



Uit

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Institutt for bygg, energi og materialteknologi

Kartlegging av inneklima på Skistua barneskole

Lars Thorrud & Olav Nilsen Lohne, mai 2019



MASTEROPPGAVE

for

Olav Nilsen Lohne & Lars Thorrud

(173039 & 173843)

Vår 2019

Kartlegging av inneklime på Skistua Barneskole

(A study of the indoor climate at Skistua elementary school)

Bakgrunn

Skistua skole er et formålsbygg på 5150 kvm som ble bygget i 1998. Arkitektfirmaet Snøhetta tegnet bygget i sin tid. Skolen er aktuell for kartlegging, forskning og utvikling sett opp imot inneklime som følge av byggets formål og varierende bruk/belastning. Basert på døgnmessig utnyttelse av bygget er bygget både tomt, i delvis bruk (kveldstid) og i full bruk (dagtid). Det vil derfor være interessant å se på hvordan inneklime påvirkes av den varierende bruk/belastning som er i bygget. Skolen vil bli vurdert opp imot bestemmende myndigheter, for å se om inneklime er forsvarlig iht. miljørettet helsevern. Oppgaven går ut på å vurdere om Skistua barneskole har et forsvarlig inneklime og analysere dette. De inneklime relaterte målinger og vurderinger skal baseres på termiske og atmosfæriske data. Målinger av inneklime utføres i utvalgte rom etter nærmere avklaring med intern- og ekstern veileder. Det skal også avklares nærmere hvilke parametre målingene skal omfatte og over hvilket tidsintervall.

Begrensning av oppgaven

Vurderinger av inneklime skal bestå av termisk-, atmosfærisk analyse.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Generelt om inneklime og krav til kvalitet på inneklime.
3. Befaring(er) på skolen.
4. Erfaringer fra andre skolars inneklime og forskning innen inneklime.
5. Målinger av inneklime på skolen
6. Spørreundersøkelse begrenses til ansatte. Undersøkelsen skal omhandle innemiljø.
7. Analyse av inneklime
8. Forslag til eventuelle utbedringer
9. Vurdering av inneklime opp mot forskrifter
10. 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 Narvik kommune

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 begrensinger 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:	07.01.2019
Innleveringsdato:	16.05.2019
Kontaktperson bedrift: Lasse Kaalstad	Telefon: 911 10 903 E-post: lasse.kaalstad@narvik.kommune.no
Veileder UiT - IVT: Svein-Erik Sveen	Førstemanuensis Telefon: 41425654 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 rapporten er utarbeidet av to studenter fra sivilingeniørstudiet ”Integrert bygningsteknologi” ved institutt for bygg, energi og materialteknologi ved UiT Norges arktiske universitet, campus Narvik. Rapporten er skrevet på våsemesteret 2019, på oppdrag fra Narvik kommune.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår hovedveileder Ph.D Svein-Erik Sveen for veiledning og opplæring i målesinstrumenter, Overingeniør Nils Andreassen for opplæring i måleinstrumenter, driftsansvarlig på Skistua skole Bengt Olsen for all bistand på skolen og øvrige ansatte på Skistua skole. Vi ønsker også å takke Lasse Kaalstad i Narvik kommune som har hjulpet oss med utarbeidelse av denne oppgaven, samt støtte fra familie og venner gjennom studietiden.

Sammendrag

Denne oppgaven er en studie av inneklima ved Skistua skole i Narvik kommune. Rapporten dekker deler av de termiske- og atmosfæriske parametre. Det ble gjort målinger på skolen i to uker, uke 9 og 11. De tre første dagene i begge ukene ble det gjort målinger i klasserommet til 7. klassen, mens de to siste dagene i begge ukene ble det målt i klasserommet til 4. klassen.

Hensikten med målingene var å dokumentere om skolen hadde et akseptabelt inneklima. Det ble foretatt en ørebroundersøkelse som en indikator for hvilke parametre som kunne være hensiktsmessig å undersøke. Ved hjelp av undersøkelsen ble det gjort målinger av CO₂, lufttemperatur, PMV, relativ luftfuktighet og luftmengder. Resultatene som fremkom viser at skolen har et generelt akseptabelt inneklima, selv om noen parametre avviker fra anbefalte verdier. Målingene ble gjort med et utvalg måleinstrumenter, der det ble gjort både øyeblikksmålinger og logging. Målingene ble gjort i to ulike klasserom, på to ulike deler av skolen. Disse klasserommene hadde størst personbelastning for hver sin del av skolen, som fører til at disse rommene er mest utsatt for dårlig inneklima.

Klasserommene hadde generelt lav relativ luftfuktighet, der den på noen av dagene var under 20 % gjennom hele skoledagen. For det ene klasserommet lå temperaturen på et litt for lavt nivå, og den kan med fordel økes. Utfordringen med dette er at den relative luftfuktigheten vil falle ytterligere. CO₂-konsentrasjonene ligger for begge klasserommene på et nivå som indikerer høyt nok luftskifte til å betjene personbelastningen. Det er funnet at ventilasjonsanlegget skrus på unødvendig tidlig, da det er en gjennomgående trend som tilsier at det tar i underkant av en time før temperatur, CO₂ og relativ luftfuktighet når et stabilt nivå. Med å skru på ventilasjonsanleggene kl 07:00 i stedet for 05:00 oppnås energibesparelse. Selv om denne energibesparelsen er funnet relativt lav, er det et lav-terskel tiltak som burde vurderes. Det er ikke funnet noen plausible årsaker til at måleusikkerheten veier så tungt at målingene ikke skal være troverdige. Det er på bakgrunn av dette gjort en samlet vurdering. Skolen har et akseptabelt inneklima, der det er enkelte områder det er potensiale for utbedring.

Forslag til videre arbeid er å gjøre en mer omfattende undersøkelse av flyktige organiske forbindelser. Dette burde gjøres da måledataen fra denne undersøkelsen tilsier at toluen-konsentrasjonen tilsynelatende er av betydelige mengder. Det vil også være gunstig å gjøre liknende målinger for andre årstider, da andre årstider kan by på annen problematikk.

Abstract

This thesis is a study of indoor climate at Skistua school in the municipality of Narvik. The report covers parts of the thermal and atmospheric parameters. Measurements were made at the school for two weeks, week 9 and 11. The first three days of both weeks, measurements were made in the classroom of the 7th grade, while the last two days of both weeks were measured in the classroom of the 4th grade.

The purpose of the measurements was to document whether the school had an acceptable indoor climate. An "ørebro"-examination was performed as an indicator of which parameters might be appropriate to investigate. Using the survey, measurements of CO₂, air temperature, PMV, relative humidity and airflow were made. The results that emerged showed that the school had a generally acceptable indoor climate, although some parameters deviate from the recommended values. The measurements were made with a selection of measuring instruments, where both instantaneous measurements and logging were made. The measurements were performed in two different classrooms, at two different parts of the school. These classrooms had the biggest occupancy for each part of the school, which led to these rooms being most exposed to poor indoor climate.

The classrooms generally had low relative humidity. On some days the values were below 20 % throughout the school day. For one classroom, the temperature was at a slightly too low level, and it can advantageously be increased. The challenge with this is that the relative humidity will fall further. The amounts of CO₂ are for both classrooms at a level that indicates a adequate rate of air exchange with respect to the occupancy. It has been found that the ventilation system is turned on unnecessarily early, as there is a consistent trend that indicates that it takes just under an hour before temperature, CO₂ and relative humidity reaches a stable level. By turning on the ventilation systems at 07:00 instead of 05:00, energy savings are achieved. Although this energy saving has been found to be relatively low, there is a low-threshold measure that should be considered. No plausible reasons have been found that the measurement uncertainty weighs so heavily that the measurements should not be credible. On this basis, an overall assessment has been made. The school has an acceptable indoor climate, where there are some areas there is potential for improvement.

As this study indicates, the toluene concentration appears to be of considerable amount. Thus, a proposal for further work are to do a more comprehensive investigation of volatile organic compounds. This should be done as the measurement data from s. It will also be beneficial to make similar measurements for other seasons, as other seasons can offer different problems.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Mål	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Metode	3
2 Teoretisk grunnlag for inneklima	5
2.1 Krav	5
2.2 Termisk innemiljø & krav	7
2.2.1 Temperatur	7
2.2.2 Termisk komfort	8
2.2.3 Relativ luftfuktighet	9
2.2.4 Vertikal temperaturgradient	9
2.2.5 Operativ temperatur	10
2.3 Atmosfærisk innemiljø & krav	11
2.3.1 CO ₂ -konsentrasjon	12
2.3.2 Luftmengder	12
2.3.3 Flyktige organiske forbindelser	13
2.4 Fortrengningsventilasjon	13
2.5 Helseeffekt & inneklima	14
2.5.1 CO ₂	14
2.5.2 Flyktige organiske forbindelsen	15
2.5.3 Lufttemperatur	15
2.5.4 Relativ luftfuktighet	16
2.5.5 Lufthastighet	16
3 Metodikk	17
3.1 Måleplan	17
3.2 Måleinstrumenter	19
3.2.1 TSI 9565	19
3.2.2 Fluke 2625A hydra series II data logger	21
3.2.3 Brüel & Kjær type 1212 thermal comfort meter & Brüel & Kjær transducer MM-0023	21

3.2.4	Multi-gas Monitor Type 1302 & multipoint sampler and doser type 1303	22
3.3	Måleusikkerhet	24
3.3.1	Luftmengder	25
3.3.2	Lufttemperatur	25
3.3.3	PMV	25
3.3.4	CO ₂ , luftens vanndampinnhold og TOC ref. Toluen	26
3.4	Ørebromodellen	26
4	Beskrivelse av måleobjektet	27
4.1	Oppvarming	29
4.2	Ventilasjon	31
5	Resultater	33
5.1	Ørebroundersøkelsen	33
5.2	Luftmengder	35
5.3	Utendørs klimaforhold	36
5.4	Lufttemperatur	38
5.5	Termisk komfort	41
5.6	CO ₂	42
5.7	Relativ luftfuktighet	45
5.8	Flyktige organiske forbindelser	46
6	Diskusjon	49
6.1	Luftmengder opp mot krav	49
6.2	Temperatur opp mot krav	49
6.3	PMV opp mot krav	54
6.4	CO ₂ -nivå opp mot krav	59
6.5	Luftfuktighet opp mot krav	63
6.6	Flyktige organiske forbindelser	66
6.7	Sammenlikning av Ørebroundersøkelsen & målinger	66
6.8	Sammenlikning med andre inneklimateundersøkelser	66
6.9	Forslag til utbedringer	69
7	Konklusjon	71
7.1	Forslag til videre arbeid	73
	Referanser	75
	Vedlegg	78
A	Radonkart	I
B	Plantegninger	II

C	Måleoppsett	X
D	Kalibreringsdata for måleinstrumenter	XI
D.1	TSI 9565	XI
D.2	Fluke 2625A Hydra Series II Data Logger	XV
D.3	Brüel & Kjær Multi gas monitor type 1302	XX
E	Ørebroskjema	XXIX
F	Måledata CO₂, RF og TVOC	XXXII
F.1	Mandag uke 9	XXXII
F.1.1	Målepunkt B1	XXXII
F.1.2	Målepunkt B2	XXXIII
F.1.3	Målepunkt B3	XXXIV
F.2	Tirsdag uke 9	XXXV
F.2.1	Målepunkt B1	XXXV
F.2.2	Målepunkt B2	XXXV
F.2.3	Målepunkt B3	XXXVI
F.3	Onsdag uke 9	XXXVIII
F.3.1	Målepunkt B1	XXXVIII
F.3.2	Målepunkt B2	XXXVIII
F.3.3	Målepunkt B3	XXXIX
F.4	Torsdag uke 9	XL
F.4.1	Målepunkt B1	XL
F.4.2	Målepunkt B2	XL
F.4.3	Målepunkt B3	XLI
F.5	Fredag uke 9	XLII
F.5.1	Målepunkt B1	XLII
F.5.2	Målepunkt B2	XLII
F.5.3	Målepunkt B3	XLIII
F.6	Mandag uke 11	XLIV
F.6.1	Målepunkt B1	XLIV
F.6.2	Målepunkt B2	XLIV
F.6.3	Målepunkt B3	XLV
F.7	Tirsdag uke 11	XLVI
F.7.1	Målepunkt B1	XLVI
F.7.2	Målepunkt B2	XLVI
F.7.3	Målepunkt B3	XLVII
F.8	Onsdag uke 11	XLVIII
F.8.1	Målepunkt B1	XLVIII
F.8.2	Målepunkt B2	XLVIII

F.8.3	Målepunkt B3	XLIX
F.9	Torsdag uke 11	L
F.9.1	Målepunkt B1	L
F.9.2	Målepunkt B2	L
F.9.3	Målepunkt B3	LI
F.10	Fredag uke 11	LII
F.10.1	Målepunkt B1	LII
F.10.2	Målepunkt B2	LII
F.10.3	Målepunkt B3	LIII
G	Temperaturlogging	LIV
G.1	Mandag uke 9	LIV
G.2	Tirsdag uke 9	LVI
G.3	Onsdag uke 9	LVI
G.4	Torsdag uke 9	LVII
G.5	Fredag uke 9	LVIII
G.6	Mandag uke 11	LVIII
G.7	Tirsdag uke 11	LIX
G.8	Onsdag uke 11	LX
G.9	Torsdag uke 11	LXI
G.10	Fredag uke 11	LXI
H	Måleresultater PMV	LXIII
I	Tabell for metningstrykk av luftens vanndampinnhold	LXX
J	Energibesparelse ventilasjonsanlegg	LXXI
K	Vinduslufting	LXXIII

