ble målt i teorifløya og kantina, blir presentert i dette kapittelet. Tabellen nedenfor viser en oversikt over de utvalgte parameterer målt i inneklimate.

Tabell 5-1, oversikt over de utvalgte inneklimate gjennomført i teorifløya der, L= logging, og Ø= øyeblikksmålinger.

Parameter	Tredje etasje E3220, E3160, E3171				Andre etasje E2491, E2471, E2463			
	Dato	Klokkeslett	L	Ø	Dato	Klokkeslett	L	Ø
Lufttemperatur	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00	X	
Lufthastighet	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00 (E3220) 11:00-11:00 (E3160) 12:00-12:00 (E3171) 13:00-13:00 (E3171)	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00 (E2491) 11:00-11:00 (E2471) 12:00-12:00 (E2463) 13:00-13:00 (E2463)		
PMV	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00 (E3220) 11:00-11:00 (E3160) 12:00-12:00 (E3171) 13:00-13:00 (E3171)	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00 (E2491) 11:00-11:00 (E2471) 12:00-12:00 (E2463) 13:00-13:00 (E2463)	X	
Relativ- luftfuktighet	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00 (E3220) 11:00-11:00 (E3160) 12:00-12:00 (E3171) 13:00-13:00 (E3171)	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00 (E2491) 11:00-11:00 (E2471) 12:00-12:00 (E2463) 13:00-13:00 (E2463)	X	
Luftens vanndampinnhold	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00	X	
CO ₂	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00	X	
TOC ref. Toluene	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00	X	
Formaldehyd	25.02.2021- 01.03.2021	10:00-10:00	X		04.03.2021- 08.03.2021	10:00-10:00	X	

Tabell 5-2, viser oversikt over måling av etterklangstid i kantina der Ø= øyeblikksmåling, L= logging

Måling av etterklangstiden i kantina				
Parameter	Dato	Klokkeslett	L	Ø
Etterklangstid	27.01.2021	16:00-18:00		X

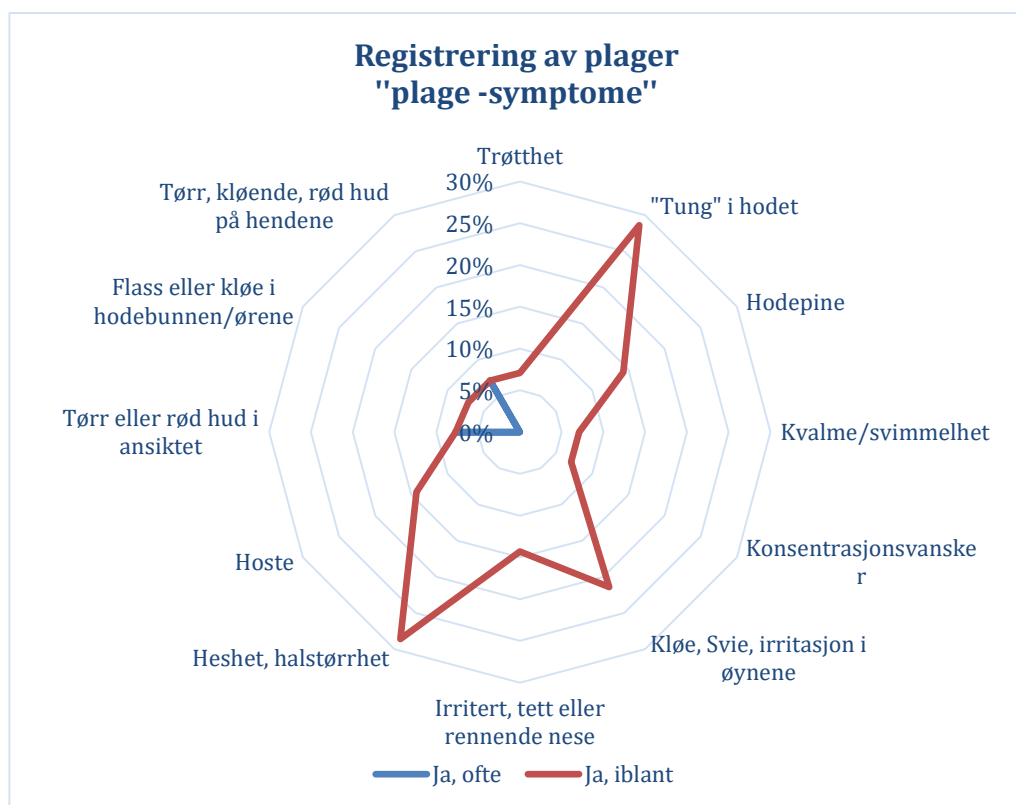
5.1 Ørebroundersøkelsen

I ørebroundersøkelsen som ble svart av ansatte ved UiT campus Narvik, ble «Ja, Ofte» og «Ja, ibland» tatt med i betraktning i skjema 1 og 2. I skjema 3 ble «Forbedret i stor grad» er tatt med videre for tolkning/ analysing av etterklangstid i kantina. Blå felt viser antall personer i prosent som opplever miljøfaktorene og symptomer ofte, mens den røde-felten viser antall i prosent som opplever miljøfaktorene og symptomene av og til. Prosent intervallet går fra ca. 0-45 % ved registrering av klager på miljøfaktorer ifølge figur 5-1, og ca. 0-30 % ved registrering av plage-symptomer ifølge figur 5-2.



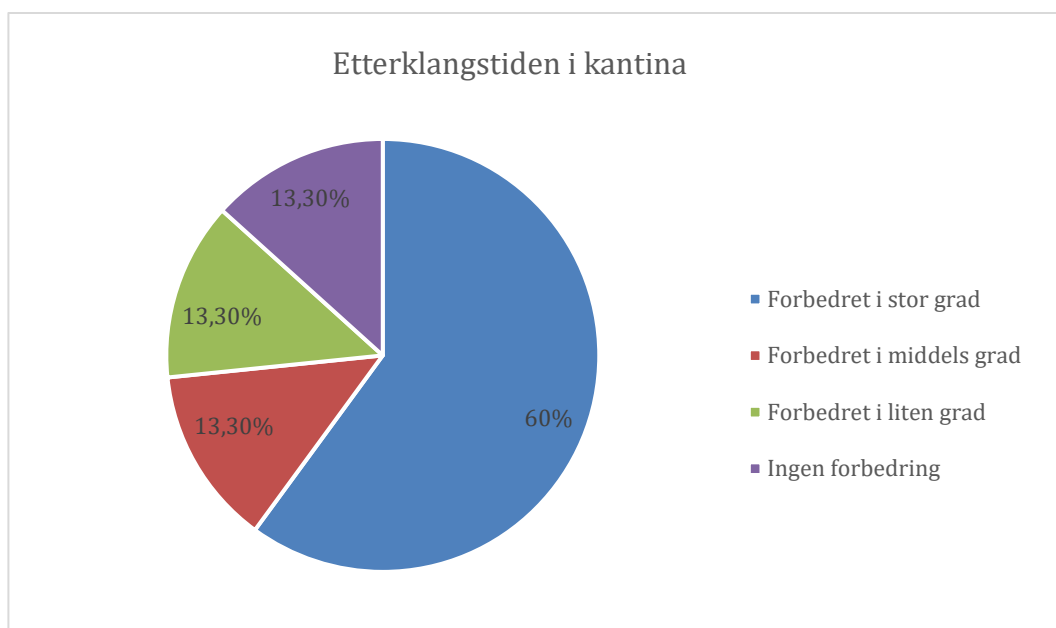
Figur 5-1: Ørebrosere av registrerte klager på inneklimate på UiT campus Narvik

Figuren 5-1 viser de registrerte klager på inneklimate ved bruk av en Ørebrosere. Figuren viser ulike utslag på miljøfaktorer både ved «ja, ofte» og «Av og til». Ved «ja, ofte» viser det utslag på miljøfaktorer, der "Tørr luft", "Statisk elektrisitet som gjør at du lett får støt" og "andre forhold" ligger under 10%. Ved "Av og til" viser det utslag på miljøfaktorer der "Tørr luft" ligger over 40% og er den største utslaget. Figuren 5-1 viser videre at rundt 30% av ansatte opplever innestengt (dårlig) luft. Over 20% av de opplever for lav romtemperatur og ubehagelig luft. Videre viser figuren 5-1 at over 10% av ansatte opplever ubehagelig arbeidsstilling, og andre utslag er under 10%.



Figur 5-2: Ørebrorose av symptomer ansatte på UiT campus Narvik opplever.

Figuren over viser registrerte plager/ symptomer ansatte ved UiT campus Narvik opplever i Teori fløya. Ved «ja, ofte» er det under 10% som opplever «Tørr eller rødhud i ansiktet» og «tørr, kløende, rød hud på hendene». Figuren 5-2 viser at klager ved «ja, iblant» utgjør det største utslaget på symptomet, «Tung i hodet» og «Heshet, halstørrhet» som utgjør ca. 30 %. Omtrent over 20% av dem opplever kløe, svie, irritasjon i øynene. Videre viser figur at 15 % av de ansatte opplever «irritert, tett eller rennende nese», «Hodepine» og «Hoste». Ellers viser figuren at resten av faktorene i figuren over ligger på ca. 10 %.

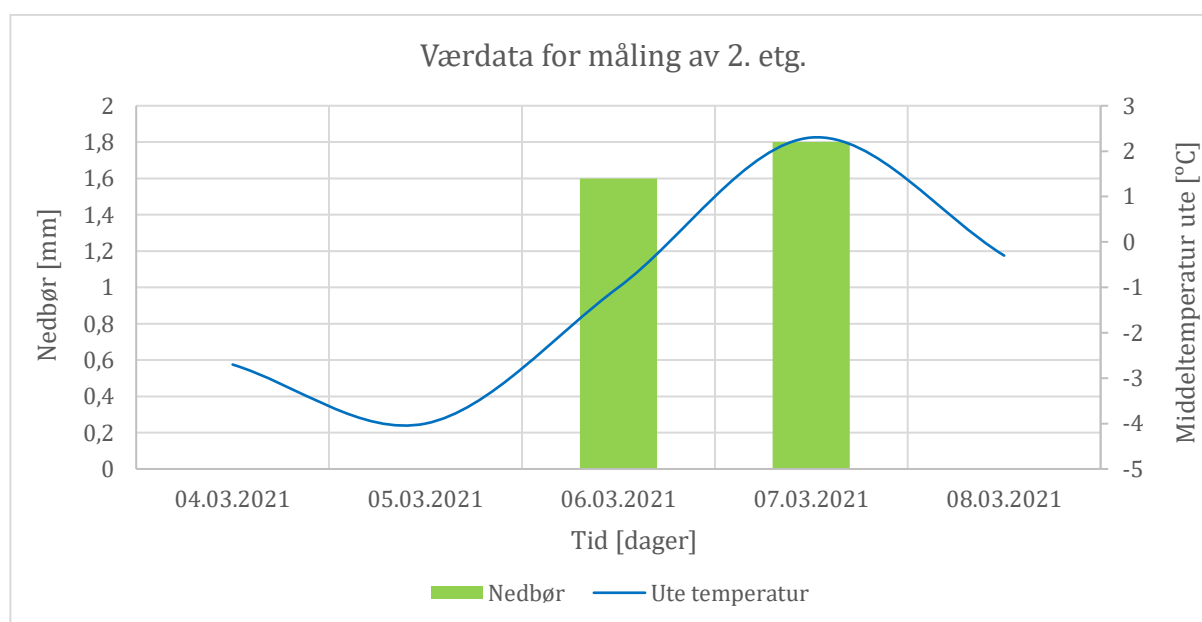


Figur 5-3: Sektordiagram, forbedrings graden av etterklangstiden i Kantina ved UiT campus Narvik.

Figuren over viser meningsfordeling om etterklangstiden i kantina spurt ansatte ved UiT campus Narvik i en spørreundersøkelse. Figuren 5-3 viser at 60 % av de ansatte synes etterklangstiden i kantina forbedret i stor grad. Mens ca. 13 % synes etterklangstiden i kantina er forbedret i henholdsvis, middelsgrad, liten grad og ingen forbedring.

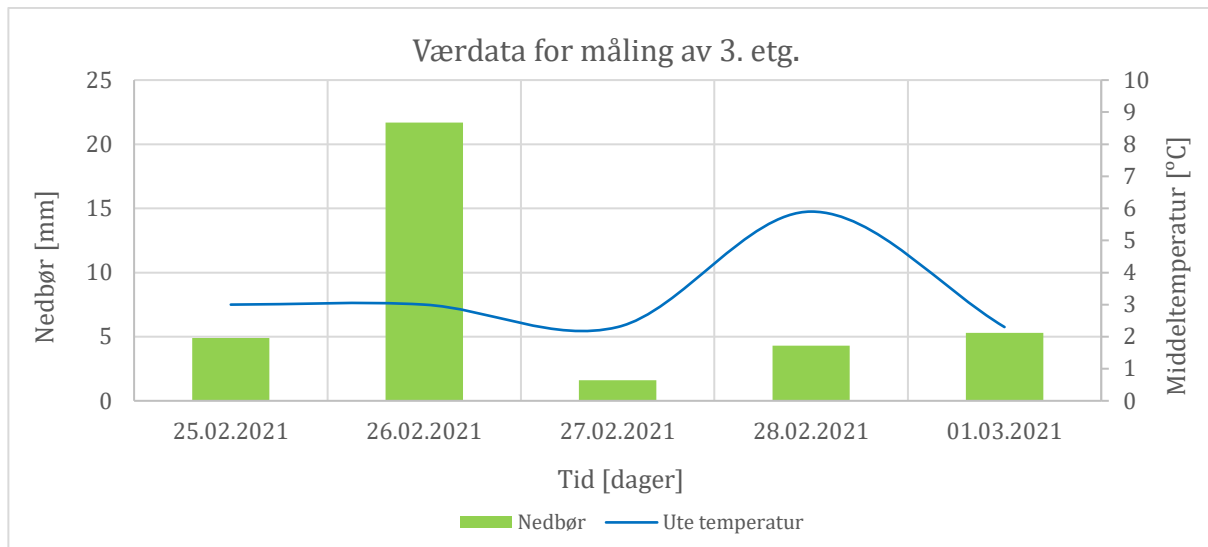
5.2 Utendørs klimaforhold

Nedbørsmengder og utetemperatur er de mest viktigste og avgjørende faktorer som påvirker inneklimaet. For analysering av inneklima er det hentet værdata fra den nærmeste målestasjonen (SN84701), som ligger i Narvik sentrum ca. 1 km fra UiT campus Narvik. Målestasjonen ligger 31 moh. og ble opprettet i desember 2018. Stasjonen måler temperatur, vind og nedbør [49].



Figur 5-4: Værdata for 2. etasje fra torsdag til mandag.

Figuren over viser illustrasjon av middeltemperatur og nedbørsmengde fra værstasjonen i Narvik sentrum for periode torsdag-mandag. I helgen er det registrert nedbør med henholdsvis 1,6 mm og 1,8 mm. Temperaturen synker fra ca. -3 °C torsdagen til -4 °C fredagen, og på lørdagen stiger temperaturen ut søndagen fra cirka -2 °C til +2 °C. På slutten av søndagen stopper nedbøren og temperaturen synker igjen mot minus grader [49].

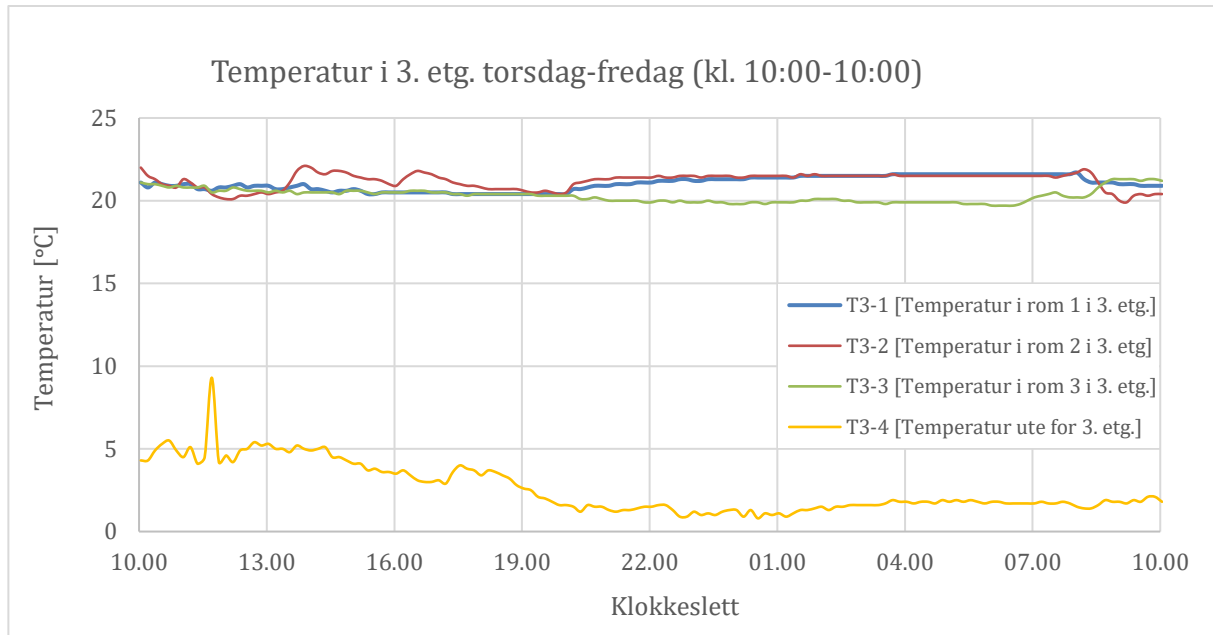


Figur 5-5: Værdata for 3. etasje fra torsdag til mandag.

Figuren over viser illustrasjon av nedbørsmengde og middeltemperatur for periode torsdag til mandag fra værstasjon i Narvik sentrum. Illustrasjonen viser varierende nedbørsmengde i løpet av målingsperioden, hvor nedbørsmengden er registrert henholdsvis 4,9 mm, 21,7 mm, 1,6 mm, 4,3 mm og 5,3 mm. Middeltemperaturen registrert cirka +3 °C på torsdagen og fredagen og +2 °C på lørdagen. Temperaturen stiger kraftig fra cirka +2 °C til +6 °C, men synker tilbake igjen på rundt +2 °C på mandagen [49].

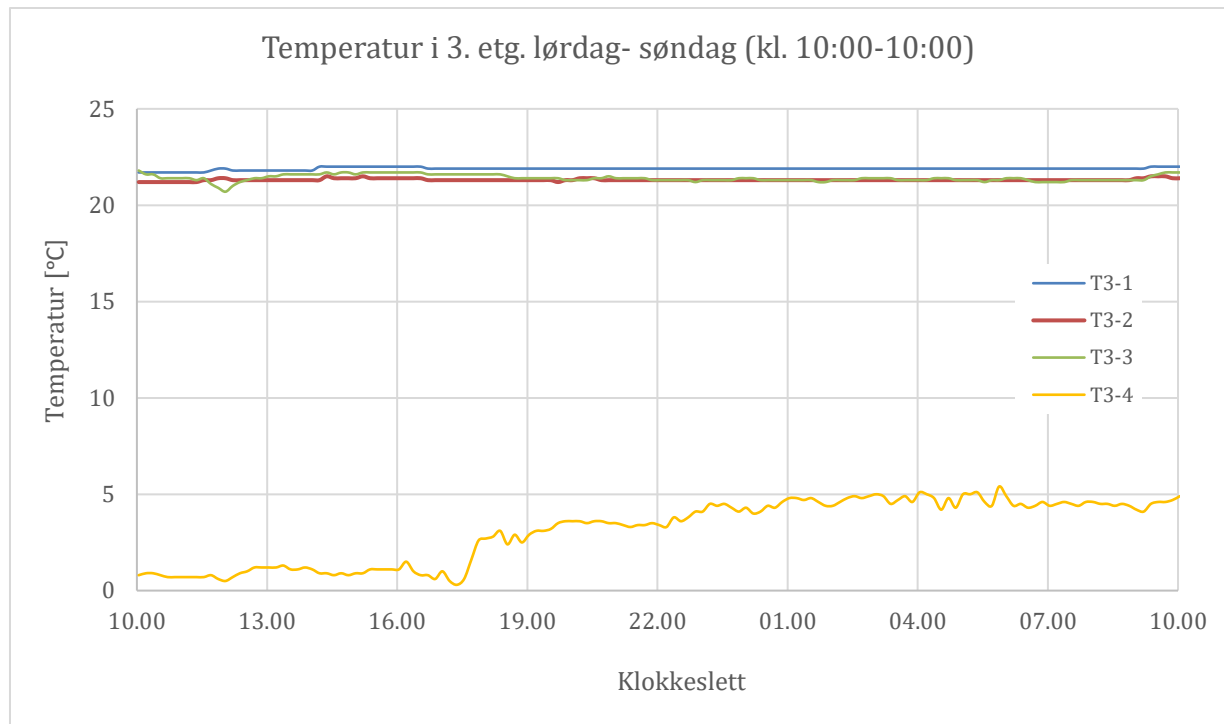
5.3 Lufttemperatur

Det ble brukt Hioki for å logge inne- og utetemperatur. Termotråden for utetemperatur ble plassert ca. 20 cm fra ytterveggen på utsiden av vinduet. Innnetemperaturen ble målt i midt av rommene i begge etasjer. Målingen ble igangsatt på torsdag kl. 10:00 til mandag kl. 10:00. Relevante data for denne undersøkelsen ble plukket og fremstilt i figurer. Temperatur resultatene for hele måleperioden er framstilt i vedlegg I, G.



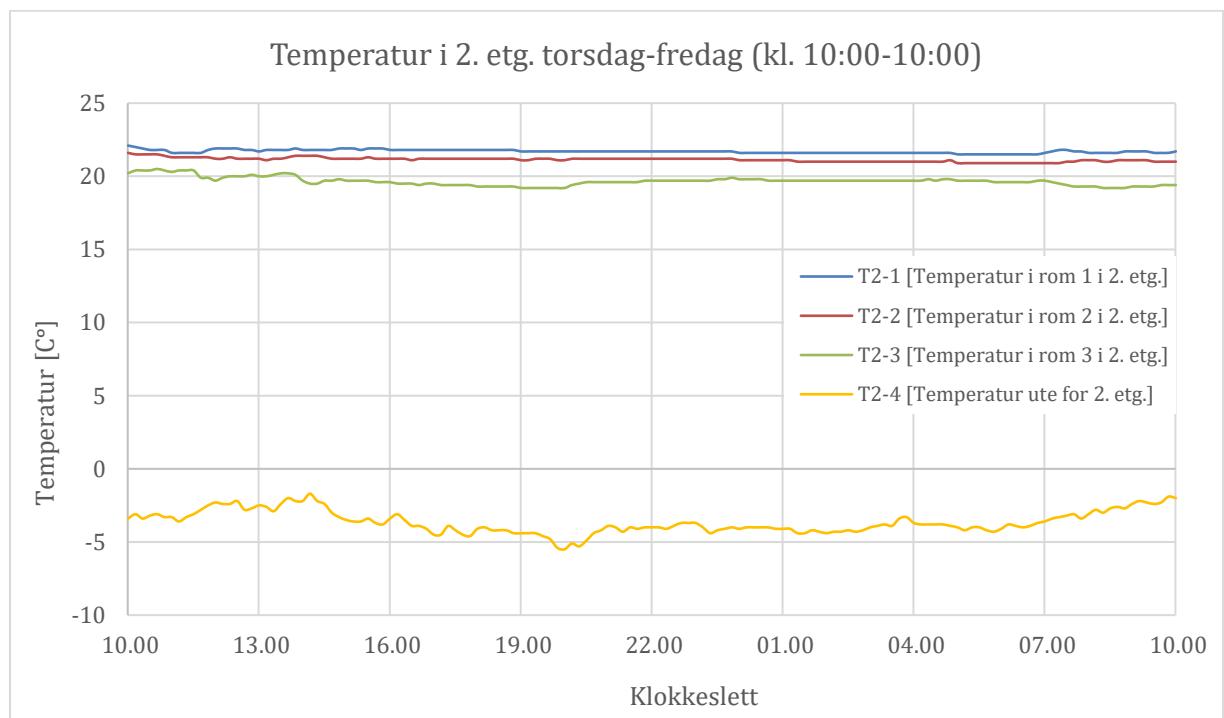
Figur 5-6: temperaturvariasjoner for 3. etasje fra Torsdag-fredag.

Figuren over viser temperaturvariasjoner for 3. etasje fra Torsdag-fredag (kl. 10:00-10:00). Utendørs temperaturen (T3-4) holder seg nesten konstant mellom kl. 10:00 til kl. 15:00 bortsett fra en stor stigning rundt kl. 12:00. Deretter avtar temperaturen gradvis til rundt kl. 17:00 og stiger i en liten periode igjen. Ellers holder temperaturen seg konstant fra kl. 20:00 til 10:00 dagen etter. Temperaturen i undervisningsrom (T3-3) holder seg ganske stabil rundt 21 °C -22 °C fra kl. 10:00 til 19:00, og deretter synker temperaturen til rundt 20 °C til kl. 07:00. Temperaturen stiger igjen til ca. 21 °C fra kl. 07:00 til 10:00. Temperaturen i undervisningsrommet (T3-2) mot glassgata er ustabile mellom 20 °C til 21 °C fra kl. 10:00 til 21:00, og deretter holder seg ganske konstant rundt 21,5 °C til dagen etter kl. 08:00. Temperaturen i grupperommet (T3-1) holder seg ganske konstant rund 20 °C til 21 °C fra kl. 10:00 til 20:00, og deretter stiger temperaturen til 21 °C til 22 °C utover natta. Rundt kl. 08:00 til 10:00, synker temperaturen igjen til rundt 20 °C til 21 °C.



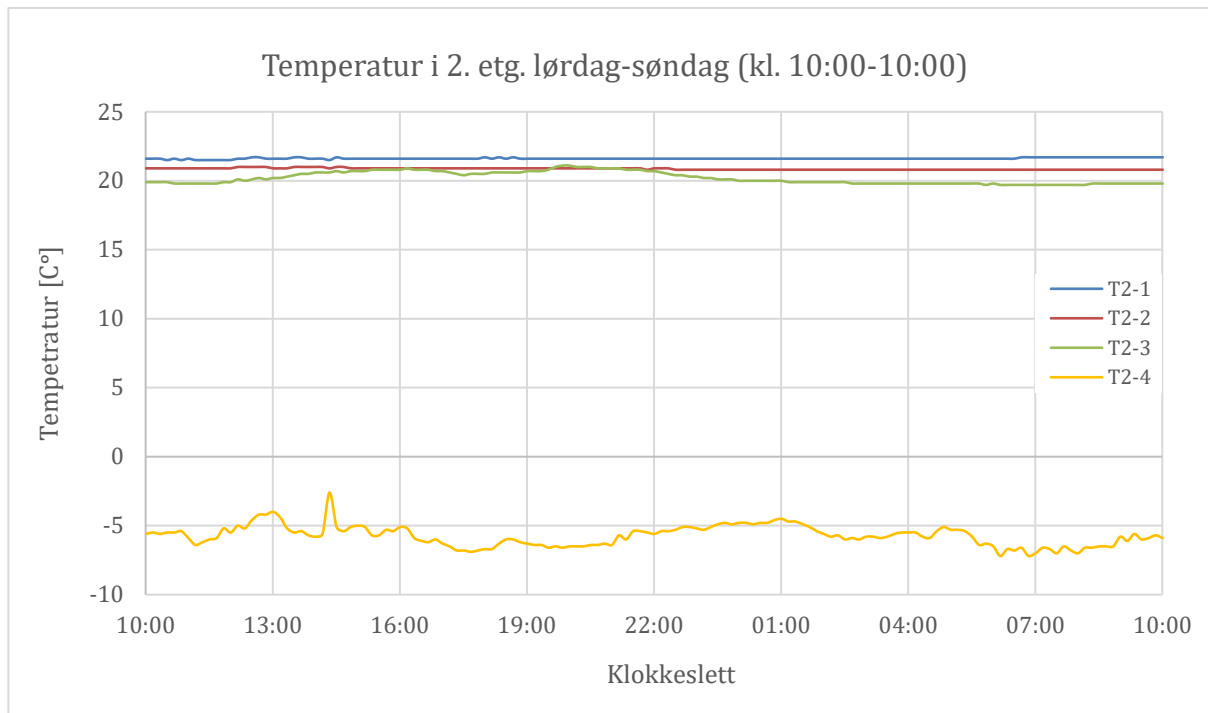
Figur 5-7: temperaturvariasjoner for 3. etasje fra lørdag-søndag

Figuren over viser temperaturvariasjoner for 3. etasje fra lørdag-søndag (kl. 10:00-10:00). Utendørs temperaturen (T3-4) er rundt 0 °C til +1 °C fra kl. 10:00 til 17:00, og deretter stiger til rundt 5 °C til søndagen kl. 10:00. Innetemperaturen T3-1, T3-2 og T3-3 holder seg ganske stabile rundt 21 °C til 22 °C gjennom hele helgen.



Figur 5-8: temperaturvariasjoner for 2. etasje Torsdag-fredag.

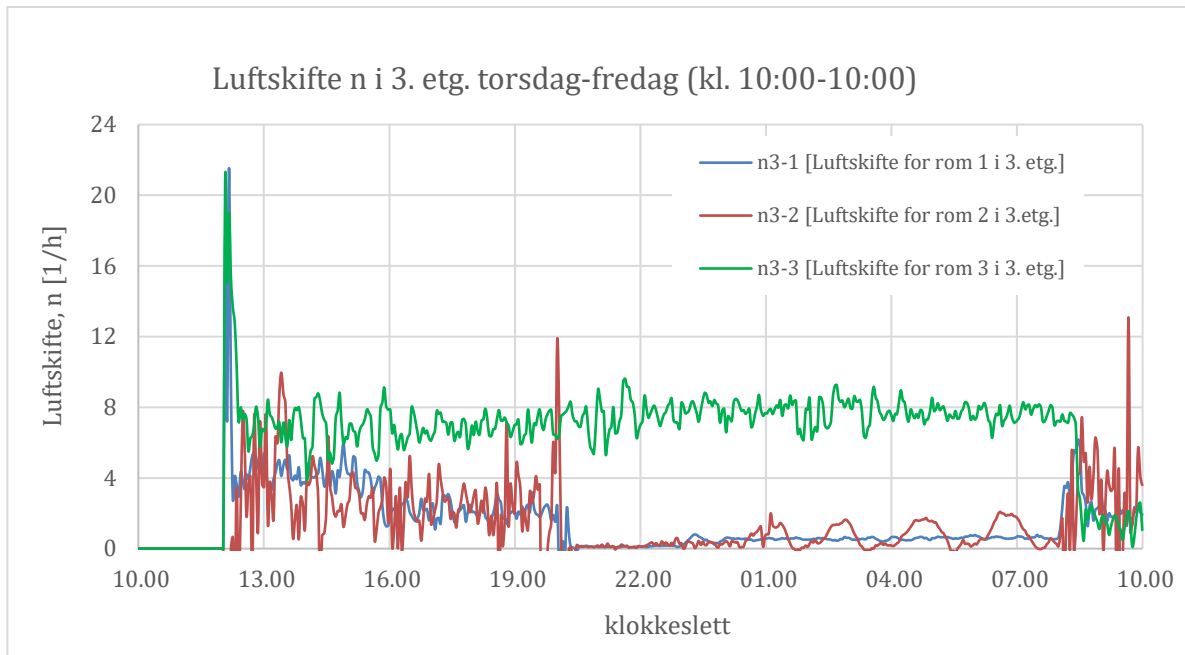
Utendørstemperaturen er rundt -3 °C fra kl. 10:00 til 14:00, og dette synker til ca. -5 °C frem til kl. 07:00 på fredagen. Temperaturen stiger igjen opp til rundt -3 °C. Temperaturen i undervisningsrommet (T2-3) holder seg rundt 19 °C til 20 °C med en del variasjoner, men holder ganske konstant rundt 20 °C fra kl. 20:00 til 07:00 på fredagen. Etter kl. 07:00 synker temperaturen igjen til ca. 19 °C. T2-2 og T2-1 mot glassgate holder seg ganske konstant rundt 21 °C gjennom hele døgnet.



Figur 5-9: temperaturvariasjoner for 2. etasje fra lørdag-søndag

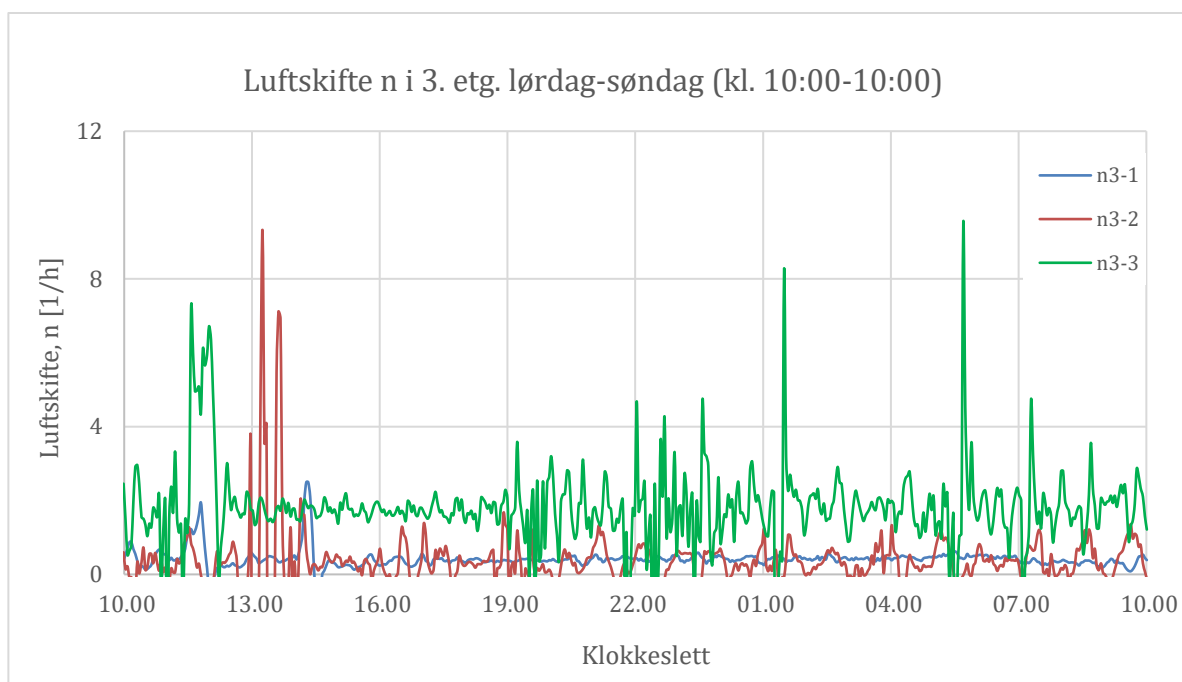
Utendørs temperaturen (T2-4) holder mellom -2 °C til -7 °C gjennom døgnet. Undervisningsrommet (T2-3) har en varierende temperatur mellom 20 til 21 °C i løpet av døgnet. T2-2 og T2-1 som ligger mot glassgate har en mer stabil temperatur på rundt 20 °C til 21 °C i løpet av døgnet.

5.4 Luftmengde



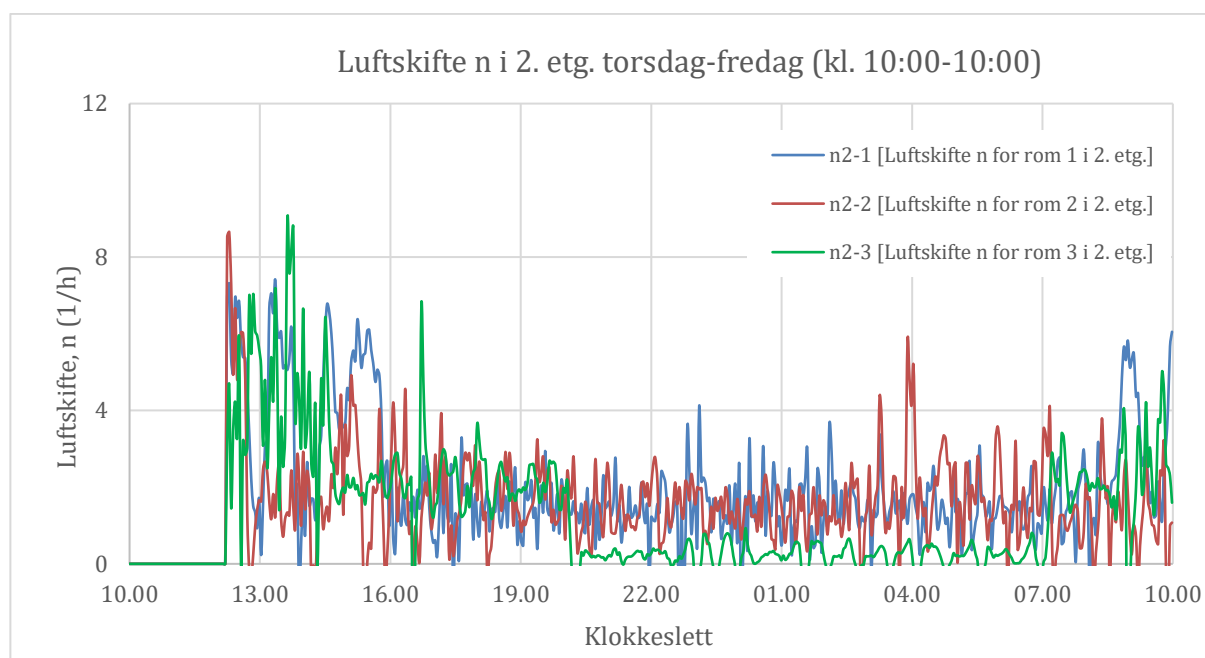
Figur 5-10: Luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser variasjoner av luftskifte i 3. etasje fra torsdag-fredag. n3-1 ligger rundt 22 luftskifte rundt kl. 12:00, og synker kraftig til rundt 4-8 luftskifte frem til kl. 13:00. n3-1 synker gradvis fra ca. 5 luftskifte til 2 luftskifte mellom kl. 13:00 og 20:00, og deretter ligger rundt 1 luftskifte over natta. n3-1 stiger igjen da ventilasjonen skrus på kl. 07:00. n3-2 ligger rundt 1-8 luftskifte mellom 12:00 til 20:00 med unntak av noen store variasjoner rundt kl. 14:00 og 19:30. Ellers ligger n3-2 rundt 1-2 luftskifte fra kl. 20:00 til 08:00 på fredagen, og stiger igjen da ventilasjonen skrus på. n3-3 ligger rundt 22 luftskifte kl.12:00, og avtar kraftig til rundt 8 luftskifte etter kort tid. n3-3 holder seg ganske stabile gjennom hele døgnet med unntak av noen variasjoner mellom kl. 12:00 til 16:00, og stiger igjen til kl. 07:00 da ventilasjonen skrus på. Luftskifte over hele perioden for begge etasjer finnes i vedlegg [F.6](#), [H.6](#).



Figur 5-11: Luftskifte i 3. etasje fra lørdag til søndag.

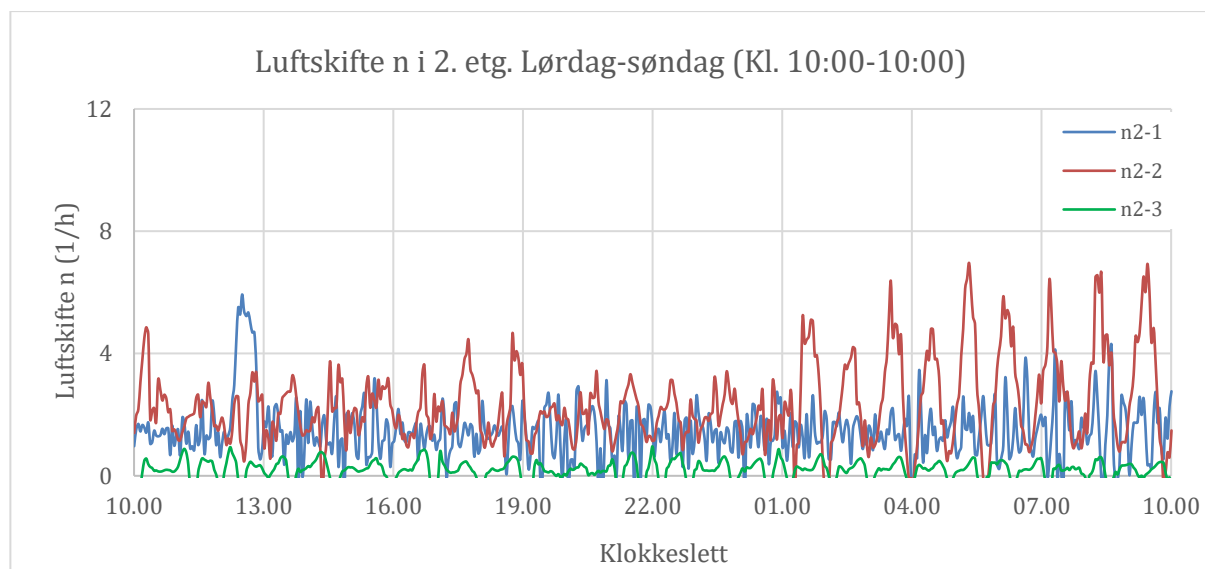
Figuren over viser luftskifte for 3. etasje fra lørdag-søndag. Luftskifte n3-1 ligger ganske stabilt rundt 2 luftskifte gjennom hele døgnet med noen store variasjoner rundt kl. 12:00 og rundt kl. 14:00. Luftskifte n3-2 ligger også ganske stabil rundt 1-2 luftskifte gjennom hele døgnet med noen store variasjoner mellom kl. 13:00 til 14:00. Luftskifte n3-3 er ganske ustabil i løpet helgen. Det viser seg at luftskiftet varierer fra ca. 1-10 luftskifte i løpet av helgen.