Figurer

2.1	Hierarkisk oversikt over bestemmelser knyttet til regler og anbefalinger.	6
2.2	Korrelasjon mellom PPD og PMV	9
2.3	Sammenheng temperaturgradient og andel misfornøyde.	10
2.4	Optimal operativ temperatur med tillatt variasjon.	10
2.5	Illustrasjon av påvirkningsfaktorer for atmosfærisk inneklime.	11
2.6	Luft i oppholdssonen, oppvarmet og forurenset av personene, fortreges opp ved egenkonveksjon. Tilluft lavt i rommet og avtrekksventil ved himling.	14
3.1	Målepunkter for Multi-gas Monitor, komfortmeter og fluke hydra.	18
3.2	Snittegning av målepunkter for Multi-gas Monitor, komfortmeter og fluke hydra.	19
3.3	Illustrasjon av målepunkter og avstander i tverrsnittet av ventilasjonskanalen.	20
3.4	TSI 9565 med tilhørende probe for hastighets-, relativ luftfuktighets- og temperaturmålinger.	20
3.5	Fluke 2625A Hydra series II data logger med tilhørende krets for termotråder.	21
3.6	B&K 1212 fra forsiden, med regulatorer for aktivitetsnivå, bekledning, vannets partialtrykk og en regulator for hvilket parameter som skal måles. Foran måleinstrumentet ligger den tilhørende proben	22
3.7	Analysator (til venstre) og multiplexer (til høyre)	23
4.1	Nord-fasaden av storskolen, med tilhørende anvisning for klasserom 1.	27
4.2	Vest-fasade for klasserom 2 på småskolen	28
4.3	Flyfoto av Skistua skole	28
4.4	Prosess- og instrumentdiagram over varmpumpens distribusjonssystem.	30
4.5	Skisse av ventilasjonsanlegg.	31
5.1	Ørebrorose av symptomer lærerne på Skistua skole opplever.	34
5.2	Ørebrorose av registrerte klager på inneklimeet på Skistua skole.	35
5.3	Værdata for uke 9.	37
5.4	Værdata for uke 11.	38
5.5	Temperaturer i klasserom 1 fra tirsdag 12. mars (uke 11).	39
5.6	Temperaturer i klasserom 2 fra torsdag 28. februar (uke 9).	40
5.7	Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 11.	41
5.8	PMV-målinger fra tirsdag 12. mars. Målingene er fra midt i klasserom 1 fra: kl. 08:00 (blå), kl. 11:00 (rød) og kl. 14:00 (grønn).	42
5.9	CO ₂ -fordeling over klasserom 1, tirsdag uke 11.	43
5.10	CO ₂ -fordeling over klasserom 2, torsdag uke 9.	44
5.11	Illustrasjon over utvikling av relativ luftfuktighet fredag uke 11.	45
5.12	Illustrasjon over utvikling av relativ luftfuktighet onsdag uke 9.	46
5.13	Konsentrasjon av TOC ref. Toluen for utvalgte dager fra klasserom 1 og 2.	47
6.1	Temperatur for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt K2.	49
6.2	Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 9.	50

6.3	Temperatur for klasserom 1 i uke 11 ved målepunkt K2.	51
6.4	Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 11.	52
6.5	Temperatur for klasserom 2 i uke 9 og 11 ved målepunkt K2.	53
6.6	Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 2 i uke 9 og 11.	54
6.7	PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt tirsdag i uke 9.	55
6.8	PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt tirsdag i uke 11.	56
6.9	PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt torsdag i uke 9.	57
6.10	PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt torsdag i uke 11.	58
6.11	CO ₂ -nivå for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt B1.	60
6.12	CO ₂ -nivå for klasserom 1 i uke 11 ved målepunkt B1.	61
6.13	CO ₂ -nivåer i klasserom 2.	62
6.14	Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 1 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.	63
6.15	Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 2 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.	65
6.16	Rapportering av arbeidsmiljøfaktorer. "Denne studien" er resultater fra NAAF sin undersøkelse. "Ørebro-studien" er fra (MM 040 NA Sp1).	68
6.17	Prosentandel som opplever symptomer hver uke. "Denne studien" er resultater fra NAAF sin undersøkelse. "Ørebro-studien" er fra (MM 040 NA Sp1).	69

Tabeller

1	Oversikt over likheter og ulikheter på inneklima og innemiljø, og hva de innebærer.	5
2	Oversikt over lover, forskrifter og veiledere som stiller krav til og gir anbefalinger om inneklima til virksomheter.	6
3	Syv-punkts skala om hvordan det termiske klima oppleves.	8
4	Overordnet måleplan, der det vises hvilke parametre, tidspunkter og klasserom det ble foretatt målinger. "L" representerer logging, mens "Ø" representerer øyeblikksmåling(er).	33
5	Hastighetsmålinger av tilluftskanalen til klasserom 2.	36

1 Innledning

Temaet for denne vitenskapelige rapporten er å danne et bilde av, samt å dokumentere hvorvidt det generelle inneklimaet på Skolen er tilfredstillende etter gjeldene krav. Narvik kommune ønsker å benytte skolen til forskning og utvikling. I den anledning er det utarbeidet en studie på inneklimaet for denne skolen, der det undersøkes hvilken påvirkning den varierende bruken og personbelastningen har på inneklimaet. Dette veies opp mot myndighetskrav- og anbefalinger, samt andre tilsvarende undersøkelser.

Skolen er et formålsbygg på 5150 m² der det er undervisning fra 1.-7. klasse. Skolen ble bygd i 1998 og arkitektfirmaet *Snøhetta* tegnet bygget. Skolen vil bli vurdert opp imot bestemmende myndigheter for å se om inneklimaet er forsvarlig iht. miljørettet helsevern. I tillegg blir skolen vurdert opp mot inneklima på andre skoler. De inneklimarelaterte målinger og vurderinger skal baseres på termiske og atmosfæriske data. Målinger av inneklima utføres i to utvalgte rom. I disse rommene ble det gjennomført logging og øyeblikksmålinger, der en overordnet oversikt over målingene som ble gjort er vist i figur 4. Videre er målinger omtalt i detalj i kapittel 3.

1.1 Bakgrunn

Godt inneklima i skoler er et suksesskriterie for at barn og ungdom har skolen som en god arena for læring. I tillegg er det en forutsetning for at god helse og trivsel ivaretas. "Dårlig inneklima blir stadig oftere påpekt som en årsak til at mange barn utvikler astma og allergiplager" [1]. Derfor er det for kommuner og andre statlige aktører viktig å dokumentere inneklima i skoler og andre arenaer for læring. Per idag er krav, normer og anbefalinger tilhørende inneklima- og miljø spredt over en rekke ulike skriv. Å kunne dokumentere hvorvidt inneklima er godt nok i et bygg er med eksisterende lovverk krevende, da retningslinjer som omhandler krav, normer og anbefalinger er diffuse. Selv om det er satt grenseverdier for en rekke ulike inneklimaparametre, er det ikke pålagt å gjøre tiltak dersom disse grenseverdiene overgås. Med det flytende regelverket og anbefalinger som er i dag er det derfor ikke tilrettelagt for å gi en definitiv dokumentasjon på at inneklimaet er for dårlig. I lys av dette er det gjort et forsøk på å danne en oversikt over de ulike grenseverdier, og veie inneklima på skolen opp mot disse.

Det er kjent at et dårlig inneklima kan ha stor påvirkning på helse og trivsel, dette gjelder spesielt på arenaer hvor det er barn og unge involvert. Barn og unge blir i større grad påvirket, blant annet fordi: barn puster inn mer luft i forhold til kroppsvekt enn voksne [2], og fordi immunforsvaret ikke er ferdig utviklet. Det er også en større andel av barn og unge som plages av astma og allergier, da halvparten av de vokser det av seg før de fyller 30 år [3].

En stor andel av skolene i Norge med dårlig inneklima kan skyldes dårlig vedlikehold. I en rapport utarbeidet av Arbeidstilsynet står det: "46 % av skolene var godkjente etter Forskrift

om miljørettet helsevern i barnehager og skoler mv. Ved flere av disse var det mangler på systemer som ga dårlig inneklima. I mange av tilsynene ble det avdekket at kommunen ikke har gjennomført tiltak der det var gitt godkjenning på vilkår. Mange hadde heller ikke fulgt opp rapporter etter tilsyn gjennomført av Miljørettet helsevern (MHV)”. [4]

1.2 Mål

Målet med oppgaven er å kartlegge inneklimate på Skistua skole ved måling av utvalgte inneklimateparametre. Målingsdata vil bli samlet fra to forskjellige klasserom i to forskjellige uker. Resultatene blir sammenliknet med lover, forskrifter og anbefalinger, samt andre tilsvarende undersøkelser. Målet med resultatene er til slutt å danne en helhetlig analyse av hvordan inneklimate på skolen er i forhold til hva som kreves og forventes.

1.3 Avgrensninger

Måleperiodene som er representert i oppgaven er gjort vinterstid. Driftsforhold og generelt inneklimate for andre årstider er derfor ikke vurdert. Siden det er gjort utbedringer på skolens fasader, er bygget vurdert under inneklimatekategori 2 [5]. Dette vil påvirke kravene som er satt for bygget. Målingene er begrenset til to klasserom, da det heller er fokusert på å måle over lengre perioder enn flere rom. Dette forsvares med at klasserommene er forholdsvis likt utformet. I rapporten er parametre som er blitt målt avgrenset til:

- CO₂
- Luftens vanndampinnhold
- Flyktige organiske forbindelser*
- Luttetemperatur
- Lufthastighet**
- PMV

* For måleutstyret brukt til flyktige organiske forbindelser er referanseforbindelsen Toluen. Dette innebærer at den totale mengden flyktige organiske forbindelser ikke blir målt, men en faktor som inngår i flyktige organiske forbindelser blir målt.

** Målinger av lufthastighet er kun gjort i tilluftskanalen til ett av klasserommene, på grunnlag av like luftmengder.

I rapporten er det ikke vektlagt radonproblematikk. Dette begrunnes med at det ikke er registrert betydelig fare for radon i området i og rundt skolen. Som vist i vedlegg A er det ikke grunnlag for å undersøke radon nærmere. [6]

1.4 Metode

For å fatte en beslutning om hvilke parametre som skulle måles, ble det i forkant av måleperiodene gjennomført en spørreundersøkelse for å få oversikt over hva de ansatte anså som problemområder.

Det ble brukt fire ulike måleinstrumenter for å kartlegge de parametrene som skulle måles. Skolen er delt opp i to hoveddeler. Det ble derfor gjort målinger i ett klasserom i hver hoveddel. Årsaken til at det kun ble målt ett klasserom i hver fløy grunnes med lik utforming for hvert klasserom i sin fløy. Klasserommene som ble brukt til målinger ble valgt basert på trinn og personbelastning.

2 Teoretisk grunnlag for inneklima

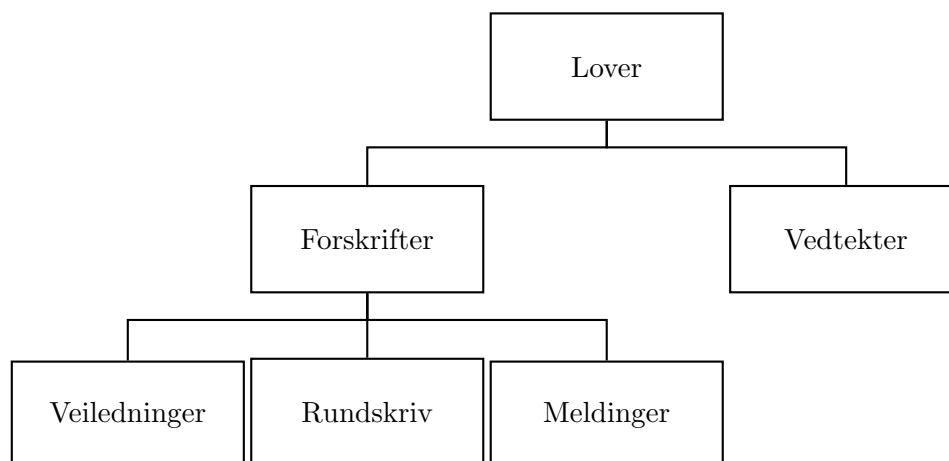
En person oppholder seg 90 % av tiden innendørs [7]. Gjennom hele perioden dannes en formening om hvordan innemiljøet er i bygningen. Det er en rekke faktorer som påvirker hvordan den helhetlige opplevelsen av innemiljøet er. Disse faktorene er termisk, atmosfærisk, akustisk, aktinisk, mekanisk, psykososialt og estetisk innemiljø. Dersom en eller flere av de faktorene nevnt ovenfor ikke tilfredsstiller brukerens preferanser, kan det få konsekvenser i form av helsemessige plager, samt produktivitets- og funksjonsnedsettelse - for å nevne noen eksempler. I dette kapittelet er det gjort rede for de inneklimaparametrene som er relevante for rapporten.

Type Innemiljø	Beskrivelse	Inneklima	Innemiljø
Estetisk	Påvirker vår trivsel, og er relatert til det visuelle inntrykket vi har	Nei	Ja
Psykososialt	Inkluderer blant annet arbeidsmiljø, sosialt og psykologisk miljø.	Nei	Ja
Aktinisk	Strålingsmiljø. Omfatter lys, armaturer, 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, termisk komfort	Ja	Ja
Mekanisk	Bygningsutforming, sikkerhet, risiko, ergonomi, sittestilling.	Ja	Ja

Tabell 1: Oversikt over likheter og ulikheter på inneklima og innemiljø, og hva de innebærer.