Figur 5-12: Luftskifte i 2. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser variasjoner av luftskifte i 2. etasje fra torsdag- fredag. Luftskifte n2-1 ligger mellom 1-7 luftskifte mellom kl. 12:00 til 16:00, og synker til rundt 2-4 luftskifte over natta. Fra kl. 07:00

luftskiftet stiger igjen til rundt 1-7 luftskifte til kl. 10:00. luftskifte n2-2 ligger rundt 9 luftskifte kl. 12:00, og synker kraftig til rundt 1-5 luftskifte kl. 13:00. Dette nivået fortsetter gjennom hele døgnet med unntak av noen variasjoner rundt kl. 04:00. Luftskiftet n2-3 ligger mellom 1-9 luftskiftet mellom kl. 12:00 til 16:00, og deretter synker til rundt 2-4 luftskifte mellom kl. 17:00 til 21:00. Etter kl. 21:00 avtar luftskiftet kraftig til rundt 1-2 luftskiftet over natta, og stiger igjen til 1-5 luftskifte på fredag morgen rundt kl. 07:00.

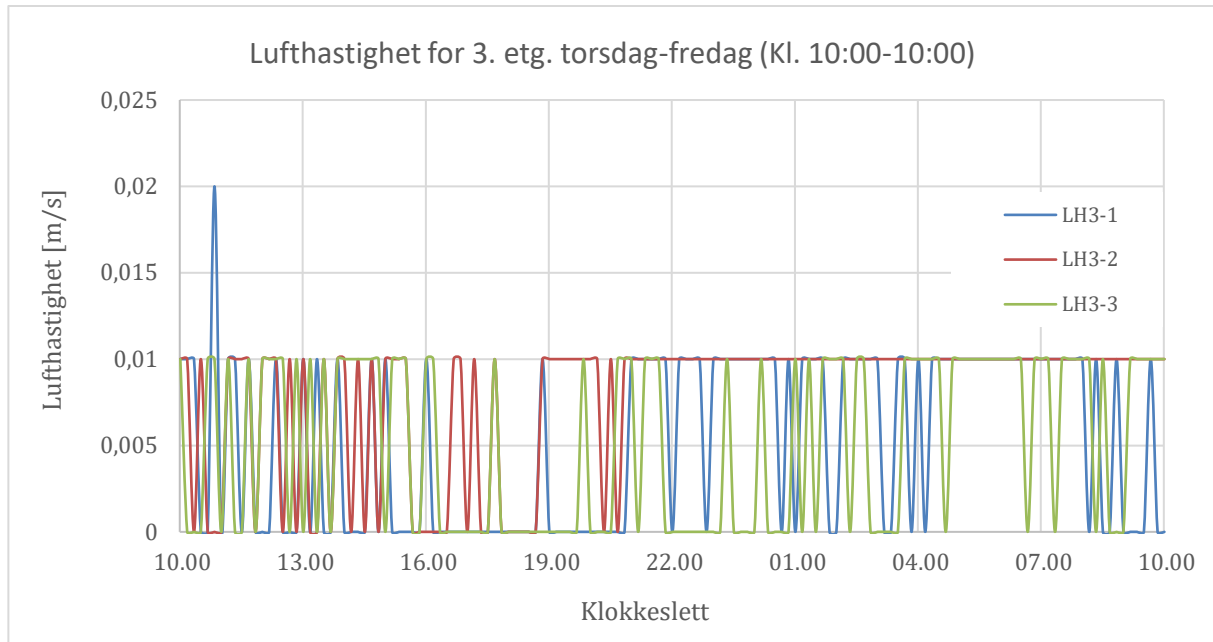


Figur 5-13: Luftskifte i 2. etasje fra lørdag til søndag.

Figuren over viser variasjoner av luftskifte i 2. etasje for helgen. Det viser seg av grafen at n2-1 ligger rundt 2-4 luftskifte gjennom hele døgnet med unntak av en stor stigning rundt kl. 13:00. n2-2 ligger mellom 1-5 luftskifte fra kl. 10:00 til 01:00 i natt, og stiger til maks 7 luftskifte frem til kl. 10:00 på søndagen. Men for rom n2-3 ligger luftskiftet ganske stabile rundt 1-2 luftskiftet gjennom hele døgnet.

5.5 Lufthastighet

PMV-måler ble brukt til å logge lufthastigheten i både 2. og 3. etg. Lufthastigheten ble målt på en høyde på 1,1 m overgulvet i alle rommene.

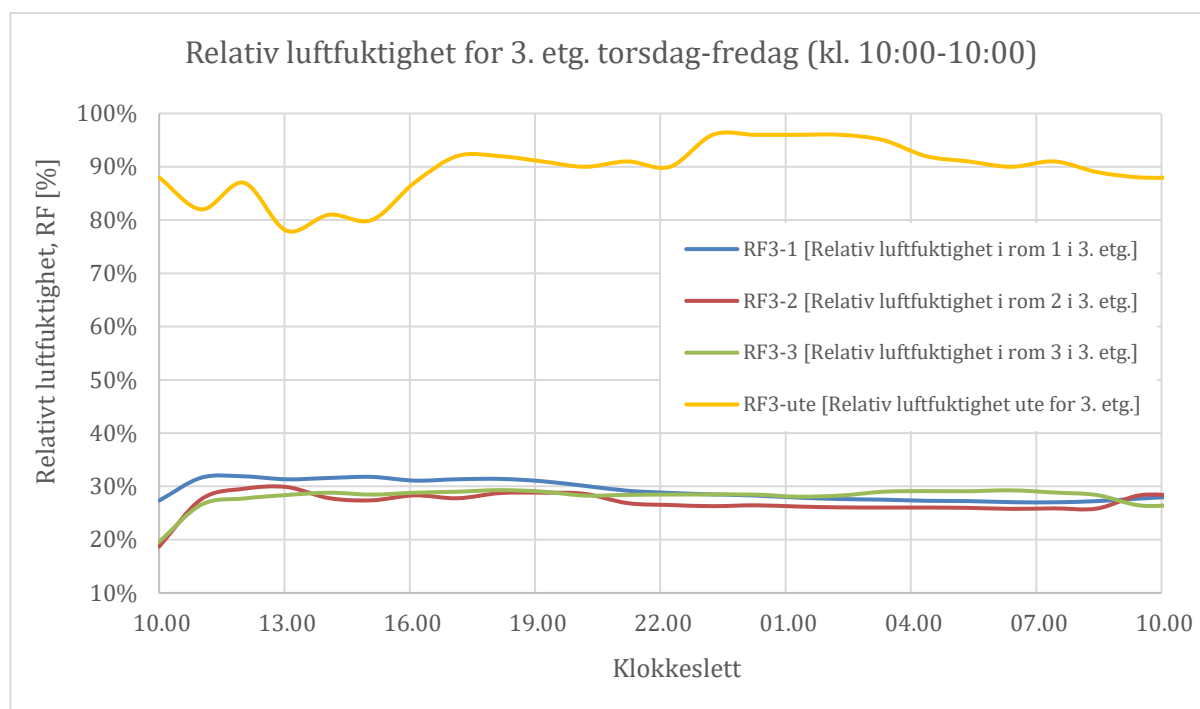


Figur 5-14: Lufthastighet for 3. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser lufthastighet i 3. etasje hvor den høyeste lufthastighet er registrert rundt 0,01 m/s. Lufthastigheten i 2. etasjen er registrert er ganske like med 3. etasjen hvor den høyeste lufthastigheten er ca. 0,01 m/s.

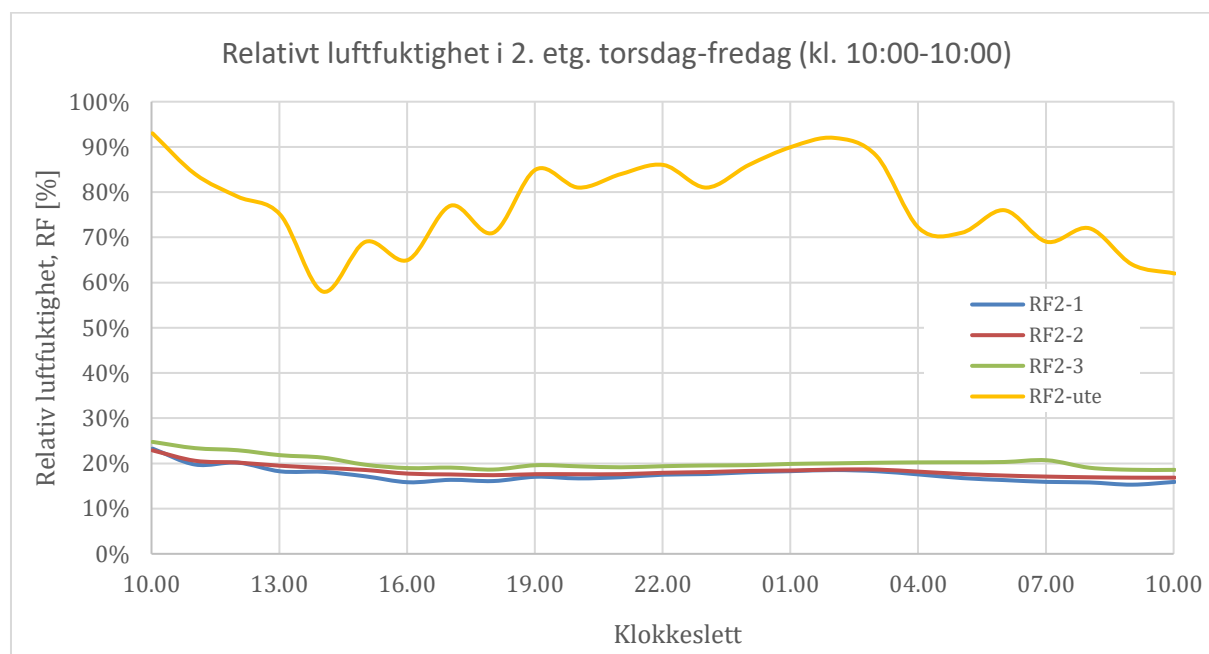
5.6 Relativ luftfuktighet

Det er gjennomført logging av vandampinnhold i 3. og 2. etasje ved hjelp av Mult-gas monitor. Måleperioden er blitt valgt til å være i fire døgn (torsdag-mandag) fra kl. 10:00-10:00 hvor måleintervallet på disse resultatene er tilnærmet fire minutter. Relativ luftfuktighet er forholdet mellom vandampinnholdet og metningstrykk. Metningstrykket er beregnet ved å bruke temperaturverdier fra Hioki. Loggingsintervallet på vandampinnholdet var på ca. 4 minutter, mens loggingsintervallet på temperaturen var på 10 minutter. For å finne så nært som mulig loggingsintervall, er det valgt å fortynne loggingsdataene på ca. en time for vandampinnholdet, metningstrykk og romtemperaturen. Det er brukt formelen (4), (5) fra kapittelet 2.2.6 til beregning av relativ luftfuktighet. Relativ luftfuktighet for utendørs ble registrert daglig under målingen, også er hentet fra yr.no [50]. Detaljert målingsdata for hele perioden for RF for begge etasjer i vedlegg G.2.1.2.



Figur 5-15: Relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag til fredag.

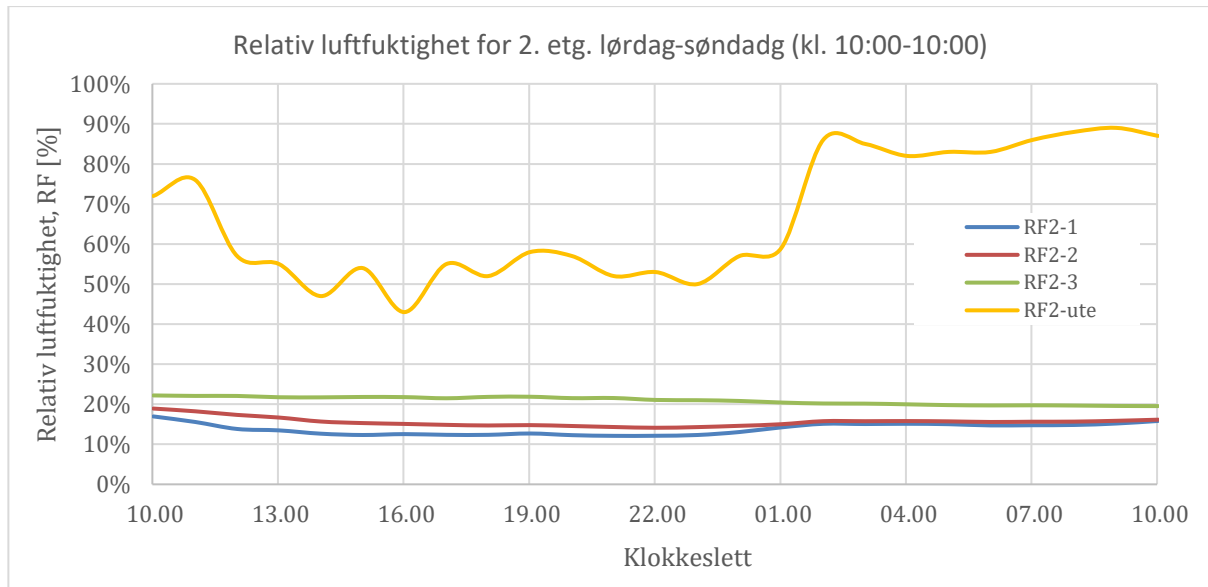
Figuren over viser utvikling av relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag til fredag (kl.10:00-10:00). Utendørs luftfuktighet ligger omtrent mellom 78 og 96 %. Relativ luftfuktigheten i grupperom (RF3-1), undervisningsrom mot glassgate (RF3-2) og undervisningsrom mot yttervegg (RF3-3) holder seg i området 33 til 18 % gjennom hele døgnet.



Figur 5-16: Relativ luftfuktighet for 2. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser utvikling av relativ luftfuktighet for 2. etasje fra torsdag til fredag kl. 10:00-10:00. Utendørs relativ luftfuktighet ligger rundt 94 % på torsdagen kl. 10 da målingen settes i gang, men faller ned til ca. 58 % rundt kl. 14:00. Grafen stiger med noen variasjoner til ca. 92 % rundt kl. 02:00

om natta, og synker igjen tilbake ca. 62 % rundt kl. 10:00 på fredagen. Relativ luftfuktighet for grupperom (RF2-1) ligger i rundt 25 % kl. 10:00, men noen variasjoner holder seg rundt 20 % til fredagen kl. 10:00. RF2-1 har den laveste verdien i forholdet til andre rommene. RF2-2 ligger i samme området RF2-1 kl. 10:00, og holder mer stabile rundt 20 % enn RF2-1 gjør. RF2-3 ligger rundt 26 % kl. 10:00 og faller sakte til rundt 20 % kl. 16:00, og holder seg ganske stabilt til rundt kl. 07:00 dagen etterpå. Etter kl. 07 synker grafen med 2-3 % til kl. 10:00.



Figur 5-17: Relativ luftfuktighet for 2. etasje fra lørdag til søndag.

Figuren over viser utvikling av relativ luftfuktighet for 2 etasje fra lørdag til søndag (kl. 10:00 - 10:00). Relativ luftfuktigheten utendørs ligger rundt 75 %. Deretter faller grafen ned mot ca. 43 % med noen variasjoner i området 43% til 58 % til kl. 01:00 om natta. Etter kl. 01:00 stiger grafen opp til 88 % til søndagen. RF2-1 har den laveste verdien som ligger rundt 18 % kl. 10:00. Rundt kl. 12:00 ligger relativ luftfuktigheten på ca. 12 %, og forsetter i samme nivå til rundt kl. 24:00. Fra kl. 01 til kl. 10 ligger relativ luftfuktigheten stabilt rundt 16 %. RF2-2 følger samme trenden som RF2-1 men litt høyere relativ luftfuktighet. RF2-3 ligger rundt 22 % fra kl. 10 til kl. 22, men faller til rundt 20 %, og holder seg stabilt på samme nivå til kl. 10 på søndagen.

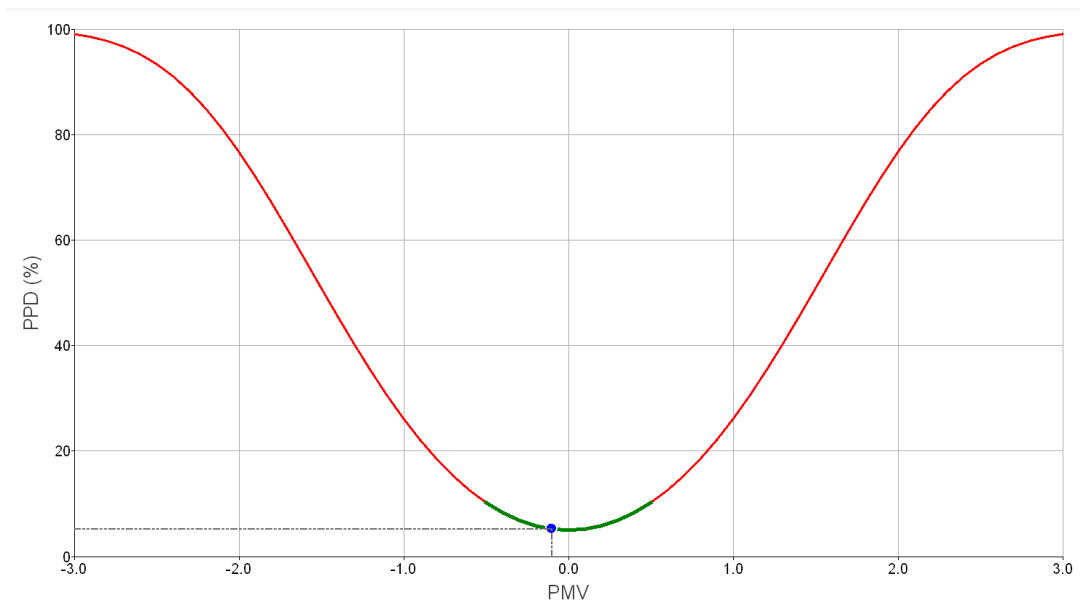
5.7 Termisk komfort

Testo 400 ble brukt til målinger av PMV-verdier i andre og tredje etasje med et tidsintervall på et døgn, og målingsintervall på hver tiende minutter. Verdier for bekledning (Clo), aktivitetsnivå (Met) og vannet partialtrykk (kPa) er innstilt manuelt på forhånd instrumentet i henhold til [7]. Se vedlegg J.

Tabell 5-3, Målingsdetaljer for PMV-målinger i 3 etasje.

Rom	Måling	Posisjon	Tid	Dato	PMV	PPD [%]
E3220	PMV3-1	1,1 m overgulvet midt i rom	10:00 – 10:00	25. – 26. februar	0,0	5,0
E3160	PMV3-2	1,1 m overgulvet midt i rom	11:00 – 11:00	26. – 27. februar	-0,1	5,2
E3171	PMV3-3	1,1 m overgulvet midt i rom	12:00 – 12:00	27. – 28. februar	0,0	5,0
E3171	PMV3-4	1,1 m overgulvet 0,6 m fra yttervegg	13:00 – 13:00	28. – 01. mars	0,0	5,0

Tabellen over viser målingsdetaljer for PMV-målinger i 3. etasje. PMV-målinger i 3. etasje ble gjort i løpet av 25. februar til 1. mars.



Figur 5-18: Korrelasjon mellom PPD og PMV for undervisningsrom E3160

Figuren over viser PPD basert på PMV-resultatene for undervisningsrom E3160. PMV-verdien er rundt 0,01 som tilsvarer en PPD på ca. 5 % misfornøyde mennesker i undervisningsrommet. Verdiene for PMV3-1 (E3230), PMV3-3 og PMV3-4 er tilnærmet null.

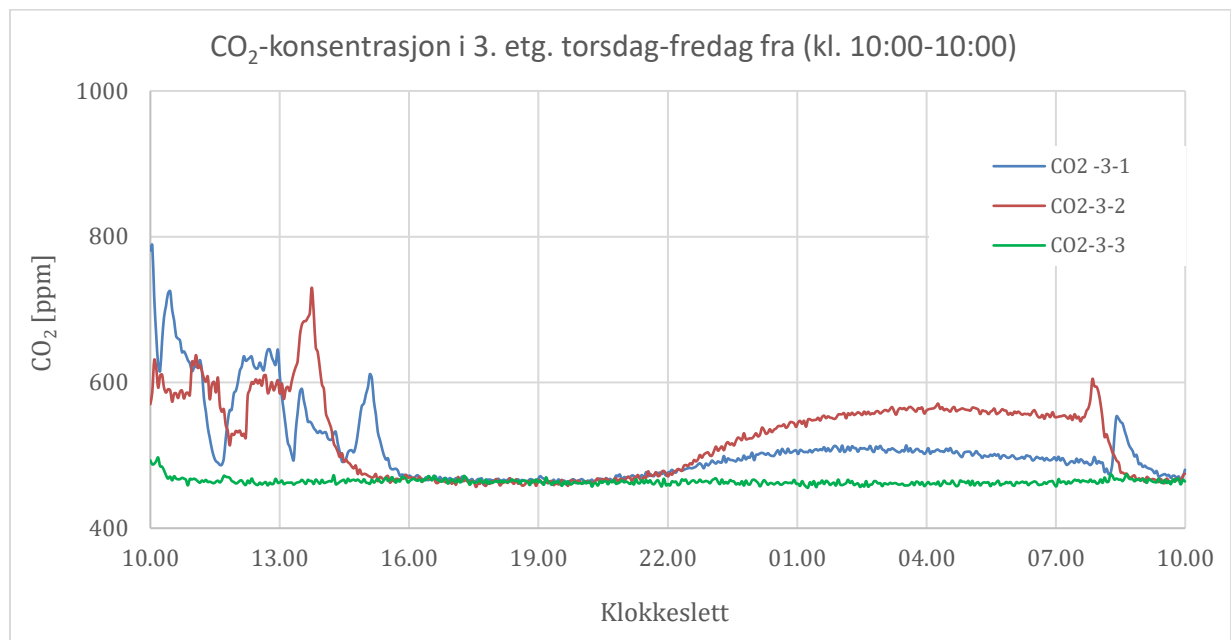
Tabell 5-4, Målingsdetaljer for PMV-målinger i 2 etasje.

Rom	Måling	Posisjon	Tid	Dato	PMV	PPD [%]
E2491	PMV2-1	1,1 m overgulvet midt i rom	10:00 – 10:00	4. – 5. mars	0,1	5,2
E2471	PMV2-2	1,1 m overgulvet midt i rom	11:00 – 11:00	5. – 6. mars	0,0	5,0
E2463	PMV2-3	1,1 m overgulvet midt i rom	12:00 – 12:00	6. – 7. mars	-0,2	5,8
E2463	PMV2-4	1,1 m overgulvet 0,6 m fra yttervegg	13:00 – 13:00	7. – 8. mars	-0,2	5,8

PMV-målinger i 2. etasje er gjort i løpet av 4. – 8. mars hvor den største PMV-verdien ble registrert i undervisningsrommet E2463 (PMV2-3). PMV-verdien tilsvarer ca. 6 % misfornøyde mennesker som synes det er litt for kjølig. PMV2-1 og PMV2-2 gir ca. en PPD-verdi på 5 %. PMV-verdien for PMV2-4 ble logget fra 13:00 – 21:00. På grunn av tekniske feil, ble dataene ikke registrert etter kl. 21:00 på instrumentet. PMV-verdien gir ca. 6 % misfornøyde som synes det er litt for kjølig.

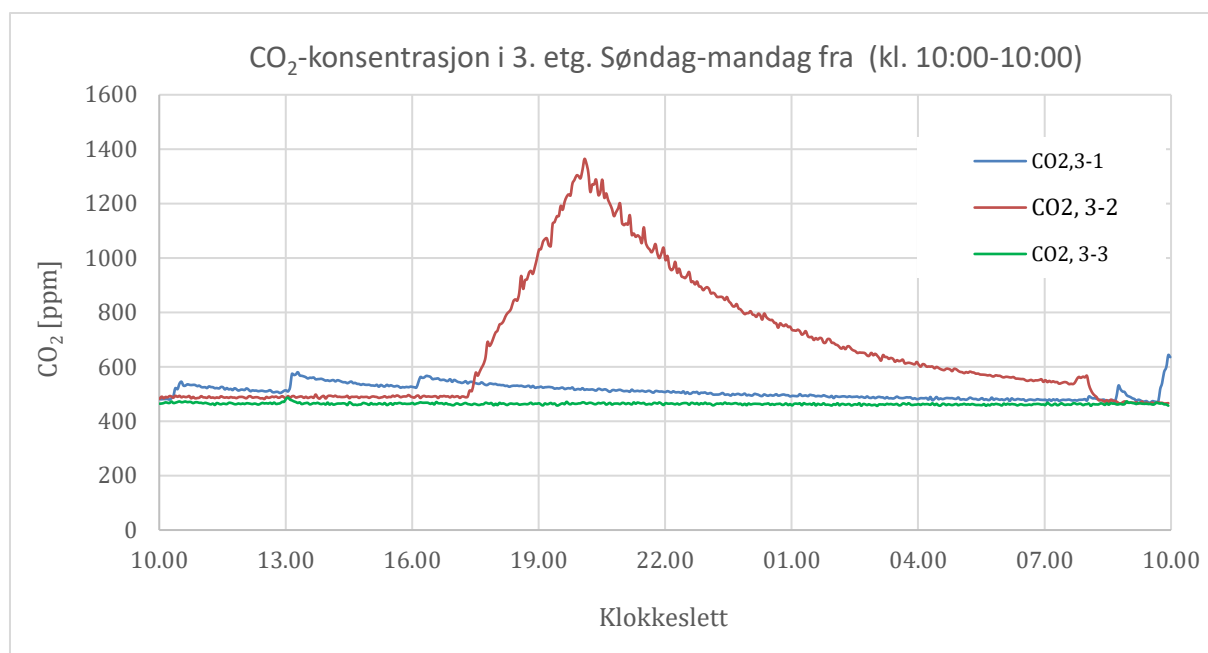
5.8 Karbondioksid (CO₂)

Logging av CO₂-nivåer i 2. og 3. etasje ble gjort ved hjelp av Multi-gas monitor. Måleperioden ble valgt til å være i fire døgn (torsdag-mandag) fra kl. 10:00-10:00, hvor måleintervallet på disse resultatene er tilnærmet fire minutter. Måledata for CO₂-konsentrasjon for hele måleperioden er vist i vedlegg H.2, F.2.



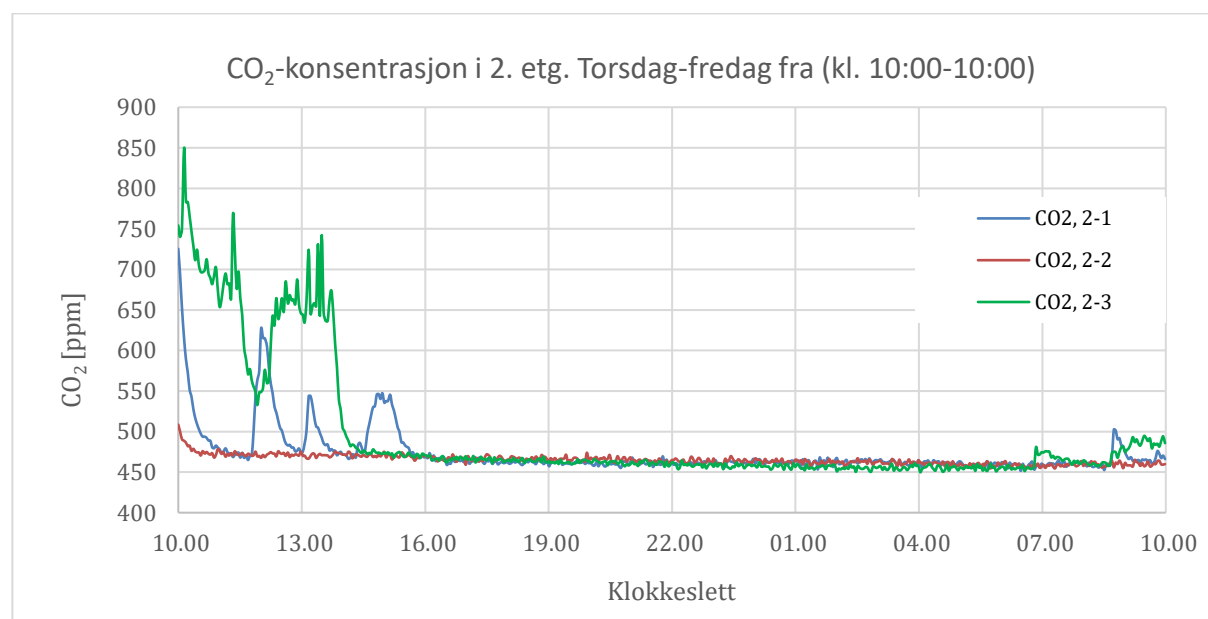
Figur 5-19: variasjon av CO₂-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser variasjon av CO₂-konsentrasjon for utvalgte rom i 3. etasje fra torsdag til fredag (kl. 10:00-10:00). CO₂-nivå for gruppe rommet (CO₂-3-1) ligger mellom rundt 800 og 460 ppm fra kl. 10:00-16:00. mellom kl. 16:00 og 21:00 ligger konsentrasjonen ganske stabilt rundt 460 ppm, og deretter stiger til ca. 500 over natten. CO₂-nivået for undervisningsrommet (CO₂-3-2) mot glassgate ligger rundt 600 ppm da målingen startet. CO₂-nivået varierer mellom (730-460) ppm frem til kl. 15:00. Fra kl. 15:00- 22:00 holder seg konsentrasjon ganske stabile rundt 460 ppm, og deretter stiger til rundt 560 ppm ut over natten. CO₂-nivået (CO₂-3-3) for undervisningsrommet mot ytterveggen holder seg nesten helt stabilt gjennom hele døgnet rundt 460 ppm.



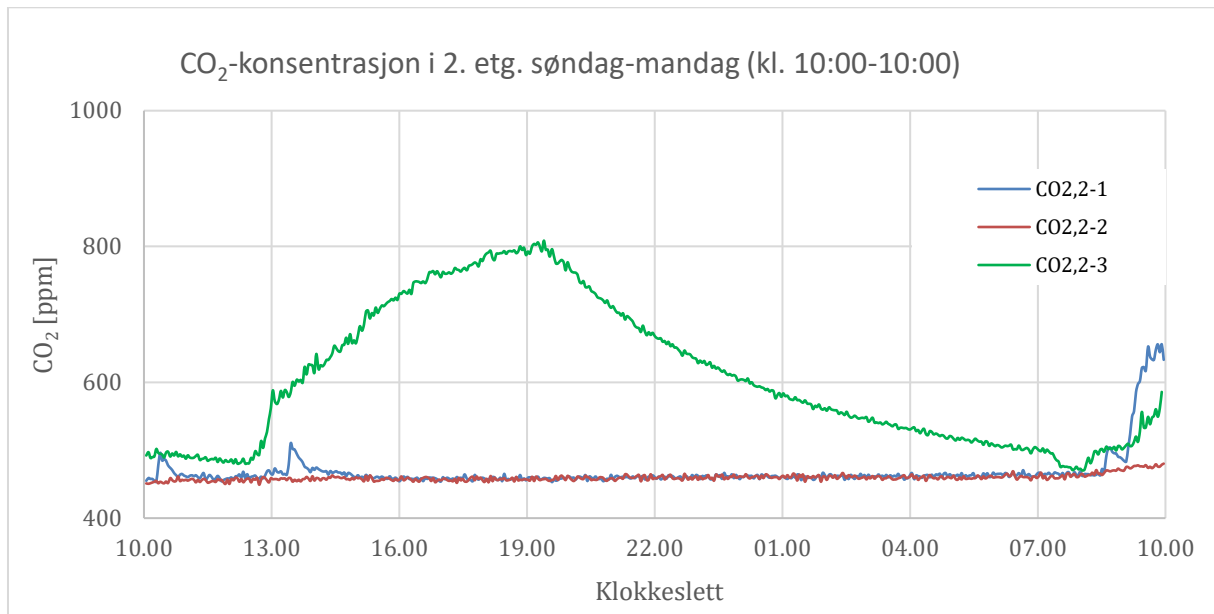
Figur 5-20: variasjon av CO₂-konsentrasjon for utvalgte rom i 3. etasje fra søndag til mandag.

Figuren over viser CO₂-nivået for 3. etasje fra søndag til mandag fra kl. 10:00- 10:00). CO₂-nivået (CO₂-3-1) for grupperommet holder seg rundt 500 ppm med noen stigning rundt kl. 10:00, 13:00 og 16:00. Etter kl. 16:00 holder seg relativt stabilt til rundt kl. 09:00 på mandagen, og rundt kl. 10:00 da målingen stoppet er CO₂-nivået ligger i litt over 600 ppm. CO₂-nivået (CO₂-3-2) for undervisningsrommet mot glassgate ligger tilnærmet konstant rundt 465 ppm fra ca. kl. 10:00- 17:00. Deretter stiger CO₂-konsentrasjonen kraftige til rundt 1250 ppm kl. 20:00. Etter kl. 20:00 CO₂-nivået synker ut over natten til ca. 460 ppm rundt kl. 10:00 da målingen stoppet. CO₂-3-3 ligger tilnærmet konstant på rundt 450 ppm over hele døgnet.



Figur 5-21: variasjon av CO₂-konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser CO₂-nivået for 2. etasje torsdag- fredag fra kl. 10:00-10:00. CO₂-2-1 for grupperommet der alle instrumenter ligger, varierer fra ca. (700-470) ppm mellom kl. 10:00- 16:00. Etter ca. kl. 16:00, er CO₂-nivået er stabile til kl. 10:00 på fredagen. CO₂-nivået (CO₂-2-2) undervisningsrommet mot glassgate ligger nesten helt konstant på rundt 460 ppm fra kl. 10:00-10:00 i løpet av døgnet. CO₂-konsentrasjonen (CO₂-2-3) for undervisningsrommet mot det frie ligger rundt 850 ppm kl. 10:00. Etter noen variasjoner fra ca. kl. 10:00-14:00, stabiliserer seg nivået til rundt 470 ppm til dagen etter kl. 10:00.

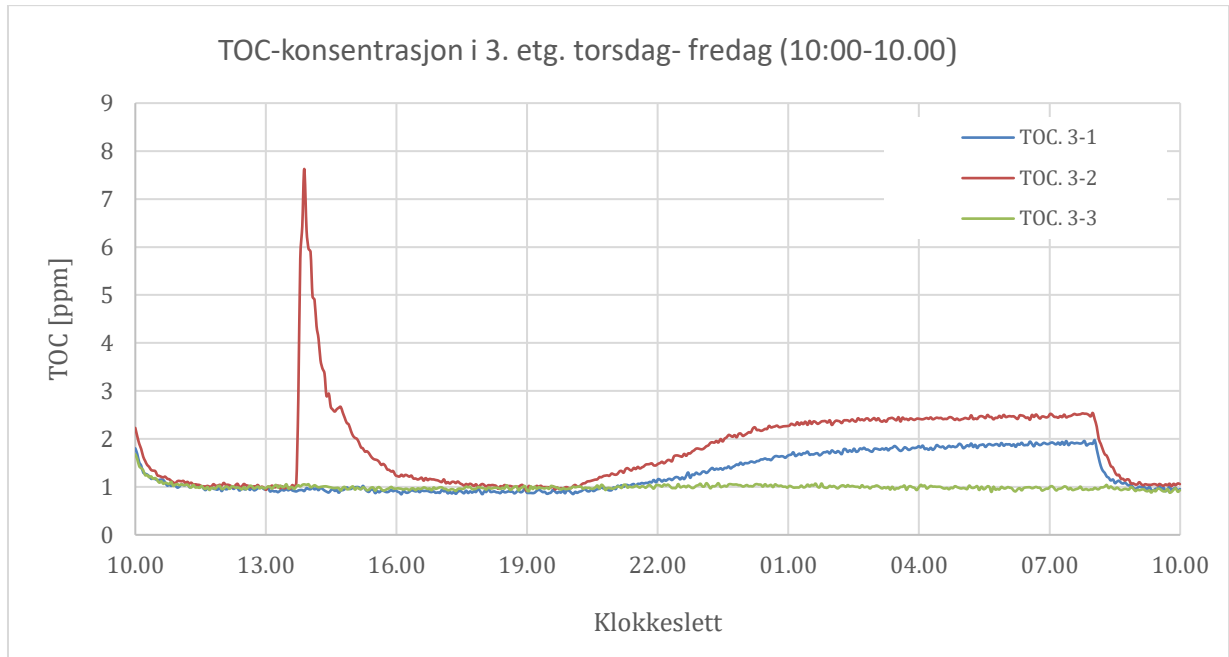


Figur 5-22_ variasjon av CO₂-konsentrasjon i 2. etasje fra søndag til mandag.

Figuren over viser variasjon av CO₂-nivået for 2. etasje for de utvalgte rommene fra søndag til mandag kl. 10:00-10:00. CO₂-2-1 og CO₂-2-2) for henholdsvis grupperommet og undervisningsrommet mot glassgate er holder seg nesten stabile fra kl. 10:00- 09:00 på mandagen. Da CO₂-2-1 stiger, men CO₂-2 holder tilnærmet stabilt til målingen stoppes. CO₂-nivået (CO₂-2-3) for undervisningsrommet mot det frie stiger fra ca. kl. 13:00 til kl. 19:00 fra 500 ppm til 800ppm. Etter kl. 19:00 avtar konsentrasjonen ut over natten, men stiger igjen fra rundt kl. 08:00 på mandagen da ventilasjonen skrur på.

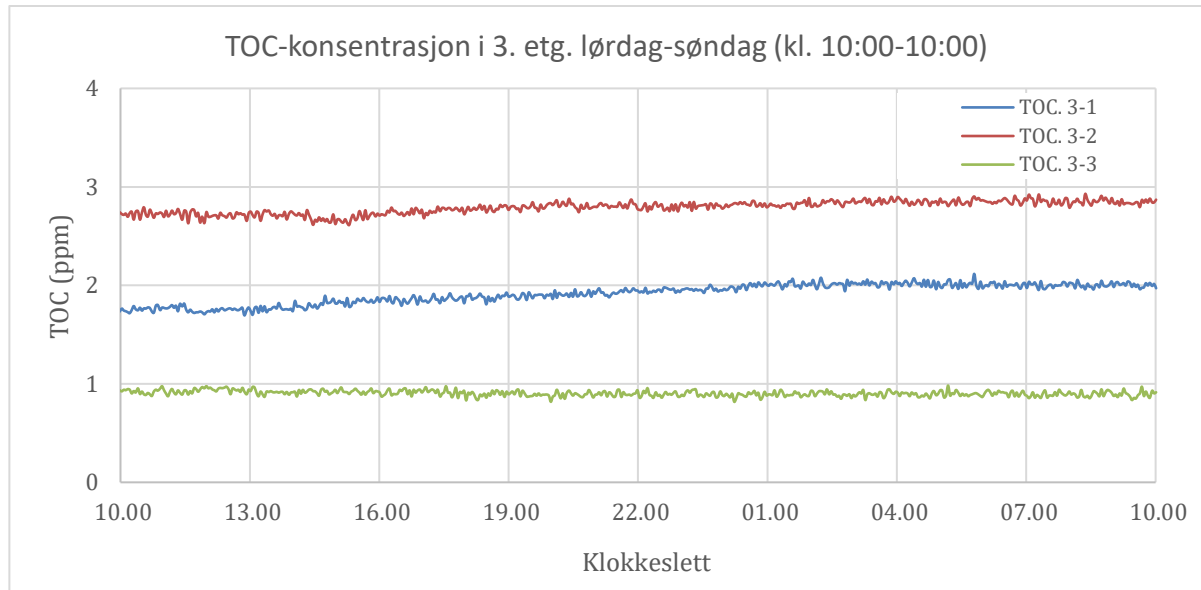
5.9 Flyktige organiske forbindelser (TOC)

Målinger av den total flyktige organiske forbindelse i 3. og 2. etasje ble gjort ved hjelp av Multi-gas monitor. Målingene i 3. etasje og 2. etasje ble gjennomført fra fredag 25. februar til 1. mars, og 4. til 8. mars kl. 10:00-10:00. Se vedlegg F.3, H.3, for detaljert data for begge etasjene.



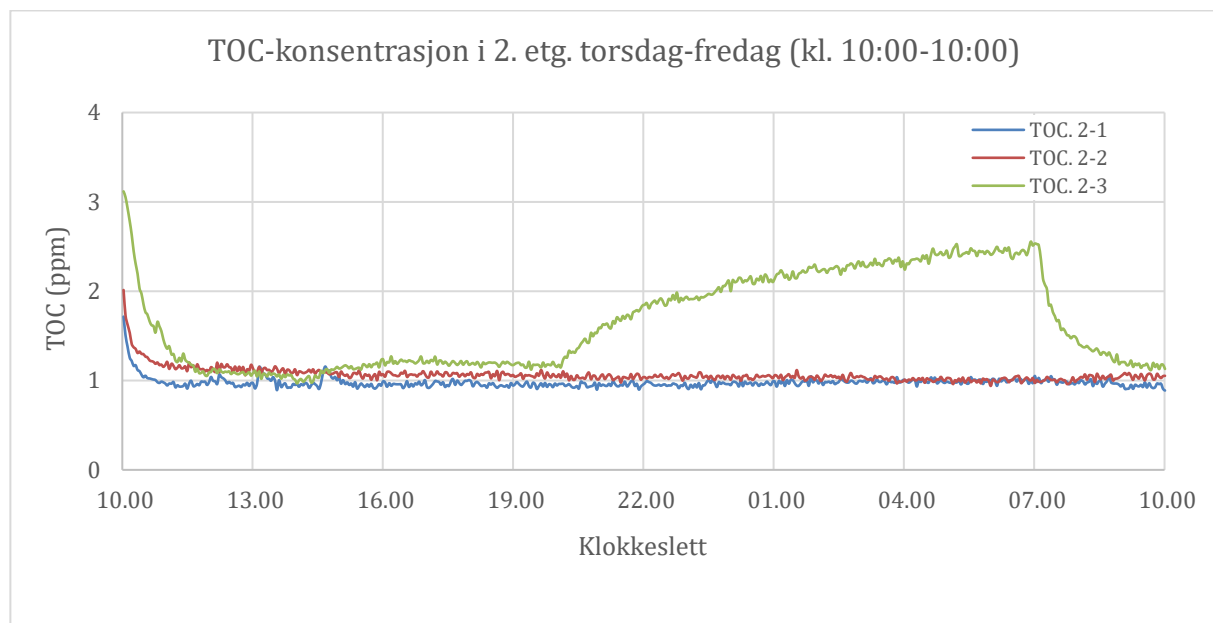
Figur 5-23: Variasjon av TOC-nivået i 3. etasje torsdag- fredag.