2.1 Krav

Krav til inneklima er utformet gjennom en rekke lover, forskrifter og veiledninger. Tabellen under viser et hierarkisk oppsett hvor lover blir satt av stortinget. Basert på disse er det utarbeidet forskrifter og vedtekter av henholdsvis departementet og kommunestyret.[8]



Figur 2.1: Hierarkisk oversikt over bestemmelser knyttet til regler og anbefalinger[8]

Lov	Inneholder
Arbeidsmiljøloven	Eiere forpliktet til å drive virksomheter og anlegg i samsvar med forskrifter
Folkehelseloven	
Opplæringslova	
Plan- og bygningsloven	Bestemmelse om byggesaksbehandling og stiller krav til forsvalig drift av tekniske anlegg i bygninger. Sentral i arealforvaltning og byggevirksomhet
Forskrift	Inneholder
Arbeidsplassforskriften	Mer konkrete bestemmelser om hvordan utfylle krav til lovverket for inneklima. Deler av arbeidsplassforskriften forplikter utleier av arbeidslokaler Forskrift om miljørettet helsevern skal fremme folkehelse og sikre befolkningen mot negative faktorer i miljøet i barnehager og skoler m.v.
Forskrift om miljørettet helsevern	
Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v.	
Internkontrollforskriften	Pålegger virksomheter å drive systematisk HMS-arbeid for å sikre at målene innen helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen oppnås
Byggeteknisk forskrift	Byggeteknisk forskrift inneholder krav til inneklima for nybygg, bruksendring og større ombygginger Krav om FDV-dokumentasjon
Veileder	Inneholder
Veiledning om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen	Normverdier og anbefalinger for luftkvalitet, byggematerialer, ventilasjon, enøk, termisk inneklima, innregulering, måling og kravspesifikasjon
Anbefalte faglige normer for inneklima	Normene er å betrakte som et generelt grunnlag for helsefagligvurdering av luftkvalitet og støy. Anbefalinger om hvordan krav kan og bør oppnås
Veiledning til byggeteknisk forskrift	Veildninger fra DiBK om hvordan bestemmelsene i byggeteknisk forskrift kan oppfylles

Tabell 2: Oversikt over lover, forskrifter og veiledere som stiller krav til og gir anbefalinger om inneklima til virksomheter[5].

2.2 Termisk innemiljø & krav

Termisk innemiljø påvirker vår trivsel og komfort i et bygg. For å oppnå et tilfredsstillende termisk innemiljø er det flere forhold som påvirker dette. Under er det listet en rekke parametre som har innflytelse på varmebalansen.

- Temperatur
- Vertikal temperaturgradient
- Strålingstemperatur
- Strålingsasymmetri
- Operativ temperatur
- Lufthastighet, trekk
- Luftfuktighet
- Aktivitet
- Bekledning
- Termisk nøytralitet
- Termisk komfort

Disse størrelsene må stå korrekt i relasjon til hverandre slik at varmebalanse oppnås. Mennesket kan til en viss utstrekning påvirke denne varmebalansen selv, gjennom å endre eksempelvis aktivitetsnivå eller bekledning. Ved å gjøre endringer på dette kan termisk komfort bli oppnådd; en tilstand der man er tilfreds med de termiske omgivelser. [9, 10, 11]

2.2.1 Temperatur

I en setting der en skal beskrive termisk inneklima er lufttemperaturen det mest anvendte parametret, og spiller en vesentlig rolle for å oppnå termisk komfort. I byggt teknisk forskrift anbefales det å holde lufttemperaturen under 22 °C i de perioder det er oppvarmingsbehov. Videre kan det aksepteres å overgå maksimaltemperaturen på 26 °C med et tidsrom på 50 timer ved et normalår [12]. I tilfeller der termiske omgivelser er innenfor normalverdier kan lufttemperatur være et hensiktsmessig, bestemmende parameter.

2.2.2 Termisk komfort

Termisk komfort brukes for å forklare en subjektiv følelse der vedkomne er tilfreds med den termiske omgivelsen. Under termisk komfort er det ikke et ønske om oppvarming eller nedkjøling, verken for kroppen i sin helhet eller enkelte kroppsdelene. Krav til termisk komfort fremstilles på flere ulike måter. Felles for de fleste av dem er at de er avhengig av bekledding [Clo], aktivitetsnivå [Met] og det termiske inneklimatet.[13]

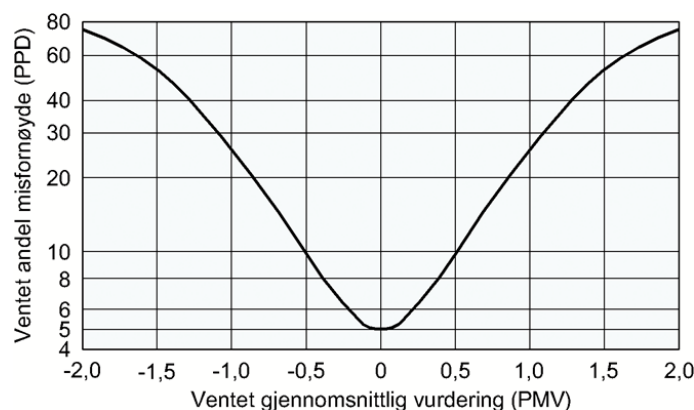
PMV (predicted mean vote) er en indeks som brukes til å beskrive hvor varmt eller kaldt omgivelsene føles. PMV gir en forventet snittverdi fra en stor gruppes opplevelse av temperaturen med en syv-punkts skala, basert på menneskets varmebalanse (se tabell 3). Termisk varmebalanse oppnås når varmeproduksjonen i kroppen blir utlignet med tapet fra kroppen til omgivelsene. I moderate omgivelser vil kroppens termoregulatoriske system prøve å holde varmebalanse i kroppen. Ved beregning eller måling av PMV er det flere parametere som skal vurderes: aktivitet, bekledding, lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, lufthastighet og luftfuktighet.[14]

+ 3	Hett
+ 2	Varmt
+ 1	Noe varmt
0	Nøytralt
- 1	Noe kjølig
- 2	Kjølig
- 3	Kaldt

Tabell 3: Syv-punkts skala om hvordan det termiske klima oppleves.

PPD (Predicted percentage dissatisfied) gir en kvantitativ antagelse på antall personer fra et normalisert utvalg som er misfornøyde med det termiske miljøet. PPD kan beregnes ved bruk av verdi for PMV, som vist i formel 1.

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (1)$$



Figur 2.2: Korrelasjon mellom PPD og PMV. [13]

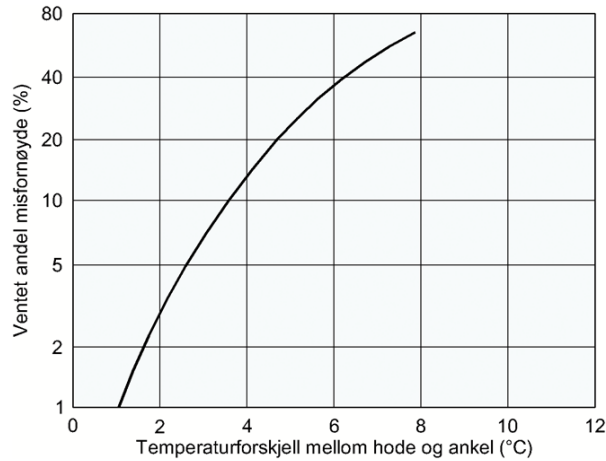
I figur 2.2 fremstilles korrelasjonen mellom PMV og PPD grafisk. Som figuren viser vil det selv med idelle forhold ikke oppnås 100 % tilfredshet blant personene som oppholder seg i bygget. For bygg i inneklimakategori 2 er det anbefalt at PMV-intervallet ikke forbigår $\pm 0,5$. Dersom PMV-indeksen skulle være i grensesjiktet av anbefalingen vil det forventes at omtrent 10 % av personene i oppholdssonen vil være misfornøyd med de termiske omgivelser. [14]

2.2.3 Relativ luftfuktighet

Forholdet mellom det vanndampinnholdet og det maksimale vanndampinnholdet ved en gitt temperatur utgjør relativ luftfuktighet. Relativ luftfuktighet angis i %, og det aktuelle partialtrykket og metningstrykket til vanndampen kan også brukes for å bestemme den relative luftfuktigheten. Den potensielle mengden vanndampinnhold luften kan inneholde bestemmes av lufttemperaturen. Hvis det er høy temperatur kan det absolutte vanndampinnholdet være større enn ved lavere temperaturer. Om vinteren er det ofte lav relativ luftfuktighet innendørs. Dette er et resultat av at den kalde luften har et lavere absolutt vanndampinnhold. Når det er høyere lufttemperatur innendørs vil vanninnholdet til luften som kommer utenfra utgjøre en mindre andel av det den varme innetemperaturen kan inneholde. Ved varmere årstider er det lavere temperaturgradient mellom utendørs og innendørs lufttemperatur. Dermed vil den relative luftfuktigheten utendørs og innendørs ha et jevnere nivå enn ved andre årstider. [15]

2.2.4 Vertikal temperaturgradient

Vertikal temperaturgradient er temperaturforskjell i det vertikale plan, og det er i TEK17 anbefalt at den ikke overstiger 3-4 °C. Vertikal temperaturgradient måles på ankelhøyde (0,1m over gulv) og hodehøyde (1,1m over gulv). Dersom lufttemperaturen i et rom er høyt, og det blir gjort vinduslufting, kan det forekomme temperaturgradienter som overstiger anbefalinger. I figur 2.3 illustreres korrelasjonen mellom vertikal temperaturgradient og prosentvis andel som er misfornøyde som følge av temperaturgradienten.

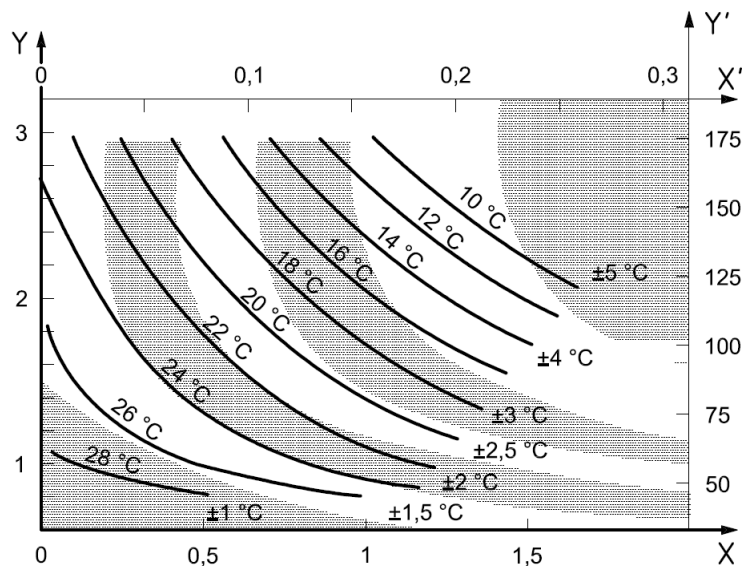


Figur 2.3: Sammenheng temperaturgradient og andel misfornøyde.

2.2.5 Operativ temperatur

Operativ temperatur er et begrep som brukes for å forklare personers følte temperatur. Den beregnes som en middelværdi mellom lufttemperaturen og strålingstemperaturen fra omgivelsen.[16]

For å kunne sette anbefalinger og krav til operativ temperatur er det lurt å se på hva som er den optimale operative temperaturen for en omgivelse, avhengig av aktivitetsnivå og beklledning på de aktuelle. Denne temperaturen samsvarer med termisk komfort (PMV=0). Den optimale temperaturen er lik uansett hvilken inneklimakategori det gjelder, det som varierer mellom kategoriene er den tillatte temperaturvariasjonen. Den operative temperaturen bør til enhver tid være innenfor den aktuelle temperatur med tillatt temperaturvariasjon.



Figur 2.4: Optimal operativ temperatur med tillatt variasjon [14].

I Figur 2.4 fremstilles de ulike optimale temperaturene og de tillatte temperaturvariasjonene som en funksjon av beklledning og aktivitetsnivå, denne figuren gjelder for inneklimakategori

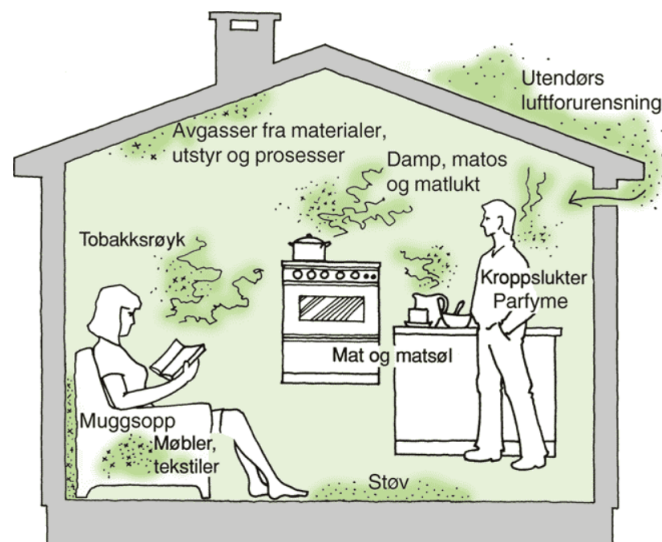
2. X-aksen er bekledding i clo, Y-aksen er aktivitetsnivå i met, Y' er stoffskifte $\frac{W}{m^2}$ og X' er klærnes varmemotstand i $\frac{m^2 \cdot K}{W}$ for Figuren gjelder for lufthastigheter mindre enn $0,1 \frac{m}{s}$. Relativ fuktighet er satt til å være 50 %. Endring i relativ fuktighet vil ha liten betydning for hva den optimale operative temperaturen bør være. [14]

Operativ temperatur er ikke vektlagt i rapporten isolert sett, men hører til som en faktor i termisk komfort.