Figuren over TOC-nivået i 3. etasje torsdag- fredag (kl. 10:00-10:00). TOC-nivået i grupperommet (TOC. 3-1) ligger rundt 2 ppm da målingen startet. Etter ca. en time avtar TOC-konsentrasjonen ned til ca. 1 ppm og fortsetter konstant til rundt kl.22:00 om kvelden. Etter kl.22:00, stiger nivået igjen til omtrent 2 ppm frem til kl. 08:00 på fredagen. Rundt kl. 08:00 synker nivået igjen til ca. 1 ppm. TOC-nivået (TOC. 3-2) i undervisningsrommet mot glassgate likens som grupperommet mellom kl. 10 til 14, men deretter stiger kraftig til rundt 7,6 ppm. Deretter avtar nivået igjen til ca. 1 ppm rundt kl. 17:00, og holder seg stabilt i område 1 ppm til kl. 20:00. Etter kl. 20:00 stiger igjen til rundt 2,5 ppm til kl. 08:00, men synker igjen til rundt 1 ppm til kl. 10:00. TOC-nivået (TOC- 3-3) for undervisningsrommet mot det frie er i underkant av 2 ppm da målingen settes i gang, men synker til rundt 1 ppm etter ca. en time. TOC-nivået holder seg ganske stabilt rundt 1 ppm fra ca. kl. 11:00 til 10:00 dagen etter.



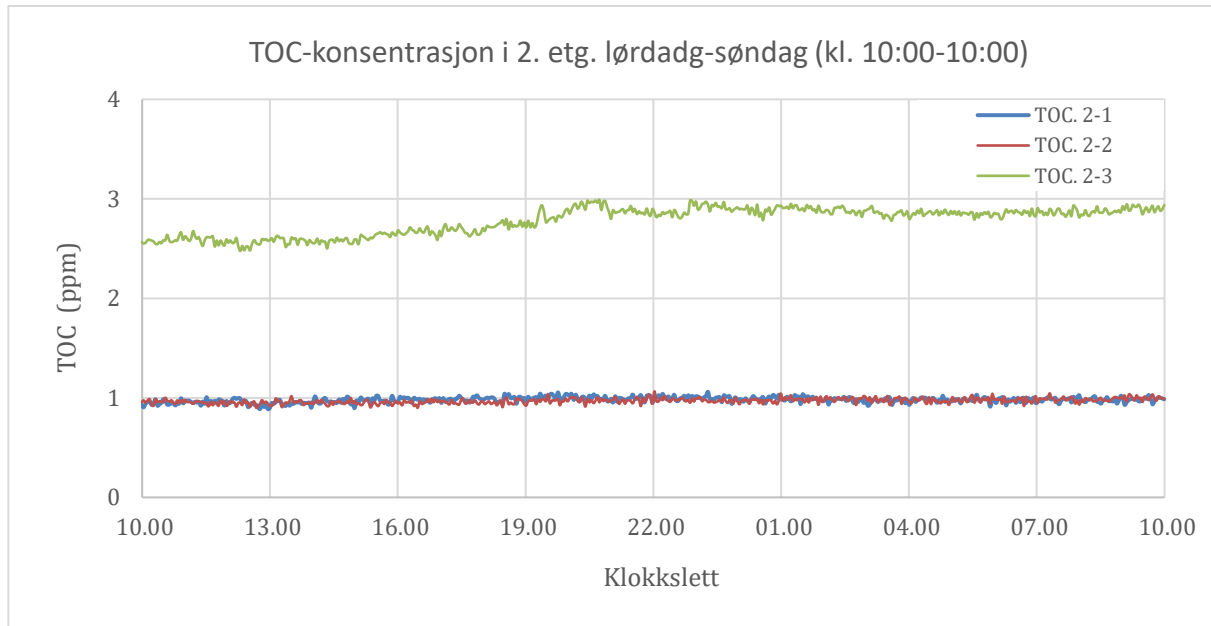
Figur 5-24: variasjon av TOC-konsentrasjon i 3. etasje fra lørdag til søndag.

Figuren over viser variasjon av TOC-konsentrasjon i 3. etasje fra lørdag til søndag kl. 10:00- 10:00. TOC-nivået TOC. 3-1, TOC. 3-2 og TOC. 3-3 ligger henholdsvis rundt 2 ppm, 3 ppm og 1 ppm med stigende trend.



Figur 5-25: variasjon av TOC-nivået i 2. etasje torsdag til fredag.

Figuren over viser TOC-nivået i 2. etasje torsdag til fredag fra kl. 10:00- 10:00. TOC-nivået (TOC.2-1) ligger rundt 1,75 ppm da målingen satt i gang, og synker til ca. 1 ppm og holder seg stabilt til fredagen. TOC.2-2 ligger på ca. 2 ppm da målingen startet, og holde seg rundt 1,1 ppm til neste dag. TOC-nivået (TOC. 2-3) ligger rundt 3 ppm kl. 10:00, men synker til ca. 1,2 ppm kl. 12:00. Fra kl. 12:00 til kl. 20:00 ligger nivået på rundt 1,2 ppm, og etter kl. 20:00 stiger til ca. 2,5 ppm til 07:00 på fredagen. Fra kl. 07:00 synker nivået til rundt 1,2 ppm igjen.



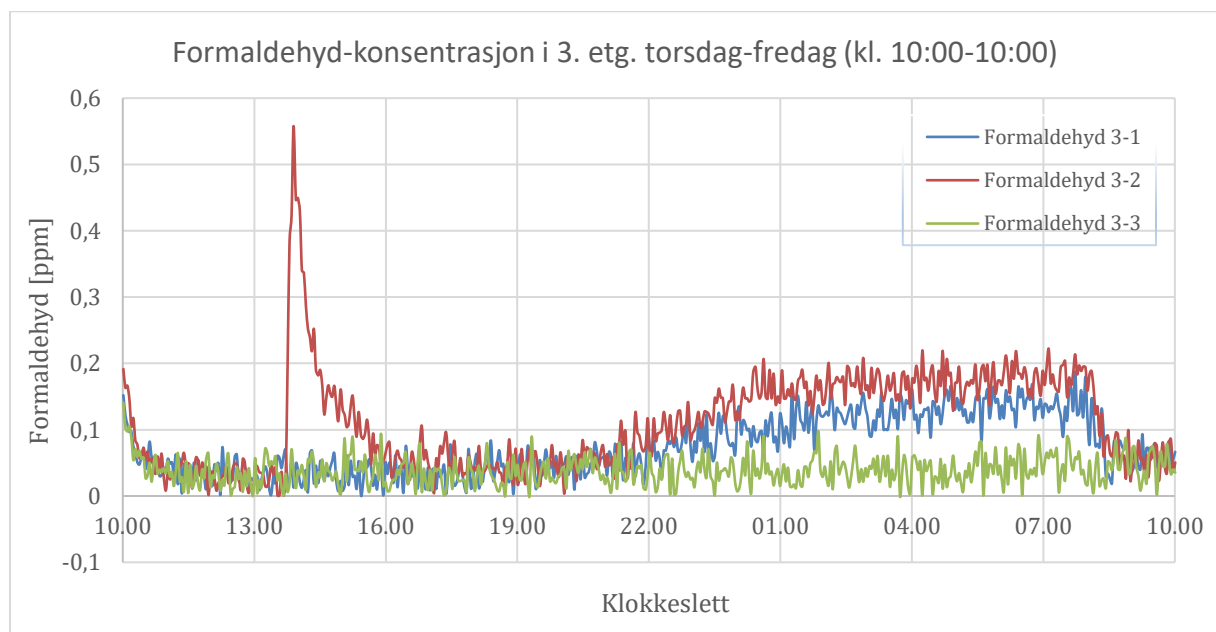
Figur 5-26: variasjon av TOC-nivået i 2. etasje lørdag til søndag.

Figuren over viser TOC-nivået for 2. etasje lørdag til søndag fra kl. 10:00- 10:00. TOC. 2-1 og TOC. 2-2 ligger stabilt rundt 1 ppm hele døgnet. TOC. 2-3 ligger rundt 2,5 ppm fra kl. 10:00 til 15:00, men stiger gradvis til ca. 2,8 ppm kl. 20:00, og holder seg stabilt til kl. 10:00 til søndagen.

5.10 Formaldehyd

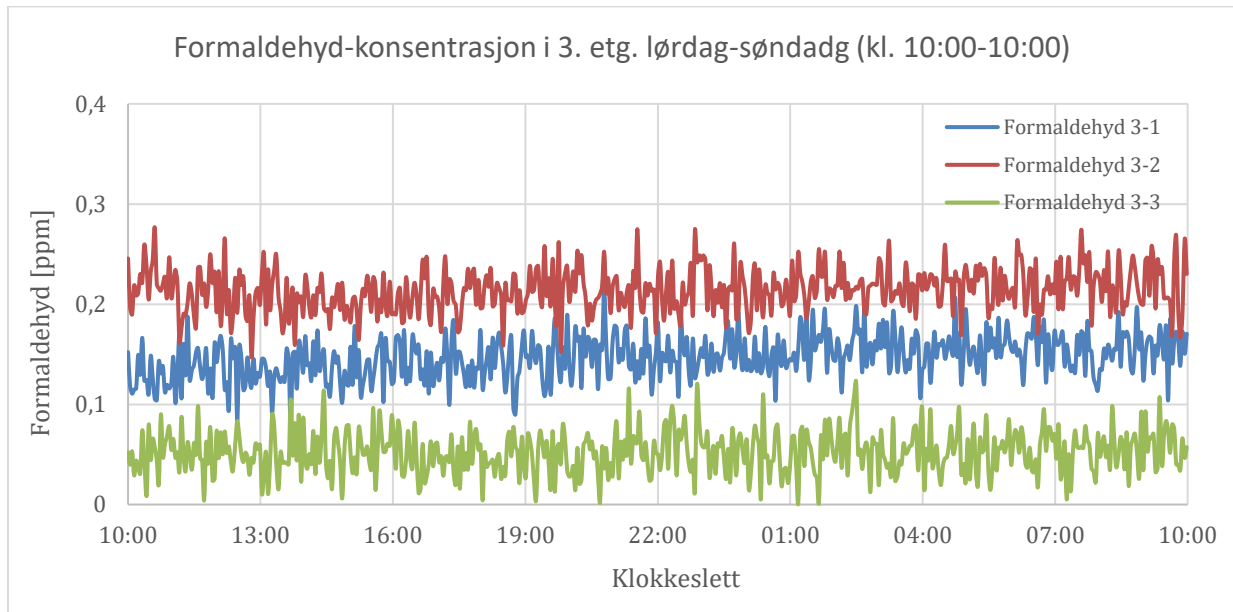
Konsentrasjonen av formaldehyd ble målt ved hjelp av Multi-gas monitor i begge etasjene.

Relevante/ interessante data blir presentert i dette del kapittelet. Detaljert data ligger i vedlegg F.4, H.4.



Figur 5-27: Variasjon av Formaldehyd-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser konsentrasjon av formaldehyd i 3. etasje fra torsdag-fredag fra kl. 10:00-10:00. Formaldehyd 3-1 ligger rundt 0,05 ppm fra kl. 10:00 til 22:00, og deretter stiger til rundt 0,15 ppm utover natta. Formaldehyd 3-2 ligger mellom 0,05- 0,2 ppm fra kl. 10:00-14:00. Rundt kl. 14:00 stiger kraftig til ca. 0.55 ppm og synker igjen etter ca. en time til rundt 0,05 ppm. Nivået stiger igjen fra ca. kl. 22:00 til rundt 0,2 ppm ut over natta.

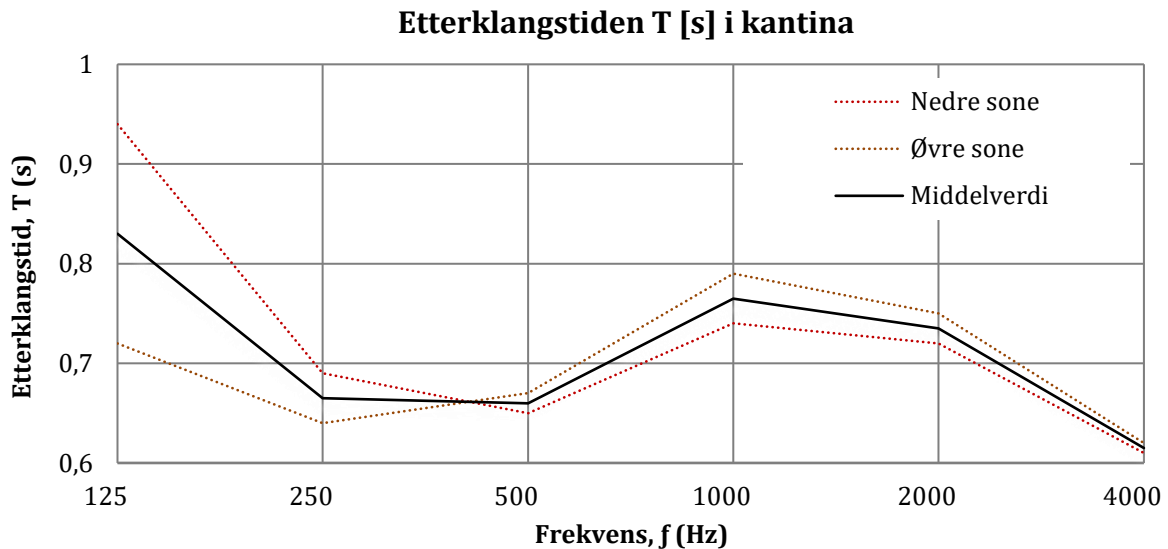


Figur 5-28: Variasjon av Formaldehyd-konsentrasjon i 3. etasje fra lørdag til søndag.

Figuren over viser konsentrasjonen av formaldehyd for 3. etasje fra lørdag til søndag fra kl. 10:00- 10:00. Det viser seg av grafen at formaldehyd-nivået 3-1, 3-2 og 3-3 ligger rundt 0,15 ppm, 0,25 ppm og 0,05 ppm i løpet av døgnet.

5.11 Akustikk

Det ble brukt *Brüel & Kjær* til måling av etterklangstiden i kantina. Målingen ble gjennomført den 27.01.2021 mellom kl. 16:00 og 18:00. Innetemperaturen ble målt til å være rundt 20 °C, utetemperaturen -8 °C, høyeste vindhastighet ute var 8 m/s, og halvskygget vær.



Figur 5-29: målingsresultater av etterklangstiden i kantina.

Tabell 5-5, Måledata for etterklangstiden i kantina.

f (Hz)	Etterklangstid T [t] Nedre del (M 1-16)	Etterklangstid T [t] Øvre del (M 17-32)	Etterklangstid T [t] Middelverdi (M 1-32)
125	0,94	0,72	0,83
250	0,69	0,64	0,67
500	0,65	0,67	0,66
1000	0,74	0,79	0,77
2000	0,72	0,75	0,74
4000	0,61	0,62	0,62
Middelverdi av etterklangstid målt	0,73	0,70	0,71

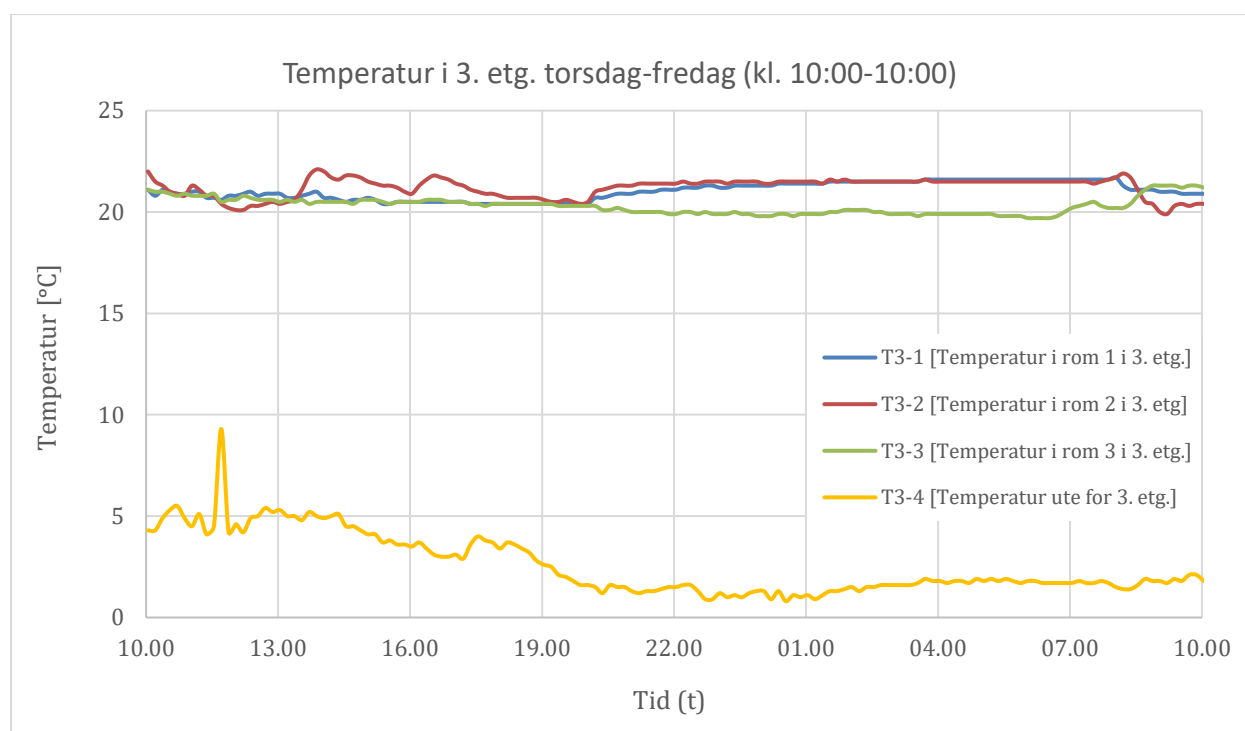
Tabellen over viser resultater av etterklangstiden for kantina. De målte middelverdien for nedre del, øvre del, samt den totale middelverdien for hele kantina blir presenter i tabellen over. Målingsdataene viser at den middelverdien av etterklangstiden i den nedre sonen og øvre sonen ligger på henholdsvis 0,73 sekunder og 0,70 sekunder. Den middelverdien av nedre- og øvre delen av kantina ligger på ca. 0,71 sekunder. Det viser seg av grafen at etterklangstiden varierer med hensyn til frekvens områder. Vedlegg K viser detaljer for målingen.

6 Diskusjon

I dette kapittelet vil alle måleresultater og Ørebroundersøkelse bli tolket og diskutert. I tillegg vil måleresultatene sammenlignes med andre tilsvarende undersøkelser og målinger.

6.1 Lufttemperatur & krav

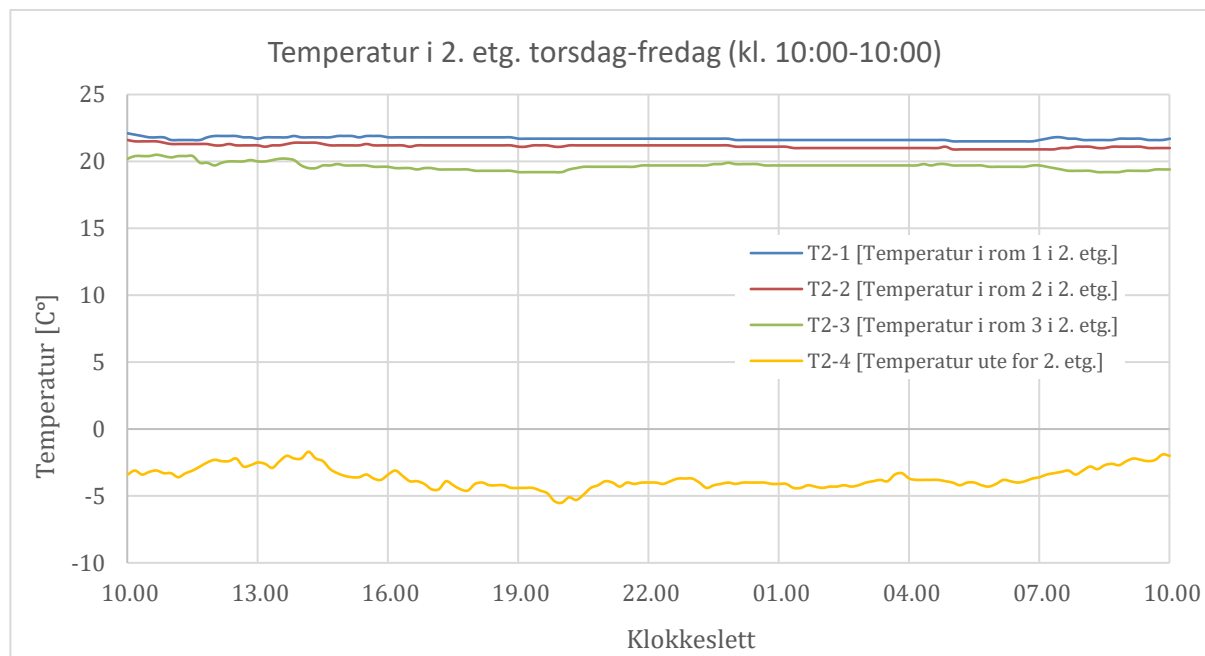
Temperaturmålinger for begge etasjene ble gjort på et tidsintervall på fire døgn. Det er flere faktorer som spiller på variasjoner av innelufttemperaturen. Utetemperaturen påvirker innelufttemperaturen bla. Annet varmeveksling gjennom bygges fasade. Menneskelig aktivitet er en annen faktor som gir temperatur økning. Til luftmengden er en annen viktig faktor som påvirker temperaturen i rommet. Siden det er en omrøringsventilasjon i rommene, vil lufttemperaturen i oppholdssonen være tilnærmet lik, og temperaturgradienten i oppholdssonen er også tilnærmet null. Ventilasjonen skrur av fra kl. 19:00 til kl. 08:00 hver dag, og skrur helt av hele helgen.



Figur 6-1 Innendørs- og utendørs 3. etg.

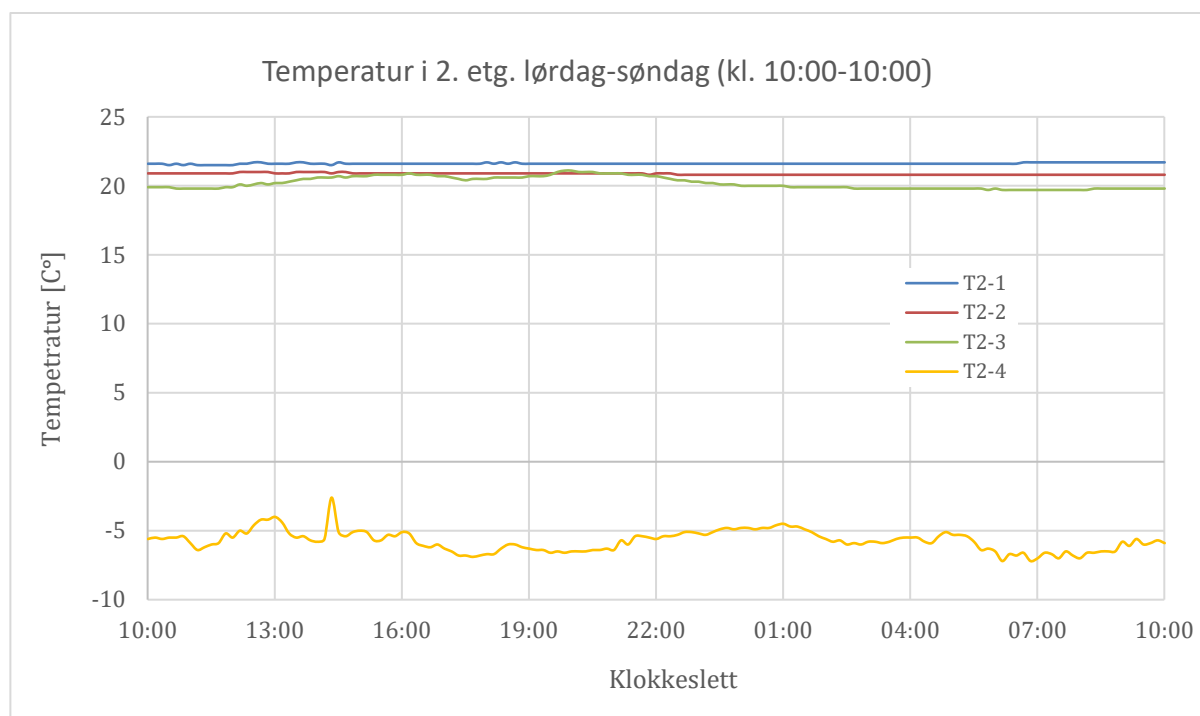
Figuren over viser variasjoner av innendørstemperatur i grupperommet (T3-1) mot glassgate, undervisningsrommet (T3-2) mot glassgate og undervisningsrommet (T3-3) mot det frie. Romtemperaturen (T3-1) ligger rundt 22 °C kl. 10:00 da målingen settes i gang, og temperaturen holder seg ganske stabile til rundt kl. 19:00. Temperaturen T3-1 og T3-3 ligger ganske konstant på grunn av jevn aktivitet mellom kl. 10:0 til 19:00. Men T3-2 har noen stor variasjoner mellom 10:00 og 19:00 på grunn av det pågår forelesning hvor det har vært mellom 7 til 10 personer til stede. Det viser av grafen at det er en sammenheng mellom menneskelig aktivitet og temperatur, hvor romtemperaturen øker da flere studenter befinner seg i rommet. Det kan også hende at studenter har justert temperaturen manuelt, eller har åpnet vinduer selv om de har fått beskjed om å ikke åpne vinduer eller justere temperaturen. T3-1 og T3-2 øker etter kl. 19:00 til kl. 08:00 neste dag på grunn av ventilasjonen skrur

av. Alle rommene som ligger i 3. etasje mot glassgate, får høyere temperatur om natta. T3-3 synker etter ventilasjonen skru av rundt kl. 19:00 til neste dag kl. 08:00 da ventilasjons skrur på igjen. Lav temperatur om natta i rommet er på grunn av varmeveksling fra det frie som er avhengig av utendørstemperatur. Siden utetemperaturen er pluss grader, vil påvirkningen av utetemperaturen være lavere enn hvis det har vært mange minus grader ute.



Figur 6-2, innendørs- og utendørstemperatur for 3. etg.

Figuren over viser variasjoner av innendørs- og utendørstemperatur fra torsdag- fredag i 2. etasje. På grunn av stabile utendørstemperatur ligger innendørslufttemperaturen også ganske stabile. T2-1 ligger litt høyere i forhold til T2-2, selv om begge rommene ligger mot glassgata. En av årsaken kan være varmeveksling fra instrumenter som ligger i grupperommet T2-1. T2-3 ligger rundt 20 grader mellom kl. 10:00 og 16:00. I dette periode det har pågått forelesning hvor det har vært mellom 12-15 studenter i klasserommet. Det skulle forventes at lufttemperaturen vært varierende i dette periode på grunn av menneskelige aktiviteter, men det viser seg at det har vært gode luftskifte (se vedlegg H.6 luftskifte i 2. etg.) i dette periode som fører til konstant romtemperatur.



Figur 6-3, Innendørs- og utendørstemperatur for helgen i 2. etg.

Figuren over viser variasjoner av romtemperatur og utetemperatur i 2. etasje fra lørdag til søndag. Det kommer tydelig frem av grafen at undervisningsrom og grupperom (T2-1 og T2-2) som ligger mot glassgate, har en jevn temperatur i løpet av helgen da ventilasjonen skruet av. Men romtemperatur T2-3 varierer mer avhengig av utendørstemperatur. Det går samme trend for målinger i 3. etasje.

Det er montert temperaturregulator i alle rom som gir muligheten til å justere temperaturen ± 3 °C. Likevel viser målingene i begge etasjer at det er en liten lufttemperaturforskjell i alle rommene. Når det gjelder romtemperaturkrav, er det avhengig av aktivitetsgraden i rommet. Operativ temperatur for et undervisningsrom med lett aktivitet gir en grense mellom 19 °C til 26 °C ifølge TEK17. I følge Tabell 2-6 anbefales en lufttemperatur mellom 20-23 °C om vinteren. Dermed Lufttemperatur i alle rommene i begge etasjer ligger innenfor krave og anbefalingen.

6.2 Luftmengde & krav

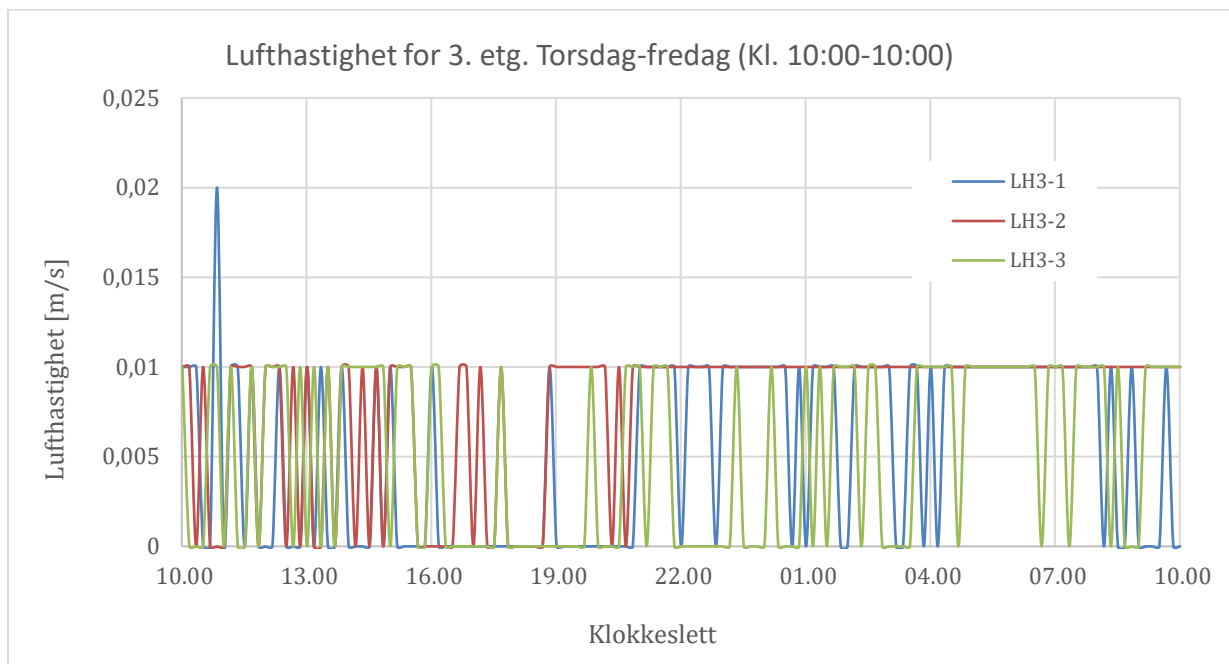
For dimensjonering av luftmengder kan ulike kriterier legges til grunn blant annet, luktkriterier, respirasjonskriterier og gjennomsnittlige forurensningskilde eller dominerende forurensningskilder [18]. For å redusere energi behovet for til ventilasjonsanlegget det ble installert behovstilpasset ventilasjonsanlegg med variable luftmengder (VAV) som regulerer luftmengden etter behov i alle rommene med varierende belastning.

Luftmengder i alle rommene i både 2. og 3. etasjer baserer seg på konsentrasjonen av CO₂. Det vil si, luftmengden varierer avhengig av menneskelig aktivitet og lufting (vinduer, dør) i rommene. Dersom det er lite aktivitet i rommene, vil CO₂-nivået ligge lav, og dermed vil tilluftmengden være også lav. Når CO₂-nivået øker da øker tilluftmengden samtidig for å fortynne konsentrasjonen av CO₂. Målingsdataene fra begge etasje viser varierende luftskifte når studenter er til stede, og når rommene er tomt for mennesker. I driftstiden ligger CO₂-nivået under den maksimale grensen (1000 ppm). Så

lunge CO₂-nivået ligger innenfor kravet, vil det være nok luftmengde i rommet, og kravet om luftmengde er oppfylt.

6.3 Lufthastighet & krav

Lufthastighet i et rom har stor betydning for menneskers komfort og tilværelse. Logging av lufthastighet ble registrert ved hjelp av Testo 400, og lufthastigheten i hvert rom ble logget med et tidsintervall på et døgn og loggingsintervall på hver tiende minutter.

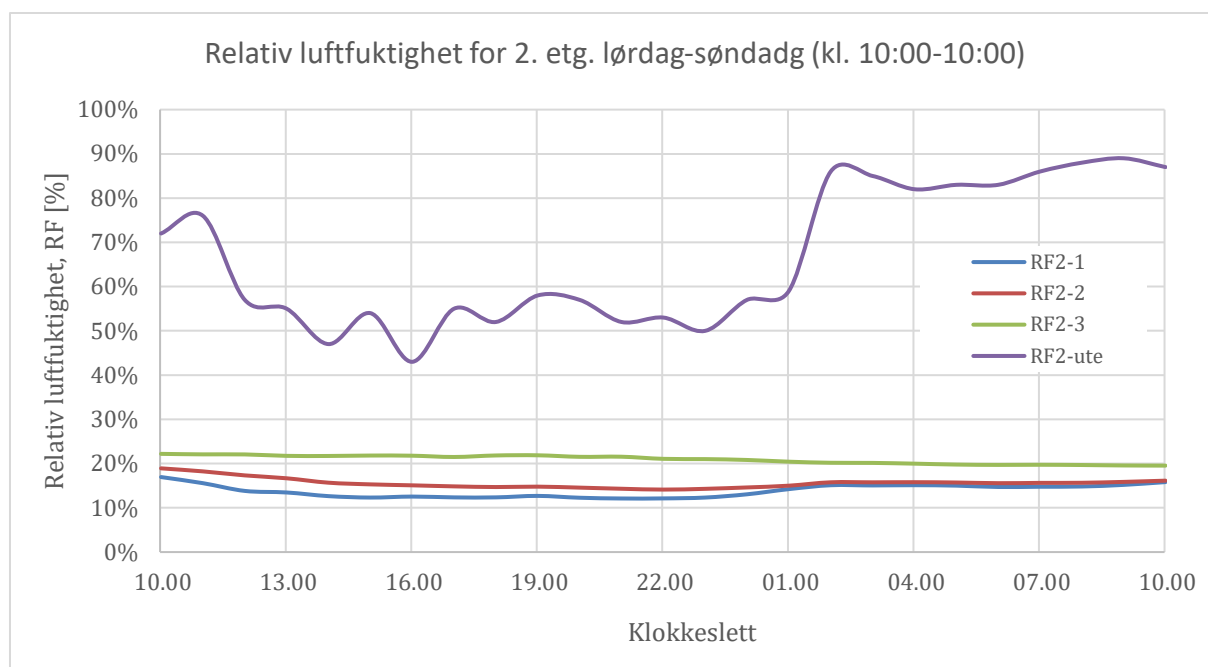


Figur 6-4: lufthastighet i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Figuren over viser lufthastigheten i 3. etasje fra torsdag til fredag (kl. 10-10). Resultatene fra målingene viser at det er relativt lav lufthastighet i 3. etasje. Av grafen leser vi at maksimale lufthastigheten ligger rundt 0,01 m/s. Lufthastigheten i helgene er enda lavere på grunn av ventilasjonen skrus av.. Lufthastigheten i 2. etasje følger samme trenden som i 3. etasje. Kravet om maksimale lufthastighet ifølge TEK17 skal ikke overskride 0,15 m/s i rommets oppholdssone [8]. Det viser seg at lufthastigheten i alle rommene i både 2. og 3. etasje ligger godt innenfor kravet.

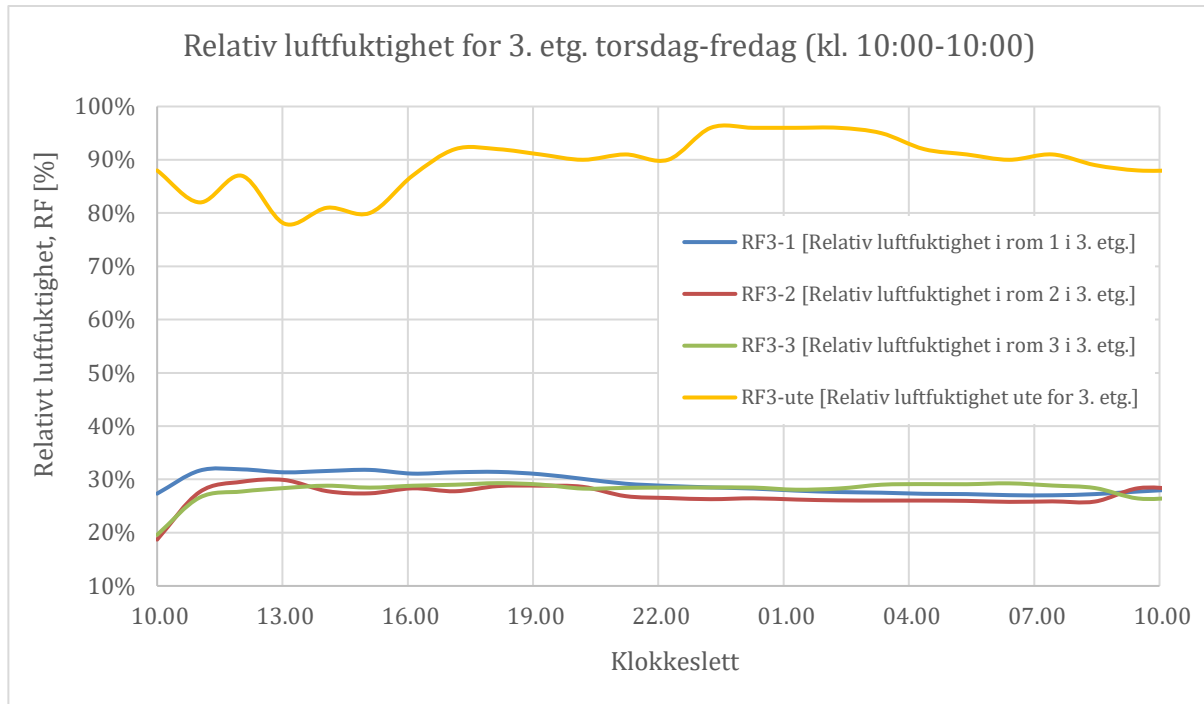
6.4 Relativ luftfuktighet & krav

Luftens vandampinnhold for både andre og tredje etasje ble logget med et tidsintervall på fire døgn. Av de registrerte data fremkommer det et generelt bilde av hvordan den relative luftfuktigheten i andre og tredje etasjer er.



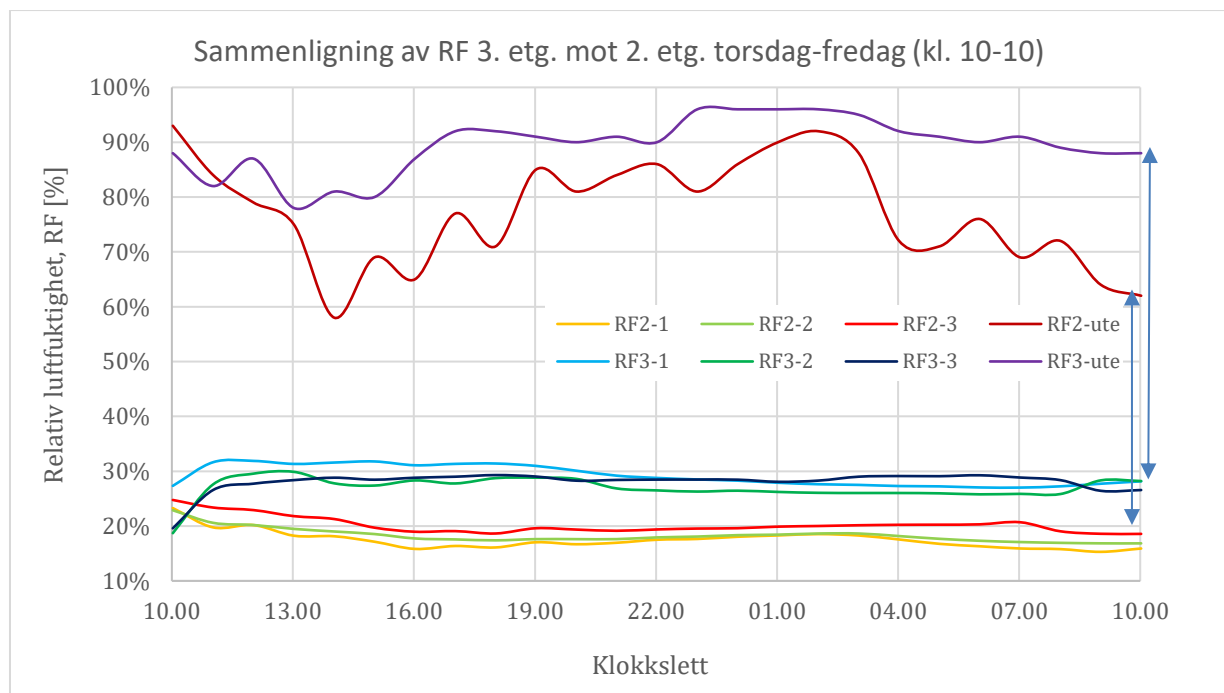
Figur 6-5: Relativ luftfuktighet i 2. etasje fra lørdag til fredag.

Figuren over viser variasjon av relativ luftfuktighet i 2. etasje fra lørdag til søndag. Relativ luftfuktigheten (RF2-ute) ligger rundt 43 % til 58 % fra kl. 13:00 til kl. 01:00. Lav RF-ute resulterer til lav relativ luftfuktighet innendørs som ligger i området 18 % til 12 % for grupperommet (RF2-1) og undervisningsrommet (RF2-2). Relativ luftfuktighet for undervisningsrommet (RF2-3) ligger relativt stabil fra ca. kl. 10:00 til kl. 21:00 med RF på rundt 22 %. Men RF-en synker til ca. 20 % over natten avhengig av RF-ute. Grunnen til høyere relativ fuktighet (RF2-3) enn RF2-1 og RF2-2, er at det har vært en person i denne klasserom fra ca. kl. 12:00 til rundt 19:00 om kvelden. Personens aktivitet i rommet medfører til høyere RF. Siden ventilasjonen har vært skruet av i helgen, vil personens fuktproduksjon i rommet bli værende i en god stund. Dette viser seg tydelig i målingen av CO₂-nivået i dette rommet i kapittelet 5.8, hvor CO₂-konsentrasjonen ligger rundt 800 ppm rundt kl. 19:00 denne kvelden.



Figur 6-6, Innendørs- og utendørs relativ luftfuktighet for 3. etg.

Figuren over viser målingen av innendørs- og utendørs relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag-fredag. Det kommer frem av figuren at den relative luftfuktigheten (RF3-ute) ligger mellom 80- 98 % i løpet av døgnet. På grunn av høy relativ luftfuktighet og pluss grader ute, ligger innendørs RF-en høyere enn det gjorde for 2. etasjen. RF3-1 ligger litt høyere enn RF3-2 og RF3-3 mellom kl. 10:00 og 19:00 på grunn av større menneskelig aktivitet. Det viser av grafen at når ventilasjonen skrur av rundt kl. 19:00, da RF-ene innendørs synker, selv om RF-ute er veldig høye.



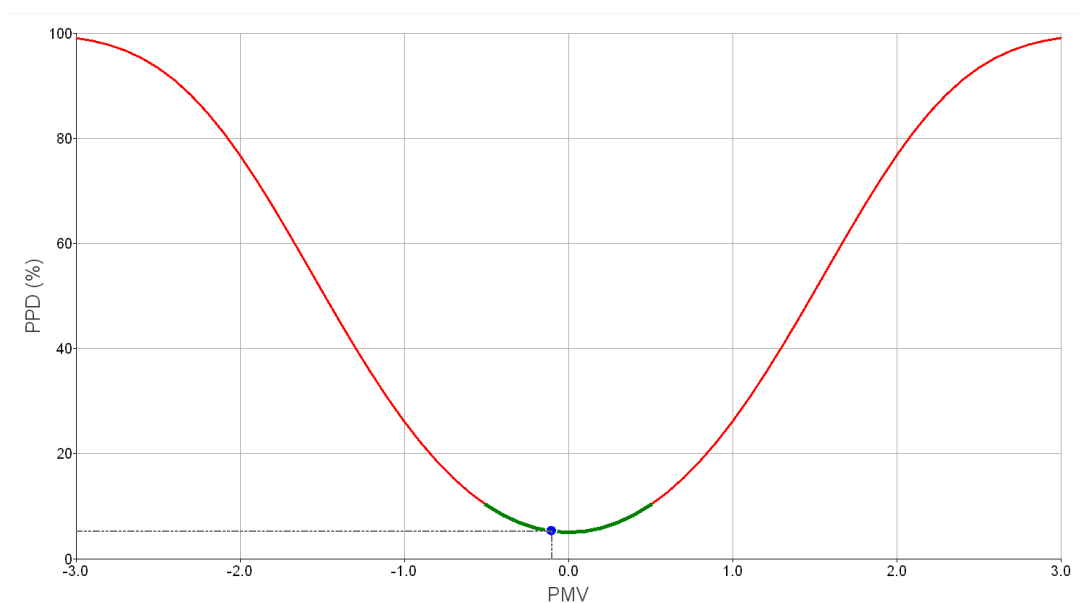
Figur 6-7: variasjon av relativ luftfuktighet for andre og tredje etasje i to forskjellige tidsperioder.

Figuren over viser variasjon av relativ luftfuktighet for andre og tredje etasje i to forskjellige tidsperioder med hensyn til utendørs relativ luftfuktighet. Det kommer frem av målingene at relativ luftfuktigheten innendørs er avhengig av utendørs luftfuktigheten. Relativ luftfuktighet (RF3-ute) ligger i området 80 % til 97 %, hvor dette tilsvarer RF innendørs i 3. etasje mellom 27 % til 32 %. Tilsvarende RF2-ute ligger rundt 91 % til 58 % i samme tidsintervall som gir RF innendørs i 2. etasje i under 20 %. Dersom det er flere minus grader ute, vil man forvente enda lavere RF innendørs enn det fremgår i målingen.

Generelt er det lav relativ luftfuktighet i vintertid enn andre årstider. Luftens vanndampinnhold er betydelig lavere i fyringssesongen. Uteluften varmes opp av ventilasjonsanlegget før luften distribueres i bygningen. Oppvarming av uteluften med en lav relativ luftfuktighet fører til at vanndampinnholdet blir enda lavere, og dette medfører til lav relativ luftfuktighet i bygningen som resultat av tørrluft. Relativ luftfuktigheten er avhengig av flere faktorer blant annet uteluften og menneskers aktivitet. Myndigheter anbefaler en relativ luftfuktighet i inneklime mellom 20 % til 40 % i vinterhalvåret. Målingsdataene viser at relativ luftfuktighet ligger ikke innenfor myndighetenes anbefaling.

6.5 Termisk komfort & krav

Målinger av termiske komfort ble gjort med Testo 400 for både 2.- og 3. etasje med et loggingsintervall på hver tiende minutter, og et tidsintervall på et døgn for hvert rom. PMV-verdier er avhengig av flere faktorer blant annet romtemperatur, varme- og sol stråling, lufthastighet, type ventilasjon og menneskelig aktivitet i rommet. Det har vært lite menneskelig aktivitet under målinger i begge etasjer, og dette gjør at varmeproduksjon fra mennesker har lite betydning her. Det har vært regn og skygge under målingen, dermed solstråling har lite betydning.



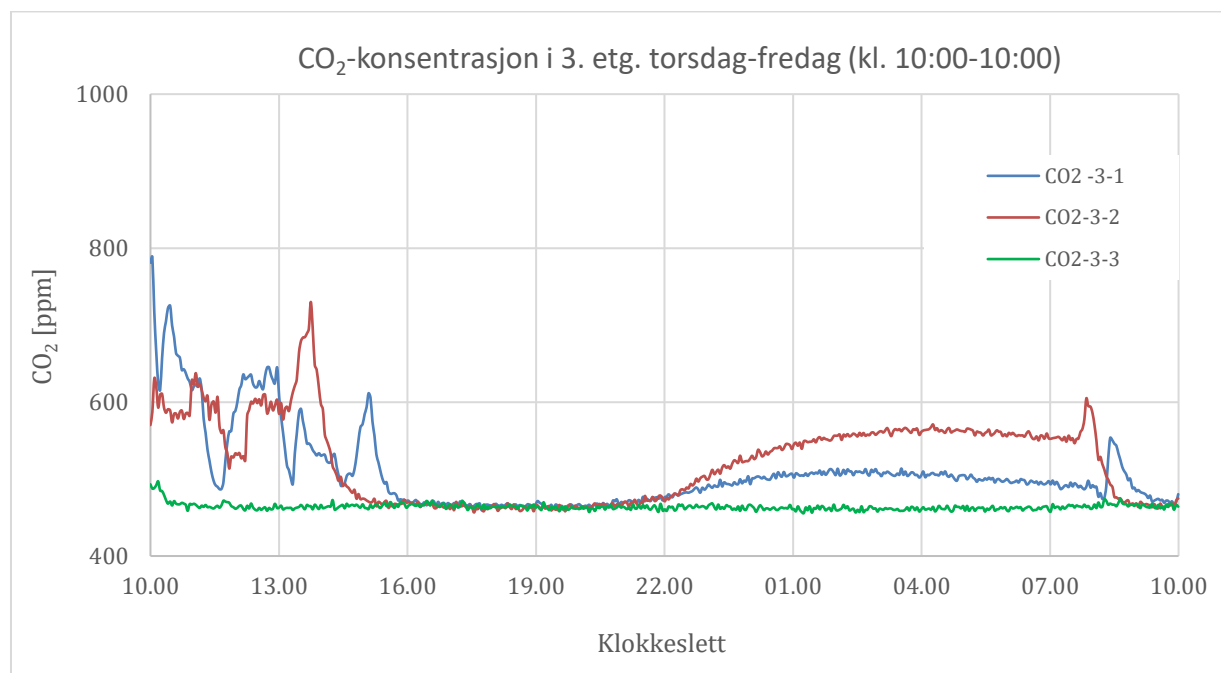
Figur 6-8: korrelasjon av PPD og PMV.

De maksimale PMV-verdier fra registrerte data i 2.- og 3. etasje ligger rundt $\pm 0,01$. Dette tilsvarer ca. 6 % i PPD. Det er ikke mulighet å få mindre enn 5 % PPD fordi det er alltid noen som synes det er litt for kaldt eller for varmt. Ifølge NS-EN 7730: 2005 tabell A.1 kategori B, skal PMV-verdien ikke overskride $\pm 0,5$ som tilsvarer ca. 10 % [11]. Dermed den termiske komforten er tilfredsstillende i alle rommene.

Målingsdataene i begge etasjer viser at lufthastigheten er relativt lave, og dette resulterer til lavere PMV-verdi. PMV-verdier ved 0,6 meter fra ytterveggen for undervisningsrom (PMV3-4) i 3. etasje, og undervisningsrom (PMV2-4) i 2. etasje er tilnærmet PMV-verdier i midten av rommet. Dette er på grunn av velisolerte yttervegger og flere lagsvinduer med gode U-verdier. (tidligere forprosjekt av gruppen).

6.6 Karbondioksid & krav

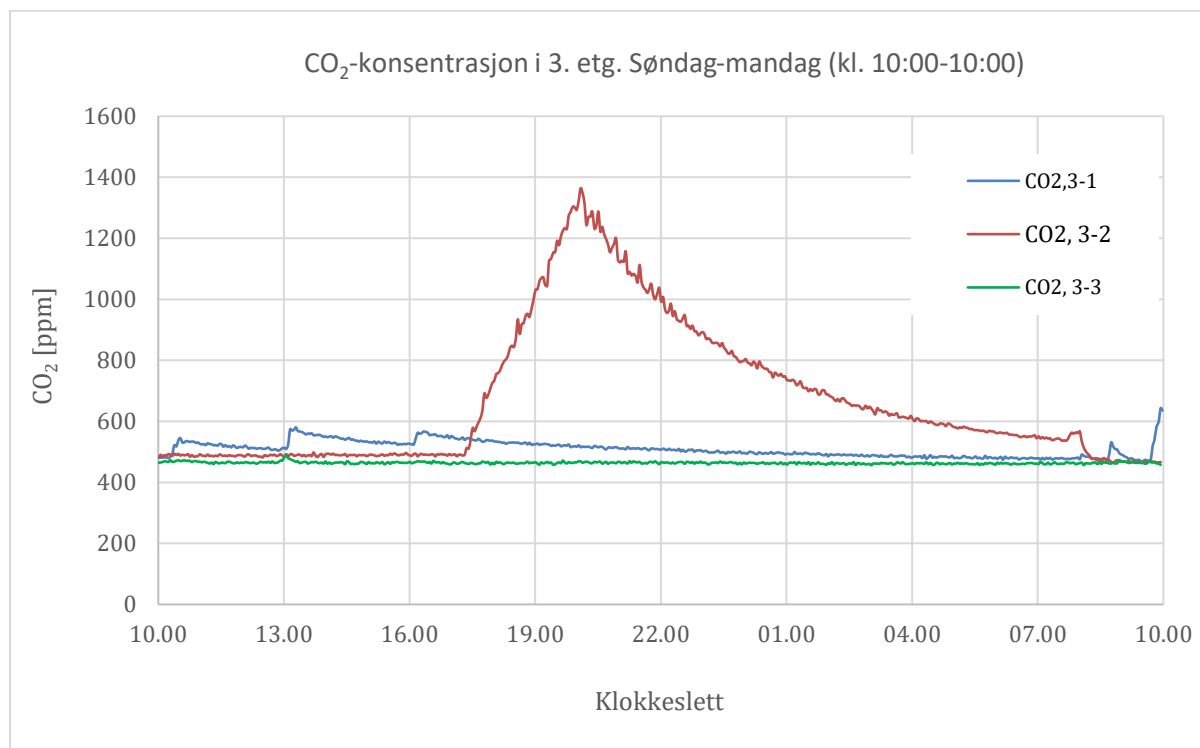
Målingsdataene fra begge etasjene viser variasjoner av CO₂-nivået i driftstiden- og utenfor driftstiden. CO₂-nivået avhengig av menneskelig aktivitet og ventilasjonsdriftstiden, og i dette del kapittelet skal det ses nærmere på konsentrasjon av CO₂ i arbeidsdager- og helg, samt sammenligne CO₂-nivået med myndighetens krav og anbefalinger.



Figur 6-9: variasjon av CO₂-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

Variasjoner av CO₂-3-1 i grupperommet- og CO₂-3-2 i undervisningsrommet mot glassgate ligger i området 800 ppm til 500 ppm fra kl. 10:00 til kl. 16:00. Høy og varierende CO₂-nivået i dette periode er på grunn av menneskelig aktiviteter. Fra kl. 16:00 til kl. 21:00 ligger CO₂-nivået ganske stabilt rundt 470 ppm fordi ingen befinner seg i rommene og ventilasjonen er på. Men (CO₂-3-1 og CO₂-3-2) stiger igjen over natten til rundt 560 ppm fordi ventilasjonen skrus av. Kl. 08:00 på fredagen synker CO₂-nivået fordi ventilasjonen skrus på igjen. CO₂-3-3 undervisningsrommet mot det fri ligger rundt 460

ppm fra torsdag-fredag fra ca. kl. 10:00- 10:00. Det har vært mindre menneskelig aktivitet i rommet. I utendriftstiden ligger CO₂-nivået fortsatt stabil på grunn av at døren har ikke vært lukket helt over natta. Dette vises tydelig frem i kapittelet 5.4 hvor luftskiftet er nesten konstant i dette rommet frem til kl. 08:00 på fredagen. Variasjoner av CO₂-nivået i andre etasjer følger samme trend.

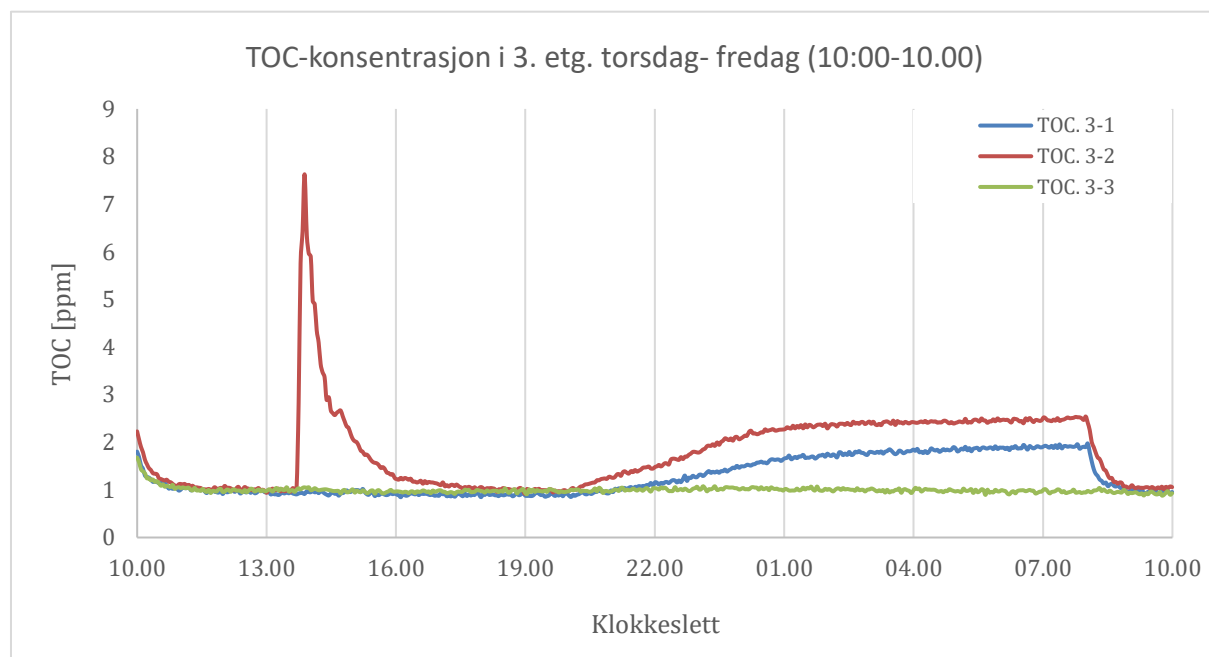


Figur 6-10: CO₂-konsentrasjon i 3. etasje fra søndag til mandag.

Figuren over viser variasjoner av CO₂-nivået i 3. etasje fra søndag- mandag kl. 10:00- 10:00. Som det nevnt tidligere, ventilasjonen skrues helt av i helga. Målingsdataene viser at så lenge det er ikke menneskelig aktiviteter i rommene i helgen, ligger CO₂-nivået rundt 500 ppm hele døgnet. Men når det befinner seg folk i rommene i helgen, vil CO₂-nivået øker kraftig på grunn av mindre luftskifte, selv om det er få personer i rommene. Dette kommer tydelig frem i grafen over at noen studenter befinner seg i undervisningsrommet mot glassgata hvor CO₂-3-2 øker til ca. 1400 ppm rundt kl. 20:00 på søndagen. Variasjoner av CO₂-nivået følger samme trend i andre rommene i begge etasjene. Målingsdataene i kapittelet 5.4 viser at luftskifte i dette perioden har vært betydelig liten. Høye konsentrasjon av CO₂-gassen i inneluft vil medføre til helseplager som hodepine, slimhinneirritasjon, nedsatt arbeidskapasitet og mistriivsel. I følge TEK17, CO₂-nivået i oppholdsrom skal ikke overskride 1000 ppm (1800 mg/m³). CO₂-nivået i alle rommene i driftstiden (når ventilasjonen er på) ligger innenfor kravet, men i utendriftstiden (når ventilasjonen skrues av) vil CO₂-nivået overskride kravet på 1000 ppm, dersom noen befinner seg i rommet.

6.7 Flyktige organiske forbindelser & krav

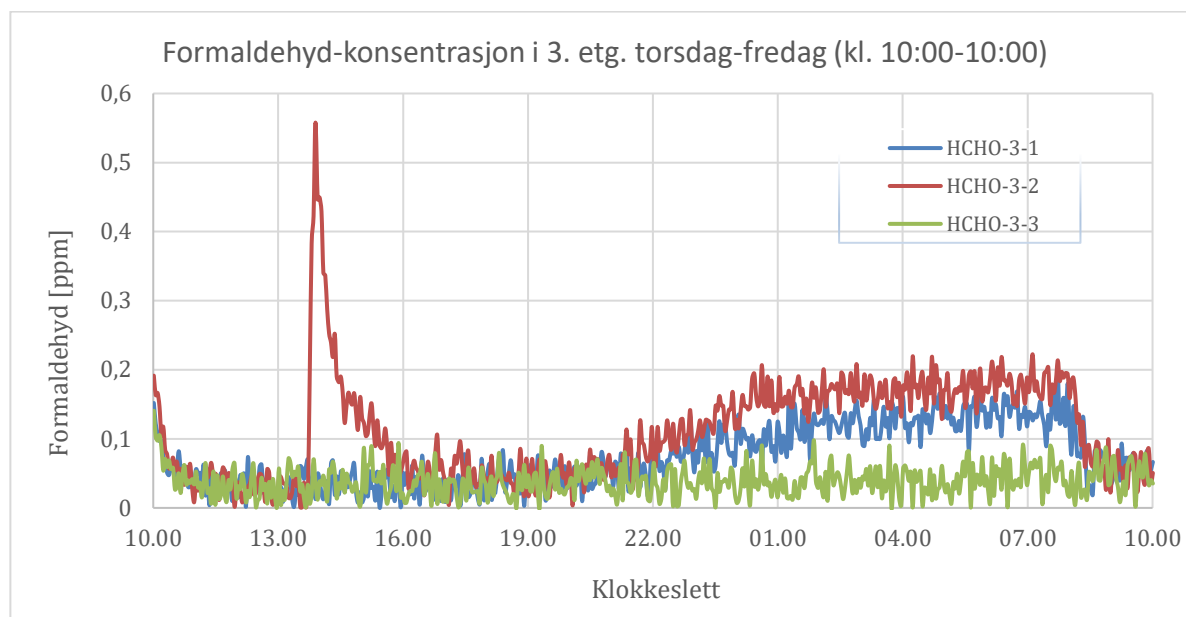
Flyktige organiske forbindelse (TOC) ble presentert i resultat kapitlet. Det kommer frem av måledataene i begge etasjer, at konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser har en sammenheng med menneskelig aktivitet hvor TOC-nivået stiger kraftig. Menneskes varmeproduksjon, pust, brukt av kosmetikk og andre gasser er mulige årsaker til økning av TOC-nivået i rommet.



Figur 6-11: TOC- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

VOC-nivået (TOC.3-2) i undervisningsrommet der det sitter rundt 10-12 studenter i en forelesning rundt kl. 14:00 til 15:00. TOC-nivået øker kraftig fra ca. 1 ppm til rundt 8 ppm. Alle rommene i 2. og 3. etasje der TOC-nivået ble målt, har en TOC-nivå rundt 3-5 ppm når ventilasjonen er av. Når ventilasjon skrur på, vil nivået holde seg rundt 1 ppm dersom det er ingen menneskelig aktivitet i rommet. Ifølge verdens helse organisasjon konsentrasjonen av VOC skal ikke overskride 1-3 ppm = 1- 3 mg/m³ i bygg for varig opphold, og for langsiktig mål bør konsentrasjonen ligger mellom 0,2- 0,3 ppm [9]. Målingsdataene viser at konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser i alle rommene ligger innenfor anbefalte verdier både i driftstiden og utenfor driftstiden med unntak av spesielle forurensningskilde som skyldes menneskelig aktiviteter.

6.8 Formaldehyd & krav

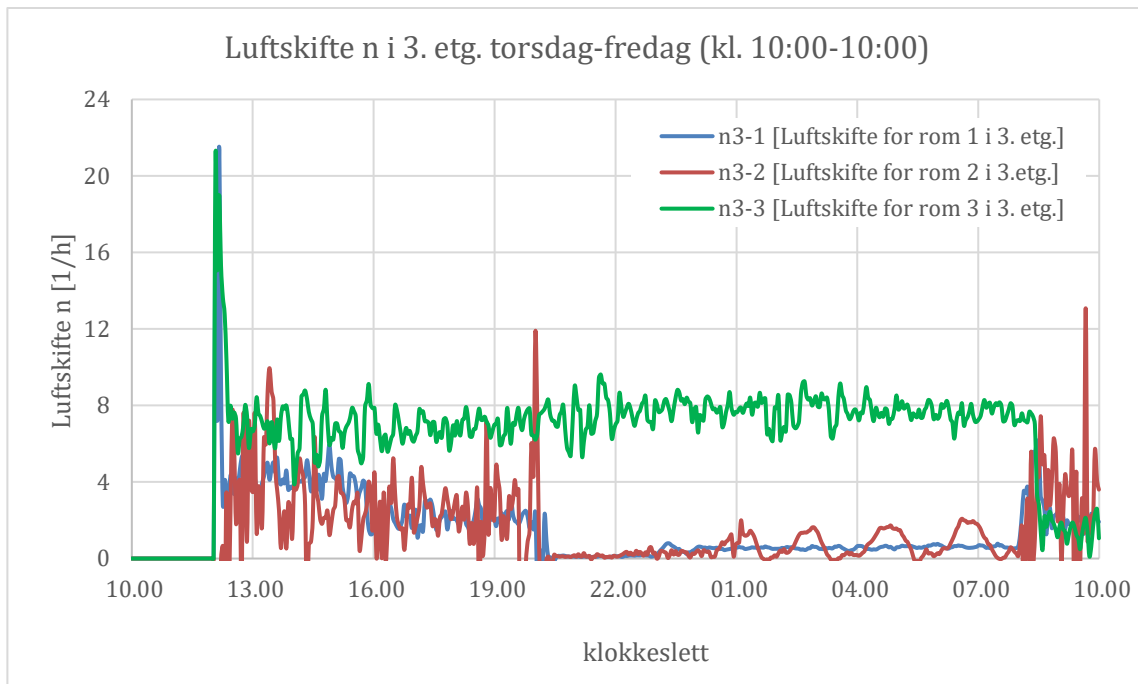


Figur 6-12: HCHO- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.

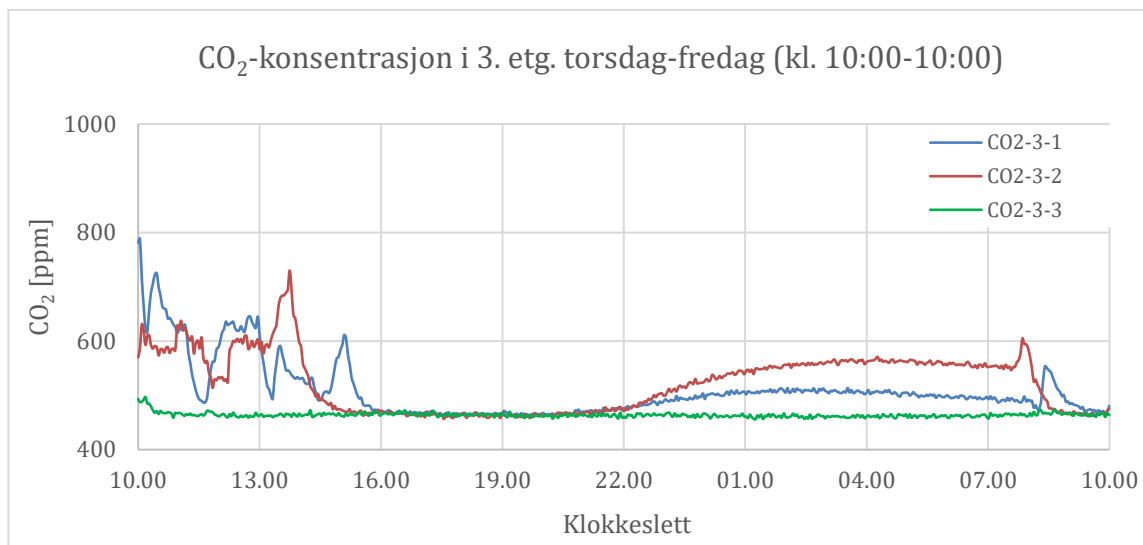
Resultatene fra målingene viser at konsentrasjon av formaldehyd varierer med menneskers aktiviteter. Det kommer tydelig frem av grafen figuren under der konsentrasjonen av Formaldehyd øker rundt kl. 14:00 i undervisningsrommet (3-2). Årsaken kan være kosmetikk og søppel til stede. Generelt det er lavt formaldehyd nivå i begge etasje både i arbeidsdager og helg. Konsentrasjon av formaldehyd skal ikke overskride 0,1 mg/m³ (30 minutter midlingstid) [9]. (Formaldehyd forhold: 1,2 mg/m³= 1 ppm). Målingsdatene viser at konsentrasjonen av formaldehyd generelt ligger innenfor krav når ventilasjon er på med unntak av spesielle menneskelige aktiviteter som gir kort varig økt av formaldehyd nivået. Formaldehyd nivået overskrider øvre grense verdien når ventilasjonen skrur av. Det viser seg at formaldehyd nivået ligger mellom 0,1- 0,33 ppm i andre etasjer i helgen og tilsvarende trend for tredje etasje.

6.9 Sammenheng mellom luftskifte & CO₂

CO₂-konsentrasjon i inneklimate vil til enhver tid være avhengig av luftskifte i forhold til personbelastningen. I bygninger som skoler, universiteter og andre bygninger med store personbelastninger vil CO₂-produksjon være høye. Derfor er det av betydning at luften skal skiftes oftere slik konsentrasjon av CO₂ bli så lav som mulig



Figur 6-13: luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.



Figur 6-14: CO₂-Konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag

Dette kommer frem i målingen i 3. etasje fra torsdag-fredag hvor det er delvis menneskelige aktiviteter i rommene fra ca. kl. 10:00 til kl. 16:00. I dette tidsperiode varierer luftskiftet avhengig menneskelige aktiviteter i rommene. Grunnen til luftskiftet n3-3 er like høy i ventilasjonsdriftstiden og ikke driftstiden er, at døren til rom 3 (n3-3) har vært ikke luket helt fra torsdag ettermiddag til fredag morgen. Men luftskifte for n3-1 og n3-2 veldig lave mellom ca. kl. 20:00 og 08:00 da ventilasjonen skrur av. I denne perioden vil CO₂-nivået i disse to rommene øke på grunn av mindre luftskiftet.

6.10 Relativ luftfuktighet & temperatur

Relativ luftfuktighet utendørs i fyringssesongen er lav i forhold til andre årstider. Friskluften inneholder lave vandampinnhold om vinteren og ved oppvarming via ventilasjonsanlegget blir vandampinnholdet enda lavere i inneklima som gir en lav relativ luftfuktighet innendørs. Temperaturen er derfor av stor betydning for relativ luftfuktighet i inneklima. Lavere temperatur inneholder mindre vandamp. I kapitlet resultat variasjon av relativ luftfuktighet i 2. etasje og 3. etasje med tanke på ulike utetemperatur.

6.11 Arbeidsdager kontra helg

Målingsresultater for 2. og 3. etasje viser at CO₂-konsentrasjon, TOC-konsentrasjon og Formaldehyd-konsentrasjon ligger innenfor myndighetens krav i arbeidsdager (mandag-fredag) når det er menneskelig aktiviteter i rommene, og ventilasjonsanlegget er på. Men i de tidsperioder hvor ventilasjonen skrur av, vil det ikke være tilstrekkelig luftmengde i rommene når folk befinner seg i rommet. Dette medfører til høyere CO₂, TOC- og Formaldehydnivå.

6.12 Etterklangstid & krav

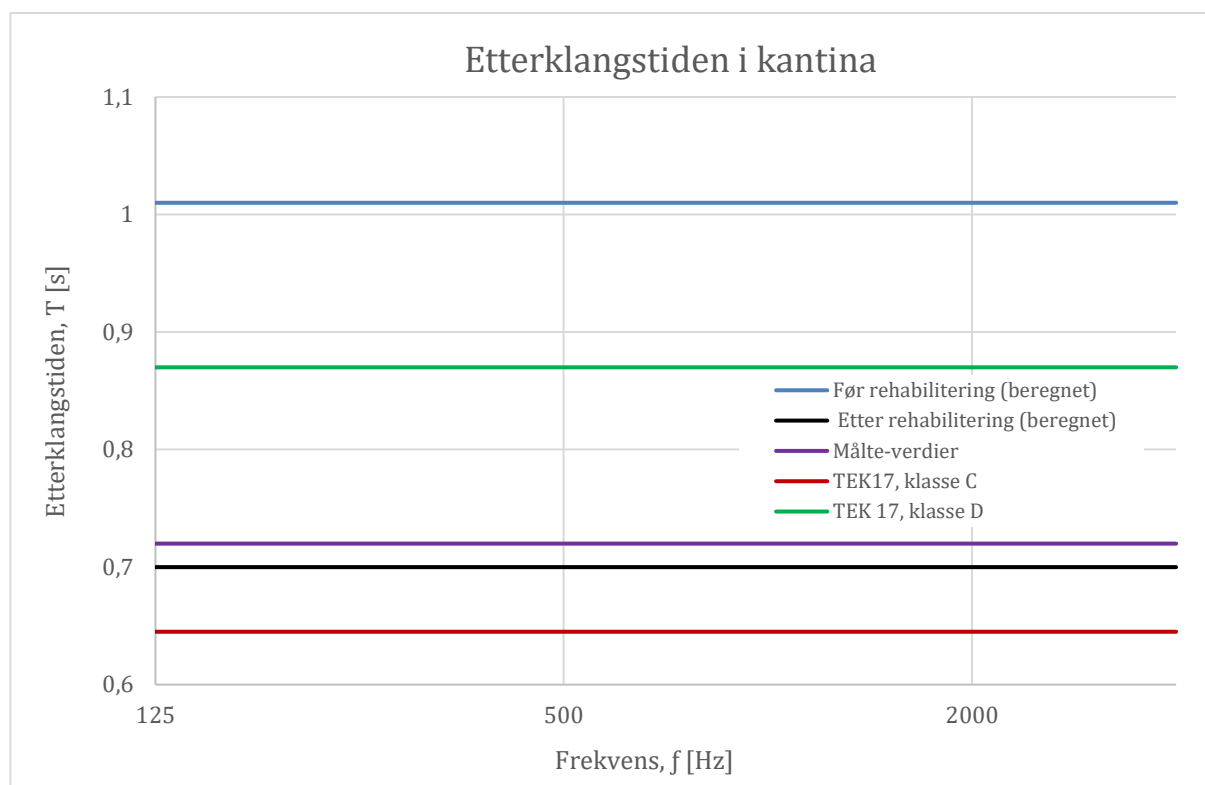
I dette del kapitlet skal målingsdata, beregninger og observasjoner av kantina analyseres og diskuteres. Som det nevnt tidligere i teorikapitlet, vil denne rapporten kun sette fokus på etterklangstiden før og etter oppgraderingen.

Nedre del av kantina ble oppgradert betydelig hvor det er plassert nye lydabsorbenter i himlingen- og mellom vinduer på veggen. I tillegg ble det plassert sofastoler med lydabsorbenter i både nedre og øvre delen av kantina. Plassering av lydabsorbenter i himlingen- og mellom vinduer på veggen bidrar til bedre etterklangstid i kantina. Plassering av sofastoler med lydabsorbenter i øvre del av kantina kan også bidra i en visgrad til bedre etterklangstid. I tillegg til målingen, er det gjort beregninger av absorbenter for å gi målingsdataene mer troverdighet. Beregningene tar utgangspunkt i en ca. areal- og volum beregninger i både øvre- og nedre delen av kantina. Detaljert beregningsdata og målings data ligger i vedlegg K.

NS-EN 8175:2012 angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde h , som følgende i

Tabell 6-1, krav etterklangstid gitt i tabell 2.2 i [36].

Klasse	A	B	C	D
T_h [s]	$0,13 \cdot h$	$0,16 \cdot h$	$0,20 \cdot h$	$0,27 \cdot h$



Figur 6-15: målingsresultat og beregning av etterklangstiden i kantina

Etterklangstiden er avhengig av rommets takhøyde h . Nedre delen av kantina har en takhøyde rundt 3,6 meter og øvre delen ca. 2,84 meter. Middelerdien av høyden blir ca. 3,23 meter. I klasse C tilsvarer dette, $3,23 \text{ m} \cdot 0,2 = 0,65$ sekunder. I klasse D gir dette $3,23 \text{ m} \cdot 0,27 = 0,87$ sekunder i etterklangstid. Den middelerdien av etterklangstid ble 0,71 sekunder ved måling, og 0,70 sekunder ved beregninger. Det vil si etterklangstiden i kantina ligger mellom klasse C og D. Krav om etterklangstiden for rehabilitering/ oppgradering av lignende bygg er klasse D. dermed etterklangstid i kantina er tilfredsstillende.

6.13 Ørebroundersøkelse & målinger

Ørebroundersøkelsen ble gjennomført på tross av korona-pandemien som førte til digital undervisning- og for det meste hjemmekontor for ansatte ved universitet i Tromsø campus Narvik. For å få en mer troverdig undersøkelse, bør det man ha flere meninger om hvordan inneklimaet er. Men likevel de få besvarelsene fra brukerne, gir en indikasjon på hvordan inneklimaet er i dag. Ørebroundersøkelsen ble brukt til å få en indikasjon på hva som er interessant å måle senere. Spørreundersøkelsen ble sent til kun ansatte ved UiT campus Narvik hvor av totalt rundt 277 ansatte svarte kun 18 personer.



Figur 6-16, Registrering av klager og miljøfaktorer

De største indikasjoner fra undersøkelsen viser at rundt 10 % opplever tørr luft ofte, og over 40 % opplever tørr luft av og til i inneklimaet. De er målt lavt vanndampinnhold i begge etasjene, spesielt i 2. etasje hvor den relative luftfuktigheten ligger under 20 %. Vedlegg 1.2 viser relativ luftfuktighet over hele måleperioden. Lav relativ luftfuktighet oppleves som tørr luft i inneklimaet, og dette har en sammenheng med brukernes opplevelse av inneklimaet ved Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Opplevelsen av for lav temperatur kan være på grunn av manuell justering av rom. Ellers romtemperatur ligger stabilt ifølge målingsdataene. Noen av ansatte opplevde innstengt og dårlig luft i teorifløyen. Dette kan være på grunn av lukt av nye materialer blant annet nye materialer, maling og fuger. Andre årsak til innstengt luft kan være på grunn av i gang setting av ventilasjon etter oppnåelse av en visgrad CO₂-nivå i rommet. Det vil ta en liten stund før luftskifte skjer. Dette viser seg i måling av andre etasje torsdag- fredag mellom kl. 10:00 og 14:00. Her vil CO₂-nivået ligge rundt 850 ppm selv om ventilasjonen er på. Nå ventilasjonen øker luftmengde, synker CO₂-nivået og dermed luftkvaliteten blir bedre.

6.14 Sammenligning med andre undersøkelser

I tillegg til sammenligning av resultater mot myndighetens krav- og anbefalinger, er det undersøkt resultater fra tilsvarende målinger. Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne har skrevet en nesten tilsvarende masteroppgave som går ut på (Kartlegging av inneklima på Skistua barneskole) i 2019 [51]. Undersøkelsen går ut på målinger av CO₂- og TOC-konsentrasjon, relativ luftfuktighet, luftskifte, lufthastighet og komfortmålinger. Siden formålet i både Skistua barneskole og UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik såpass like (Klasserom Skistua barneskole & undervisningsrom- og grupperom campus Narvik), er det fornuftig å sammenligne disse to inneklimaforholdene. På campus Narvik ble det valgt å måle/ logge tre helt like rom i hver etasje (2.- og 3. etasje), mens på Skistua

barneskole er det valgt å måle /logge to klasserom over to perioder. På campus Narvik er det valgt logginger, mens på Skistua barneskole er det valgt både logginger og øyeblikksmålinger. Målingen av de utvalgte parameter ved Norges arktiske Universitet campus Narvik ble tatt på en høyde på 1,1 meter over gulvet (på grunn av omrøringsventilasjonssystem), mens ved Skistua barneskole målingene ble tatt på forskjellige høyder på grunn av andre forhold som skyldes fortreningsventilasjonssystemet.

Temperaturforholdet ved campus Narvik i både 2.- og 3. etasje ligger rundt 20-22 °C med mulighet for manuell justering med ± 3 °C. I driftstiden det er tilnærmet null grader i vertikaltemperaturdifferanse siden ventilasjonen er omrøringsystem. Sammenlignet med Skistua barneskole hvor vertikaltemperaturdifferansen er større enn 3 °C som ikke fyller kravet, og skyldes fortreningsventilasjonssystemet. PMV-målinger fra Campus Narvik i begge etasjer viser at det er mindre enn 5 %. På Skistua barneskole er det omtrent 20 % misfornøyde som synes det er for kaldt eller varmt hvor kravet ligger på en PMV-verdi $\pm 0,5$ som tilsvarer ca. 10 %.

CO₂-nivået på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ligger ofte rundt 500 ppm i driftstiden når det er mindre personbelastninger, og under 1000 ppm når det er en større menneskelig aktivitet i rommene. Alle undervisningsrommene på campus Narvik har en CO₂-måler som er koblet til ventilasjonsanlegget slik at når CO₂-konsentrasjon øker, vil tilluftmengden øke også. CO₂-nivået i rommene går over 1000 ppm når ventilasjonen skrur av dersom det er menneskelig aktiviteter i rommene. Sammenlignet med Skistua barneskole er det CO₂-nivået stor sett høyere enn det gjør på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Dette skyldes større menneskelig aktivitet og tilluftmengde på barneskolen enn det er på UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik. Konsentrasjon av flyktige organiske forbindelse på campus Narvik er høyere enn Skistua barneskole. Grunnen til den høy TOC-nivået er at UiT Norges Arktiske Universitet campus Narvik ble oppgradert nylig og nye materialer slipper mer TOC-gasser.

Relativ luftfuktighet er et felles problem får både campus Narvik og Skistua barneskole på grunn av samme geografiske beliggenhet. Siden begge undersøkelsen finner sted i fyringssesongen og nesten tilsvarende værforhold, kommer det tydelig frem at relativ luftfuktighet ligger for lavt når det er minus grader utendørs. Målingsdataene fra både Skistua barneskole og & campus Narvik viser at relativ luftfuktighet ligger under 20 %, hvor anbefalingen er mellom 20 % til 40 % i dag. Lav relativ luftfuktighet som føles som tørr luft i inneklima medfører til helse plager, statisk elektrisitet, slimhinne- og øyeirritasjon samt uttørring av huden. Dette problemet er felles for både Skistua barneskole og campus Narvik som kommer frem i ørebroundersøkelsen.