2.3 Atmosfærisk innemiljø & krav

Sammensetningen av luftens kjemiske og fysiske komponenter danner grunnlaget for det atmosfæriske innemiljøet vi befinner oss i. For et bygg er luftkvaliteten betinget av faktorer som ventilasjon, forurensningskilder, romutforming og renhold. Forurensningskilder kommer både utenfra og innenfra, og er lokalisering- og intensitetsbetinget.

Akseptabel innendørs luftkvalitet ble i 2001 definert av *ASHRAE* (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) som luft der det ikke er noen kjente forurensningskilder av skadelig konsentrasjon. Dette må verifiseres av en bestemmende myndighet. I tillegg, så må en vesentlig majoritet (minimum 80 %) av de tilstede ikke vise utilfredshet [17]. I ventilasjonsanleggene er det type, regulering og vedlikeholdsrutiner som er de mest sentrale faktorene for luftkvaliteten. I romutforming er det innredning og utstyr som kan forringe luftkvaliteten, og renholdsprosedyrene har også en innvirkning på luftkvaliteten. [18, 19]



Figur 2.5: Illustrasjon av påvirkningsfaktorer for atmosfærisk inneklima [20].

2.3.1 CO₂-konsentrasjon

CO₂ er et parameter som ofte benyttes for å indikere luftkvalitet når mennesker er den forurensningskilden som er dominerende. En gjennomsnittlig person frigjør 15-20 liter CO₂ i timen ved utånding [21]. I tilfeller med høye CO₂-konsentrasjoner er dette en indikasjon på at tilførte luftmengder er utilstrekkelig i forhold til personbelastning og oppholdstid i rommet. Ugunstig ventilasjonseffektivitet kan også medføre lokale soner i rommet/bygget med CO₂-konsentrasjoner som er over den maksimale grensen på $1800 \frac{mg}{m^3}$ (1000 ppm). Med et ventilasjonsanlegg der de ovennevnte faktorene er tatt i betraktning vil mengden CO₂ i rommet holde seg under øvre grense [19]. CO₂ er en gass som er fargeløs og luktfri. På tross av dette bidrar høye CO₂-konsentrasjoner til at kroppsluktintensiteten til andre personer øker til nivå som forårsaker sjenanse. Denne effekten akkumuleres med at luftkvaliteten anses som dårlig. [3]

2.3.2 Luftmengder

Tilluftsmengdene fra ventilasjonsanlegget påvirker luftkvaliteten. Rommets totale forurensning er bestemmende ovenfor nødvendig mengde tilluft, som igjen har en korrelasjon med byggets energiforbruk. Derfor er det av betydning å dimensjonere luftmengder riktig. Det er ulike kriterier som legges til grunn når nødvendig tilluftsmengde dimensjoneres. Det kan legges til grunn luktkriterier, respirasjonskriterier, gjennomsnittlig forurensningsbilde eller dominerende forurensningskilder. For å dimensjonere en optimalisert luftmengde må det gjøres rede for alle kriteriene og bestemme luftmengden utifra dominerende kriterier. [19]

TEK stiller krav til en luftkvalitet som unngår negative helseeffekter, sørger for trivsel og velvære. Det må derfor være tilstrekkelig ventilasjon for å oppnå tilfredstillende luftkvalitet[22]. TEK17 beskriver hvordan lufttilførsel i skolebygg skal være.

§ 13-3. Ventilasjon i byggverk for publikum og arbeidsbygning[23]

1. Frisklufttilførsel på grunn av forurensninger fra personer med lett aktivitet skal være minimum 26 m^3 per time per person. Ved annet aktivitetsnivå enn lett aktivitet, skal frisklufttilførselen tilpasses slik at luftkvaliteten blir tilfredsstillende.
2. Frisklufttilførsel på grunn av forurensning fra materialer, produkter og installasjoner skal være minimum:
 - $2,5 \text{ m}^3$ per time per m^2 gulvareal når bruksenheten eller rommene er i bruk.
 - $0,7 \text{ m}^3$ per time per m^2 gulvareal når bruksenheten eller rommene ikke er i bruk.
3. Rom med forurensende aktiviteter og prosesser skal ha tilstrekkelig avtrekk til at det opprettholdes tilfredsstillende luftkvalitet.

For beregning av lufttilførsel tas det utgangspunkt i verdiene i punkt 1, 2 og 3. Verdiene (1+2) og 3 sammenlignes, den største verdien brukes for dimensjonering og drift.

2.3.3 Flyktige organiske forbindelser

Det finnes en rekke ulike organiske forbindelser i inneklimaet. Basert på dems flyktighet - eller evne til å gå over i dampform - plasseres dem i grupper basert på kokepunktstemperatur. Stoffer som har en kokepunktstemperatur innenfor intervallene 50-100 °C og 240-280 °C er per definisjon å anse som flyktige organiske forbindelser. Når det måles flyktige organiske forbindelser benyttes den totale mengden - TVOC (Total Volatile Organic Compounds). Faktorer som prosesser, aktivitetsnivå, innredning, utforming, overflatebehandling og bidrag fra bygningsmaterialer bidrar til at VOC-konsentrasjonen er høyere innendørs enn utendørs. Dersom det er kjente kilder som bidrar til et økt konsentrasjonsnivå av flyktige organiske forbindelser bør disse fjernes eller reduseres.

Det finnes ingen pålagte minimumskrav til mengder flyktige organiske forbindelser i inneklimaet. Som en konsekvens av uklarhet i hvorvidt det er sammenheng mellom helseplager og lave konsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser, er det ikke noen myndighet som satt et øvre tak på VOC-konsentrasjon i innemiljøet. Derimot gir høye konsentrasjoner en økt sjanse for at det forekommer problematikk i form av lukt og irritert hud. Derfor kan TVOC gi en indikasjon på hvordan inneklimaet er - selv om det ikke er satt noen øvre grense på konsentrasjon. Ifølge en forskningsrapport gjort av byggforsk anbefales det at:

”Følgende retningslinjer kan brukes:

- Rom med TVOC-konsentrasjoner 10–25 $\frac{mg}{m^3}$ bør bare brukes til kortvarig opphold.
- I rom for varig opphold bør totalkonsentrasjonen ikke overstige 1–3 $\frac{mg}{m^3}$.

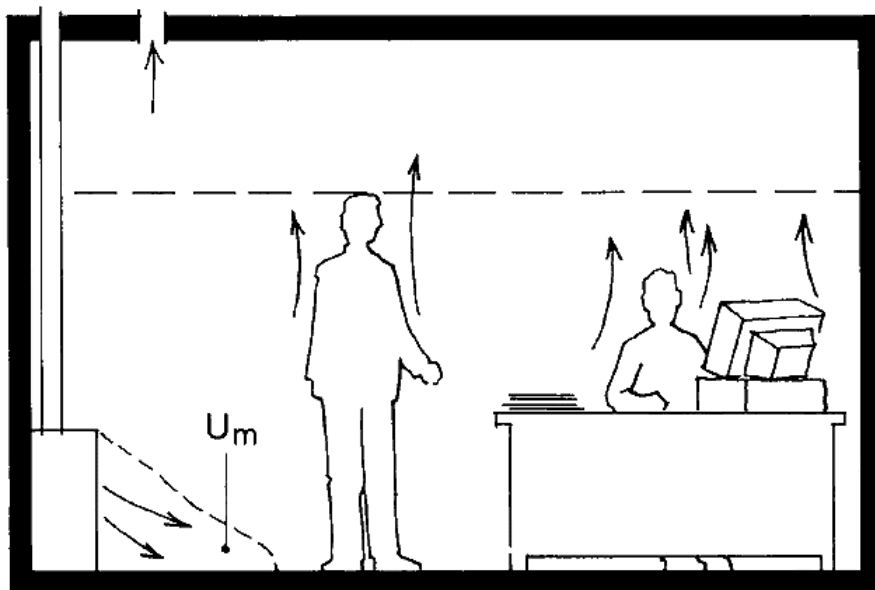
Konsentrasjoner over 1 $\frac{mg}{m^3}$ tyder på at spesielle forurensningskilder er til stede.

- Som et langsiktig mål bør TVOC-konsentrasjonen innendørs ligge i området 0,2–0,3 $\frac{mg}{m^3}$. ” [3]

Selv om det er blitt forsket mye på TVOC og inneklima er det ikke fastsatt at det er noen entydige holdepunkter for at flyktige organiske forbindelser utgjør en helserisiko (med unntak av enkelte stoffer).

2.4 Fortrengningsventilasjon

Ved fortrengningsventilasjon er det vanlig å ha innblåsningsventil lavt i rommet. Dette er fordi fortrengningsventilasjon drar nytte av at varm luft stiger, som følge av lavere tetthet enn luft med lavere temperatur. Tilluftstemperaturen ved fortrengningsventilasjon er noe lavere enn bolverdien for romtemperatur. Den kalde luften på gulvnivå blir påvirket av personbelastning. Effekten av dette er at lufttemperaturen øker, den varme luften stiger, og dermed tar med forurenset luft opp i høyden. [24]



Figur 2.6: Luft i oppholdssonen, oppvarmet og forurenset av personene, fortrennes opp ved egenkonveksjon. Tilluft lavt i rommet og avtrekksventil ved himling. [25]

Figur 2.6 er en illustrasjon over fortrenningsprinsippet som viser at den varme luften stiger som følge av personbelastning. Nede blir det blåst inn luft som har litt lavere temperatur enn romtemperaturen. Deretter stiger luften opp og etter hvert over oppholdssonen.

2.5 Helseeffekt & inneklima

De ulike parametrene i atmosfærisk- og termisk inneklima har en påvirkning på menneskers trivsel, helse og velvære. I dette underkapitlet er det gjort rede for hvilke helsepåvirkninger de ulike parametrene har.

2.5.1 CO₂

I et studie av hvordan innemiljøet på skoler var i fem europeiske land (Norge, Sverige, Danmark, Frankrike og Italia), viste det seg at 66 % av elevene var eksponert for CO₂-konsentrasjoner høyere enn $1800 \frac{mg}{m^3}$ (1000 ppm). Dette tilsier at mange elever oppholder seg i et klima som ikke er tilstrekkelig i forhold til anbefalinger, lover og forskrifter[26].

CO₂ har lenge vært brukt som en hygienisk indikasjon på luftskifte. Det har blitt gjort forsøk som tilsier at en CO₂-konsentrasjon på $1880 \frac{mg}{m^3}$ fører til at 20 % av alle som kommer inn i rommet vil oppleve lukten som sjenerende. For personer som allerede oppholder seg i rommet vil resultatet være tilsvarende med en CO₂-konsentrasjon på $3700 \frac{mg}{m^3}$. Høye CO₂-konsentrasjoner tyder på for lavt luftskifte i forhold til personbelastning. Da slike forsøk også observerer høye forekomster av andre forurensningskomponenter som også påvirkes av ventilasjonseffekten, er det vanskelig å si akkurat hvilken påvirkning CO₂-konsentrasjonen har alene [26]. I en inneklimaundersøkelse er essensielt å vite hvilken effekt CO₂-konsentrasjon alene har på personer,

da måling av dette ofte brukes som en indikasjon på luftkvalitet og ikke utelukkende CO₂-konsentrasjon. I en undersøkelse ble CO₂-konsentrasjon økt til 1800 $\frac{mg}{m^3}$ i ellers normale miljøer, hvor funnet viste at det var en moderat reduksjon i 6 av 9 parametre for å måle evnen til å ta beslutninger. Ved å øke til 4500 $\frac{mg}{m^3}$ ble evnen til å ta initiativ og tenkte strategisk tydelig redusert. Selv om resultatene må bekreftes av andre studier, så er det et funn som tilsier at selv normale konsentrasjoner av CO₂ kan ha en innvirkning på okkupantene.[27]

2.5.2 Flyktige organiske forbindelsen

Flyktige organiske forbindelser (VOC) er mest hensiktsmessig å ta under en samlegruppe, siden det er mange forskjellige stoffer. Det mangler kunnskap om flere av stoffene, og andre stoffer forekommer i mengder som er langt under hva som er å anse som helseskadelig. Kildene til disse stoffene kan deles inn i to grupper. Den ene er stasjonær kilde, som er avgasser fra forskjellige bygningsmaterialer og liknende. Den andre er variable kilder, som er knyttet til menneskelig aktivitet. Det finnes flyktige organiske forbindelser som er å finne i inneluften som i høye konsentrasjoner kan være helseskadelig. Disse er høyere konsentrasjoner enn det som er vanlig å finne i inneluft. For majoriteten av disse stoffene skal det også være en langvarig eksponering for at det skal være helseskadelig. Det finnes enkelte stoffer som er mer skadelige enn andre, slik som formaldehyd. Det er riktignok ingen grunn til å tro at det er en høy nok konsentrasjon av VOC i norske innemiljøer at det er skal være helseskadelig [26].