Etterklangstidsmålingsdata fra kantina ble sammenlignet med dagens krav i henhold til [36] NS8175:2012 som angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde *h*. Målingsresultater ble sammenlignet med beregningsresultater hvor etterklangstiden trolig vært rundt 1,01 sekunder før oppgraderingen, og ca. 0,73 etter oppgraderingen. Ifølge standarden ligger den oppgraderte kantina mellom klasse C og D hvor klasse C er minimumskravet for etterklangstid for en ny bygning og klasse D gjelder for rehabilitering/ oppgradering av eksisterende bygg.

7 Oppsummering

I dette kapittelet vil rapporten bli oppsummert. I avsnitt 7.1 presenteres gjennomføring v oppgaven, avsnitt 7.2 tar for seg de generelle tiltaket ved inneklimatekst rehabiliteringen, avsnitt 7.3 gir en kort konkludering av rapporten og i avsnitt 7.4 kommer forslag til videre arbeid.

7.1 Gjennomføring

Kartlegging og analysing av E-blokka ved universitetet i Tromsø campus Narvik har vært en veldig interessant- og givende oppgave på tross av koronapandemien i løpet i denne perioden. Dersom det har vært normale personbelastninger i undervisningsrommene under målingene, ville målingsresultatene vært mer troverdige- og reelle. Blant annet kunne vi se CO₂, TOC og formaldehydnivået, luftskifte, relativ luftfuktighet, PMV og lufttemperatur når det er full menneskelig aktivitet. I tillegg kunne flere svare på ørebroundersøkelsen for å få frem folkets opplevelse av inneklimatekst. Det hadde også vært interessant å høre flere meninger om forbedring av etterklangstiden i kantina via spørreundersøkelsen.

7.2 Generelle tiltak ved inneklimatekst rehabilitering/ oppgradering

E-blokka ved UiT Norges Arktiske campus Narvik ble total oppgradert i løpet av 2019-2020. Alt av bygget ble revet (uten bærekonstruksjonen). Bygget har fått nye fasader og yttervegg av bindingsverk, nye vinduer og dør(er). Det er påført nye ventilasjonskanaler i alle tre etasjene hvor 3. etasjen tilkoblet ventilasjonsaggregatet i 4. etasje og 2. og 1. etasje tilkoblet ventilasjonsaggregatene i kjelleren. Alle ventilasjonene er av typen omrøringsystem. Ventilasjonen i undervisningsrommene justeres av CO₂-nivået. Det er montert nye lysarmaturer, vannbårne og lydakustiske plater påhengt veggene. Temperaturen inneklimatekst kan justeres med ± 3 °C.

7.3 Konklusjon

Ifølge verdens helseorganisasjon (WHO) en person oppholder seg ca. 90 % av tiden innendørs, og derfor er det av betydning å sørge for godt inneklimatekst innendørs spesielt i oppholdsrom. Inneklimatekst har store påvirkninger på menneskers komfort og helse, og de forskjellige inneklimatekstfaktorer har ulike konsekvenser. Dersom en eller flere av inneklimatekstfaktorene ikke tilfredsstillende brukernes preferanser, kan det få konsekvenser i form av helsemessige plager, samt produktivets- og funksjonsnedsettelse og andre effekter.

Målingsdataene i både andre- og tredje etasje viser at romtemperatur i alle rommene ligger rundt (20-22) °C i løpet av arbeidsdager og i helg, litt avhengig av menneskelig aktivitet og utendørstemperatur. Temperaturregulator i alle rom gjør det mulig å justere romtemperaturen med ± 3 °C. Måldataene viser at det er (1-2) °C temperaturforskjell mellom rommen i begge etasjer. Temperaturforskjellen i rommene kan påvirkes av flere faktorer blant annet menneskeligaktivitet, manuell justering, varmekilder og beliggenhet av fasaden. Ifølge krav og anbefalinger, lufttemperaturen i begge etasjene er tilfredsstillende.

Lufthastighet i et oppholdsrom har stor betydning for menneskers komfort. Siden det er et omrøringsventilasjonssystem, antas det lufthastighet er tilnærmet likt i hele oppholdssonen. Målingsdataene viser at lufthastighet som ble målt ved 1,1 meter over gulvet, ligger rundt 0,01 m/s.

Ifølge TEK17, lufthastighet fra varme- og ventilasjon må ikke overskride 0,15 m/s i rommets oppholdssone. Dermed lufthastigheten er tilfredsstillende og ligger godt innenfor kravet.

Det kommer frem av målingsdataene, at den relativ luftfuktighet innendørs ligger mellom (12-18) % i løpet i perioder hvor utendørstemperatur ligger rundt -2 °C til -6 °C. Lav relativ luftfuktighet skaper helse og diskomfort problemer. Det er mange faktorer som påvirker relativ luftfuktigheten i inneklimate, blant annet utendørs lufttemperatur som er den viktigste faktoren. Dette kommer tydelig frem ved sammenligning av relativ luftfuktighet i andre- og tredje etasje. Relativ luftfuktigheten utendørs er lavere i fyringssesongen i forhold til andre årstider. Kald luften med lavt vanndampinnhold varmes opp av ventilasjonsanlegget, og tilluften mister enda mer vanndamp. Dette medfører til lav relativ luftfuktighet i inneklimate. Menneskers aktivitet blant annet, pusting- og svette er også av betydning for økning av relativ luftfuktighet i et rom. Målingsdataene- og ørebroundersøkelsen viser at den relative luftfuktigheten i inneklimate ligger ikke innenfor den anbefalte verdier av TEK17 som er mellom (20-60) %.

Luftmengde fra ventilasjonen til rommene baseres på CO₂-nivået, som igjen er avhengig av menneskelig aktivitet i driftstiden. Målingsdataene i begge etasjene viser at luftskiftet er større ved menneskelig aktivitet. Måledataene viser at luftmengde i begge etasjer er tilfredsstillende med hensyn til luftkvalitet (CO₂-nivået) i driftstiden. Utenfor driftstiden (når ventilasjonen skrus av), passerer CO₂-nivået den øre grensen på 1000 ppm, dersom det er menneskelig aktiviteter i rommene.

Generelt ligger relativ luftfuktigheten lav i begge etasjer, og den laveste RF-verdier i andre etasje ligger mellom (12-18) %. Lufthastigheten i begge etasjer er tilfredsstillende. Foruten lave RF-verdier, er alle andre parameterer som påvirker menneskers komfort, er tilfredsstillende og gir lave PMV-verdier. Ifølge kravet i TEK17, antall misfornøyde bør ikke overskride 5 %, dermed den termiske komforten er tilfredsstillende.

PMV-verdier i andre- og tredje etasje ligger rundt ±0,01. Dette tilsvarer ca. 6 % i PPD. Det betyr antall misfornøyde som synes at det er litt kaldt eller varmt er ca. 6 %. PMV-verdien er avhengig blant annet av lufthastighet, lufttemperatur, strålingstemperatur og relativ luftfuktighet. Ifølge tabell A.1 i [10], den termiske komforten er tilfredsstillende.

Målingsdataene for begge etasjer viser at CO₂-nivået ligger under 1000 ppm når det er menneskelig aktivitet i rommene i arbeidsdagene. CO₂-nivået ligger rundt 500 ppm i arbeidsdager da ingen folk befinner seg i rommene, og rundt 460 ppm over natta, da ventilasjonen skrus av. Konsentrasjonen av CO₂ er tilfredsstillende i arbeidsdager i perioden ventilasjonen er på. Utenfor driftstiden både i arbeidsdager og helg, stiger CO₂-nivået kraftig. CO₂-nivået vil passere 1000 ppm, dersom noen befinner seg i rommene. Ifølge TEK17 maksimal CO₂-konsentrasjon i oppholdsrom skal ikke overskride 1000 ppm ($1800 \frac{mg}{m^3}$). Dermed CO₂-nivået ligger innenfor kravet i driftstiden, men ikke tilfredsstillende utenfor driftstiden, dersom det er menneskelig aktivitet i rommene.

Resultatdataene viser at TOC-nivået ligger rundt 1 ppm til 9 ppm når det menneskelig aktivitet i rommene, mens ca. 1 ppm til 3 ppm over natta og helg, da ventilasjonen skrus av. Ifølge anbefaling i [9], konsentrasjonen av TOC bør ikke overskride 1-3 ppm for rom for varig opphold.

Målingsdataene i begge etasjer viser at formaldehydnivået ligger rundt 0,01 ppm til 0,55 ppm i arbeidsdager da ventilasjonen er på. Ifølge [9] konsentrasjonen av formaldehyd i rom for varig opphold bør ikke overskride 0,1 mg/m³ (0,083 ppm). Dermed konsentrasjonen av formaldehyd er ikke tilfredsstillende når ventilasjonen er av. På grunn av menneskelig aktivitet passerer formaldehydnivået den øvre anbefalte grensen i enkelte tilfeller i driftstiden.

Målingsdataene viser at den middelveidien for etterklangstiden i kantina ligger rundt 0,73 sekunder. Målingsdataene og beregninger viser en betydelig forbedring av etterklangstiden i kantina. Tabell 2.2 i [36], angir krav om etterklangstid for restauranter, serveringssteder, kantiner, spiserom og pauserom med hensyn til gjennomsnittlig takhøyde *h*. Ifølge standarden ligger etterklangstiden for kantina mellom klasse C og klasse D, hvor minimumskrav for nybygg er klasse C, og for rehabilitering / oppgradering av eksisterende bygg klasse D.

Ørebroundersøkelsen ble gjennomført på tross av korona-pandemien som førte til digital undervisning- og for det meste hjemmekontor for ansatte ved universitet i Tromsø campus Narvik. For å få en mer troverdig undersøkelse, bør man få flere meninger om hvordan inneklimate er. Men likevel de få svarene fra brukerne, gir en indikasjon på hvordan inneklimate er i dag. Ørebroundersøkelsen ble brukt til å få en indikasjon på hva som er interessant å måle senere. Spørreundersøkelsen viser at rundt 10 % synes at det er tørr luft i inneklimate. Plagen om det er tørr luft i inneklimate er en kjent diskusjonssak om vinterhalvåret. Vandampinnholdet begge etasjene viser at relativ luftfuktigheten ligger under 20 % i en periode der det er minus grader utendørs. På tross av færre svar fra spørreundersøkelsen, viser mer enn halvparten av svarene, at etterklangstiden i kantina ble forbedret i stor grad.

7.4 Forslag til videre arbeid

Forslag til videre arbeid er å gjennomføre en likende undersøkelse/ måling når det er store menneskelige aktiviteter i rommene, slik rommene er dimensjonert for maks personbelastninger, samt utføre målingen i andre årstider som kan være gunstige. I tillegg ta en spørreundersøkelse når det er mulig å få flere svar.

8 Referanser

- [1] Statsbygg (2018).UiT campus Narvik oppgradering og utvikling. Statsbygg, Narvik, Rapport forsjekt (Hentet 01.02.2021)
- [2] Astmaog allergi forbundet (11.04.2021). Inneklima og innemiljø. Naaf. Hentet fra https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklima/inneklima_innemiljo/. (Hentet 19.04 .2021).
- [3] Byggforskserien (05. 2017). "421.505 godt inneklima i yrkesbygninger". Byggforsk. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/195/godt_inneklima_i_yrkesbygninger#relatedDocuments. (Hentet 10. 03.2021).
- [4] Norges Geologiske Undersøkelse (2019) «Radon aktsomhet, Narvik,» Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/radon/>. (Hentet 2.4.2021).
- [5] S.-E. Sveen (2019) "Innemiljø, trivsel, ytelse og produktivite" Forelesningsnotat 2 Innemiljø. (Hentet 03.02.2021)
- [6] Byggforskserien (10.2017). "421.501 termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger " Byggforsk. Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maalinger. (Hente 28. 2. 2021).
- [7] Norsk Standard (2014)." *Ns-EN 15251 : 2007 inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*" Standard norge. (Hentet 27.02.2021)
- [8] Direktoratet for byggkvalitet (2017) "Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 13-4. Termisk inneklima" dibk.no. Hentet fra: https://dibk.no/globalassets/34.-byggereglene/endringshistorikk_tek17/tek17_-13-4.-termisk-inneklima_01.07.17-15.11.17.pdf. (Hnetet 2. 3. 2021).

- [9] SINTEF (2006). "Skole miljø for læring- veiledning for skoleeiere" Hentet fra: https://www.sintefbok.no/book/index/107/skolemiljoe_for_laering_veiledning_for_skoleeiere?fbclid=IwAR252bmEDJwM3rNjLtj-8OnqJcKZ15pQh-H-9CHNeK9g3UnDuMTjAc4jrY . (Hentet 27 4 2021).
- [10] Standard Norge (2006). "NS-EN ISO 7730 , Ergonomi i termisk miljø Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort" Hentet fra: <https://www-standard-no.mime.uit.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=158329>. (Hentet 3. 3.2021).
- [11] P.-J. O. B. H.E.Hansen (2018). Danvak: varme- og Klimateknik (Inneklima), (4.utg). Denmark :Lindab pp. 31-55.
- [12] Standard Norge (2019). "NS-EN 16798-1:2019 Bygningers energiytelse - Ventilasjon i bygninger - Del 1: Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk (Modul M1-6)". Hentet fra : <https://www-standard-no.mime.uit.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1055687>. (Hentet 13.4. 2021).
- [13] P.-J. O. B. H.E.Hansen (2018).Danvak :Varme og klimateknik (fuktig luft), (4.utg) Danvak: Lindab pp. 141-150.
- [14] J. V. Thue (2016) Bygningsfysikk grunnlag (innemiljø og romklima),(1.utg) Fagbokforlaget, pp. 126-147.
- [15] S.-E. Sveen (2019), " Bygningsfysikk ,Kap 6 Fukt del 1 forelesningsnotat (SMN6198) (Hentet : 05.03.2021)
- [16] Direktoratet for byggkvalitet (2017), "(Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning" Kapittel 13 Inneklima og helse, Hentet fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/>. (Hentet: 8. 3 .2021).

- [17] Byggforskserien (2006), "220.330 Astma, allergi og inneklimate "byggforsk, Hentet fra: https://www.byggforsk.no/dokument/24/astma_allergi_og_inneklimate. (Hentet: 12. 3.2021).
- [18] Byggforskserien (2017), "421.503 Luftmengder i ventilasjonsanlegg. Krav og anbefalinger", byggforsk, Hentet fra: https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder_i_ventilasjonsanlegg_krav_og_anbefalinger%2005.03.2021. (Hentet: 5. 3. 2021).
- [19] Direktoratet for byggkvalitet (2017), "Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 13-3. Ventilasjon i byggverk for publikum og arbeidsbygning" dibk.no, Hentet fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-3/>. (Hentet 19.3. 2021).
- [20] Byggforskserien (2012), "421.523 Emisjoner fra byggevarer. Måling i laboratorium og resultater". byggforsk ,Hentet fra: https://www.byggforsk.no/dokument/4043/emisjoner_fra_byggevarer_maaling_i_laboratorium_og_resultater%2005.03.2021. (Hentet: 15. 3. 2021).
- [21] Norsk Helseinformatikk (2019). "Inneklimate - flyktige organiske forbindelser" nhi.no, Hentet fra : <https://nhi.no/livsstil/egenomsorg/flyktige-organiske-forbindelser/?hp=true>. (Hentet: 06.3 .2021).
- [22] Direktoratet for byggkvalitet (2017), "Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)", dibk.no, Hentet fra: <https://dibk.no/regelverk/dok/byggevarerforordningen/vedlegg-i-grunnleggende-krav/>. (Hentet: 8. 03. 2021).
- [23] Astma og allergiforbundet(2002), "Luftkvalitet og karbondioksid (CO2)", Inneklimate.com Hentet fra: <http://www.inneklimate.com/index.asp?document=299>. (Hentet: 12.3.2021).
- [24] B. Pedersen (2021), " karbondioksid Store norske leksikon" Hentet fra: <https://snl.no/karbondioksid>. (Hentet: 5. 3. 2021).

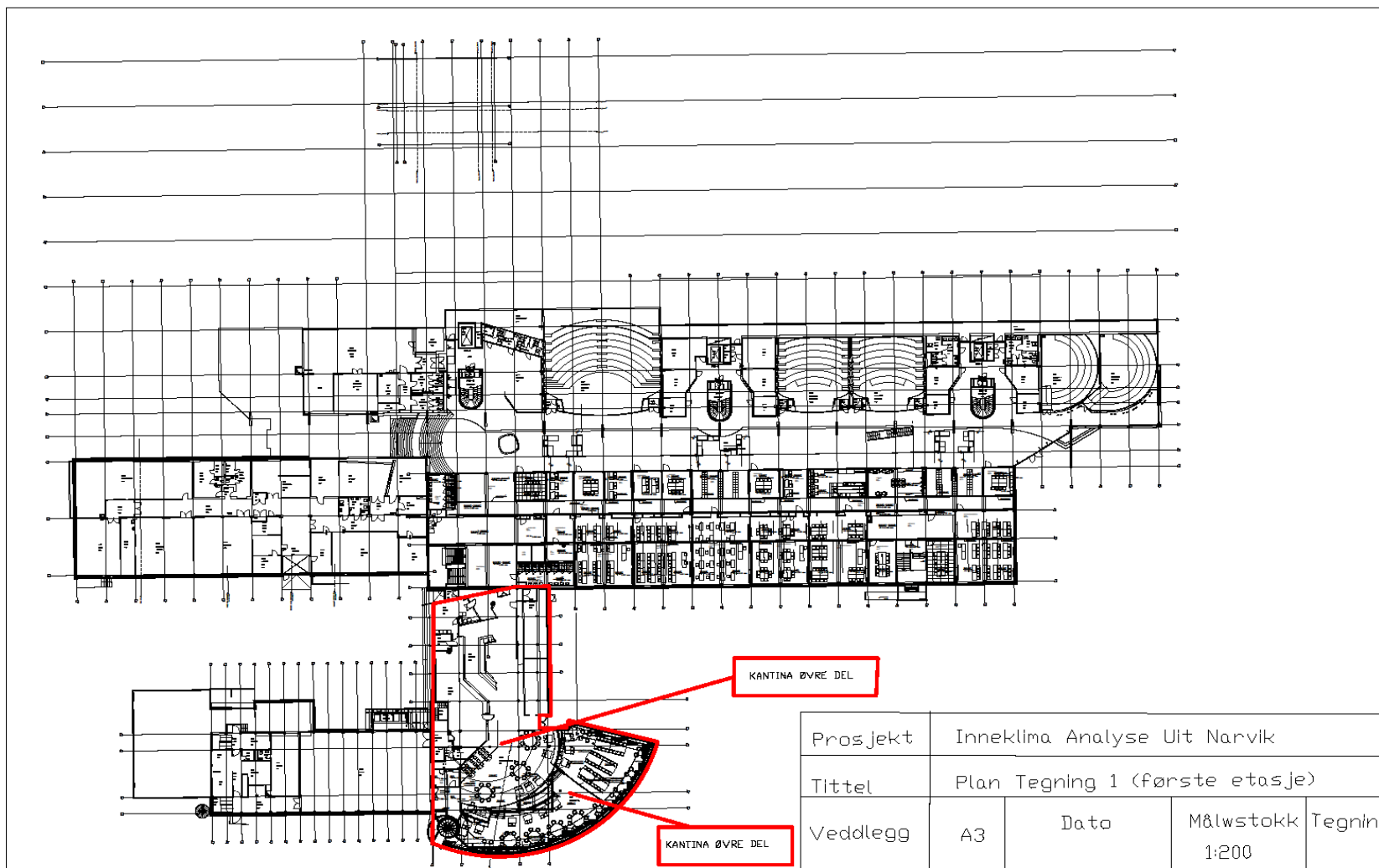
- [25] Tekna (2021), "typiske ventilasjonsløsninger i Nøringsbyg" Tekna, Hentet fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/typiske-ventilasjonslosninger-i-naeringsbygg/>. (Hentet: 6.3. 2021).
- [26] Byggforskserien (2005), "552.311 inneklimate og ventilasjon i skoler" Byggforsk, Hentet fra: https://www.byggforsk.no/dokument/532/inneklimate_og_ventilasjon_i_skoler#i1. (Hentet: 20 .3 .2021).
- [27] A.-M. Husøy (2019), " karbondioksid (fysiologi)", STORE NORSKE LEKSIKON, Hentet fra : https://sml.snl.no/karbondioksid_-_fysiologi. (Hentet: 9. 3. 2021).
- [28] FHI (2015), "Karbondioksid (CO₂) og inneklimate" Hentet fra : <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklimate/artikler-inneklimate-og-helseplager/karbondioksid-co2-og-inneklimate/>. (Hentet: 21.03.2021).
- [29] FHI (2015), "Temperatur, fukt og trekk er viktig for kroppens varmebalanse",Hentet fra: <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklimate/artikler-inneklimate-og-helseplager/temperatur-fukt-og-trekk-er-viktig-/>. (hentet: 01. 04. 2021).
- [30] Byggforskserien (1998), "527.300 Romakustikk",Byggforsk, Hentet fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/2595/romakustikk#i11>. (Hentet: 09.03. 2021).
- [31] Byggforsk (1998), "527.300 Romakustikk", Byggforsk,Hentet fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/2595/romakustikk#i11>. (Hentet: 11.03.2021).
- [32] T. E. Vigran (2002), Bygningsakustikk, (et grunnlag), (1. utg) NTNU Trondheim: tapir akademisk forlag, pp. 91-117.
- [33] J. V. Thue(2016), Bygningsfysikk, (Lydlære) (1.utg), fagbokforlaget, pp. 360-415.
- [34] T. Gjestland (2019), Akustikk,Store Norske leksikon, Hentet fra: <https://snl.no/Helmholtz-resonator>. (Hentet: 2. 4. 2021).
- [35] Byggforskserien(2004), "421.402 Romakustikk og lydisolering. Grunnbegreper" Hentet fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/186/romakustikk_og_lydisolering_grunnbegreper#i1. (Hentet 20.3.2021).

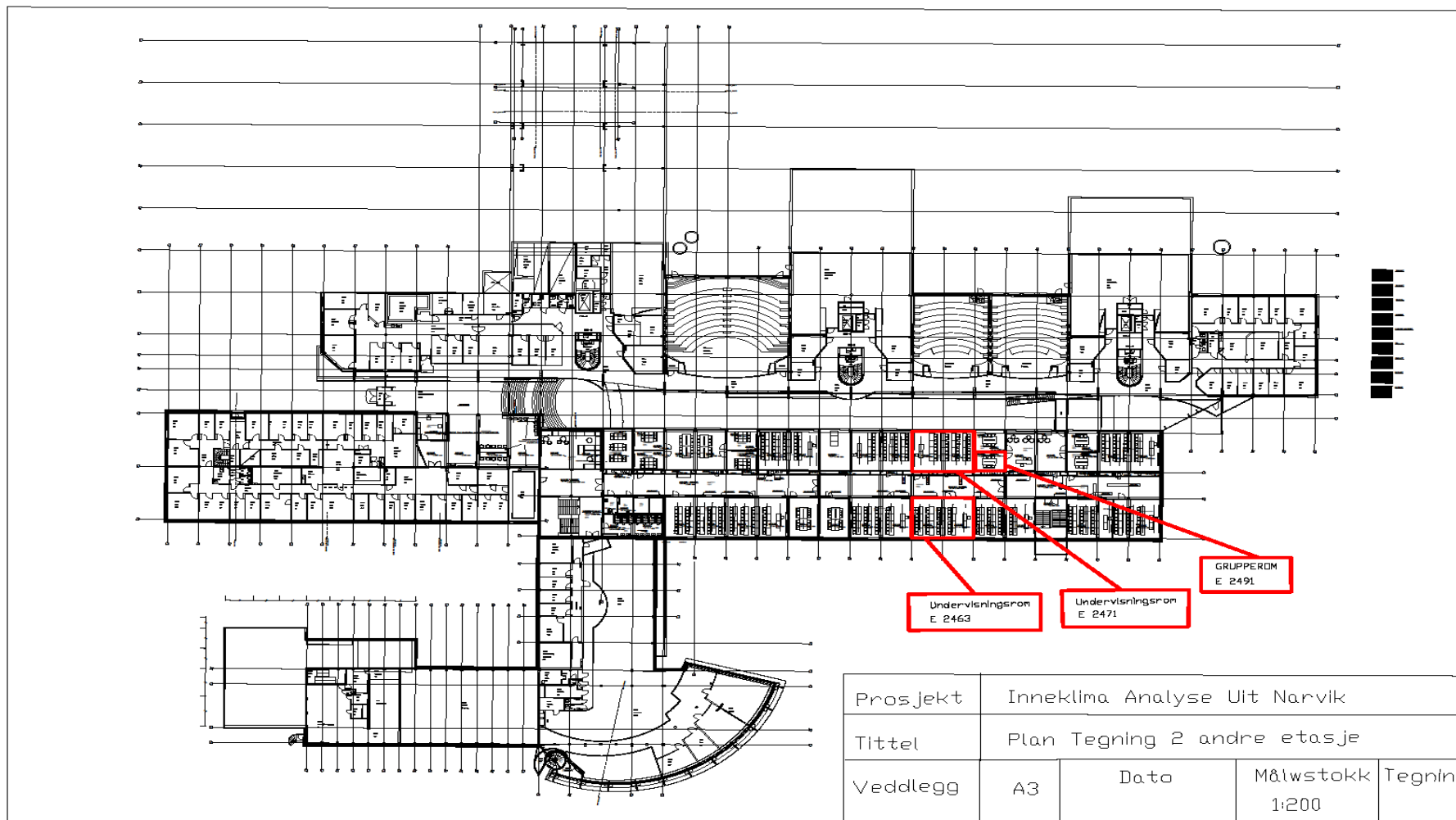
- [36] Standard Norge (2012) , "*NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger ,lydklasser for ulike bygninger*", standard Norge, (Hentet.28.03.2021)
- [37] Hioki(2018), "MEMORY HiLOGGER LR8400, LR8401, LR8402,» Hioki, (Hentet: 24.03.2021)
- [38] LumaSense Technologies (2018), "INNOVA 1512 Multi Gas Monitoring Instruments", Hentet fra: <https://innova.lumasenseinc.com/manuals/1512/>. (Hentet 16. 3 .2021)
- [39] LumaSense Technologies (2018), "INNOVA 1403 Multipoint sampler and Doser"Hentet fra : <https://innova.lumasenseinc.com/manuals/1403/>. (Hentet: 15 3 2021)
- [40] Testo 400 (2019), "Universelt Inneklimateinstrument Datablad Testo 400" (Hentet 20.04.2021)
- [41] Bruel & Kjaer (2015) , "Hand-held analyzer Types 2270 & 2250 akustikk" (Hentet20.04.2021)
- [42] O. B. P. Kjerulf-Jensen (2018), Danvak (Varme-og klimateknik, Måleteknik), (4.utg) danmark: Lindab, pp. 363-390.
- [43] Inneklimateknik.com (2010), "Ørebromodellen"Hentet fra: <http://www.inneklimateknik.com/index.asp?context=84&document=167>. (Hentet 17. 3. 2021).
- [44] UiT Norges arktiske Universitet (2017), "Nettskjema" Hentet fra:: <https://nettskjema.no/user/index.html>. (Hentet: 26.2.2021).
- [45] UiT Norges arktiske universitet (2020), "UiT i Narvik "Hentet fra: <https://uit.no/sted/narvik?sted=201567>. (Hentet: 2.3.2021).

- [46] E. K. Tangen (2018), "VURDERING AV INNEKLIMA I TEORIBYGG (NO-RIV-30-03),» Statsbygg, (Hentet 03.04.2021)
- [47] G. Urdahl (2018), "LUFTBEHANDLINGSANLEGG NOTAT (NO-RIV-30-02)," Statsbygg, (Hentet. 03.04.2021)
- [48] Sweco (2019), «NOTAT – VEDLEGG A akustikk,» Statsbygg, (Hentet. 19.03.2021)
- [49] NRK Meteorogiske (2021), "Yr Narvik "Hentet fra:
<https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-283156/Norge/Nordland/Narvik/Narvik>
(Hentet: 02.03.2021).
- [50] NRK Meteorologisk (2021), "Yr Narvik Nordland"Hentet fra :
<https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/5-84701/Norge/Nordland/Narvik/Narvik?q=2021-03-08>. (Hentet: 9.3.2021).
- [51] L. T. & O. N. Lohne (2019), "Karlegging av Skistua barneskole Narvik"
Masteroppgave ved Norges arktiske Universitet campus Narvik.Hentet (20.02.2021)

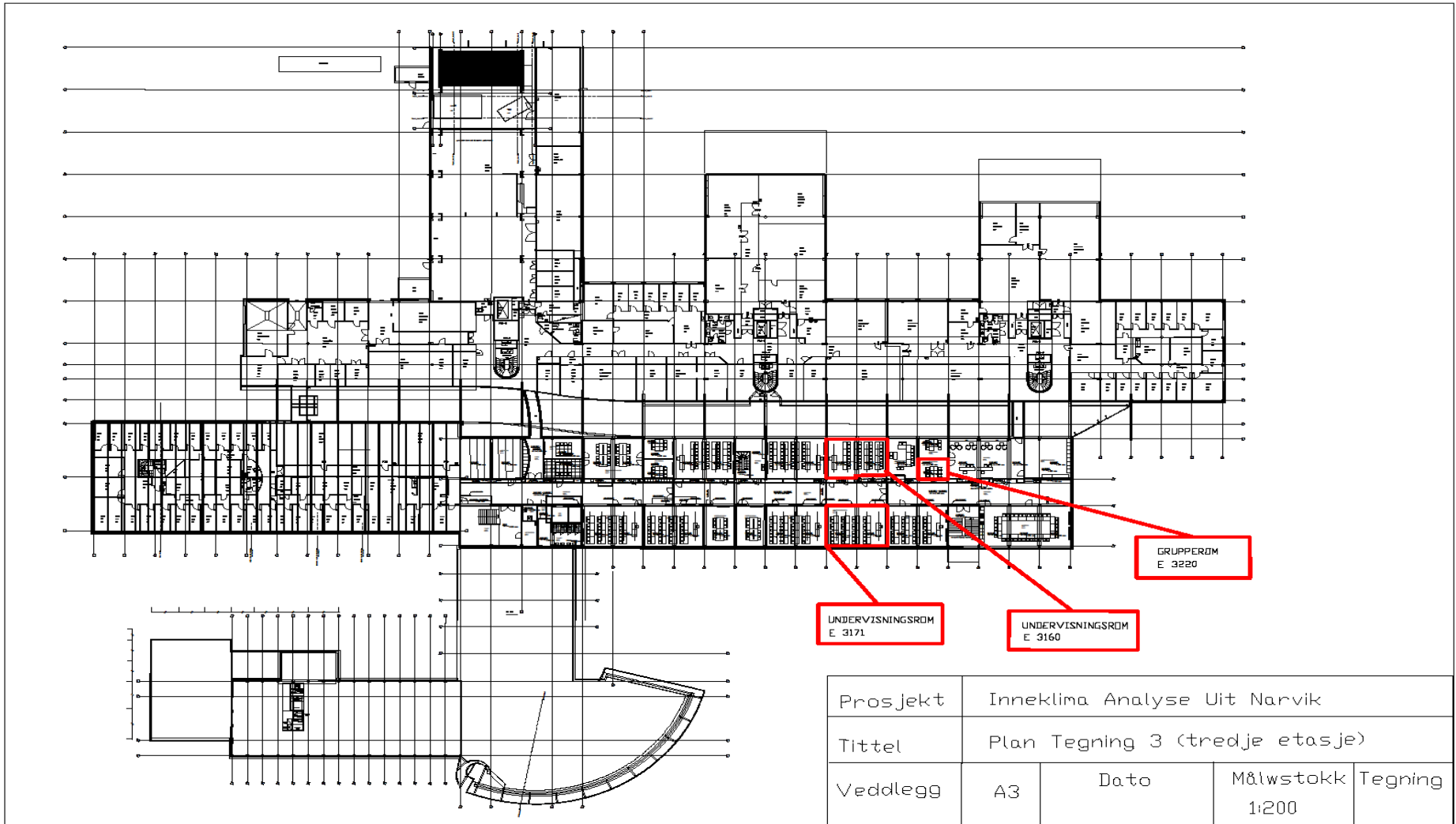
B -Plantegninger



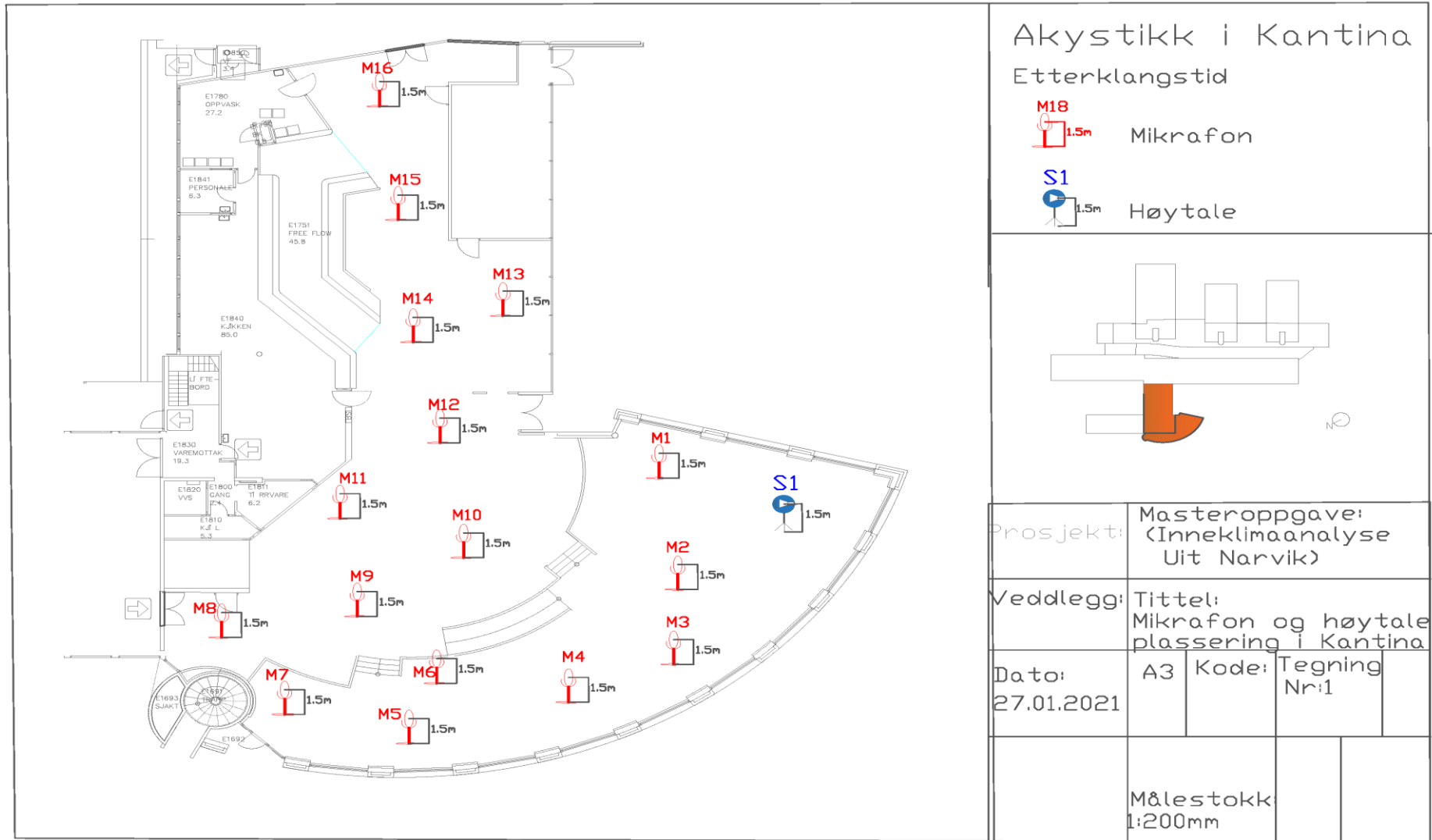
Prosjekt	Inneklima Analyse UiT Narvik		
Tittel	Plan Tegning 1 (første etasje)		
Veddlegg	A3	Dato	Målstokk 1:200
			Tegning

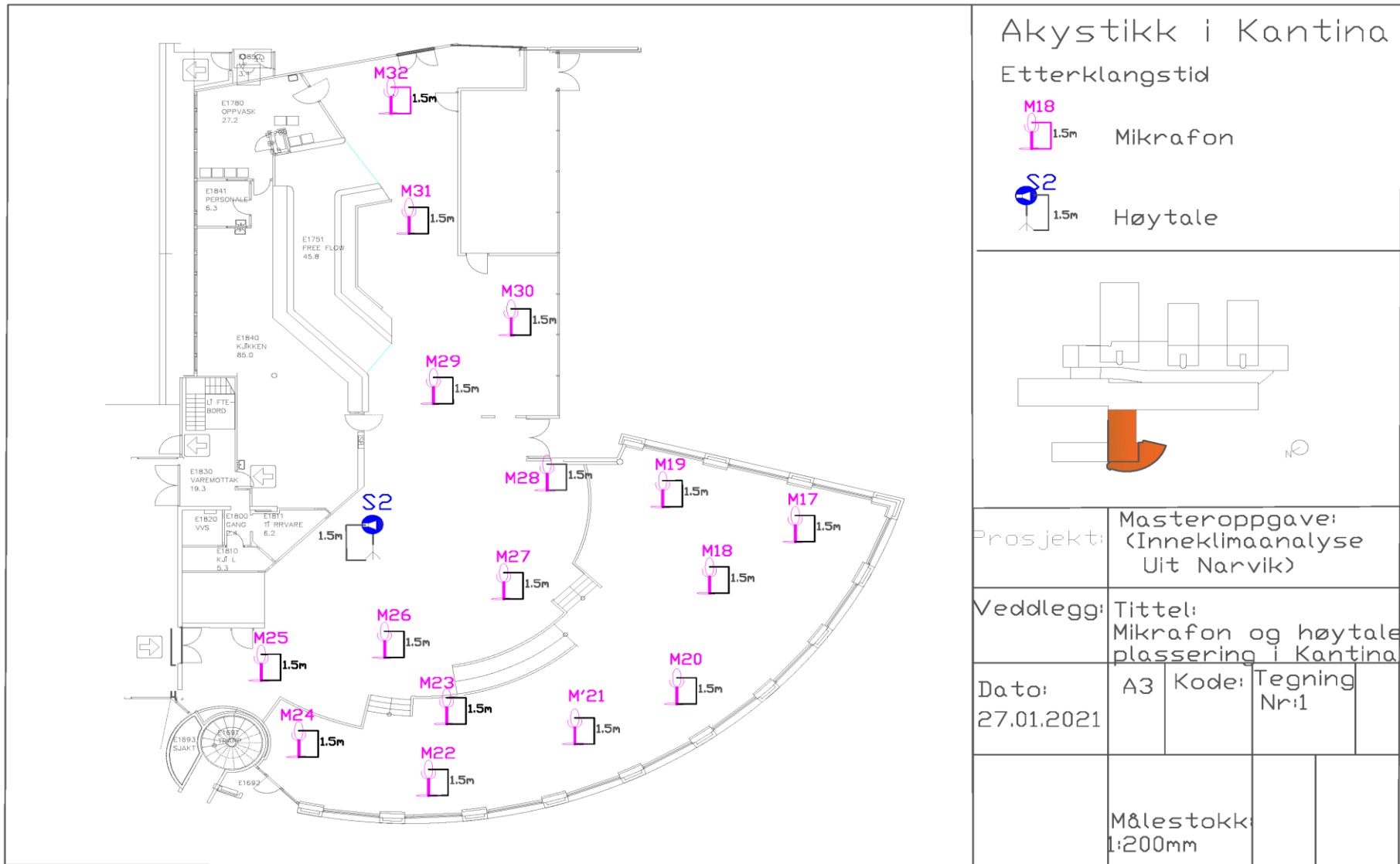


Prosjekt	Inneklima Analyse UiT Narvik		
Tittel	Plan Tegning 2 andre etasje		
Vedlegg	A3	Data	Målstokk Tegning 1:200

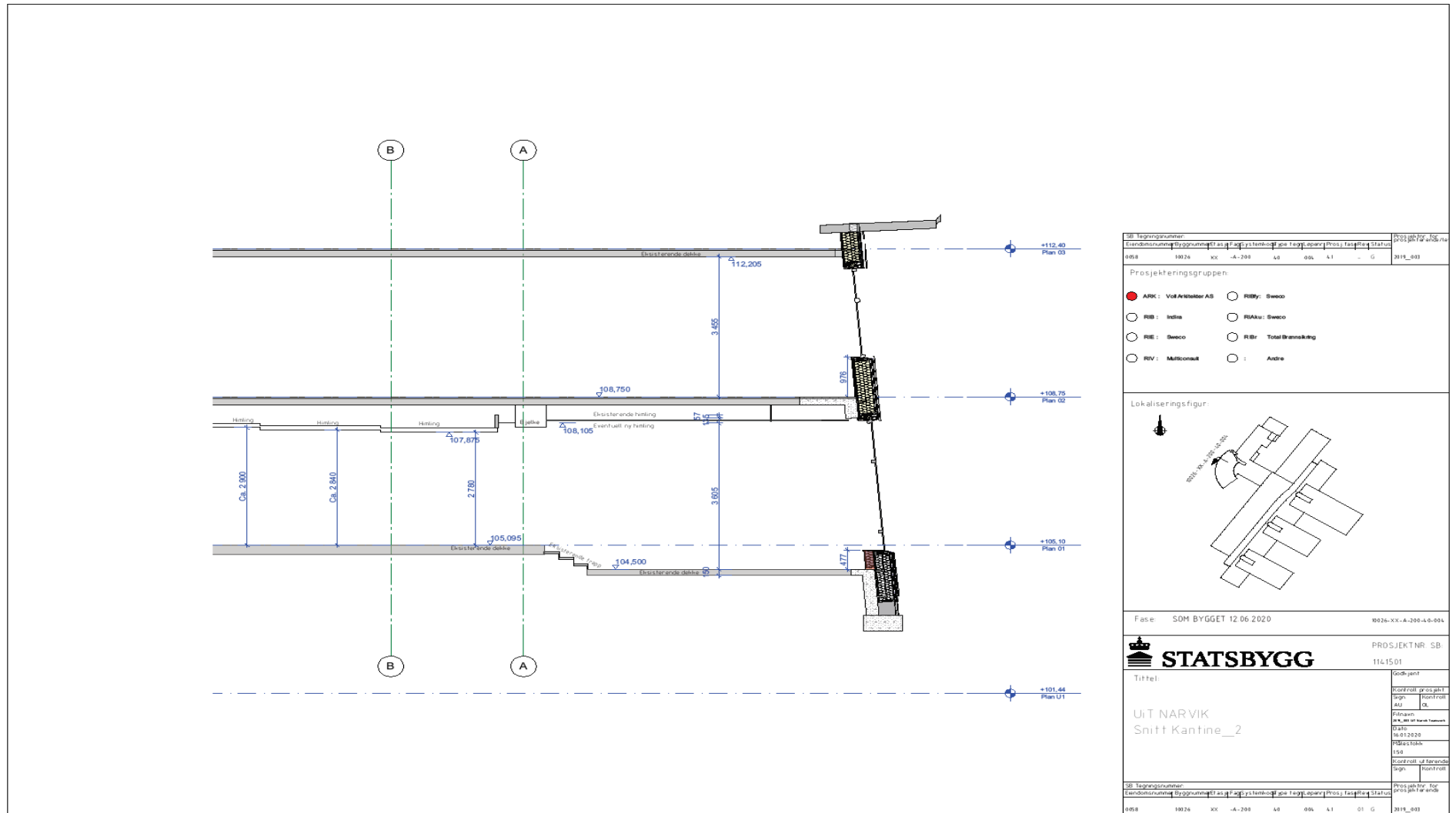


B.1 plantegning med Mikrofon og høytale posisjon

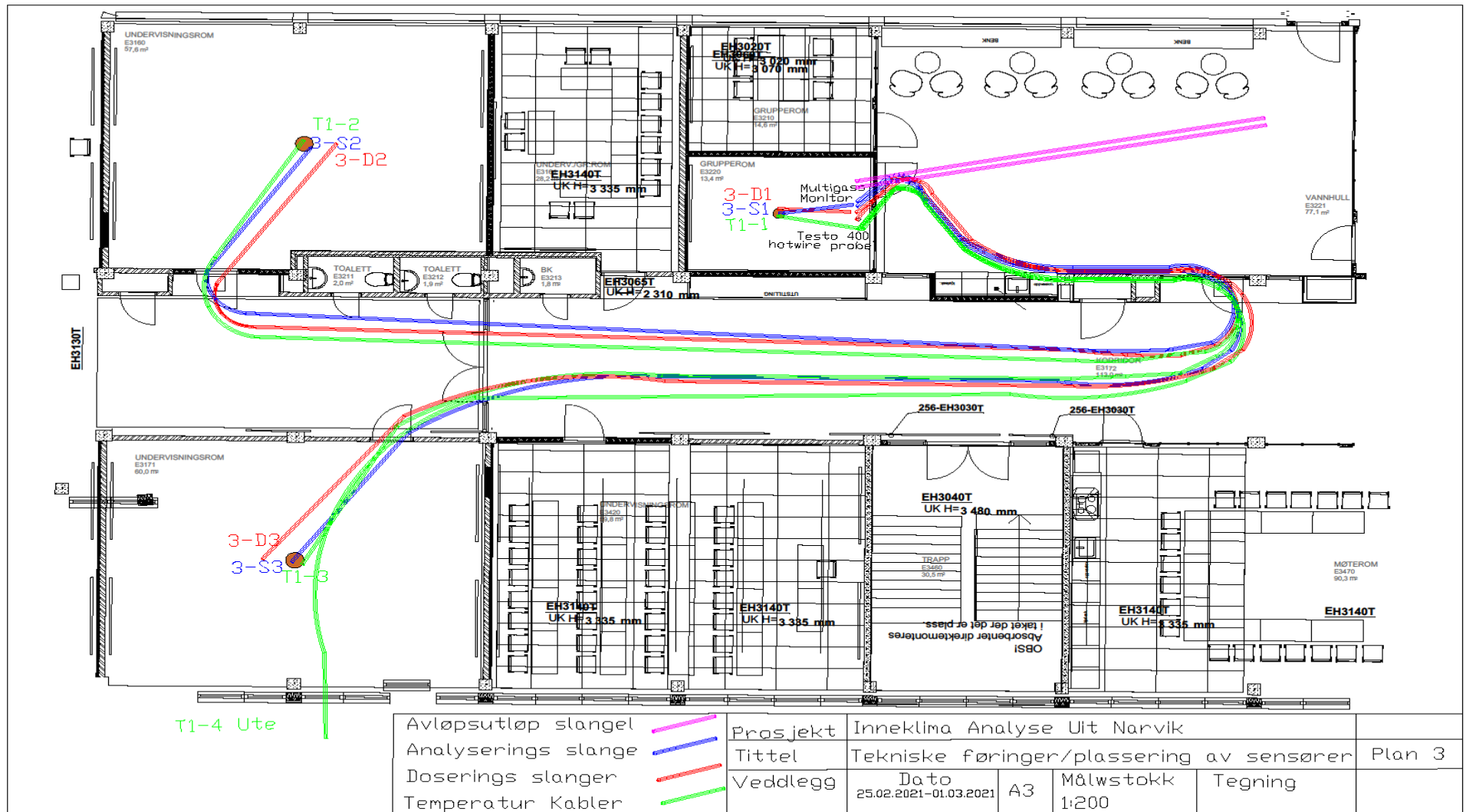




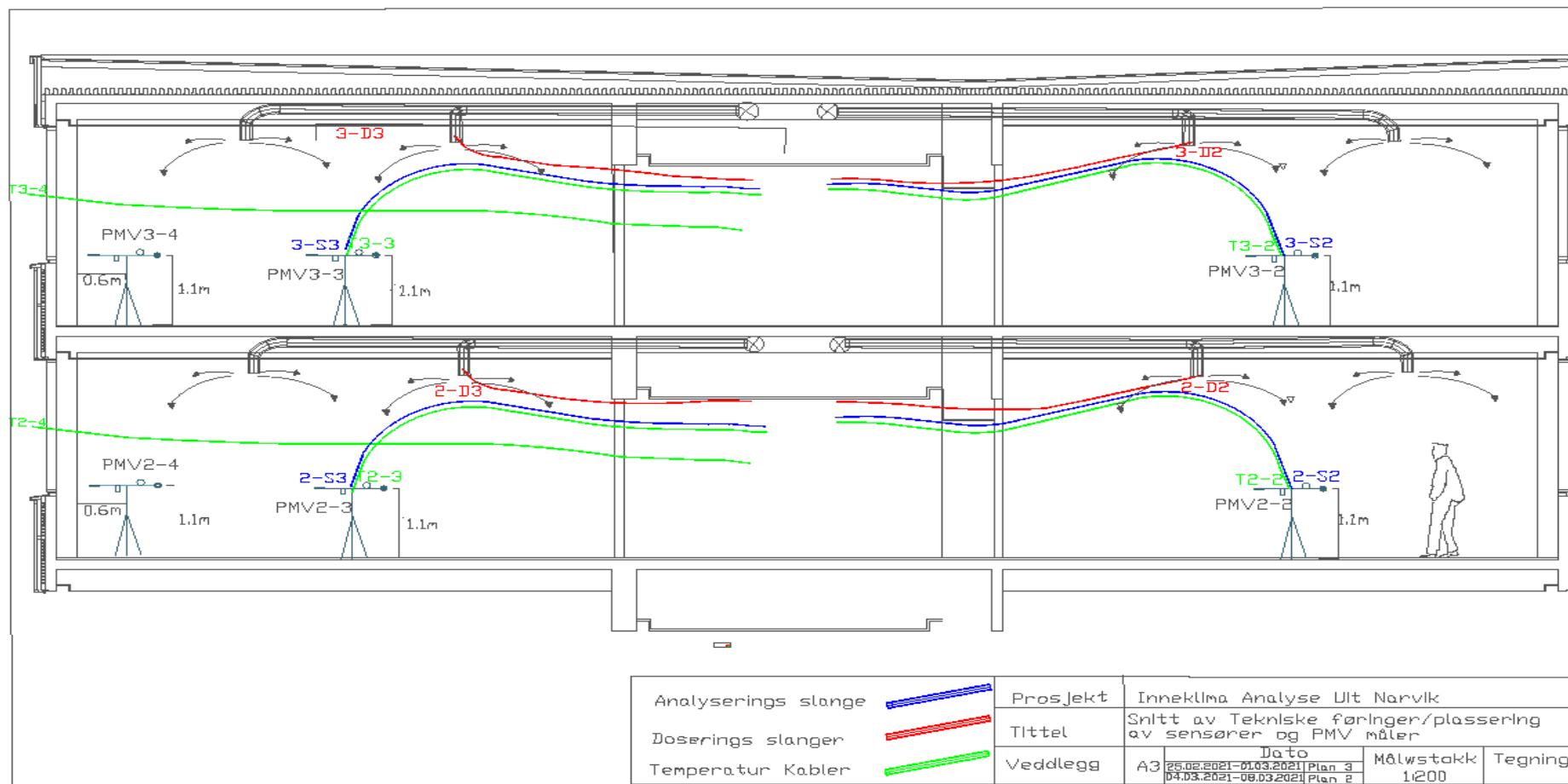
B.2 Snitt Kantina



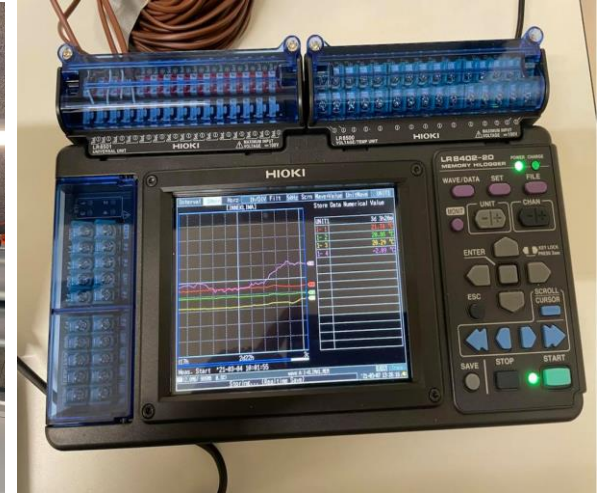
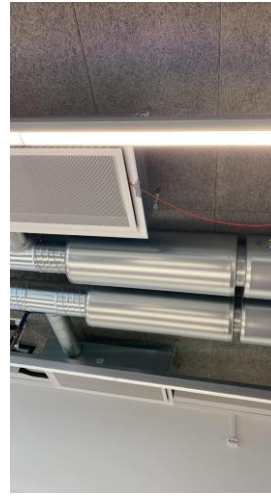
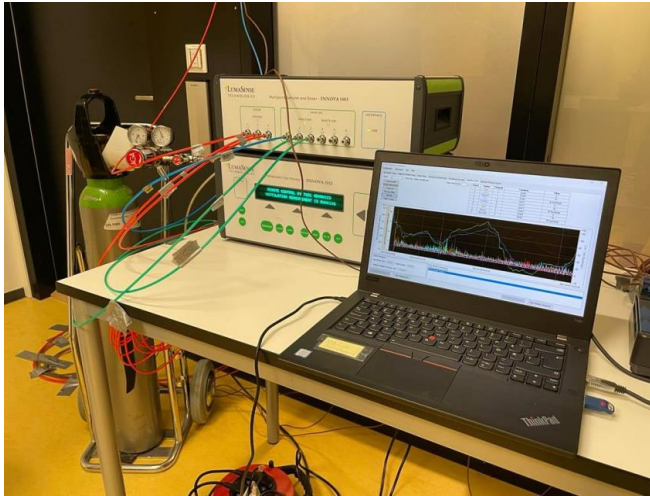
B.3 plantegninger med tekniske føringer



B.4 Snitt med tekniske føringer



C Måleoppsett



D kalibreringsdata for måleinstrumenter

D.1 Multi-gas Monitor Type 1512 & multipoint sampler and doser type 1403

Shortform overview file : 110-070.txt

From Multi-Gas Monitor serial no : 110-070

Date : 16/10-2019

Filter A	UA0986	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
	Bank 1:	Formaldehyde		x	x	x	o	1
	Bank 2:	—						
	Bank 3:	—						
	Bank 4:	—						
	Bank 5:	—						
Filter B	UA0983	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
	Bank 1:	Carbon dioxide	o		x	x	o	1
	Bank 2:	—						
	Bank 3:	—						
	Bank 4:	—						
	Bank 5:	—						
Filter C	UA0984	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
	Bank 1:	Carbon monoxide	o	x		x	o	1
	Bank 2:	—						
	Bank 3:	—						
	Bank 4:	—						
	Bank 5:	—						
Filter D	UA0988	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
	Bank 1:	Sulphur Hexaflouride	x	o	x		x	1
	Bank 2:	—						
	Bank 3:	—						
	Bank 4:	—						
	Bank 5:	—						
Filter E	UA0987	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
	Bank 1:	TOC ref. Toluene	o	x	x	x		1
	Bank 2:	—						
	Bank 3:	—						
	Bank 4:	—						
	Bank 5:	—						

1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : 110-070

Installed Optical Filter: UA0986 to
measure: Formaldehyde with
Detection Limit: 0,04 ppm.
Filter Installed in Position: A
Filter Bank : 1

Calibration Data for Filter :

Gas name: Formaldehyde
Molecular weight: 30,03

Concentration offset factor: 9,4542E-06
Humidity gain factor: 35,021E-03
Conc. conversion factor: 212,90E+03

Cross interference on filter A: /
Cross interference on filter B: 41,063E+06

Cross interference on filter C: 128,33E+06
Cross interference on filter D: 1,1739E+09
Cross interference on filter E: 0

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): 10,4E-03 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 11,9E-03 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): -6,4E-03 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 16,6E-03 ppm

Gas concentration level: 12,5 ppm
Average gas concentration level: 12,5 ppm
Standard deviation: 38,1E-03 ppm

Gas concentration level: _____ ppm
Average gas concentration level: _____ ppm
Standard deviation: _____ ppm

Gas concentration level: _____ ppm
Average gas concentration level: _____ ppm
Standard deviation: _____ ppm

Gas concentration level: _____ ppm
Average gas concentration level: _____ ppm
Gas concentration level: _____ ppm

Nafion tubing used? No
Sample Integration Time: 5 Sec

The Gas Monitor was calibrated mounted on a non-vibrating surface during calibration.

This Calibration is covered by a warranty for a period of 3 months from date of invoice.

Enviromental Conditions :

Ambient temperature: 23,8 °C
Ambient pressure: 1008 mbar

Span Gas Specifications :

Span Gas:

Contents: Formaldehyde
Concentration: 12,5 ppm ± 3%
Determined by: Titration
Date of gas analysis : 20191014

Zero Gas:

Contents: _____ /
Quality: _____ / %
Manufactured by: _____ /
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: 18,0 °C

Signature: CBB Date: 2019/10/16



1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : 110-070

Installed Optical Filter: UA 0983 to
measure: Carbon dioxide with
Detection Limit: 5.1 ppm.
Filter Installed in Position: B
Filter Bank: 1

Gas used during calibration:

Specific gas: Carbon dioxide
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 3490 ppm

Calibration Data for Filter :

Gas name: Carbon dioxide
Molecular weight: 44.01
Concentration offset factor¹: 9.747E-07
Humidity gain factor¹: 4.600E-02
Conc. conversion factor: 3.286E+07
Cross interference on filter A: 0.000E+00
Cross interference on filter B: /
Cross interference on filter C: 4.316E+09
Cross interference on filter D: 1.188E+10
Cross interference on filter E: 0.000E+00

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero): -1.03E+00 ppm
Standard deviation, (Dry zero): 1.66E+00 ppm
Average zero level, (Wet zero): -5.31E+00 ppm
Standard deviation, (Wet zero): 8.56E-01 ppm
Average gas concentration level: 3386 ppm
Standard deviation: 4.03 ppm
Ambient temperature: 23.7 °C
Ambient pressure: 997 mBar
Nafion tubing used? Yes
Sample Integration Time: 5 Sec.

Span Gas Specifications :

Span Gas: Data from the "Analysis Certificate":
Certificate no.: BCS01018140
Contents: Carbon dioxide
Concentration: 3490 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 171129
Valid after gas analysis date: 36 months
Manufactured by: Strandmøllen

Zero Gas:

Contents: /
Quality: / %
Manufactured by: /
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: 18.0 °C

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

The Gas Monitor was calibrated mounted on a non-vibrating surface during calibration.

This Calibration is covered by a warranty for a period of 3 months from date of invoice.

Signature: Haj Date: 19/10/17



1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : _____ 110-070

Installed Optical Filter: _____ UA 0984 to
measure: _____ Carbon monoxide with
Detection Limit: _____ 0.2 ppm.
Filter Installed in Position: _____ C
Filter Bank: _____ 1

Calibration Data for Filter :

Gas name: _____ Carbon monoxide
Molecular weight: _____ 28.01
Concentration offset factor¹: _____ 4.732E-06
Humidity gain factor¹: _____ 8.209E-02
Conc. conversion factor: _____ 5.812E+05
Cross interference on filter A: _____ 0.000E+00
Cross interference on filter B: _____ 1.081E+08
Cross interference on filter C: _____ /
Cross interference on filter D: _____ 4.462E+09
Cross interference on filter E: _____ 0.000E+00

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero): _____ -0.01E-02 ppm
Standard deviation, (Dry zero): _____ 5.76E-02 ppm
Average zero level, (Wet zero): _____ 2.89E-02 ppm
Standard deviation, (Wet zero): _____ 5.14E-02 ppm
Average gas concentration level: _____ 49.9 ppm
Standard deviation: _____ 0.05 ppm
Ambient temperature: _____ 23.7 °C
Ambient pressure: _____ 997 mBar
Nafion tubing used? _____ Yes
Sample Integration Time: _____ 5 Sec.

The Gas Monitor was calibrated mounted on a non-vibrating surface during calibration.

This Calibration is covered by a warranty for a period of 3 months from date of invoice.

Gas used during calibration:

Specific gas: _____ Carbon monoxide
Substitute gas: _____ /
Calibration Gas Concentration: _____ 50.01 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: *Data from the "Analysis Certificate":*
Certificate no.: _____ BCS01015932
Contents: _____ Carbon monoxide
Concentration: _____ 50.01 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: _____ 170104
Valid after gas analysis date: _____ 36 months
Manufactured by: _____ Strandmøllen

Zero Gas:

Contents: _____ /
Quality: _____ / %
Manufactured by: _____ /
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : _____ Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: _____ 18.0 °C

Signature: _____ HMJ Date: _____ 19/01/7



1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : 110-070

Installed Optical Filter: UA 0988 to measure: Sulphur hexafluoride with Detection Limit: 0.006 ppm. Filter Installed in Position: D Filter Bank: 1

Gas used during calibration:

Specific gas: Sulphur hexafluoride
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 15.0 ppm

Calibration Data for Filter :

Gas name: Sulphur hexafluoride
Molecular weight: 146.05
Concentration offset factor¹: 2.116E-06
Humidity gain factor¹: 7.614E-03
Conc. conversion factor: 1.059E+05
Cross interference on filter A: 1.815E+09
Cross interference on filter B: 0.000E+00
Cross interference on filter C: 1.585E+09
Cross interference on filter D: /
Cross interference on filter E: 3.283E+08

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero): -7.20E-04 ppm
Standard deviation, (Dry zero): 2.82E-03 ppm
Average zero level, (Wet zero): 1.56E-03 ppm
Standard deviation, (Wet zero): 1.67E-03 ppm

Average gas concentration level: 15.04 ppm
Standard deviation: 0.01 ppm

Ambient temperature: 23.7 °C
Ambient pressure: 997 mBar

Nafion tubing used? No
Sample Integration Time: 5 Sec.

Span Gas Specifications :

Span Gas: *Data from the "Analysis Certificate":*
Certificate no.: 77535131-02-K-233619HG
Contents: Sulphur hexafluoride
Concentration: 15.0 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 171130
Valid after gas analysis date: 24 months
Manufactured by: Praxair

Zero Gas:

Contents: /
Quality: / %
Manufactured by: /
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: 18.0 °C

The Gas Monitor was calibrated mounted on a non-vibrating surface during calibration.

This Calibration is covered by a warranty for a period of 3 months from date of invoice.

Signature: HMJ Date: 19/10/17

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : _____ 110-070

Installed Optical Filter: UA 0987 to
measure: TOC ref. Toluene with
Detection Limit: 0.05 ppm.
Filter Installed in Position: E
Filter Bank: 1

Calibration Data for Filter :

Gas name: TOC ref. Toluene
Molecular weight: 92.14
Concentration offset factor¹: 1.717E-05
Humidity gain factor¹: 4.932E-01
Conc. conversion factor: 6.651E+03
Cross interference on filter A: 0.000E+00
Cross interference on filter B: 1.072E+09
Cross interference on filter C: 2.642E+08
Cross interference on filter D: 1.045E+08
Cross interference on filter E: /

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero): 5.27E-02 ppm
Standard deviation, (Dry zero): 2.20E-02 ppm
Average zero level, (Wet zero): 3.78E-02 ppm
Standard deviation, (Wet zero): 5.43E-03 ppm
Average gas concentration level: 78.1 ppm
Standard deviation: 0.09 ppm
Ambient temperature: 23.7 °C
Ambient pressure: 997 mBar
Nafion tubing used? No
Sample Integration Time: 5 Sec.

The Gas Monitor was calibrated mounted on a non-vibrating surface during calibration.

This Calibration is covered by a warranty for a period of 3 months from date of invoice.

Gas used during calibration:

Specific gas: _____/
Substitute gas: Toluene
Calibration Gas Concentration: 75.8 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: Data from the "Analysis Certificate":
Certificate no.: 77353748-01-K-592353
Contents: Sulphur hexafluoride
Concentration: 15.0 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 170713
Valid after gas analysis date: 36 months
Manufactured by: Praxair

Zero Gas:

Contents: _____/
Quality: _____/
Manufactured by: _____/
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: 18.0 °C

Signature: HMJ Date: 19/10/17



1512 Photoacoustic Multi Gas Monitor Calibration Chart

Serial No. : _____ 110-070

Installed Optical Filter: _____ SB 0527 to
measure: _____ Water Vapour

Filter Installed in Position: _____ W

Water Filter Calibration Data :

Concentration offset factor: _____ 6.908E-06

Conc. conversion factor: _____ 2.506E-08

Calibration Data :

Average water conc. level: _____ 18.4 °C

Standard deviation: _____ 0,01 °C

Ambient temperature: _____ 23.7 °C

Ambient pressure: _____ 997 mBar

Sample Integration Time: _____ 5 Sec.

*The Gas Monitor was calibrated mounted on a
non-vibrating surface during calibration.*

This Calibration is covered by a warranty for a
period of 3 months invoice.

Gas Specifications :

Zero Gas:

Contents: _____ /

Quality: _____ / %

Manufactured by: _____ /

Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : _____ Yes

Water Vapour: (Water Vapour in Zero Gas)

Dewpoint: _____ 18.0 °C

Signature: Hamz Date: 19/01/7

D.2 Data blad Testo 400

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. 

Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:

Turbulenzföler
0628 0152

Serien-Nr. / Serial no. /
No. de série / Número de serie:

61751259

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert /
Reference /
Référence /
Referencia:

Toleranz /
Tolerance /
Tolérance /
Tolerancia:

Istwert /
Actual Value /
Valeur réelle /
Valor medido:

Strömung / Velocity / Vitesse d'air / Velocidad

5.00 m/s

± 0.27 m/s

4.97 m/s

3.00 m/s

± 0.17 m/s

2.96 m/s

1.00 m/s

± 0.07 m/s

0.98 m/s

Temperatur / Temperature / Température / Temperatura

21.4 °C

± 0.5 °C

21.6 °C

Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta

937.0 hPa

± 3.00 hPa

937.1 hPa

Datum / Date /
Date / Fecha:

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

20.03.2019

218

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. 

Gerät / Module type /

Modèle / Modelo:

Air quality probe

0632 1550

Serien-Nr. / Serial no. /

N°. de série / Número de serie:

58605014

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :
CO2		
1005.0 ppm	± 80.0 ppm	1005.8 ppm
4994.0 ppm	± 350.0 ppm	4970.0 ppm
Temperatur / Temperature / Température / Temperatura (NTC)		
23.4 °C	±0.5 °C	23.3 °C
Relative Luftfeuchte / Relative humidity / Humidité relative / Humedad relativa		
44.3 %RH	±2.0 %RH	44.4 %RH
Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta		
1014.5 hPa	±3.0 hPa	1014.4 hPa

Datum / Date / Date / Fecha:

30.01.2019

Prüfer / Inspector /
Responsable / Verificador

J. Young

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. 

Gerät / Module type / Modèle / Modelo:

Testo 400
0560 0400

Serien-Nr. / Serial no. / No. de série / Número de serie: **61622514**

Funktionstest / Function test / Test de fonctionnement / prueba funcional:

Display / Display / Écran / Pantalla: OK

Touchpad / touchpad / panel táctil / pavé tactile: OK

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos

Sollwert / Reference / Référence / Referencia :	Toleranz / Tolerance / Tolérance / Tolerancia :	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
--	--	---

Differenzdruck / Differential Pressure / Pression différentielle / Presión diferencial

2.002 hPa	0.023 hPa	2.004 hPa
180.000 hPa	2.800 hPa	180.030 hPa

Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta

933.9 hPa	3.0 hPa	934.0 hPa
-----------	---------	-----------

Temperatur NTC / Temperature NTC / température CTN / temperatura NTC

A 25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C
B 25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C

Temperatur TE Typ K / Temperature TC type K / température TC / temperatura TC

Messwerte innerhalb der Toleranz / measured values within the tolerances /
valeurs mesurées en tolérances / valores medidos dentro de la tolerancia

Datum / Date /
Date / Fecha :

29.03.2019

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

695

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración



IAQ Data logger

Gerät / Module type / Modèle / Modelo:

0577 0400

Serien-Nr. / Serial no. / No. de série / Número de serie: 61711284

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos

Sollwert / Reference /
Référéncie / Referencia :

Toleranz / Tolerance /
Tolérance / Tolerancia :

Istwert / Actual Value /
Valeur réelle / Valor medido:

Temperatur NTC / Temperature NTC / température CTN / temperatura NTC

1	25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C
2	25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C
3	25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C
4	25.0 °C	0.2 °C	25.0 °C

Temperatur TE Typ K / Temperature TC type K / température TC / temperatura TC

Messwerte innerhalb der Toleranz / measured values within the tolerances /
valeurs mesurées en tolérances / valores medidos dentro de la tolerancia

Datum / Date /
Date / Fecha :

06.02.2019

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

2230

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. 

Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:

0635 1570 *HotWire*

Serien-Nr. / Serial no. /
No. de série / Número de serie:

20619051

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert /
Reference /
Référence /
Referencia:

Toleranz /
Tolerance /
Tolérance /
Tolerancia:

Istwert /
Actual Value /
Valeur réelle /
Valor medido:

Strömung / Velocity / Vitesse d'air / Velocidad

25.00 m/s	± 1.75 m/s	25.36 m/s
6.00 m/s	± 0.27 m/s	6.04 m/s
3.00 m/s	± 0.15 m/s	3.03 m/s
1.00 m/s	± 0.07 m/s	0.98 m/s

Temperatur / Temperature / Température / Temperatura

21.5 °C	±0.5 °C	21.7 °C
---------	---------	---------

Relative Luftfeuchte / Relative humidity / Humidité relative / Humedad relativa

19.2 %rF	± 4.0 %rF	19.1 %rF
----------	-----------	----------

Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta

940.1 hPa	± 3.00 hPa	940.1 hPa
-----------	------------	-----------

Datum / Date /
Date / Fecha:

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

03.01.2019

5

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración



Be sure.



Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:

0635 9430 Vinghjulhc

Serien-Nr. / Serial no. /
No. de série / Número de serie:

20648635

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert /
Reference /
Référence /
Referencia:

Toleranz /
Tolerance /
Tolérance /
Tolerancia:

Istwert /
Actual Value /
Valeur réelle /
Valor medido:

Strömung / Velocity / Vitesse d'air / Velocidad

20.00 m/s

± 0.50 m/s

20.04 m/s

Temperatur / Temperature / Température / Temperatura

22.3 °C

± 0.5 °C

22.2 °C

Datum / Date /
Date / Fecha:

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

04.04.2019

425

Application information

Flow straightener

(0554 4172)



Usable with:

0563 4170 - testovent 417

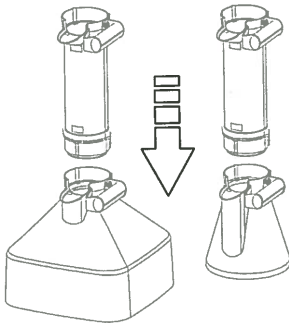
0560 4170 - testo 417

0635 9435 - 100 mm vane for testo 435

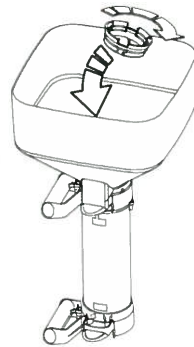
0635 9343 - 100 mm vane for testo 480

0635 9340 - 100 mm vane for testo 400 / 445

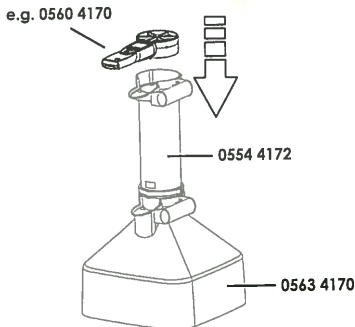
1



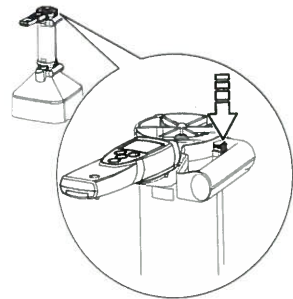
2



3



4



D.3 BRÜEL & KJÆR 2270

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 1 of 12

CALIBRATION OF

Sound Level Meter:	Brüel & Kjær Type 2270	No: 3024708	Id: -
Microphone:	Brüel & Kjær Type 4189	No: 3147944	
Preamplifier:	Brüel & Kjær Type ZC-0032	No: 27609	
Supplied Calibrator:	Brüel & Kjær Type 4231	No: 2136653	
Software version:	BZ7222 Version 4.7.5	Pattern Approval:	PTB1.63-4093056 / 1.63-4093058
Instruction manual:	BE1712-22		

CUSTOMERUniversitetet i Tromsø
Lodve Langes gate 2
8514 Narvik
Norway**CALIBRATION CONDITIONS**

Preconditioning: 4 hours at 23°C ± 3°C
Environment conditions: *See actual values in Environmental conditions sections.*

SPECIFICATIONS

The Sound Level Meter Brüel & Kjær Type 2270 has been calibrated in accordance with the requirements as specified in IEC 61672-1:2013 class 1. Procedures from IEC 61672-3:2013 were used to perform the periodic tests. The accreditation assures the traceability to the international units system SI.

PROCEDURE

The measurements have been performed with the assistance of Brüel & Kjær Sound Level Meter Calibration System 3630 with application software type 7763 (version 8.1 - DB: 8.10) by using procedure B&K proc 2270, 4189 (IEC 61672:2013).

RESULTS

Calibration Mode: **Calibration as received.**

The reported expanded uncertainty is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with EA-4/02 from elements originating from the standards, calibration method, effect of environmental conditions and any short time contribution from the device under calibration.

Date of calibration: 2020-01-30

Date of issue: 2020-01-30



Lene Petersen

Calibration Technician



Susanne Jørgensen

Approved Signatory

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 2 of 12

1. Calibration Note

n/a

2. Summary

4.1. Preliminary inspection	Passed
4.2. Environmental conditions, Prior to calibration	Passed
4.3. Reference information	Passed
4.4. Indication at the calibration check frequency	Passed
4.5. Acoustical signal tests of a frequency weighting, C weighting	Passed
4.6. Self-generated noise, Microphone installed	Passed
4.7. Self-generated noise, Electrical	Passed
4.8. Electrical signal tests of frequency weightings, A weighting	Passed
4.9. Electrical signal tests of frequency weightings, C weighting	Passed
4.10. Electrical signal tests of frequency weightings, Z weighting	Passed
4.11. Frequency and time weightings at 1 kHz	Passed
4.12. Long-term stability, Reference	Passed
4.13. Level linearity on the reference level range, Upper	Passed
4.14. Level linearity on the reference level range, Lower	Passed
4.15. Toneburst response, Time-weighting Fast	Passed
4.16. Toneburst response, Time-weighting Slow	Passed
4.17. Toneburst response, LAE	Passed
4.18. C-weighted peak sound level, 8 kHz	Passed
4.19. C-weighted peak sound level, 500 Hz	Passed
4.20. Overload indication	Passed
4.21. Long-term stability, 1. relative	Passed
4.22. High-level stability	Passed
4.23. Long-term stability, 2. relative	Passed
4.24. Environmental conditions, Following calibration	Passed

Conformance to a performance specification is demonstrated when the following criteria are both satisfied: (a) a measured deviation from a design goal does not exceed the applicable acceptance limit and (b) the corresponding uncertainty of measurement does not exceed the corresponding maximum-permitted uncertainty of measurement given in IEC 61672-1:2013 for the same coverage probability of 95 %.

The sound level meter submitted for testing successfully completed the periodic tests of IEC 61672-3:2013, for the environmental conditions under which the tests were performed.

As evidence was publicly available, from an independent testing organization responsible for approving the results of pattern-evaluation tests performed in accordance with IEC 61672-2:2013, to demonstrate that the model of sound level meter fully conformed to the class 1 specifications in IEC 61672-1:2013, the sound level meter submitted for testing conforms to the class 1 specifications of IEC 61672-1:2013.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 3 of 12

3. Instruments

	Instrument	Inventory No.
Generator	Brüel & Kjær, Type 3560	123560015
Amplifier/Divider	Brüel & Kjær, Type 3111	123111005
Voltmeter	Agilent, Type 34970A	142101024
Calibrator	Brüel & Kjær, Type 4226	124226021
Adaptor	Brüel & Kjær, Type WA-0302-B 15 pF	150503010

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 4 of 12

4. Measurements

4.1. Preliminary inspection

Visually inspect instrument, and operate all relevant controls. (clause 5)

	Result	
Visual inspection	OK	

4.2. Environmental conditions, Prior to calibration

Actual environmental conditions prior to calibration. (clause 7)

	Expected	Accept - Limit	Accept + Limit	Measured	
				[Deg / kPa / % RH]	
Air temperature	23.00	-3.00	3.00	23.00	
Air pressure	101.30	-21.30	3.70	99.17	
Relative humidity	50.00	-25.00	20.00	43.00	

4.3. Reference information

Information about reference range, level and channel. (clause 22.h + 22.m)

	Value	
	[dB SPL]	
Reference sound pressure level	94	
Reference level range	140	
Channel number	1	

4.4. Indication at the calibration check frequency

Measure and adjust sound level meter using the supplied calibrator. (clause 10 + 22.m)

	Expected	Measured	Uncertainty	
	[dB SPL / Hz]	[dB SPL / Hz]	[dB / Hz]	
Calibration check frequency (supplied calibrator)	1000.00	1000.00	1.00	
Initial indication (supplied calibrator)	94.00	93.75	0.14	
Adjusted indication (supplied calibrator)	94.00	93.86	0.14	

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 5 of 12

4.5. Acoustical signal tests of a frequency weighting, C weighting

Frequency weightings measured acoustically with a calibrated multi-frequency sound calibrator. Averaging time is 10 seconds, and the result is the average of 2 measurements. (clause 12)

	Coupler Pressure Lc	Mic. Correction C4226	Body Influence	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1000Hz, Ref. (1st)	94.12	0.10	-0.07	94.09	93.99	-0.7	0.7	-0.10	0.25
1000Hz, Ref. (2nd)	94.12	0.10	-0.07	94.09	93.97	-0.7	0.7	-0.12	0.25
1000Hz, Ref. (Average)	94.12	0.10	-0.07	94.09	93.98	-0.7	0.7	-0.11	0.25
125.89Hz (1st)	94.13	0.00	0.00	93.89	93.89	-1.0	1.0	0.00	0.25
125.89Hz (2nd)	94.13	0.00	0.00	93.89	93.89	-1.0	1.0	0.00	0.25
125.89Hz (Average)	94.13	0.00	0.00	93.89	93.89	-1.0	1.0	0.00	0.25
7943.3Hz (1st)	93.39	2.80	-0.08	87.63	87.97	-2.5	1.5	0.34	0.52
7943.3Hz (2nd)	93.39	2.80	-0.08	87.63	87.97	-2.5	1.5	0.34	0.52
7943.3Hz (Average)	93.39	2.80	-0.08	87.63	87.97	-2.5	1.5	0.34	0.52

4.6. Self-generated noise, Microphone installed

Self-generated noise measured with microphone submitted for periodic testing. Averaging time is 30 seconds. An anechoic chamber is used to isolate environmental noise.

The level of self-generated noise is reported for information only and is not used to assess conformance to a requirement. (clause 11.1)

	Max	Measured	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]
A weighted	17.70	16.78	0.50

4.7. Self-generated noise, Electrical

Self-generated noise measured in most sensitive range, with electrical substitution for microphone, according to manufactures specifications.

The level of self-generated noise is reported for information only and is not used to assess conformance to a requirement. (clause 11.2)

	Max	Measured	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]
A weighted	13.60	12.58	0.30
C weighted	14.30	12.75	0.30
Z weighted	19.40	17.79	0.30

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 6 of 12

4.8. Electrical signal tests of frequency weightings, A weighting

Frequency response measured with electrical signal relative to level at 1 kHz in reference range. (clause 13)
Electrical and acoustical response and body influence corrections are adjusted with the respective correction values at the reference frequency, in accordance with clause 13.6

	Input Level	Expected	Measured	Response Corr.	Body Influence	Corr. Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dBV]	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1000Hz, Ref.	-24.57	95.00	95.00	0.00	0.00	95.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
63.096Hz	1.63	95.00	95.06	0.00	0.07	95.13	-1.0	1.0	0.13	0.12
125.89Hz	-8.47	95.00	95.03	0.00	0.07	95.10	-1.0	1.0	0.10	0.12
251.19Hz	-15.97	95.00	94.98	0.00	0.14	95.12	-1.0	1.0	0.12	0.12
501.19Hz	-21.37	95.00	94.97	0.00	0.29	95.26	-1.0	1.0	0.26	0.12
1995.3Hz	-25.77	95.00	95.01	-0.01	-0.02	94.98	-1.0	1.0	-0.02	0.12
3981.1Hz	-25.57	95.00	94.99	-0.02	-0.02	94.95	-1.0	1.0	-0.05	0.12
7943.3Hz	-23.47	95.00	95.00	0.00	-0.01	94.99	-2.5	1.5	-0.01	0.12
15849Hz	-17.97	95.00	94.10	0.87	0.18	95.15	-16.0	2.5	0.15	0.12

4.9. Electrical signal tests of frequency weightings, C weighting

Frequency response measured with electrical signal relative to level at 1 kHz in reference range. (clause 13)
Electrical and acoustical response and body influence corrections are adjusted with the respective correction values at the reference frequency, in accordance with clause 13.6

	Input Level	Expected	Measured	Response Corr.	Body Influence	Corr. Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dBV]	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1000Hz, Ref.	-24.55	95.00	95.00	0.00	0.00	95.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
63.096Hz	-23.75	95.00	95.02	0.00	0.07	95.09	-1.0	1.0	0.09	0.12
125.89Hz	-24.35	95.00	95.05	0.00	0.07	95.12	-1.0	1.0	0.12	0.12
251.19Hz	-24.55	95.00	95.00	0.00	0.14	95.14	-1.0	1.0	0.14	0.12
501.19Hz	-24.55	95.00	95.03	0.00	0.29	95.32	-1.0	1.0	0.32	0.12
1995.3Hz	-24.35	95.00	95.04	-0.01	-0.02	95.01	-1.0	1.0	0.01	0.12
3981.1Hz	-23.75	95.00	95.01	-0.02	-0.02	94.97	-1.0	1.0	-0.03	0.12
7943.3Hz	-21.55	95.00	95.00	0.00	-0.01	94.99	-2.5	1.5	-0.01	0.12
15849Hz	-16.05	95.00	94.08	0.87	0.18	95.13	-16.0	2.5	0.13	0.12

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 7 of 12

4.10. Electrical signal tests of frequency weightings, Z weighting

Frequency response measured with electrical signal relative to level at 1 kHz in reference range. (clause 13)
Electrical and acoustical response and body influence corrections are adjusted with the respective correction values at the reference frequency, in accordance with clause 13.6

	Input Level	Expected	Measured	Response Corr.	Body Influence	Corr. Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dBV]	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1000Hz, Ref.	-24.54	95.00	95.00	0.00	0.00	95.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
63.096Hz	-24.54	95.00	95.03	0.00	0.07	95.10	-1.0	1.0	0.10	0.12
125.89Hz	-24.54	95.00	95.01	0.00	0.07	95.08	-1.0	1.0	0.08	0.12
251.19Hz	-24.54	95.00	95.00	0.00	0.14	95.14	-1.0	1.0	0.14	0.12
501.19Hz	-24.54	95.00	95.00	0.00	0.29	95.29	-1.0	1.0	0.29	0.12
1995.3Hz	-24.54	95.00	95.01	-0.01	-0.02	94.98	-1.0	1.0	-0.02	0.12
3981.1Hz	-24.54	95.00	95.03	-0.02	-0.02	94.99	-1.0	1.0	-0.01	0.12
7943.3Hz	-24.54	95.00	95.00	0.00	-0.01	94.99	-2.5	1.5	-0.01	0.12
15849Hz	-24.54	95.00	94.13	0.87	0.18	95.18	-16.0	2.5	0.18	0.12

4.11. Frequency and time weightings at 1 kHz

Frequency and time weighting measured at 1 kHz with electrical signal in reference range. Measured relative to A-weighted and Fast response. (clause 14)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
LAF, Ref.	94.00	94.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
LCF	94.00	94.00	-0.2	0.2	0.00	0.12
LZF	94.00	94.00	-0.2	0.2	0.00	0.12
LAS	94.00	93.96	-0.1	0.1	-0.04	0.12
LAeq	94.00	94.00	-0.1	0.1	0.00	0.12

4.12. Long-term stability, Reference

Long-term stability over 25 to 35 minutes, with steady 1kHz signal at reference level. (clause 15)
Adjusting to reference level indication.