2.5.3 Lufttemperatur

Lufttemperatur er det mest kjente og viktigste parametret for termisk komfort, selv om det er en rekke andre parametere som spiller inn på hvordan det termiske innemiljøet føles. I følge noen rapporter tyder lav temperatur på at revmatikere kan få forverret symptomer og gi nedsatt muskelfunksjon. For høy temperatur kan gi nedsatt velvære og prestasjon, samt tretthet. Det å ha muligheten til å åpne vinduer i alle oppholdsrom er viktig for den termiske komforten, da det burde luftes hvis temperaturen går over 22 °C i fyringssesongen. Dette har vist seg å hjelpe personer som opplever inneluften som tørr og ubehagelig. Når temperaturen overgår 24 °C kan dette føre til redusert mental arbeidskapasitet.[26]

Selv om det ikke er satt noen regler på hva som er for lav/høy temperatur er det kjent at med for lav/høy temperatur kan det ofte følge med komplikasjoner som er helseskadelig. For høy temperatur fører til et bedre miljø for vekst av huststøvmidd, og er luftfuktigheten høy er det gode betingelser for muggvekst. Både lav og høy temperatur går sterkt utover arbeidskapasiteten, det er derfor viktig å følge veiledninger og anbefalinger.[28]

2.5.4 Relativ luftfuktighet

Variasjoner av luftfuktighet er noe mennesker er robuste mot. En RF mellom 20 og 60% er vanligvis ikke noe problem. Hvis RF blir for høy blir det ofte fare for lukt, mugg og andre bygningsskader. For lav RF er assosiert med statisk elektrisitet, irritasjon i øynene og uttørking av hud. Lav luftfuktighet oppleves ofte om vinteren, det blir forsterket med høy innetemperatur.[26]

2.5.5 Lufthastighet

Lufthastighet er en faktor som ofte forsterker andre problemer med inneklimate. Er det kjølig i rommet og lufthastigheten er høy, vil temperaturen oppleves som enda kjøligere. Hvis det er tørr luft, med høy lufthastighet, vil omgivelsene oppleves som enda tørrere.[26]

3 Metodikk

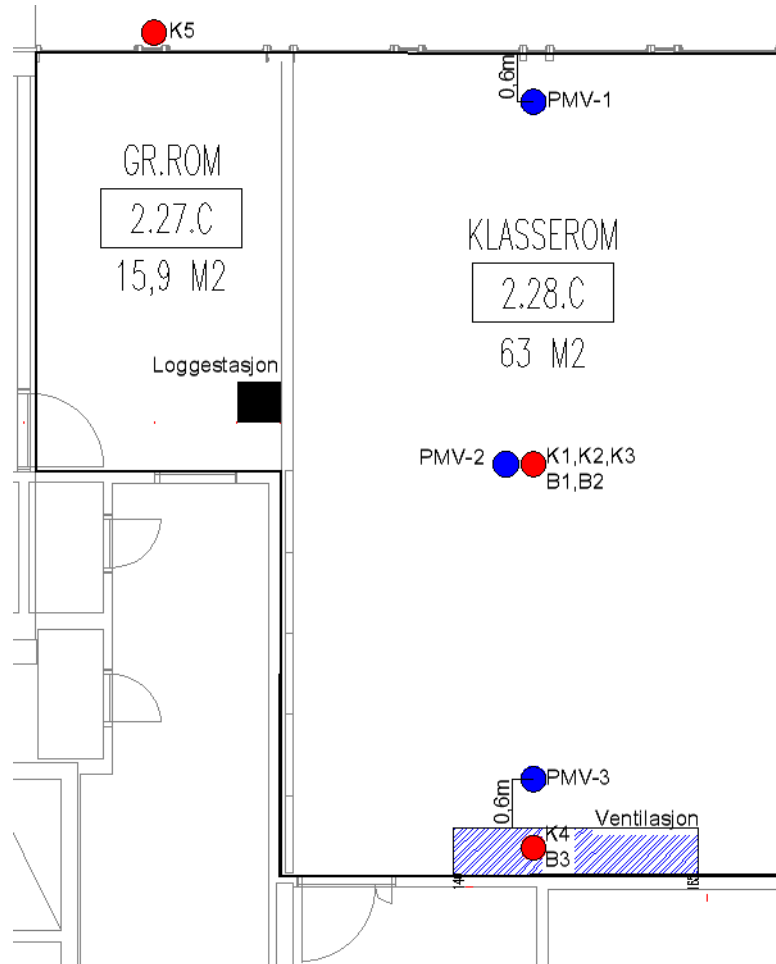
På skolen ble det gjennomført øyeblikksmålinger og logging av utvalgte parametre innenfor atmosfærisk- og termisk inneklima i perioden uke 9 og uke 11 (2019). Loggingen ble gjort i to forskjellige klasserom (vist i vedlegg B), der målestrategien var å logge data fra klasserom 1 fra mandag til og med onsdag i uke 9 og 11, mens det ble gjort logginger av klasserom 2 på torsdag og fredag uke 9 og 11. Klasserom 1 er klasserommet til den ene 7. klassen, som er helt øst i andre etasje på storskolen. Arealet på klasserom 1 er 63 (+15,9) m². Denne 7. klassen har ca. 30 elever. Klasserom 2 er et klasserom som tilhører den ene 4. klassen, og er helt sør på småskolen. Klasserom 2 har et areal på 62,6 (+14,6) m². Denne 4. klassen har ca. 18 elever. Klasserom 1 er valgt å gjøre målinger i basert på den store personbelastningen. Klasserom 2 er valgt på grunn av alderen på elevene, da 4. klasse er det eldste trinnet på småskolen, for å redusere risiko for at elevene forstyrrer måleinstrumentene. Av målinger ble det utført logging av CO₂, TVOC, partialtrykket til vanddamp og temperatur. PMV, relativ luftfuktighet og volumstrøm ble det gjort øyeblikksmålinger på. Mellom måleperiodene (uke 10) ble det gjennomført rens av ventilasjonsanleggene, der alle kanaler ble feid.

3.1 Måleplan

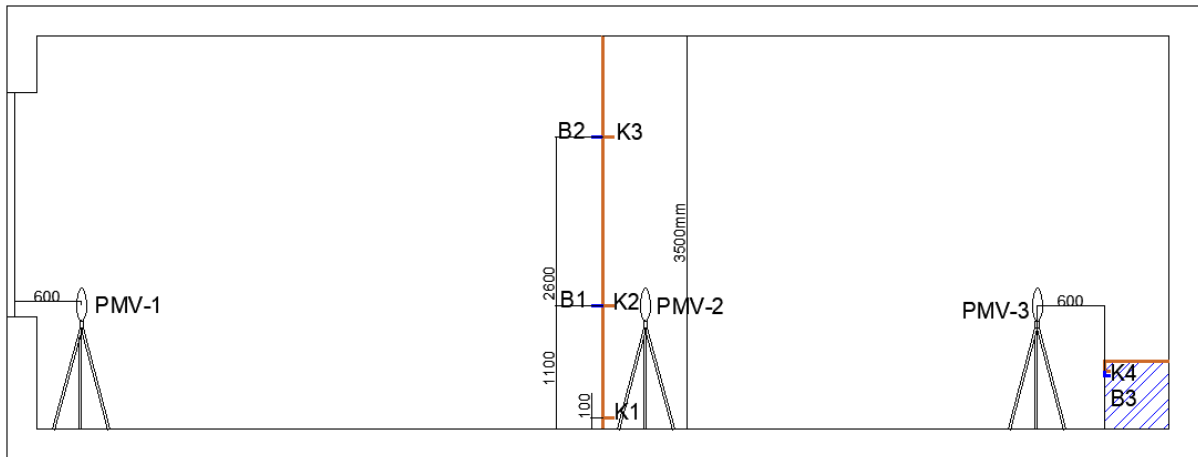
I Klasserom 1 og 2 ble det gjennomført logging og øyeblikksmålinger som vist figur 3.1 og 3.2. K1-K5 indikerer målepunkter for temperaturlogging. B1-B3 indikerer målepunkter for logging med multi-gas monitor. PMV-1-PMV-3 indikerer målepunkter for øyeblikksmålinger av PMV med komfortmeteret.

- K1 er plassert midt i klasserommet på høyden 0,1m.
- K2 er plassert midt i klasserommet på høyden 1,1m.
- K3 er plassert midt i klasserommet på høyden 2,6m(utenfor oppholdssone).
- K4 er plassert i tilluftskanal.
- K5 er plassert utendørs.
- B1 er plassert midt i klasserommet på høyden 1,1m.
- B2 er plassert midt i klasserommet på høyden 2,6m.
- B3 er plassert i tilluftskanal.
- PMV-1 er plassert 0,6m fra vindu, på høyde 1,1m.
- PMV-2 er plassert midt i klasserommet, på høyde 1,1m.
- PMV-3 er plassert 0,6 fra vegg/tilluftskanal på høyde 1,1m.

Med unntak av K3, K4, K5(uteluft), B2 og B3 er alle målepunkter i oppholdssonen. B2 og K3 er plassert 2,6 m over bakken for å undersøke forskjellen på de termiske omgivelser i og utenfor oppholdssonen. Høyden 2,6 m er gjennomsnittshøyden fra høydegrensen på oppholdssonen (1,8m) og tak (3m), og høyden på B2 er likt plassert i både klasserom 1 og 2. Bilder av oppsatt loggeutstyr ligger i vedlegg C.



Figur 3.1: Målepunkter for Multi-gas Monitor, komfortmeter og fluke hydra.



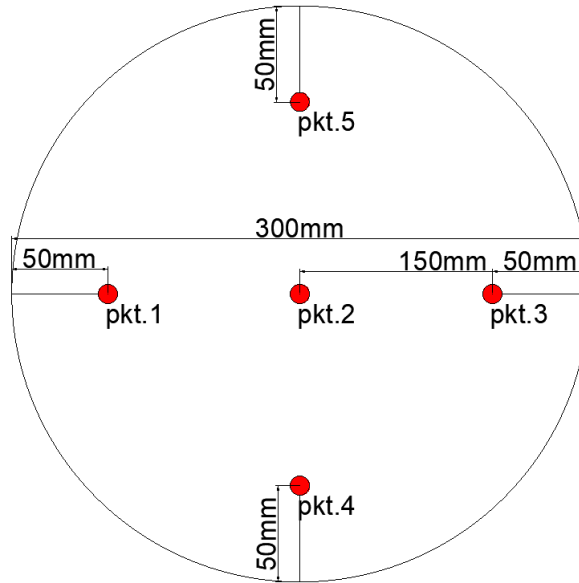
Figur 3.2: Snittegning av målepunkter for Multi-gas Monitor, komfortmeter og fluke hydra.

3.2 Måleinstrumenter

Det er redegjort for de ulike måleinstrumentene som ble benyttet for å måle de aktuelle parametrene. Det ble brukt fire ulike måleinstrumenter, der to av dem ble brukt til logging og de to resterende ble brukt til øyeblikksmålinger.

3.2.1 TSI 9565

TSI 9565 er en klimalogger og anemometer. Den måler lufthastighet, relativ luftfuktighet og lufttemperatur. I tilluftskanalen inn til klasserom 2 ble det gjort målinger av lufthastigheten for å kunne bestemme volumstrømmen tilført klasserommet. Siden hastighetsprofilen over et rør varierer, ble det målt på fem ulike punkter av tverrsnittet for deretter å beregne en middelværdi på lufthastigheten. De fem målepunktene ble målt tre ganger for å oppnå mer nøyaktige målinger. Rørstrekket der målingene ble utført var horisontalt og uten bend og andre faktorer som kunne påvirke hastighetsprofilen. Strekket der målingene ble gjort var over ti ganger større enn diameteren på røret. I figur 3.3 illustreres det hvordan målingene ble utført i ventilasjonskanalen.



Figur 3.3: Illustrasjon av målepunkter og avstander i tverrsnittet av ventilasjonskanalen.



Figur 3.4: TSI 9565 med tilhørende probe for hastighets-, relativ luftfuktighets- og temperaturmålinger.

I figur 3.4 vises en TSI 9565. Den består av en probe som er tilkoblet displayet. På displayet blir de ulike parametrene presentert og lagret. For hver måling i hvert målepunkt ble proben holdt i samme posisjon i 10 sekunder der TSI-en direkte viste gjennomsnittstørrelsene over tidsintervallet. Dette ble gjort i hvert punkt. TSI-en ble sist kalibrert i oktober 2017, der kalibreringsdata er vist i vedlegg D.1.

3.2.2 Fluke 2625A hydra series II data logger

Fluke 2625A Hydra Series II Data Logger er en datainnsamlingsenhet som har flere kanaler og kan måle ulike parametre. På skolen ble den brukt til å logge temperaturen med termotråder type T. Måleintervall ble satt til å være på fem minutter. Det vil si at hvert femte minutt hentet fluken temperaturer fra de fem ulike målepunktene. Plassering av målepunktene er valgt av en rekke årsaker; det er viktig å ha kontroll på utetemperaturen for å kunne se hvordan det påvirker innetemperaturen, målepunktet i tilluftskanalen er for å kunne se hva temperaturen på tilluften er og kunne se temperaturforandring fra ventilasjonen skrur seg på. Målepunktene K1 og K2 er for beregning av vertikal temperaturredifferanse mellom hode og ankel, for da å kunne se om det er etter krav i NS-EN ISO 7730 [14]. Målepunkt K2 er også for å se temperaturen i oppholdssonen. Punktet som var plassert 2,6m over gulvet var for å kunne måle temperaturen på luften som var på vei til avtrekket og ut gjennom kanalen.



Figur 3.5: Fluke 2625A Hydra series II data logger med tilhørende krets for termotråder.

Temperaturloggeren ble først kalibrert i juni 2013. Deretter ble den recalibrert i juni 2014. Ytterligere kalibreringsinformasjon ligger i vedlegg D.2.

3.2.3 Brüel & Kjær type 1212 thermal comfort meter & Brüel & Kjær transducer MM-0023

Komfortmeteret kan måle operativ temperatur, komforttemperatur, ekvivalent temperatur, temperaturforskjell (forskjell som må til for å oppnå optimale forhold, herunder komforttemperatur), PPD og PMV. Tilkoblet komfortmeteret er en probe, som blir plassert på 1,1 m høyde i loddrett posisjon. I figur 3.6 vises en B&K med tilhørende probe. På instillingene for øyeblikksmålingene ble det brukt 1,2 met som aktivitetsnivå, 1,0 clo som bekledding og 0,3 kPa eller 0,6 kPa som vannets partialtrykk. Partialtrykket ble bestemt under øyeblikksmålingene

med å lese av målingsresultater fra MGM (omtalt i kapittel 3.2.4). I figur 3.1 og 3.2 illustreres målepunktene for komfortmeteret. På dagene der det ble gjort øyeblikksmålinger, ble det gjort øyeblikksmålinger rett før skolestart, rett etter storefri og skoleslutt. Tidspunktene ble valgt for å få en indikasjon på om den PMV-verdiene var akseptable når brukerne av bygget ankom skolen, ved storefri og når de forlot skolen.



Figur 3.6: B&K 1212 fra forsiden, med regulatorer for aktivitetsnivå, bekledding, vannets partialtrykk og en regulator for hvilket parameter som skal måles. Foran måleinstrumentet ligger den tilhørende proben

3.2.4 Multi-gas Monitor Type 1302 & multipoint sampler and doser type 1303

Måleinstrumentet er et to-delt system som består av en analysator (MGM) og en multiplexer. Analysatorens funksjon er å måle konsentrasjoner av ulike parametre, mens multiplexeren muliggjør flere målepunkter. Måleinstrumentet kan logge en rekke ulike gasser og parametre. I figur 3.7 vises måleinstrumentet



Figur 3.7: Analysator (til venstre) og multiplexer (til høyre)

For å forsikre seg om at luftprøvene faktisk ble hentet fra målepunktene, måtte en påse at rørstrekken ikke var lengre enn 50 m. Dette kriteriet ble overholdt med margin. Det ble hentet luftprøver fra to punkter midt i klasserommet på høydene 1,1 m og 2,6 m. Det siste målepunktet ble plassert i tilluftskanalen. Dette ble gjort i både klasserom 1 og 2 med lik konfigurasjon. Med MGM-en har er det mulighet til å logge temperatur, CO₂, CO, vanddampens partialtrykk, SF₆ og TOC ref. Toluen. Som en konsekvens av at det er fortrenningsventilasjon i klasserommene ble det ikke brukt sporgass(SF₆). På både multiplexeren og analysatoren blir det gjennomført prosesser som skaper avkastluft. Under måleperiodene ble denne avkastluften sendt ut i friluft, slik at den ikke kunne påvirke målingene. Loggingen som ble gjort ble automatisk videreført til en PC der målingene ble numerisk og grafisk fremstilt. Disse måleinstrumentene ble sist kalibrert i mars 2014, og ytterligere informasjon om kalibreringen(e) ligger i vedlegg D.3.

For å fremstille luftas vanddampinnhold i klasserommene ble dette målt med MGM-en. For å kunne identifisere relativ luftfuktighet i klasserommene ble det derfor nødvendig å bruke data fra temperaturloggingen til fluke hydra. Siden loggingsintervallet for temperaturen (fem min) var annerledes fra MGM-ens loggingsintervall (ca. fire min), ble det gjort manuell synkronisering i excel for å få representative tidspunkter på målingsdataen. Det ble da tatt utgangspunkt i tidspunktene for tempearturdataene, og så ble MGM-loggingene deretter synkronisert. Det

ble varierende avvik på temperaturmålinger i forhold til målinger fra sporgasssystemet. Disse avvikene ble på null til to minutter. Når temperaturloggingen og de øvrige loggedataene var synkronisert ble det beregnet vanndampens metningsinnhold i de aktuelle temperaturene. Dette ble gjort ved hjelp av lineær interpolasjon, som vist i formel 2.

$$y = y_1 + (x - x_1) \cdot \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (2)$$

Der y er maksimalt vanndampinnhold for aktuell temperatur, y_1 er maksimalt vanndampinnhold for temperaturen over referansetemperatur, y_2 er maksimalt vanndampinnhold for temperaturen under referansetemperatur, x er referansetemperatur, x_1 er temperatur over referansetemperatur, og x_2 er temperatur under referansetemperatur. Via det interpolerte metningsinnholdet til referansetemperaturene ble det deretter regnet ut den relative luftfuktigheten for de ulike skoledagene, ved å bruke formel 3. Dette ble gjort i målepunkt B1 og K2, B2 og K3 samt B3 og K4.

$$RF = \frac{y}{y_{sat}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Der RF er relativ luftfuktighet i prosent, y er målt vanndampinnhold ved en gitt temperatur og y_{sat} er vanndampens metningsinnhold for gitt temperatur.

3.3 Måleusikkerhet

Som i alle undersøkelser er også en inneklimaundersøkelse utsatt for måleusikkerhet. For denne undersøkelsen er det ulike typer måleusikkerhet som kan påvirke resultatene. For de ulike måleinstrumentene brukt i denne rapporten er det varierende tid siden sist kalibrering ble gjennomført. Tid siden de ulike instrumentene ble kalibrert er gjort rede for i underkapitlene. Sannsynligheten for tilfeldige usikkerheter er størst for øyeblikksmålingene. Denne usikkerheten ble forsøkt redusert ved å foreta gjentagende målinger.

Å øke antall målinger er ikke en garanti for at måleusikkerheten blir neglisjerbar. Systematiske usikkerheter er målinger der økning i antall målinger ikke reduserer usikkerhet. Denne typen usikkerhet skyldes enten instrumentfeil eller metodefeil. For instrumentfeil er det ytre påvirkning og utilstrekkelig nøyaktighet for kalibrering som er de mest nærliggende årsakene. Anvendelse av måleinstrumentene som ikke er i tråd med de gjennomføringsprosedyrene som er ment, utgjør metodeusikkerhet. Tilfeldige- og systematiske usikkerheter utgjør en resulterende usikkerhet. Det ble gjort omfattende opplæring i anvendelse av de ulike måleinstrumentene for å redusere metodeusikkerheten.

3.3.1 Luftmengder

Ved måling av lufthastighet inn til klasserom 2 ble det gjort håndholdte målinger i tillufts-kanalen. For å få representative målinger av hastigheten ble det gjort målinger på fem ulike målepunkter, som vist i figur 3.3. Disse fem målepunktene ble målt tre ganger hver. Siden målingene er håndholdte, vil ikke proben nødvendigvis være helt i ro under måleperioden (ti sekunder), som igjen kan medføre at proben oppfatter hastigheten noe annerledes. Dette er en av grunnene til at målingen av alle punktene ble gjort tre ganger, slik at sannsynligheten for tilfeldig usikkerheter blir redusert. For å påse at strømningskonfigurasjonen i tverrsnittet var fullt utviklet ble det valgt et målepunkt som hadde en lengde som var over ti ganger diameteren på røret. Derfor er det grunnlag for å si at strømningskonfigurasjonen i røret ikke påvirket målingene i betydelig grad. Fra leverandørens manualhefte er det oppgitt nøyaktighet på $\pm 3,0\%$ avlesningsusikkerhet eller $\pm 0,015 \frac{m}{s}$, avhengig av hvilken av disse som er størst. TSI-ens måleintervall er fra $0,15 \frac{m}{s}$ til $50 \frac{m}{s}$) [29].

3.3.2 Lufttemperatur

For temperaturloggingen er det lav sannsynlighet for tilfeldige usikkerheter, med bakgrunn i fem minutters måleintervall. For målepunkt K1 og K3 kan strålingstemperatur fra gulv og nærliggende prosjektor påvirke den reelle temperaturen. Det ble utgjort et forebyggende tiltak på denne problematikken ved å isolere rundt målepunktet. Selv om dette ble gjort kan fortsatt strålingstemperaturen påvirke noe. På termotrådene er det oppgitt en måleusikkerhet på ± 1 °C ved standard betingelser [30]. Ved en nylig kalibrering kan usikkerheten reduseres ned til ca. $\pm 0,1$ °C. [10]

3.3.3 PMV

For målingene av PMV er det usikkerhet om måleutstyret rakk å stabilisere seg før øyeblikk-smålingene ble notert, grunnet tidspres målingene (spesielt i storefri og før skolestart). Det opplevdes ofte under målingene at PMV-veriden varierte over lang tid. Dermed kan det ha blitt notert for høye eller lave verdier fra det som var tilfelle.

For å unngå å forstyrre undervisningen ble det gjort målinger idet storefri startet. I den prosessen forsvinner elevene ut av klasserommet og dørene står da oppe. Det medfører at øyeblikk-smålingene nødvendigvis ikke fanget opp ”worst case scenario” av inneklima, som initielt ønsket. Nøyaktigheten til PMV-verdiene baserer seg på instrumentets usikkerhet for de ulike temperaturmålingene. Instrumentet bruker disse målingene sammen med de parameterstørrelsene som må fastsettes, for å regne ut PMV. Usikkerheten til temperaturmålingene er $\pm 0,5$ °C, og er hentet fra leverandørens manualhefte.

3.3.4 CO₂, luftens vandampinnhold og TOC ref. Toluene

For MGM er det risiko for at elever og ytre påvirkning forringer målekvaliteten på enkeltmålinger. Hvis denne måleusikkerheten skulle inntreffe vil det tydelig vises i resultatene, og dermed være enkelt å ekskludere. Den tilhørende softwaren til MGM er utstyrt med avviksmeldinger dersom måleutstyret skulle oppfatte forstyrrelser i målingene. På grunnlag av at avviksmeldinger er fraværende for alle måledager er det ikke plausibelt at målingene skal være påvirket av ytre faktorer eller andre avvik.

3.4 Ørebromodellen

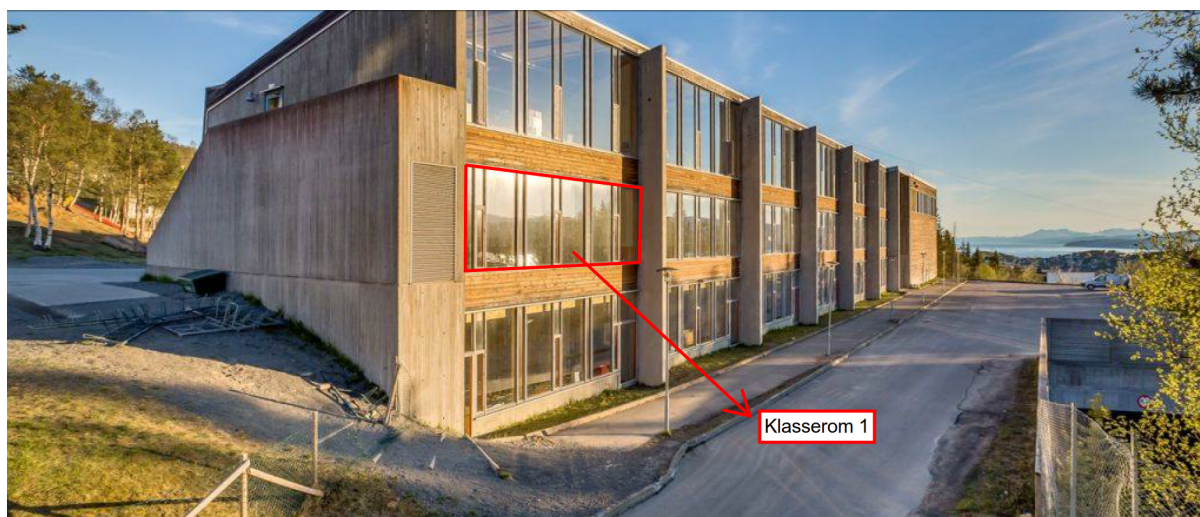
En måte å kartlegge inneklimate er med en spørreundersøkelse. På skolen ble det brukt en undersøkelse etter Ørebromodellen. Den brukes for å finne ut av hvordan personene opplever det aktuelle inneklimate og hvilke plager de har. Modellen ble utviklet av *Yrkesmedicinska kliniken ved Regionssjukhuset i Örebro, Sverige*.^[31]

I denne oppgaven ble det utdelt en forenklet undersøkelse til lærere og andre ansatte på skolen. Dette ble gjort godt i forkant av måleperioden slik at resultatene fra undersøkelsen kunne anvendes til å danne et beslutningsgrunnlag for hvilke måleparametre som var nærliggende å undersøke. Undersøkelsen ble utgitt som to skjemaer, hvor skjema 1 omhandlet symptomer de opplever på arbeidsplassen, delt inn i tre kategorier: allmennsymptomer, slimhinnesymptomer og hudsymptomer. Skjema 2 ble det registrert hvilke klager de har på inneklimate på arbeidsplassen. Skjemaet er bygget opp slik at deltakerene kun skal krysse av på om de opplever de aktuelle plagene på arbeidsplassen. I skjemaet er det tre avkrysningsmuligheter: ”Ja, ofte (hver uke)”, ”Ja, iblant” og ”Nei, aldri”. Det ble utdelt totalt 40 undersøkelser til de ansatte, og det ble returnert 27 besvarte undersøkelser. Dette gir en svarprosent på 67,5%. Ørebroskjemaet som ble brukt er i vedlegg E.