	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Timestamp	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]		[dB]
Reference	94.00	-0.5	0.5	0.00	2020-01-30 08:18:58	0.10

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 8 of 12

4.13. Level linearity on the reference level range, Upper

Level linearity in reference range, measured at 8 kHz until overload. (clause 16)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty	
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	
94 dB	94.00	94.00	-0.2	0.2	0.00	0.13	
99 dB	99.00	99.01	-0.8	0.8	0.01	0.13	
104 dB	104.00	104.01	-0.8	0.8	0.01	0.13	
109 dB	109.00	109.01	-0.8	0.8	0.01	0.13	
114 dB	114.00	114.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
119 dB	119.00	119.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
124 dB	124.00	124.05	-0.8	0.8	0.05	0.13	
129 dB	129.00	129.06	-0.8	0.8	0.06	0.13	
134 dB	134.00	134.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
135 dB	135.00	135.05	-0.8	0.8	0.05	0.13	
136 dB	136.00	136.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
137 dB	137.00	137.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
138 dB	138.00	138.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
139 dB	139.00	139.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	
140 dB	140.00	140.04	-0.8	0.8	0.04	0.13	

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 9 of 12

4.14. Level linearity on the reference level range, Lower

Level linearity in reference range, measured at 8 kHz down to lower limit, or until underrange. (clause 16)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
94 dB	94.00	94.00	-0.2	0.2	0.00	0.13
89 dB	89.00	89.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
84 dB	84.00	84.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
79 dB	79.00	79.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
74 dB	74.00	74.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
69 dB	69.00	69.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
64 dB	64.00	63.99	-0.8	0.8	-0.01	0.13
59 dB	59.00	59.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
54 dB	54.00	54.00	-0.8	0.8	0.00	0.13
49 dB	49.00	49.01	-0.8	0.8	0.01	0.13
44 dB	44.00	44.01	-0.8	0.8	0.01	0.13
39 dB	39.00	39.03	-0.8	0.8	0.03	0.24
34 dB	34.00	34.05	-0.8	0.8	0.05	0.24
30 dB	30.00	30.09	-0.8	0.8	0.09	0.24
29 dB	29.00	29.11	-0.8	0.8	0.11	0.24
28 dB	28.00	28.14	-0.8	0.8	0.14	0.24
27 dB	27.00	27.18	-0.8	0.8	0.18	0.24
26 dB	26.00	26.20	-0.8	0.8	0.20	0.24
25 dB	25.00	25.30	-0.8	0.8	0.30	0.24

4.15. Toneburst response, Time-weighting Fast

Response to 4 kHz toneburst measured in reference range, relative to continuous signal. (clause 18)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous, Ref.	137.00	137.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
200 ms Burst	136.00	136.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
2 ms Burst	119.00	118.93	-1.5	1.0	-0.07	0.12
0.25 ms Burst	110.00	109.87	-3.0	1.0	-0.13	0.12

4.16. Toneburst response, Time-weighting Slow

Response to 4 kHz toneburst measured in reference range, relative to continuous signal. (clause 18)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous, Ref.	137.00	136.98	-0.5	0.5	-0.02	0.12
200 ms Burst	129.58	129.61	-0.5	0.5	0.03	0.12
2 ms Burst	109.98	110.00	-3.0	1.0	0.02	0.12

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 10 of 12

4.17. Toneburst response, LAE

Response to 4 kHz toneburst measured in reference range, relative to continuous signal. (clause 18)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous, Ref.	137.00	137.00	-0.5	0.5	0.00	0.12
200 ms Burst	130.00	129.99	-0.5	0.5	-0.01	0.12
2 ms Burst	110.00	109.96	-1.5	1.0	-0.04	0.12
0.25 ms Burst	101.00	100.85	-3.0	1.0	-0.15	0.12

4.18. C-weighted peak sound level, 8 kHz

Peak-response to a 8 kHz single-cycle sine measured in least-sensitive range, relative to continuous signal. (clause 19)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous, Ref.	132.00	132.00	-0.5	0.5	0.00	0.09
Single Sine	135.40	135.45	-2.0	2.0	0.05	0.20

4.19. C-weighted peak sound level, 500 Hz

Peak-response to a 500 Hz half-cycle sine measured in least-sensitive range, relative to continuous signal. (clause 19)

	Expected	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous, Ref.	135.00	135.00	-0.5	0.5	0.00	0.09
Half-sine, Positive	137.40	137.11	-1.0	1.0	-0.29	0.12
Half-sine, Negative	137.40	137.13	-1.0	1.0	-0.27	0.12

4.20. Overload indication

Overload indication in the least sensitive range determined with a 4 kHz positive/negative half-cycle signal. (clause 20)

	Measured / Input Level	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Continuous	140.00	-0.5	0.5	0.00	0.20
Half-sine, Positive	141.30	-10.0	10.0	1.30	0.20
Half-sine, Negative	141.50	-10.0	10.0	1.50	0.20
Difference	141.50	-1.5	1.5	0.20	0.24

4.21. Long-term stability, 1. relative

Long-term stability over 25 to 35 minutes, with steady 1kHz signal at reference level. (clause 15)
Relative to prior adjustment to reference level indication.

	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Timestamp	Uncertainty
	[dB SPL / Min]	[dB / Min]	[dB / Min]	[dB / Min]		[dB]
Measurement	94.01	-0.1	0.1	0.01	2020-01-30 08:36:29	0.10
Time passed	17.31	0.0	35.0	17.31	0	0.00

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: CDK2000663

Page 11 of 12

4.22. High-level stability

High-level stability over 5 minutes, with steady 1kHz signal, 1dB below upper boundary. (clause 21)

	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Uncertainty
	[dB SPL]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
High-level, Ref.	139.00	-0.5	0.5	0.00	0.10
High-level, after 5min	139.00	-0.1	0.1	0.00	0.10

4.23. Long-term stability, 2. relative

Long-term stability over 25 to 35 minutes, with steady 1kHz signal at reference level. (clause 15)
Relative to prior adjustment to reference level indication.

	Measured	Accept - Limit	Accept + Limit	Deviation	Timestamp	Uncertainty
	[dB SPL / Min]	[dB / Min]	[dB / Min]	[dB / Min]		[dB]
Wait	25.00	25.0	120.0	25.00	0	0.00
Measurement	94.01	-0.1	0.1	0.01	2020-01-30 08:44:38	0.10

4.24. Environmental conditions, Following calibration

Actual environmental conditions following calibration. (clause 7)

	Expected	Accept - Limit	Accept + Limit	Measured
				[Deg / kPa / % RH]
Air temperature	23.00	-3.00	3.00	22.90
Air pressure	101.30	-21.30	3.70	99.20
Relative humidity	50.00	-25.00	20.00	44.00

DANAK

*DANAK is the national accreditation body in Denmark in compliance with EU regulation No. 765/2008.
DANAK participates in the multilateral agreements for testing and calibration under European co-operation for Accreditation (EA) and under International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) based on peerevaluation. Accredited test reports and calibration certificates issued by laboratories accredited by DANAK are recognized cross border by members of EA and ILAC equal to test reports and calibration certificates issued by these members' accredited laboratories.
The use of the accreditation mark on test reports and calibration certificates or reference to accreditation, documents that the service is provided as an accredited service under the company's DANAK accreditation.*

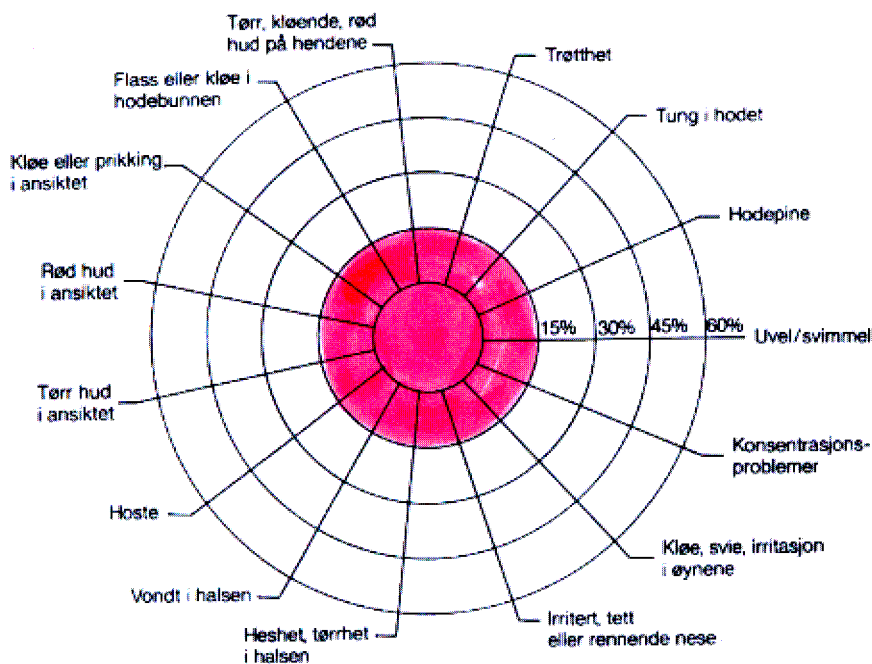
E Ørebroskjemaet

Ørebro-skjema 1

Plager på arbeidsstedet	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	(hvis ja) Tror du at dette skyldes inneklimaet?	
<i>Allmennsymptomer</i>					
Tretthet					
Tung i hodet					
Hodepine					
Svimmel /ør					
Konsentrasjonsproblemer					
<i>Slimhinnesymptomer</i>					
Kløe/svie/irritasjon i øynene					
Irritert, tett eller rennende nese					
Heshet, tørrhet i halsen					
Hoste					
<i>Hudsymptomer</i>					
Tørr eller irritert hud i ansiktet					
Flassing/kløe i hodebunnen					
Tørr, kløende hud på hendene					

Ørebro-skjema 2

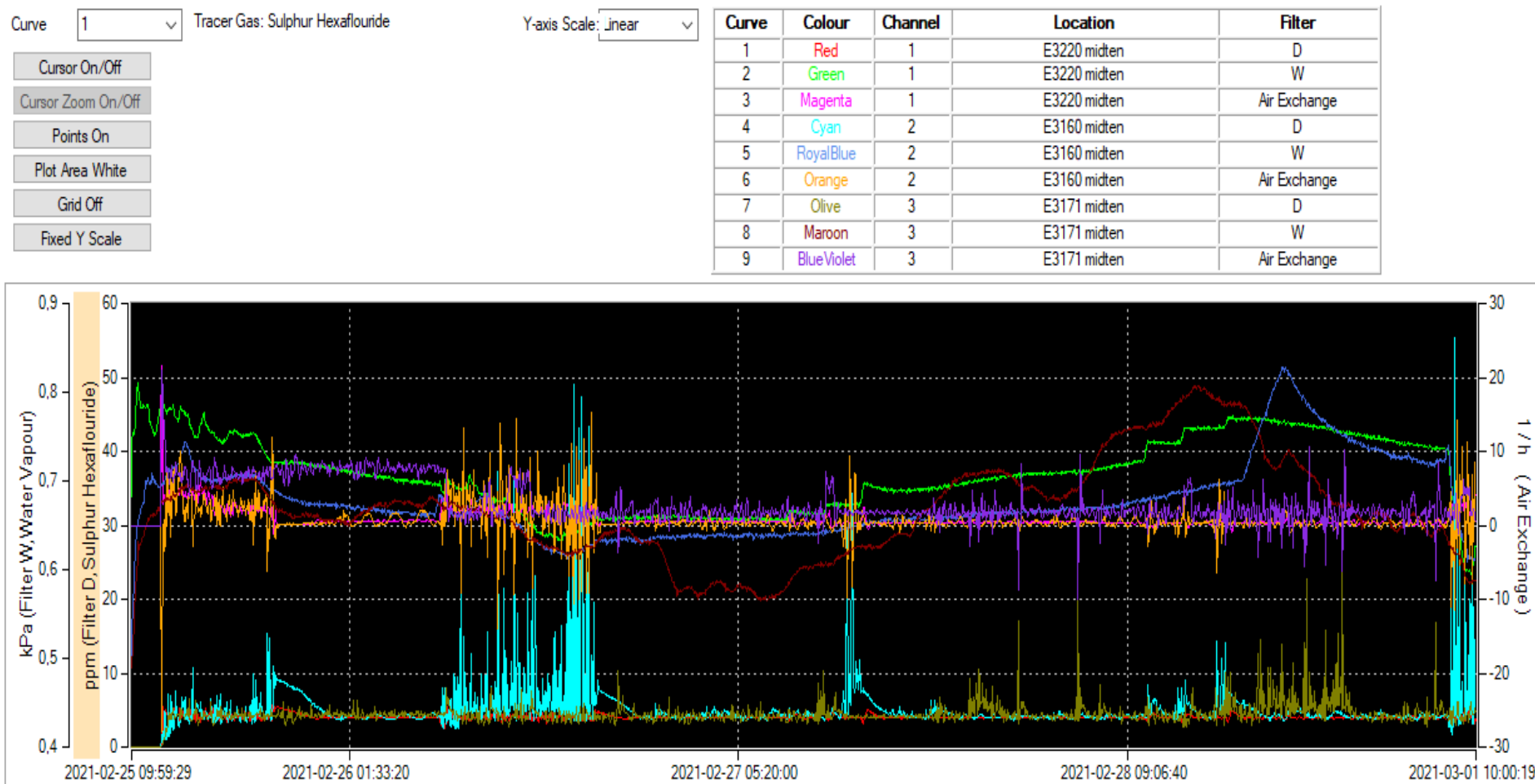
Plager på arbeidsstedet	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri
Trekk			
For varmt			
For ujevn (vekslende) temperatur			
For kaldt			
Innestengt og "dårlig" luft			
Tørr luft			
Ubehagelig lukt			
Statisk elektrisitet med småstøt			
Tobakksrøyk fra andre			
Støy			
Belysning: svak eller blendende			
Støv og smuss			



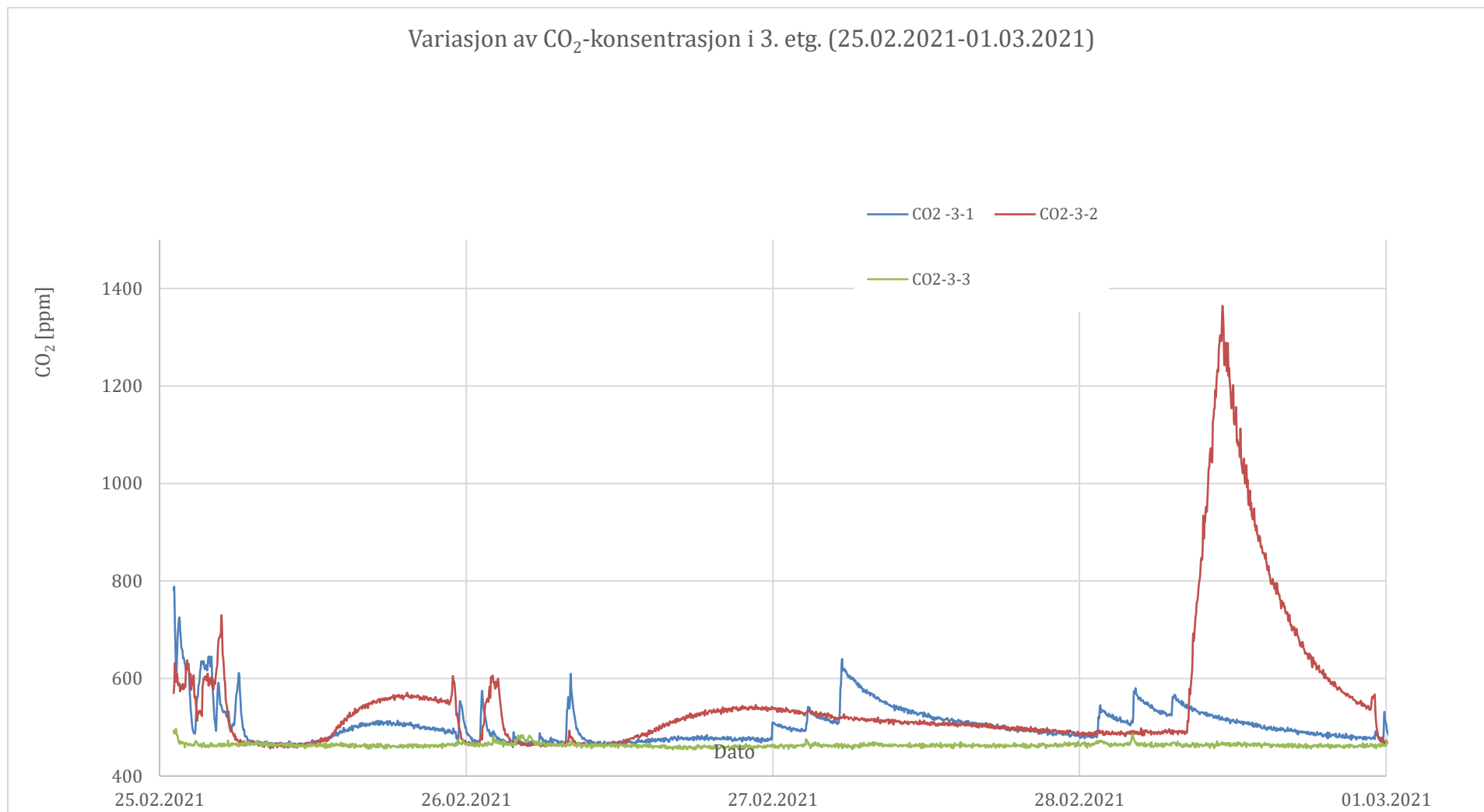
Ørebrorosen

F Måledata

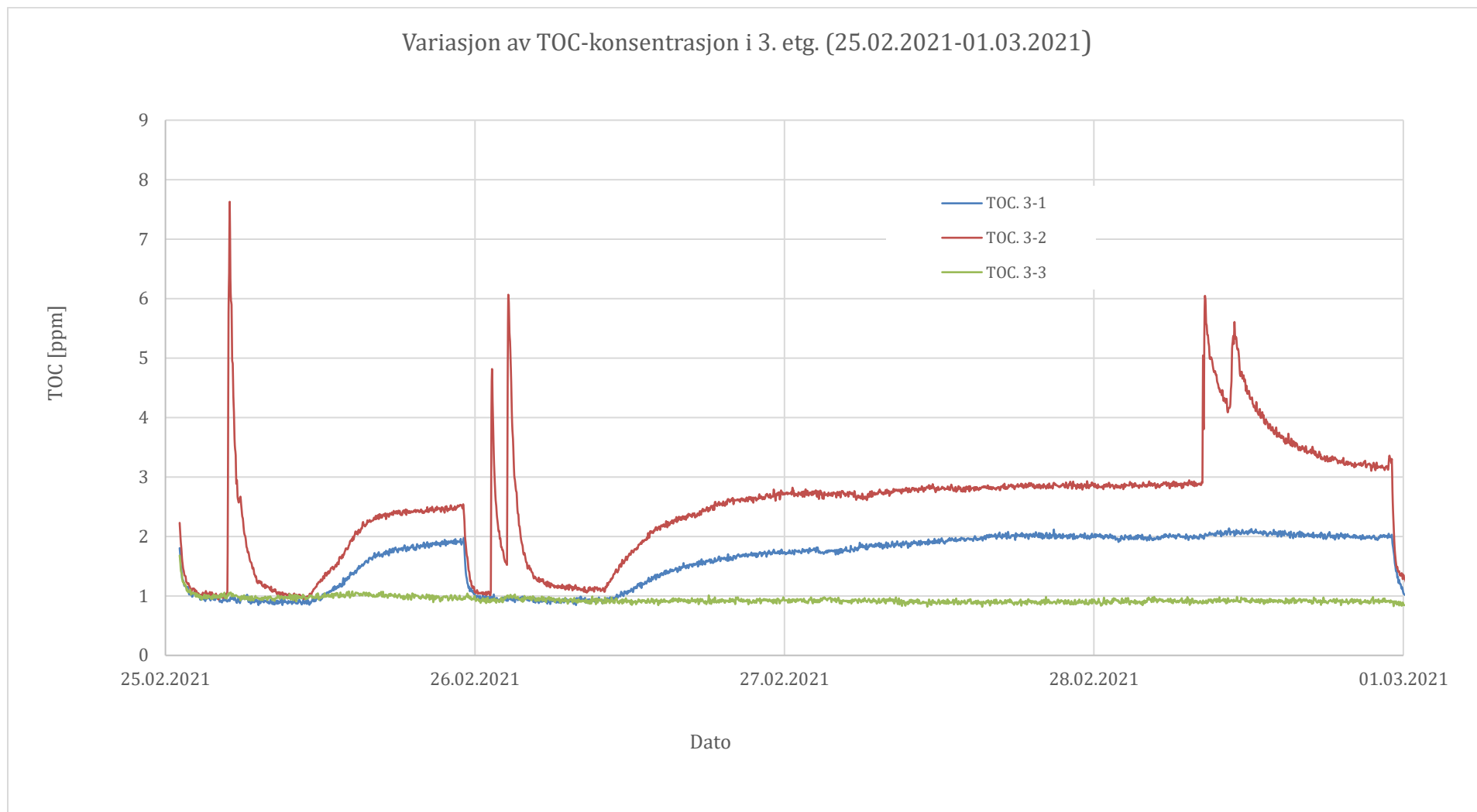
F.1 Graf av Multigass monitor i 3. etasje fra torsdag til mandag.



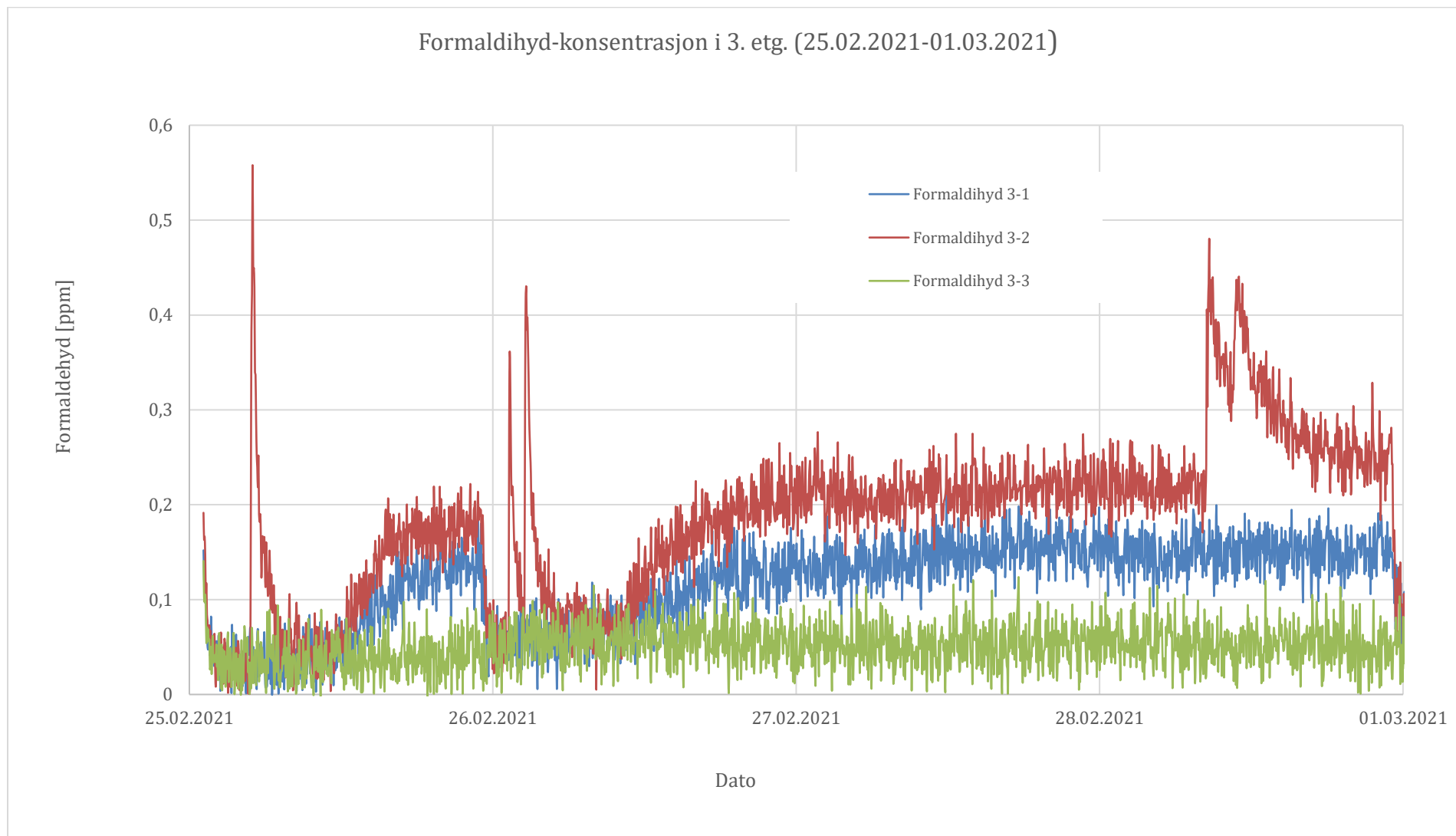
F.2 Graf av CO₂-konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til mandag



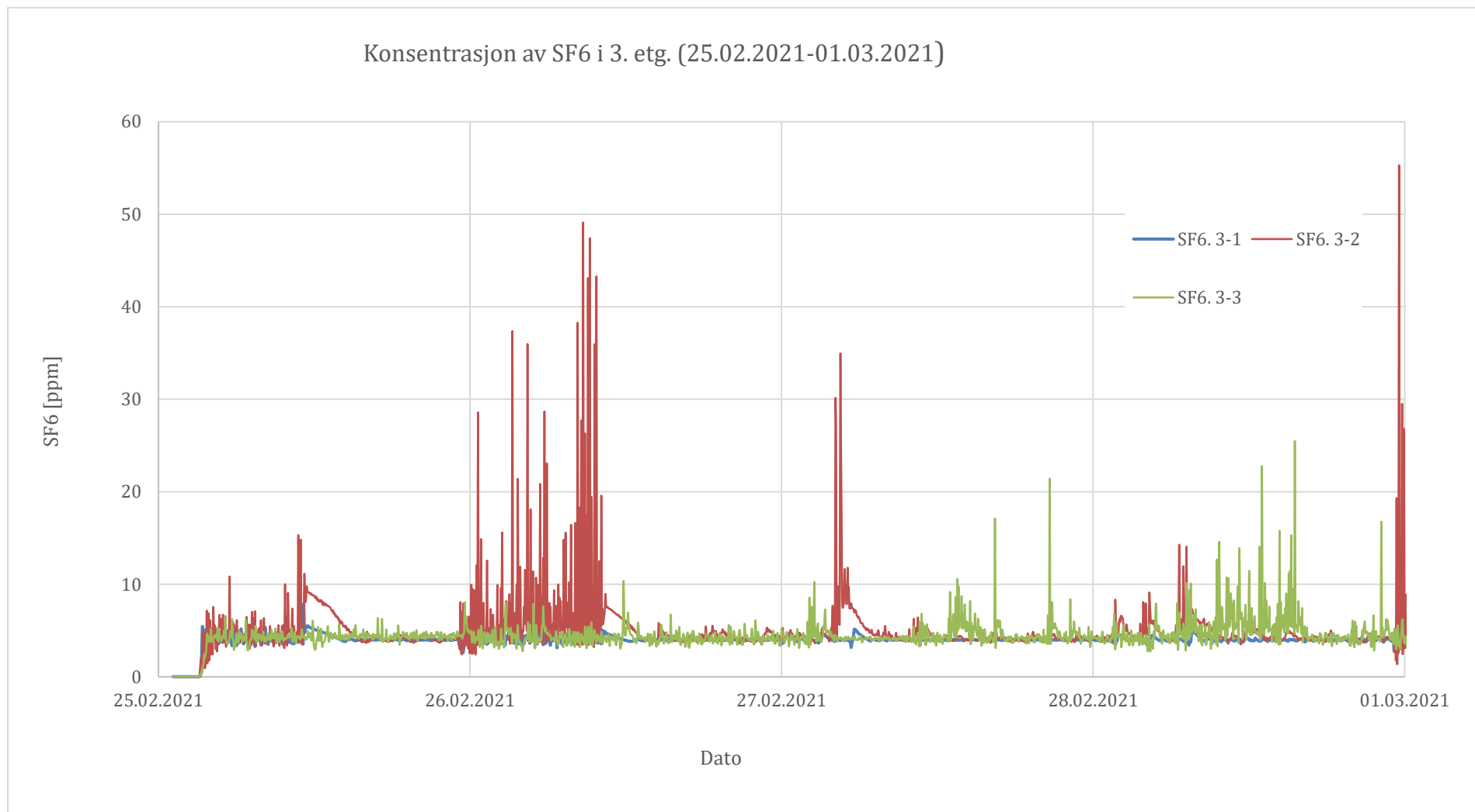
F.3 : Graf av TOC- Konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til mandag.



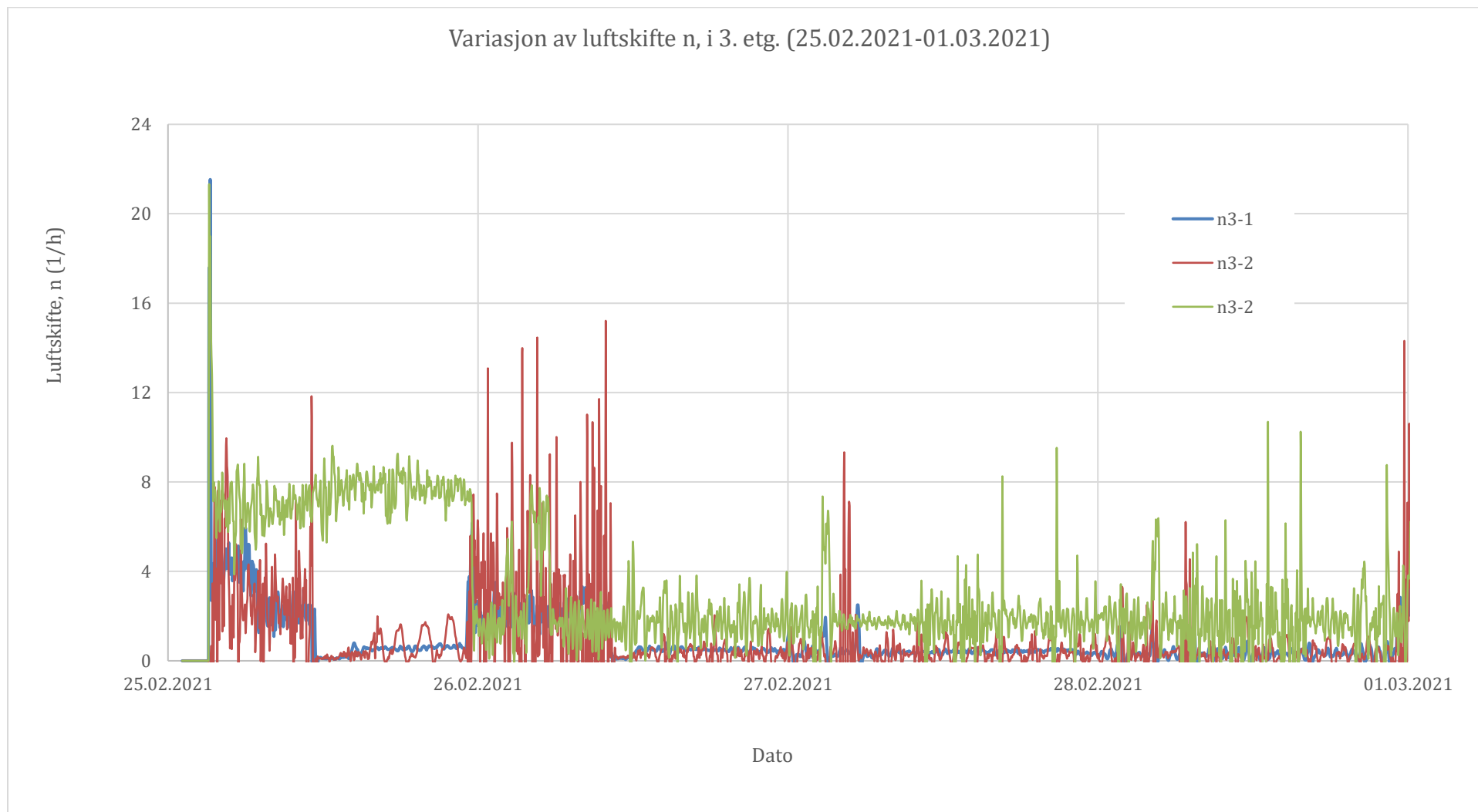
F.4 : Graf av formaldihyd- konsentrasjon i 3. etasje fra torsdag til fredag.



F.5 : Graf av konsentrasjon av SF6 i 3. etasje fra torsdag til fredag.

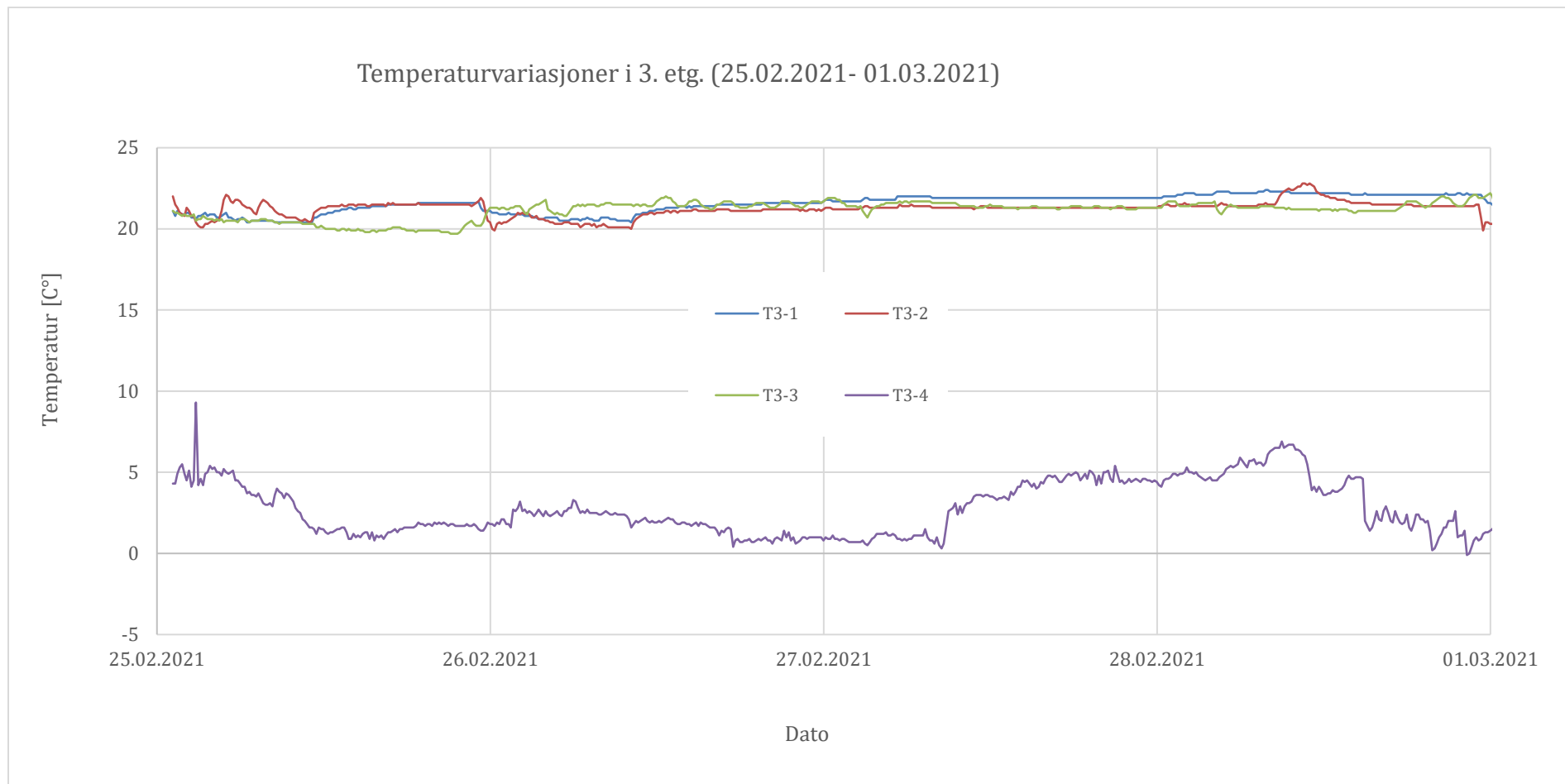


F.6 : Graf av luftskifte i 3. etasje fra torsdag til fredag.

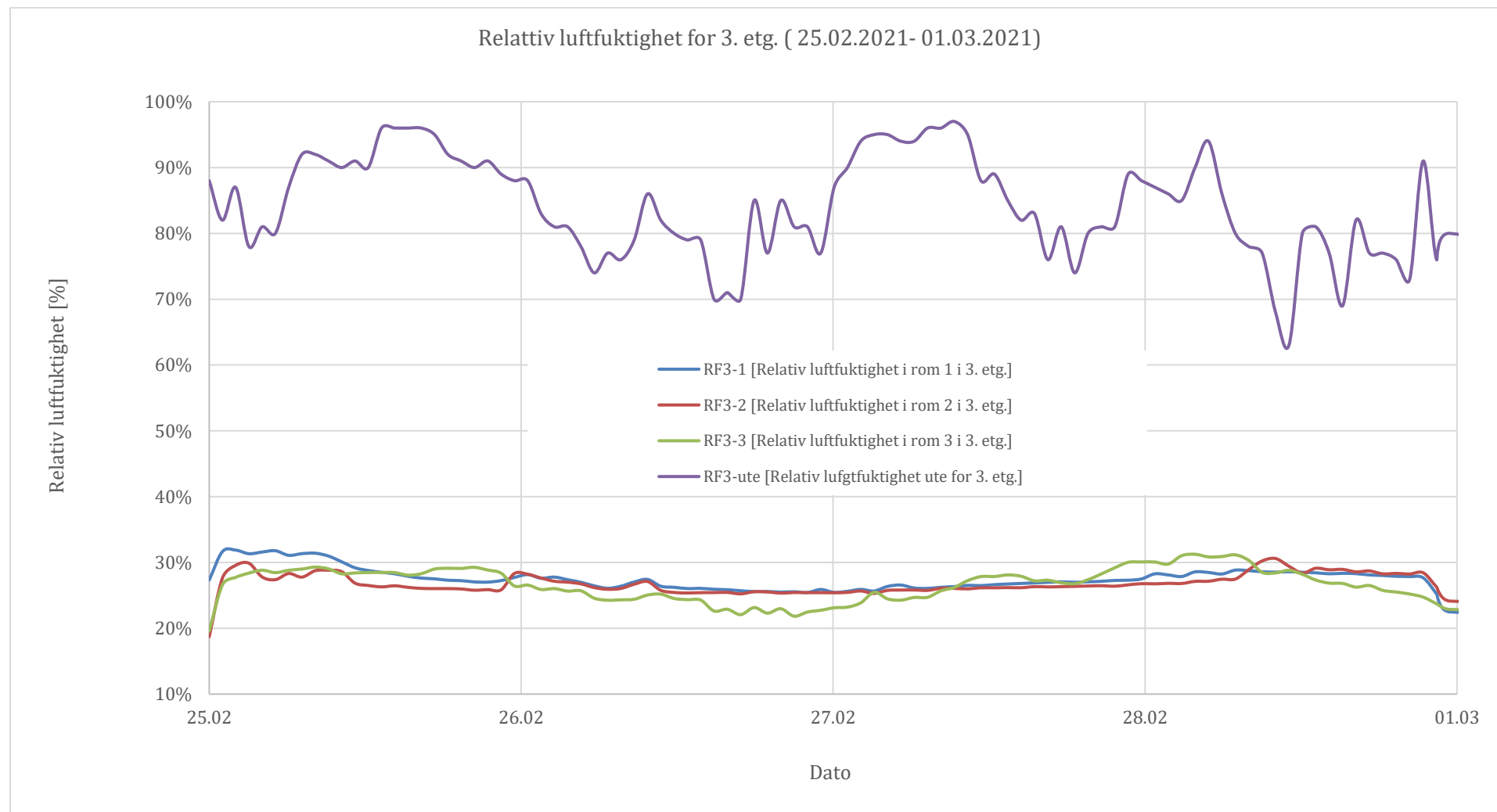


G Temperatur (Hioki)

G.1 : Graf av temperaturvariasjoner i 3. etasje fra torsdag til fredag.