4 Beskrivelse av måleobjektet

Skistua skole er et formålsbygg som ble bygget i 1998 og ligger 140 m.o.h. Skolen har elever fra 1.-7. trinn, der det er SFO med kapasitet til 90 barn. Det er ca. 60 ansatte på skolen, deriblant lærere, driftsoperatør, renholdsarbeidere, helsefagarbeider, rektor, m.fler. Bygget har et oppvarmet bruksareal på 4600 m². Driftstiden på bygget er ti timer per dag, 220 dager i året. Per 2013 er det 230 elever på skolen. Bygget består av to hoveddeler. Den ene delen som blir kalt storskolen har 5.-7. klasse undervisning og består av tre etasjer inkludert gymsal. I tredje etasje på storskolen er det kontorlokaler og lærerværselse for de ansatte. I andre etasje er det klasserom og gymsal. Ved første etasje er det fellesrom, tilfluktsrom, garderober og ventilasjonsrom. Den andre delen - som blir kalt småskolen - består av en etasje og her har 1.-4. klasse undervisning, samt skolefritidsordning (SFO). Plantegninger og rominndeling vises i vedlegg B.

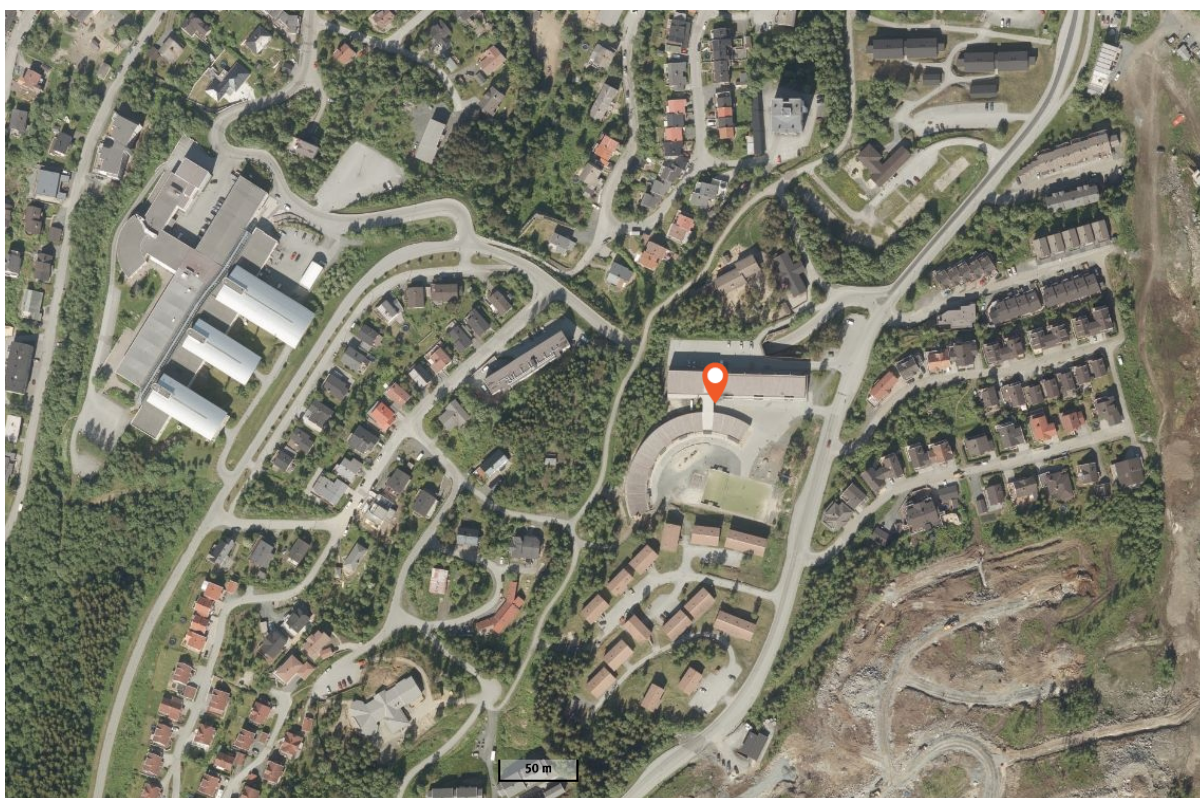
Av belysning er det for det meste T8- og T5-lysrør. Noen av klasserommene er utstyrt med bevegelsessensorer, ellers er det stort sett ingen styring av lys for skolen. Skolen er utstyrt med SD-anlegg fra byggeår. I februar 2018 og frem til oktober 2018 ble det gjennomført omfattende rehabilitering av fasader, dører, vinduer og tak på skolen. Med unntak av storskolens nordlige fasade ble alt av fasader rehabilitert [32]. På grunnlag av denne rehabiliteringen havner bygget i inneklimakategori 2 (B). Himlingene i klasserommene på storskolen er flate. Himlingene i klasserommene på småskolen er skråstilt.



Figur 4.1: Nord-fasaden av storskolen, med tilhørende anvisning for klasserom 1. [33]



Figur 4.2: Vest-fasade for klasserom 2 på småskolen. [32]



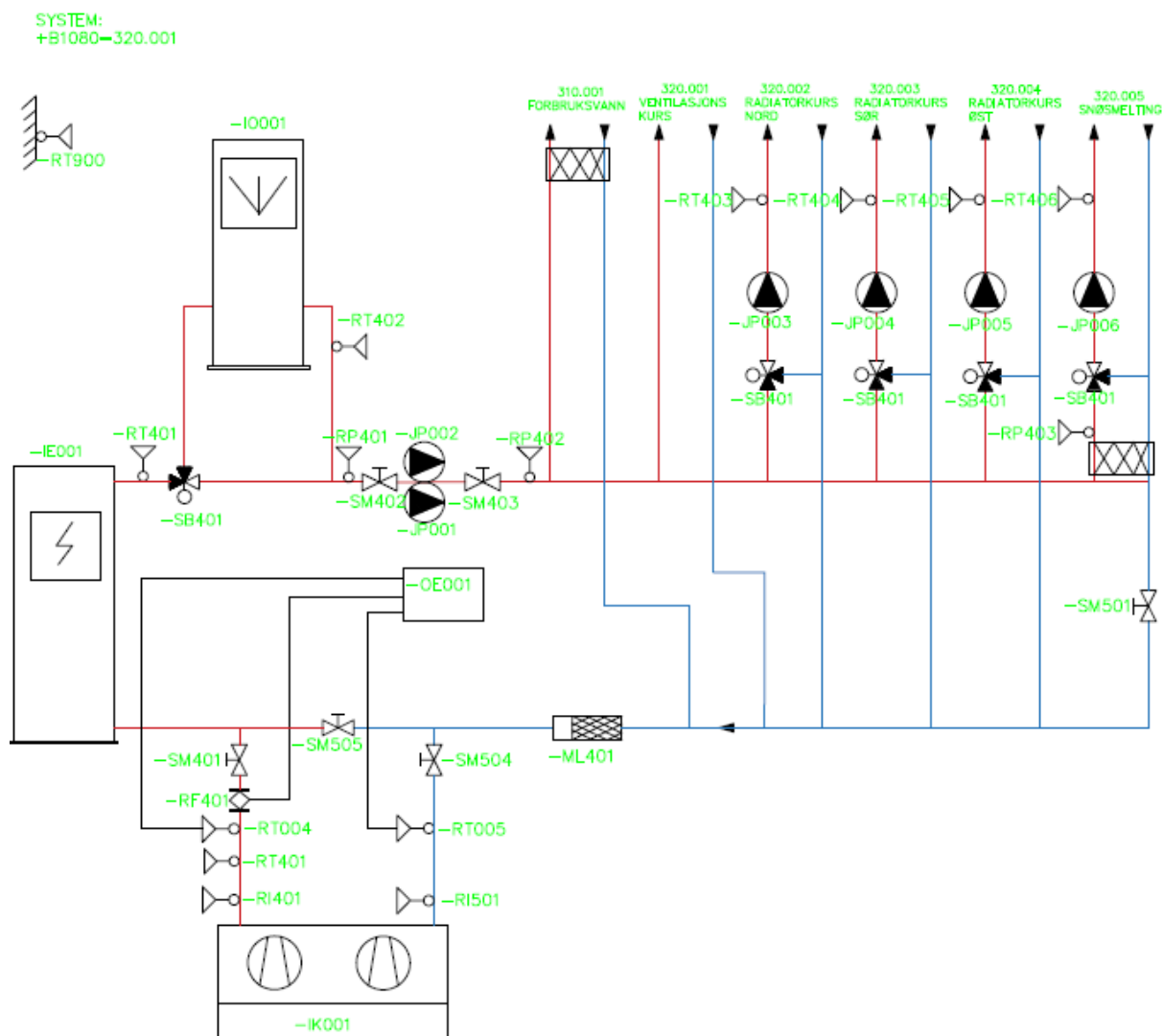
Figur 4.3: Flyfoto av Skistua skole

I figur 4.1, 4.2 og 4.3 vises bilder av den nordlige fasaden av storskolen, vestlige fasaden av småskolen og et flyfoto over hele skolens område.

4.1 Oppvarming

Romoppvarmingen på skolen består av vannbårne anlegg med radiatorer og gulvvarme som varmeavgivere. I gymsalens tilhørende garderober og dusjer er det gulvvarme, der det samme gjelder for garderober i små- og storskolen. Vanndistribusjonssystemet er et lav-temperatursystem (60-40). Som varmekilder benyttes luft-til-væske varmepumpe som grunnvarme, el-kjel som spisslast og oljekjel som nødlast. Oppvarmingssystemet har sommerdrift og vinterdrift, der varmepumpen skrur av ved utetemperaturer over 15 °C da det ikke er oppvarmingsbehov. Når det er utetemperaturer under -15 °C skrur varmepumpen av og spisslasten igangsettes. Varmepumpen er koblet i serie foran el-kjelen. Oljekjelen er seriekoblet på primærsiden av anlegget. For varmepumpen er settpunktstemperaturen justert slik at den er 2 °C over varmebehovet til kretsen på sekundærsiden - som betjener radiatorer og forbruksvann. El-kjelen sin settpunktstemperatur er satt til 4 °C under varmepumpens settpunktstemperatur. Sekundærsidens varmebehov blir utekompensert av temperaturen.

Reguleringen av varmepumpen gjøres via temperaturmålinger i turvannet i distribusjonsnett til varmen og utendørs. Via disse målingene settes en børverdi på turtemperaturen via en reguleringskurve i SD-anlegget. Dersom turvannstemperaturen er forskjellig fra settpunktet økes varmepumpens ytelse frem til ønsket temperatur nås. Varmepumpen har to kompressorer med 3-trinns effektregulering, på hhv. 100 %, 66 %, 33 % og 0 %. Hvis varmepumpen ikke klarer å betjene settpunktstemperaturen selv på høyeste ytelse igangsettes elkjelen for å kunne nå settpunktstemperatur.

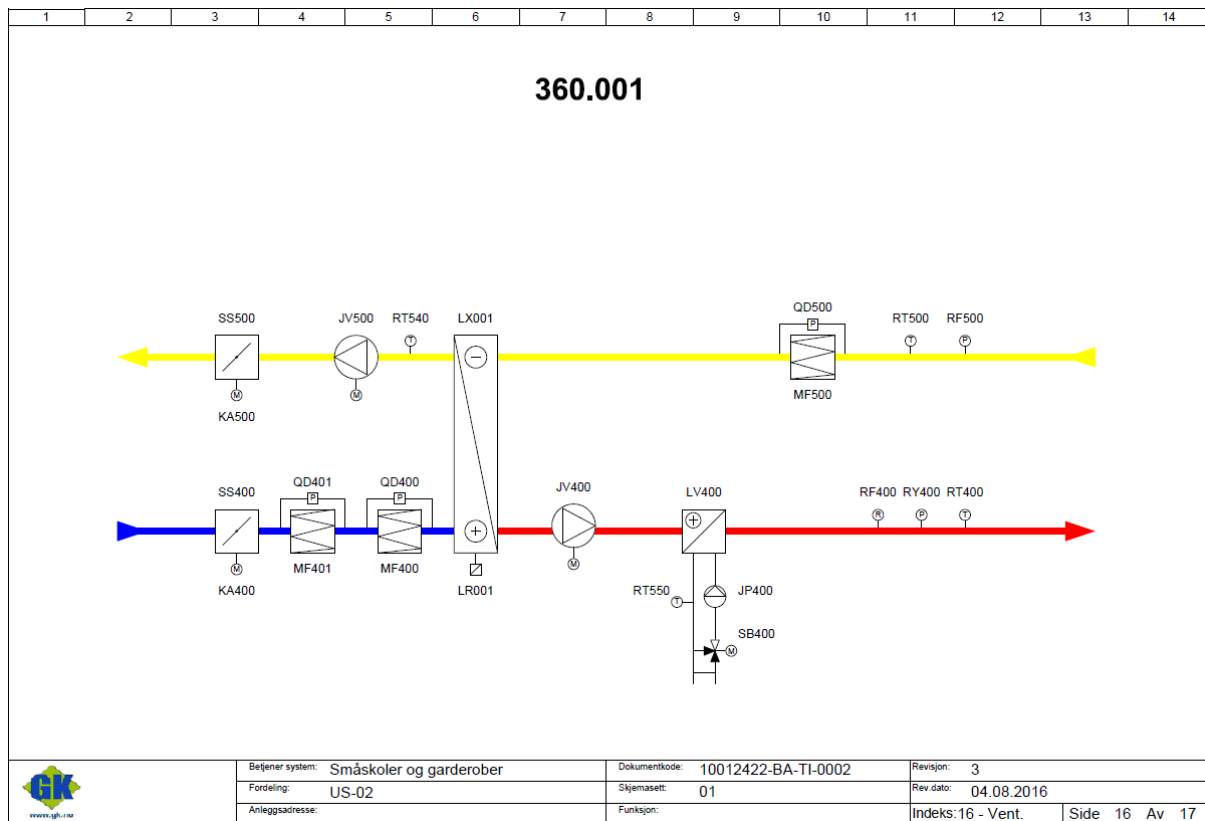


Figur 4.4: Proses- og instrumentdiagram over varmepumpens distribusjonssystem.