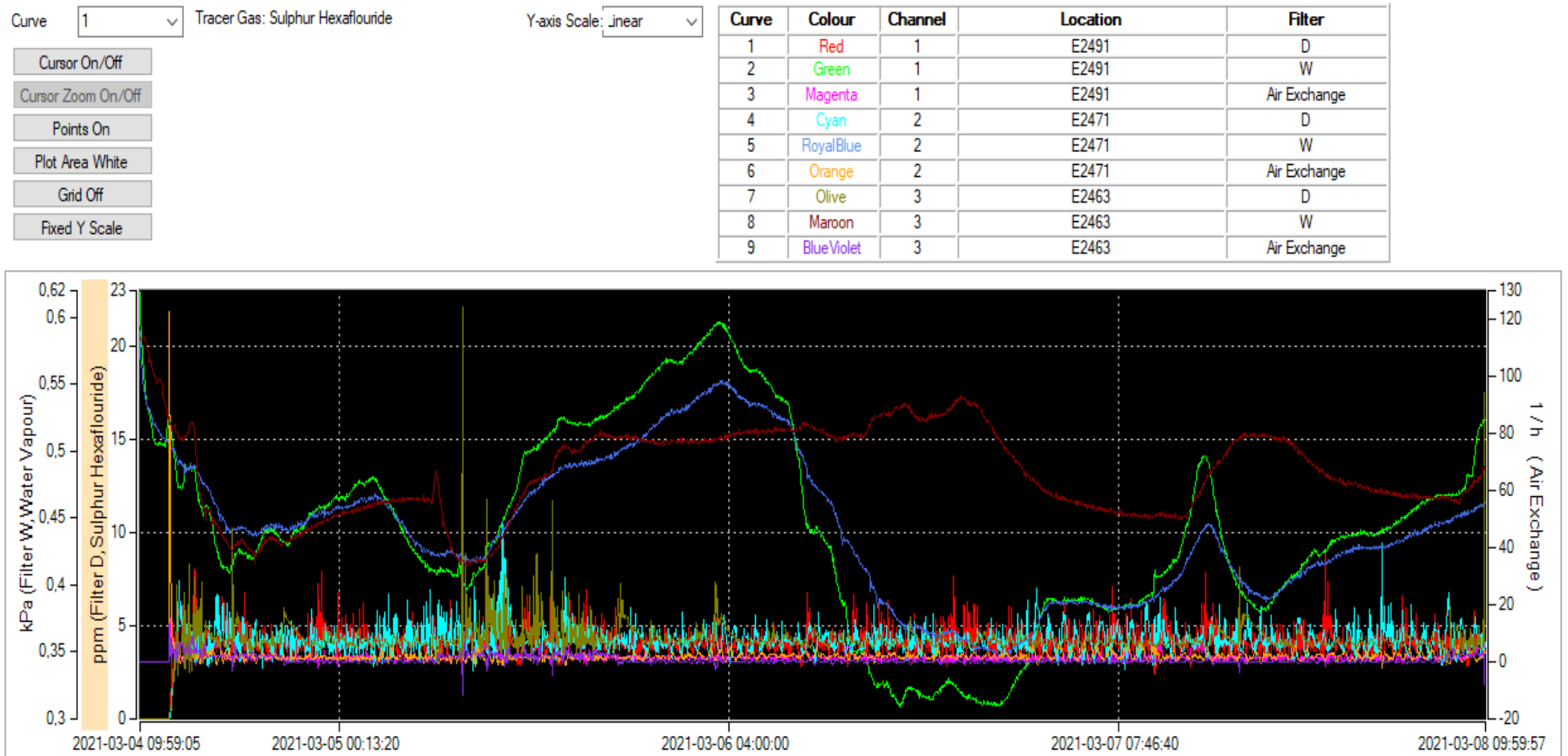


G.2 : Graf av relativ luftfuktighet for 3. etasje fra torsdag til mandag.



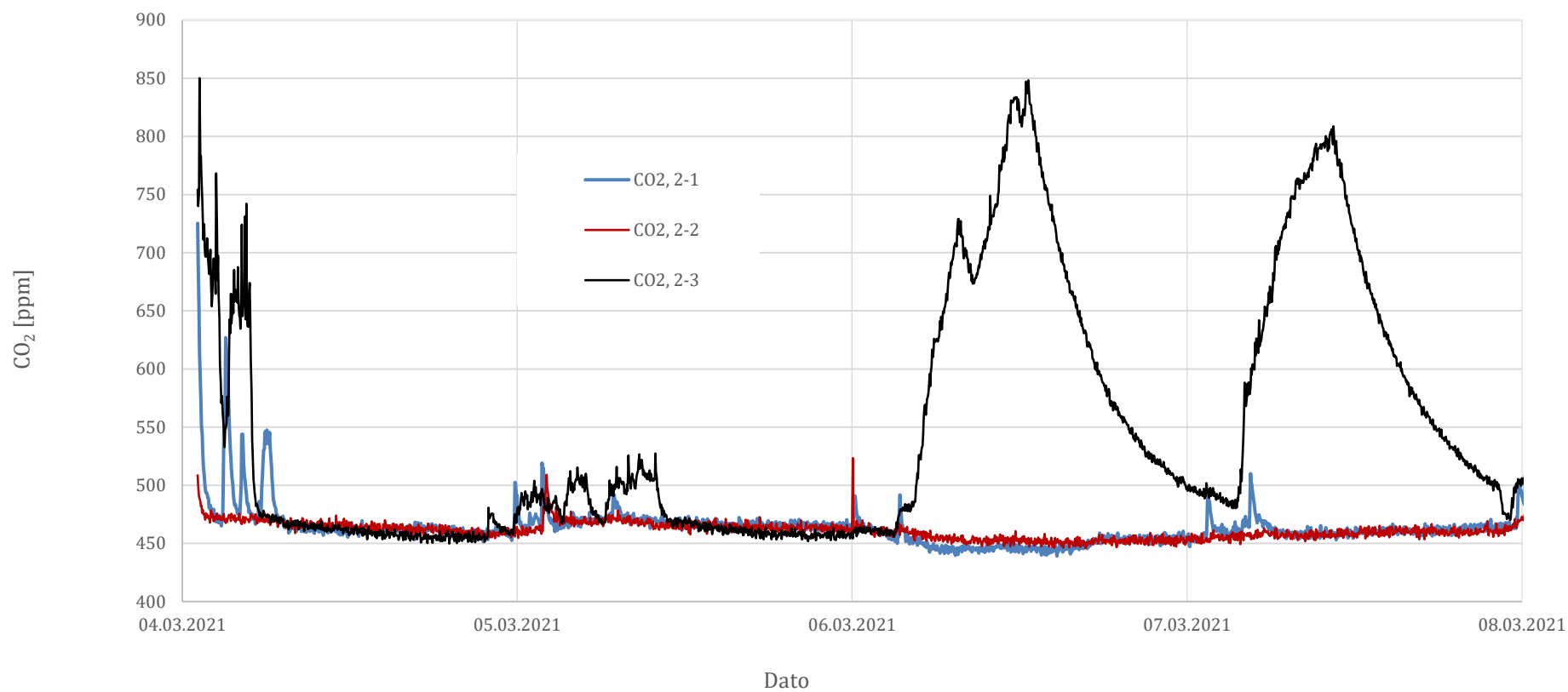
H Måledata

H.1 Graf av Multigass monitor i 2. etasje fra torsdag til mandag.

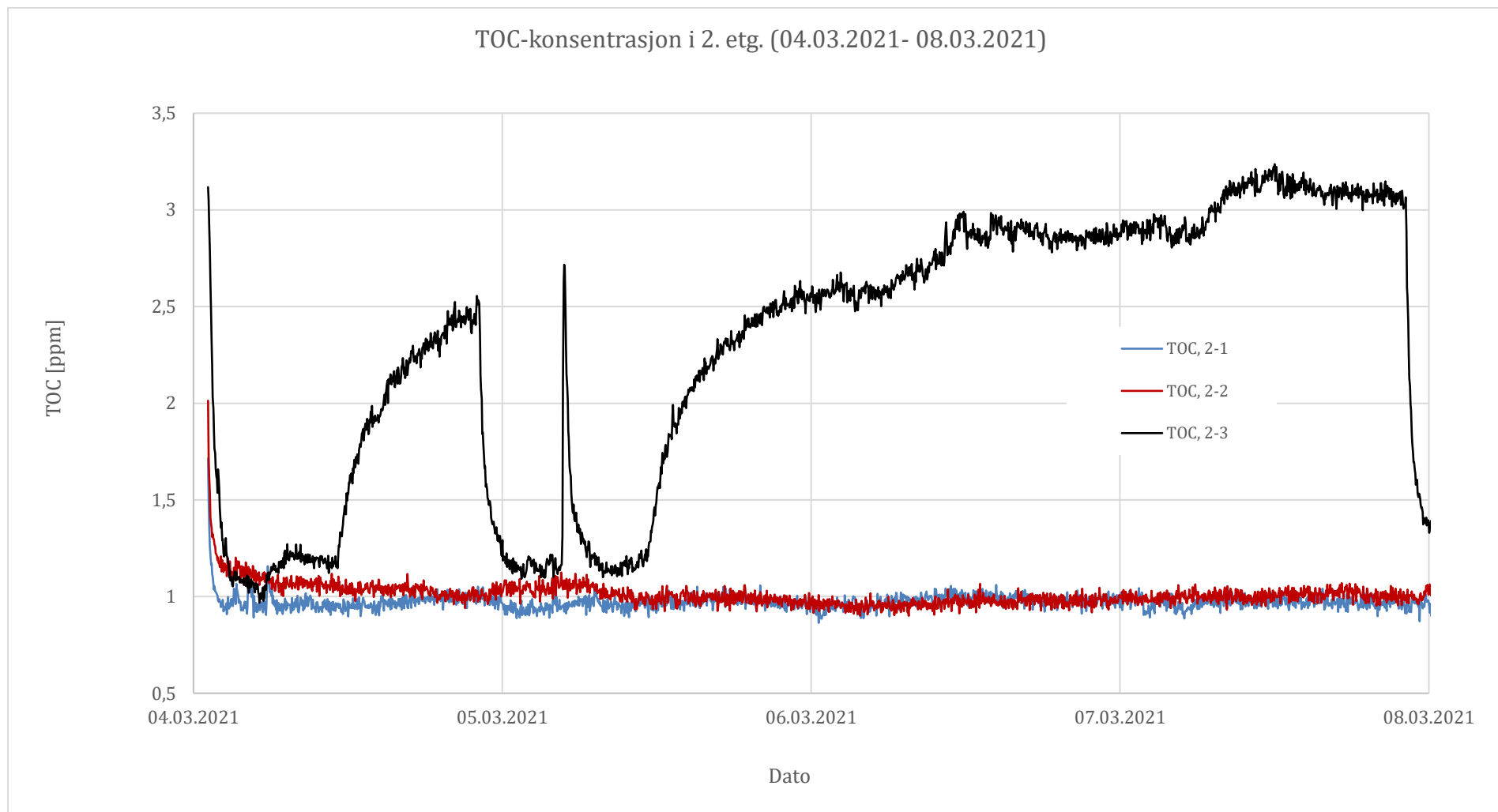


H.2 Graf av CO₂-konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til mandag

CO₂-konsentrasjon i 2. etg. (04.03.2021- 08.03.2021)

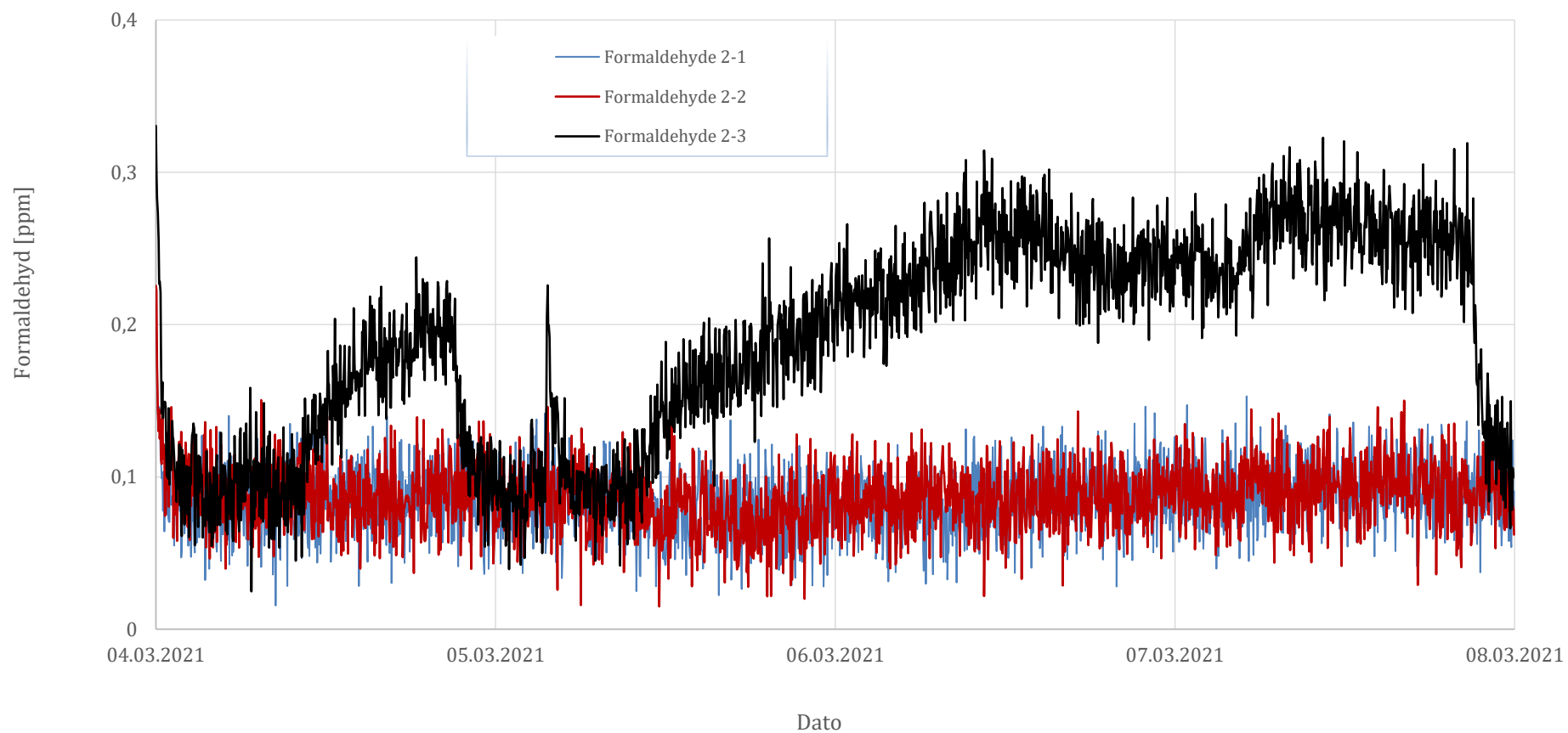


H.3 : Graf av TOC- Konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til mandag.

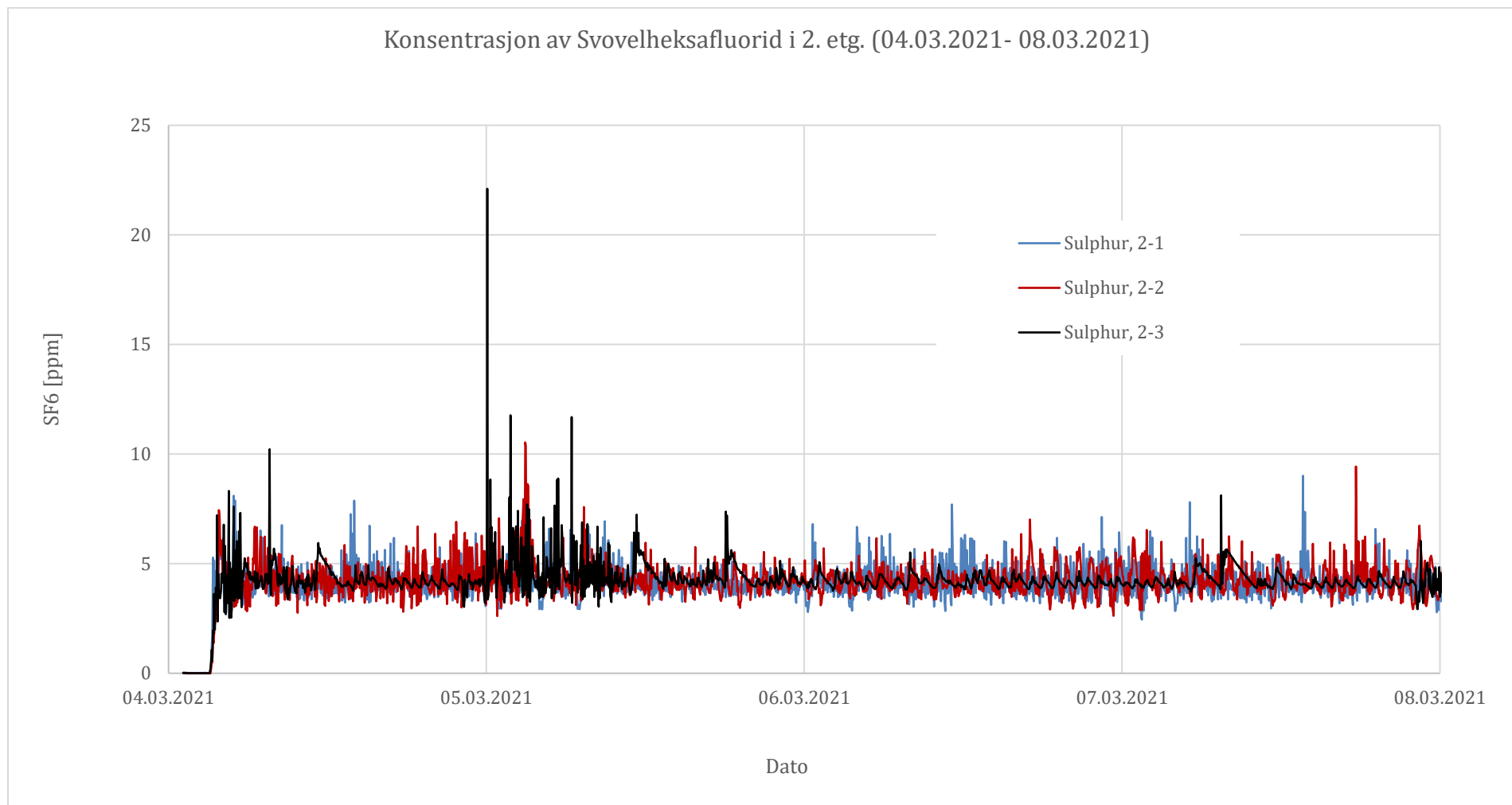


H.4 Graf av formaldihyd-Konsentrasjon i 2. etasje fra torsdag til fredag

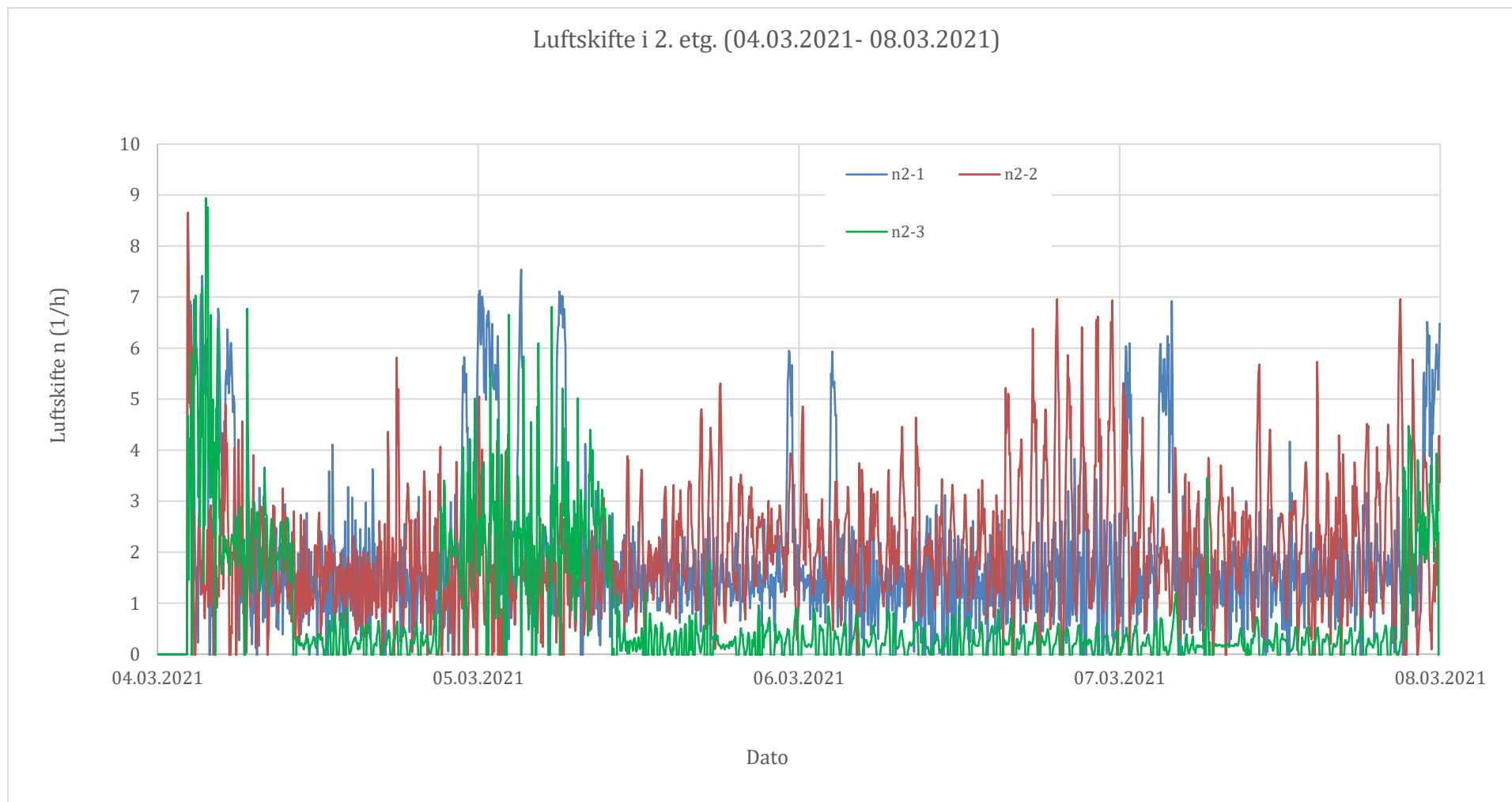
Formaldehyd-konsentrasjon i 2. etg. (04.03.2021- 08.03.2021)



H.5 : Graf av konsentrasjon av Svovelheksafluorid i 2. etasje fra torsdag til fredag.

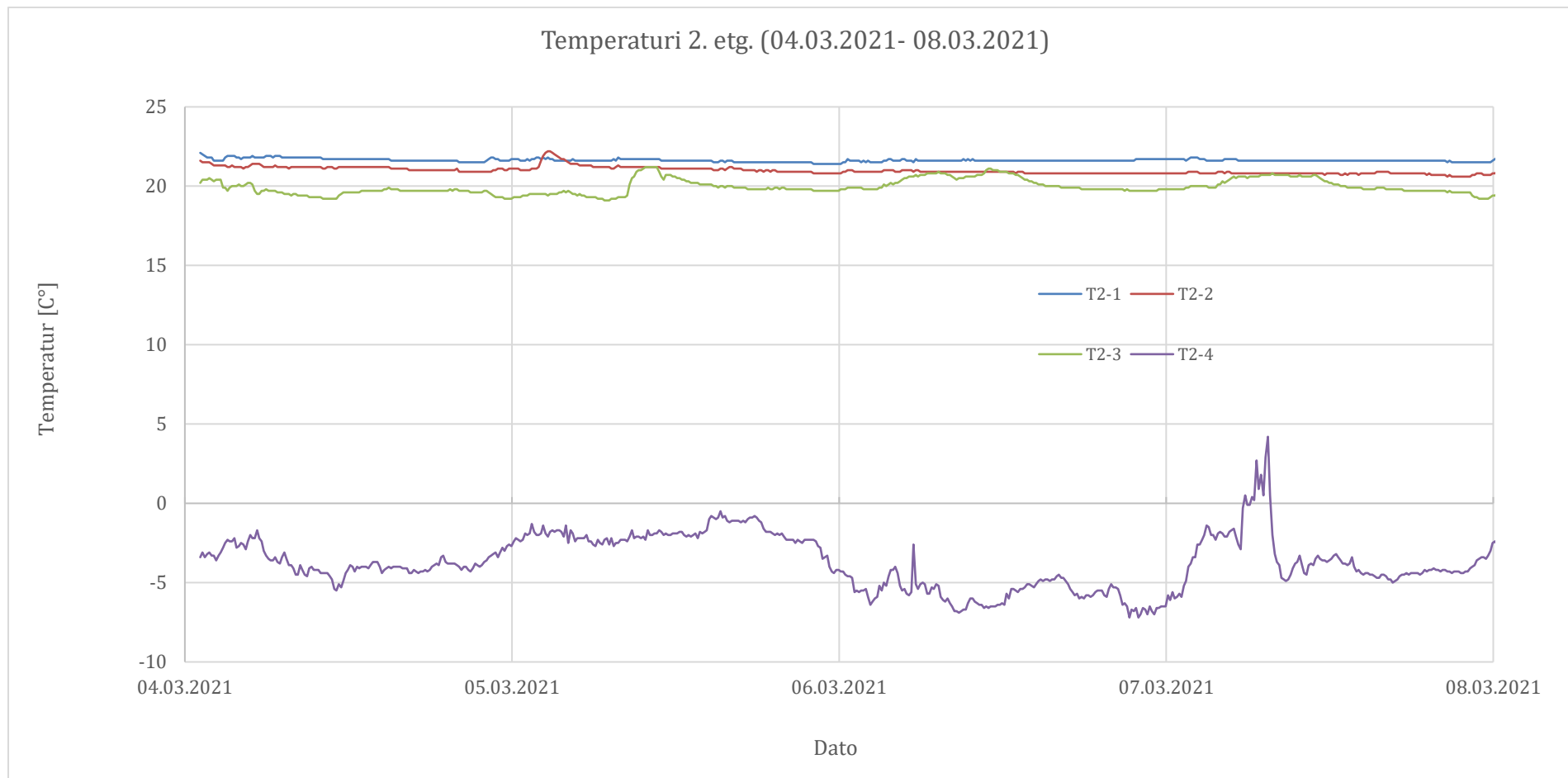


H.6 : Graf av luftskifte i 2. etasje fra torsdag til fredag.

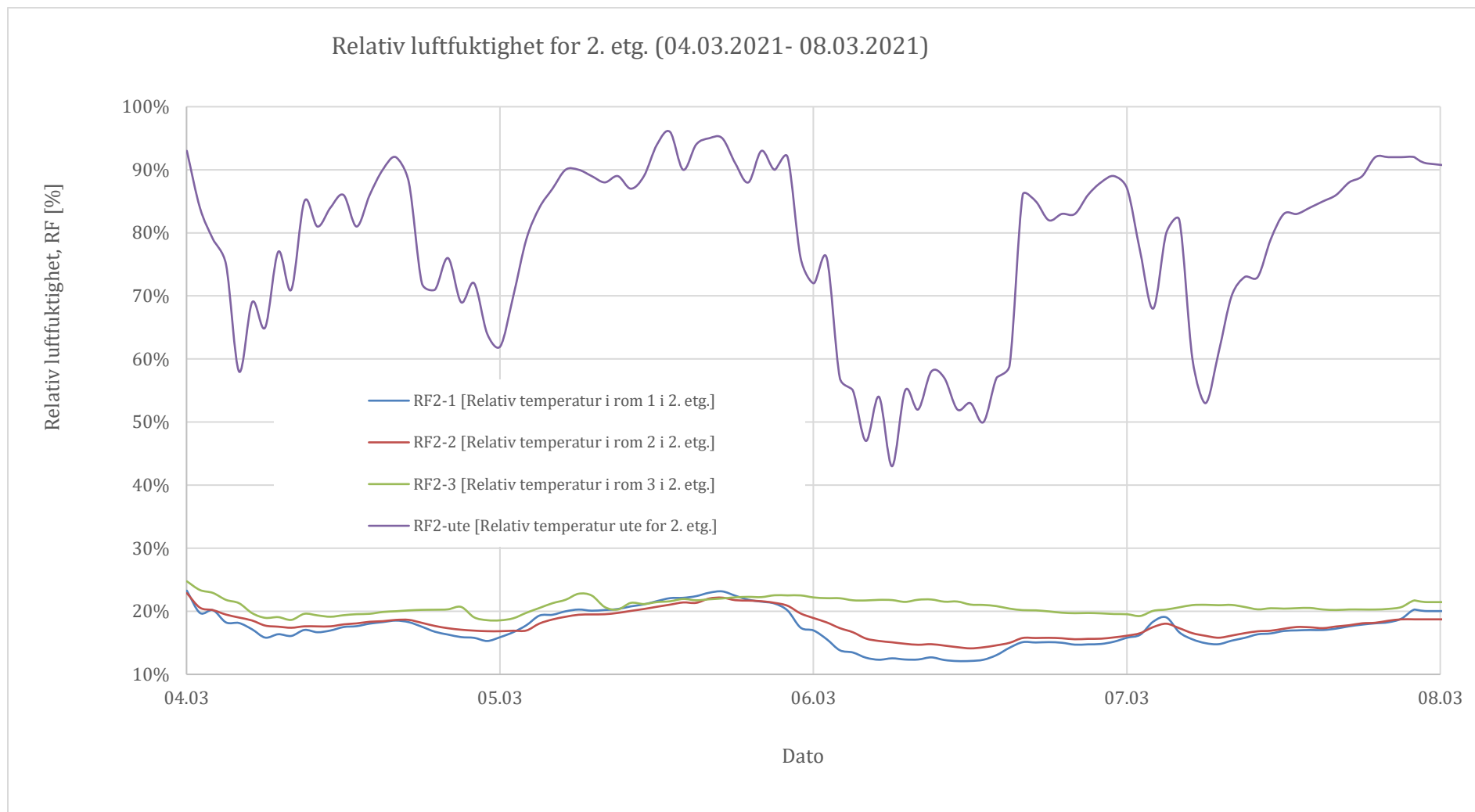


I Temperatur (Hioki)

I.1 : Graf av temperaturvariasjoner i 2. etasje fra torsdag til fredag.



I.2 : Graf av relativ luftfuktighet for 2. etasje fra torsdag til mandag.



J Måleplan Komfortmeter (Datablad Testo 400)

J.1 : Tredje etasje

Målehøyde :1,1 meter

Rom	Dato	Clo	Met	PMV	PPD [%]	RF [%]
E3220 Grupperom	25.02.2021- 26.02.2021	1,0	1,2	0,0	5,0	26,1
E3160 Undervisningsrommet	26.02.2021- 27.02.2021	1,0	1,2	-0,1	5,2	23,8
E3171 Undervisningsrommet	27.02.2021- 28.02.2021	1,0	1,2	0,0	5,0	25,6
E3171 Undervisningsrommet	28.02.2021- 01.03.2021	1,0	1,2	0,0	5,0	24,9

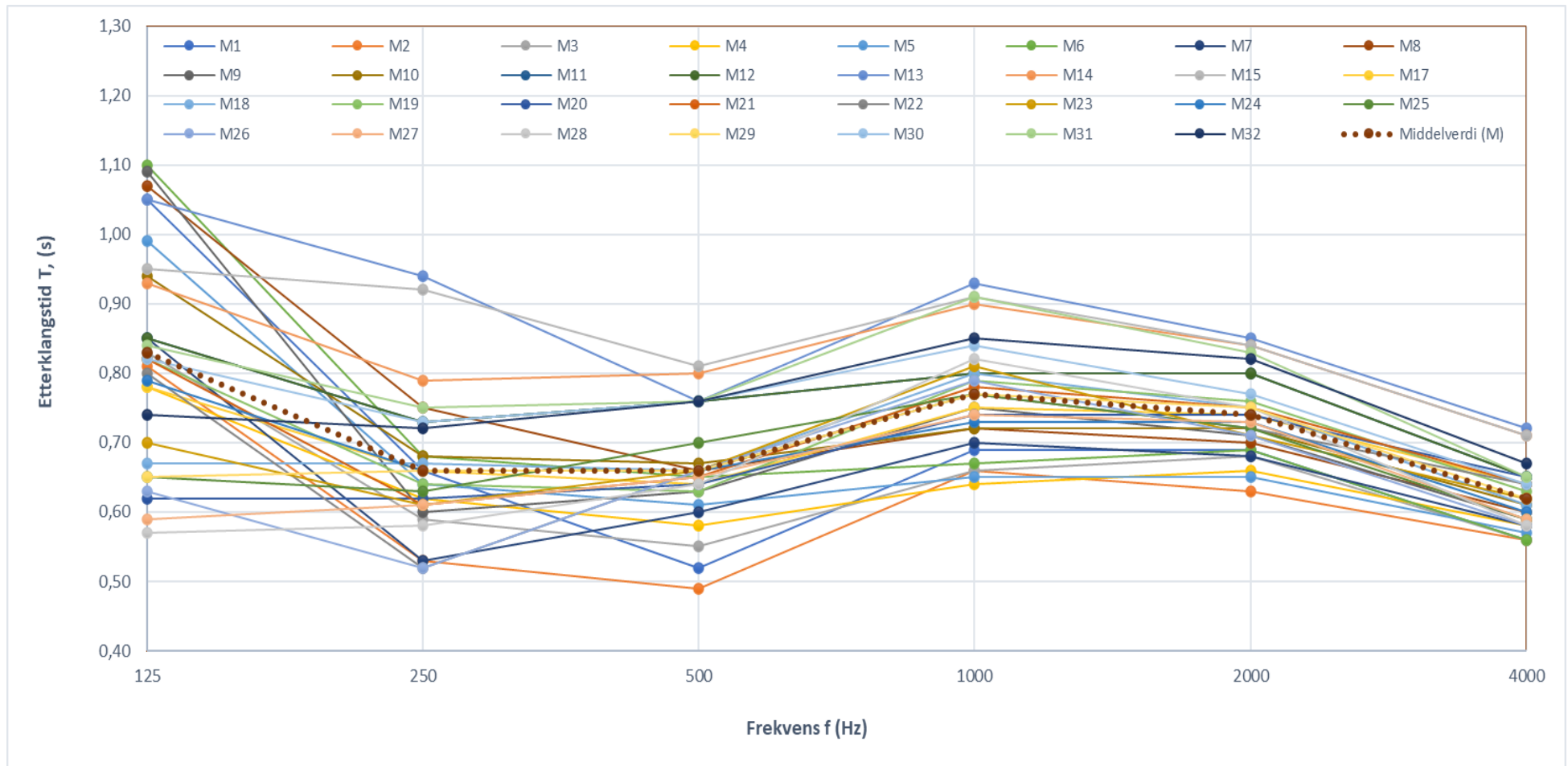
J.2 : Andre etasje

Målehøyde :1,1 meter

Rom	Dato	Clo	Met	PMV	PPD [%]	RF [%]
E2491 Grupperom	04.03.2021- 05.03.2021	1,0	1,2	0,1	5,2	15,1
E2471 Undervisningsrommet	05.03.2021- 06.03.2021	1,0	1,2	0,0	5,0	18,6
E2463 Undervisningsrommet	06.03.2021- 07.03.2021	1,0	1,2	-0,2	5,8	18,6
E2463 Undervisningsrommet	07.03.2021- 08.03.2021	1,0	1,2	-0,2	5,8	19,5

K Akustikk i kantina

K.1 Måledata av etterklangstiden



K.2 Beregning av etterklangstiden (Før rehabiliteringen)

Beregning av etterklangstid i kantina (Før rehabiliteringen)					
Område	Overflateareal S (m2)	absorpsjonsfaktor	Areal	Volum	Etterklangstid (s)
Nedredel av kantina					
Gulv (vinyll på betong)	281,00	0,05	14,05		
spillehimling i tre 1,5 meter mot fasade	69,38	0,30	20,81		
himling (fast gips)	211,62	0,05	10,58		
vegg mellom vinduer (maltbetong)	64,62	0,02	1,29		
Vinduer	115,83	0,00	0,00		
vegg under glass (betong)	17,55	0,02	0,35		
vegg under absorbanter Rockfon (stål)	10,80	0,00	0,00		
			0,00		
Øvredel av kantina					
Gulv	187,00	0,05	9,35		
Himling	187,00	0,79	147,73		
vegger	44,42	0,02	0,89		
			0,00		
			0,00		
Skravert området (resten av kantina og kjøkken)					
Gulv parket	330,00	0,05	16,50		
Himling (spilehimling tre med 30 mm åpning)	186,00	0,30	55,80		
Betong himling (kjøkken)	25,00	0,02	0,50		
kjøkken områder(himling 50 mm isolasjon)	119,00	0,78	92,82		
vegger (maltbetong...)	705,17	0,02	14,10		
			0,00		
Søyler					
sirkulære søyler (maltbetong)	22,53	0,02	0,45		
Rektanguløresøyler (maltbetong)	47,71	0,02	0,00		
Stoler, bord, sofaer osv					
ståler med putesett (trukket set)	5,05	0,00	0,00		
Sofaer (9 stk) (polestrer)	212,64	0,00	0,00		
Sofaer(1stk) polestrert	3,76	0,00	0,00		
sofaer (2stk) polestrert	10,80	0,00	0,00		
Ventilasjonsaggregat (2stk)	2,76	0,50	1,38		
Ventilasjonsaggregat (1 stk)	3,80	0,50	1,90		
			388,51	2450,00	1,01

K.3 : Beregning av etterklangstiden (etter rehabiliteringen)

Beregning av etterklangstiden i kantina (etter rehabiliteringen)					
Område	Overflateareal S (m ²)	absorbsjonsfaktor	Areal	Volum	Etterklangstid (s)
Nedredel av kantina					
Gulv (vinyll på betong)	281,00	0,05	14,05		
himling (40 mm akustisk puss)	281,00	0,60	168,60		
vegg mellom vinduer (Rockfon mono 40mm)	64,62	0,90	58,16		
Vinduer	115,83	0,00	0,00		
vegg under glass (betong)	17,55	0,02	0,35		
vegg under absorbanter Rockfon (stål)	10,80	0,00	0,00		
			0,00		
Øvredel av kantina					
Gulv	187,00	0,05	9,35		
Himling (spilehimling tre med 30 mm åpning)	187,00	0,30	56,10		
vegger (betong)	44,42	0,02	0,89		
			0,00		
			0,00		
Skravert området (resten av kantina og kjøkken)					
Gulv parket	330,00	0,05	16,50		
Himling (spilehimling tre med 30 mm åpning)	186,00	0,30	55,80		
Betong himling (kjøkken)	25,00	0,02	0,50		
kjøkken områder (50 mm isolasjon)	119,00	0,78	92,82		
vegger (maltbetong...)	705,17	0,02	14,10		
			0,00		
Søyler					
sirkulære søyler (maltbetong)	22,53	0,02	0,45		
Rektanguløresøyler (maltbetong)	47,71	0,02	0,95		
Stoler, bord, sofaer osv					
ståler med putesett (trukket set)	5,05	0,23	1,16		
Sofaer (9 stk) (polestrer)	212,64	0,28	59,54		
Sofaer(1stk) polestrert	3,76	0,28	1,05		
sofaer (2stk) polestrert	10,80	0,28	3,02		
Ventilasjonsaggregat (2stk)	2,76	0,50	1,38		
Ventilasjonsaggregat (1 stk)	3,80	0,50	1,90		
			556,68	2450,00	0,70

L -Tabell for metningstrykk av luftens vandampinnhold

Tabell 22

Vanndampens metningstrykk og fuktinnhold ved ulike temperaturer (for minusgrader gjelder metningstrykket over is) [841].

Temperatur (°C)	Metningstrykk (N/m ² eller Pa)	Fuktinnhold (g/m ³)	Temperatur (°C)	Metningstrykk (N/m ² eller Pa)	Fuktinnhold (g/m ³)	Temperatur (°C)	Metningstrykk (N/m ² eller Pa)	Fuktinnhold (g/m ³)
30	4 239	30,31	10	1 227	9,39	-10	258	2,12
29	4 002	28,71	9	1 147	8,81	-11	236	1,95
28	3 777	27,18	8	1 072	8,26	-12	215	1,79
27	3 562	25,72	7	1 001	7,74	-13	196	1,63
26	3 358	24,33	6	934	7,25	-14	179	1,49
25	3 165	23,01	5	872	6,79	-15	163	1,37
24	2 981	21,74	4	813	6,36	-16	148	1,25
23	2 807	20,54	3	758	5,95	-17	134	1,14
22	2 641	19,40	2	706	5,56	-18	122	1,04
21	2 485	18,31	1	657	5,19	-19	111	0,94
20	2 336	17,27	0	611	4,85	-20	100	0,86
19	2 195	16,28	-1	562	4,48	-21	91	0,78
18	2 062	15,35	-2	517	4,13	-22	82	0,71
17	1 936	14,46	-3	475	3,81	-23	74	0,64
16	1 816	13,61	-4	436	3,51	-24	67	0,58
15	1 704	12,81	-5	401	3,24	-25	60	0,52
14	1 597	12,05	-6	367	2,98	-26	54	0,47
13	1 496	11,33	-7	337	2,74	-27	48	0,43
12	1 401	10,65	-8	308	2,52	-28	43	0,38
11	1 311	10,00	-9	282	2,32	-29	39	0,35
						-30	35	0,31