Over, i figur 4.4 er en skisse over de ulike komponentene som inngår i varmekretsen, der -IK001 er varmepumpen, -IE001 er El-kjel og -IO001 er oljekjel.

4.2 Ventilasjon

Skolen har fem forskjellige ventilasjonsanlegg. I bruksarealet er det mekanisk balansert ventilasjon med roterende varmegjenvinner. Det er også vannbårne varmebatterier i ventilasjonsanleggene. I klasserommene på skolen er det fortrengningsventilasjon, mens på lærerværelset og andre rom er det omrøringsventilasjon.



Figur 4.5: Skisse av ventilasjonsanlegg.

I figur 4.5 over vises det en skisse av komponentene til ventilasjonsaggregatet som betjener småskolen og garderober. Øverst på skissen - langs avtrekkskanalen - er det avtrekksspjeld (SS500) som reguleres via avtrekksviften (JV500). Denne er forriglet med tilluftsviften (JV400). Dette innebærer at den stopper samtidig. Videre er det roterende varmegjenvinner (LX001). Gjenvinneren starter når spjeldene åpnes. Videre er det filter (QD500). På tilluftssiden er det først tilluftsspjeld (SS400) som er montert med tilbaketrekningsfjær på inntaksspjeldet. Denne styres ved start og stopp av tilluftsviften (JV400). Videre er det to filtervakter (QD401 og QD400), før kald side av den roterende varmegjenvinneren. Deretter kommer tilluftsviften (JV400). Via venderfunksjon er denne kapabel til å betjene viftekapasiteten.

Når viften står på auto vil den ved hjelp av predefinerte tidspunkter skrus av og på. Tilluftsviftens kapasitet er også innstilt slik at den reduseres dersom utetemperaturen er under en viss temperatur. Denne vifta er forriglet over frosttermostat. Videre er det varmebatteri (LV400)

som er vannbårent. Varmetilførselen fra denne varierer med blandingsforholdet mellom returvann og varmt turvann.

Ventilasjonen har innstillinger for å skru av ventilasjonsaggregatene i helligdager og ferie, men dersom det er nødvendig med driftsforlengelse kan det aktiveres. Ventilasjonen reguleres med utekompensert tilluftstemperatur. Temperaturfølere gir signal til varmegjenvinner om hvilket pådrag den skal ha. Den gir også signal til reguleringsventilen til varmegjenvinneren om hvor stort varmepådrag det skal være.

5 Resultater

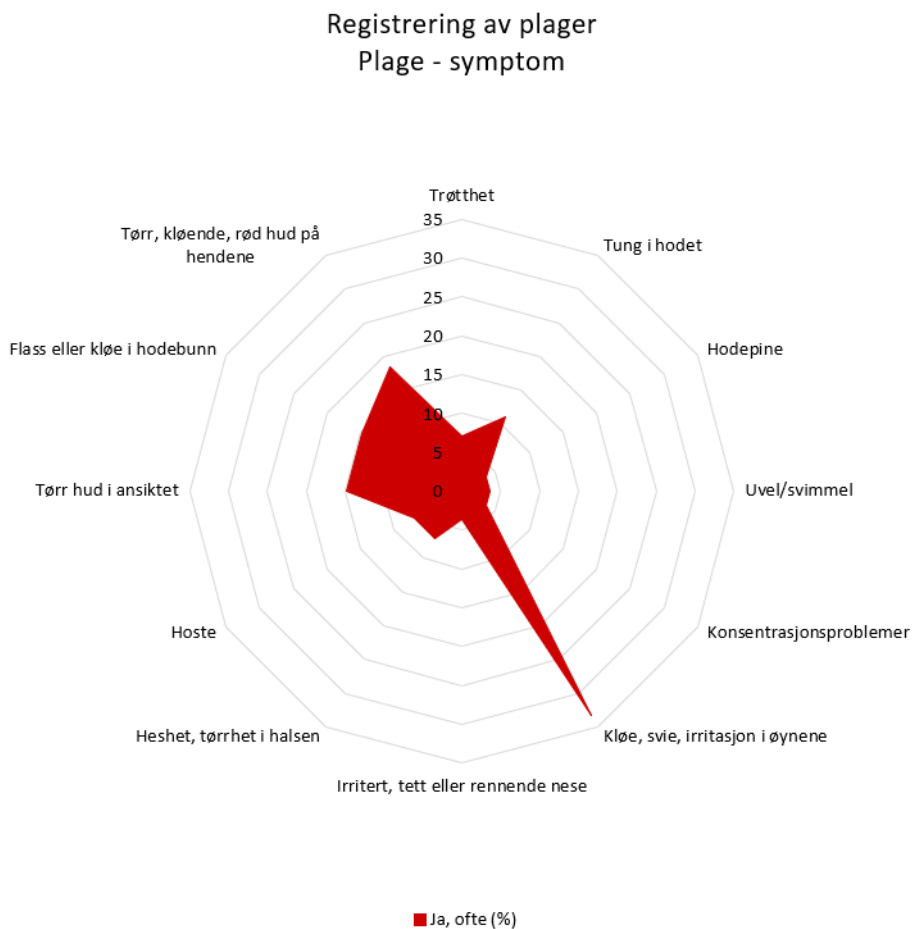
I dette kapittelet er det presentert utvalgte måledata fra alle parametre som det er blitt gjort målinger på. Det er tatt med utvalgte dager og måleperioder, der timesverdier og øyeblikksmålinger kan ses i vedlegg F, G og H.

Parameter	Klasserom 1				Klasserom 2			
	Dag	Klokkeslett	L	Ø	Dag	Klokkeslett	L	Ø
CO ₂	Man-Ons uke 9, Man-Ons uke 11	03:00-14:00	X		Tors-Fre uke 9, Tors-Fre uke 11	03:00-14:00	X	
Luftens vanndampinnhold	Man-Ons uke 9, Man-Ons uke 11	03:00-14:00	X		Tors-Fre uke 9, Tors-Fre uke 11	03:00-14:00	X	
TOC ref. Toluene	Man-Ons uke 9, Man-Ons uke 11	03:00-14:00	X		Tors-Fre uke 9, Tors-Fre uke 11	03:00-14:00	X	
PMV	Tirs uke 9, Tirs uke 11	08:00,11:00,14:00		X	Tors uke 9, Tors uke 11	08:00,11:00,14:00		X
Luftfartshastighet								X
Lufttemperatur	Man-Ons uke 9, Man-Ons uke 11	02:00-14:00	X		Tors-Fre uke 9, Tors-Fre uke 11	02:00-14:00	X	

Tabell 4: Overordnet måleplan, der det vises hvilke parametre, tidspunkter og klasserom det ble foretatt målinger. "L" representerer logging, mens "Ø" representerer øyeblikksmåling(er).

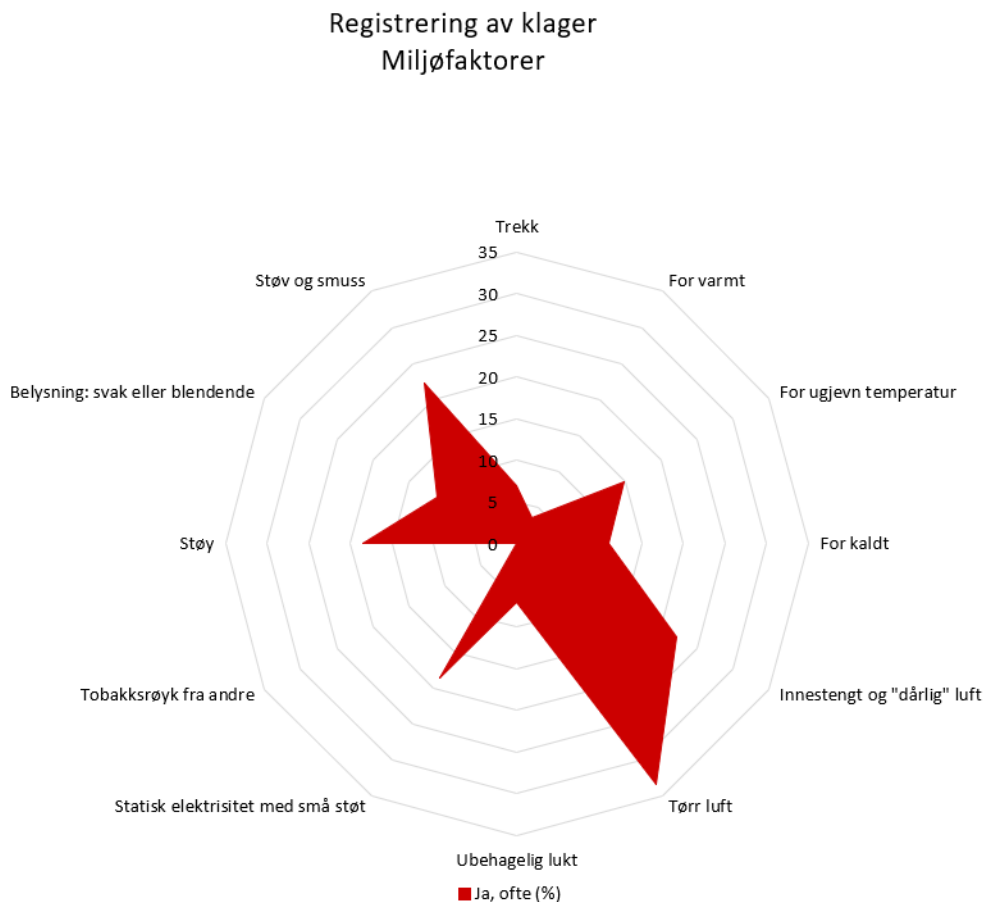
5.1 Ørebroundersøkelsen

I analysen av denne undersøkelsen er det kun tilfellene hvor det er krysset av på "Ja, ofte (hver uke)" som blir tatt i betraktning. Svarene fra skjema 1 og 2 er illustrert med en Ørebrorose i figur 5.1 og 5.2. Det røde feltene viser antall i prosent som opplever symptomene eller miljøfaktorene ofte. Prosentintervallet i rosene går fra 0-35%.



Figur 5.1: Ørebrorose av symptomer lærerene på Skistua skole opplever.

Figur 5.1 viser at det er størst utslag på symptomet "Kløe/svie/irritasjon i øynene" med en prosentsats på litt under 35 %. Omtrent 18 % av de ansatte opplever flass eller kløe i hodebunn. I tillegg oppleves det fra 15 % av de ansatte at de har tørr hud i ansiktet. Utslag knyttet til "trøtthet" og "uvel/svimmelhet" er nesten fraværende ifølge denne undersøkelsen. Det samme gjelder "hodepine", "irritert, tett eller rennende nese", "hoste" og "heshet, tørrhet i halsen". Derimot er det noe utslag på at de ansatte føler seg "tung i hodet" når de er på jobb (12 %).



Figur 5.2: Ørebrorose av registrerte klager på inneklimaet på Skistua skole.

I figur 5.2 er det ved bruk av en Ørebrorose fremvist registrerte klager på inneklimaet fra skjema 2 i undersøkelsen. I figuren vises det ulike utslag på miljøfaktorer, der "Tørr luft" er den faktoren som viser størst utslag. Dette utslaget ligger på over 30 %. Videre viser figuren at over 20 % av de ansatte opplever "Innestengt og "dårlig" luft". Både "Støv og smuss" og "støy" har en prosentsats på over 20 %. Videre har "for ujevnt temperatur" har utslag på rundt 15 %. Ellers viser figuren at resten av faktorene ikke gir noe særlig utslag.

5.2 Luftmengder

I tabell 5 vises måleresultatene fra TSI-en. Det totale gjennomsnittresultatet for lufthastighet ble regnet ut ved å ta gjennomsnittet av måling 1, 2 og 3 fra hvert målepunkt, og deretter ta gjennomsnittet for hvert målepunkt. Gjennomsnittshastigheten til tilluften ble da $3,47 \frac{m}{s}$.

Målepunkt	Måling 1 [$\frac{m}{s}$]	Måling 2 [$\frac{m}{s}$]	Måling 3 [$\frac{m}{s}$]
1	3,78	3,74	3,73
2	3,58	3,59	3,51
3	3,43	3,52	3,46
4	3,53	3,41	3,50
5	3,26	3,07	2,98

Tabell 5: Hastighetsmålinger av tilluftskanalen til klasserom 2.

Med et rørdiameter på 300 mm gir det et tverrsnittareal på 0,071 m². Ved å benytte formel 4 for areal av en sirkel, der r er radius og A er areal.

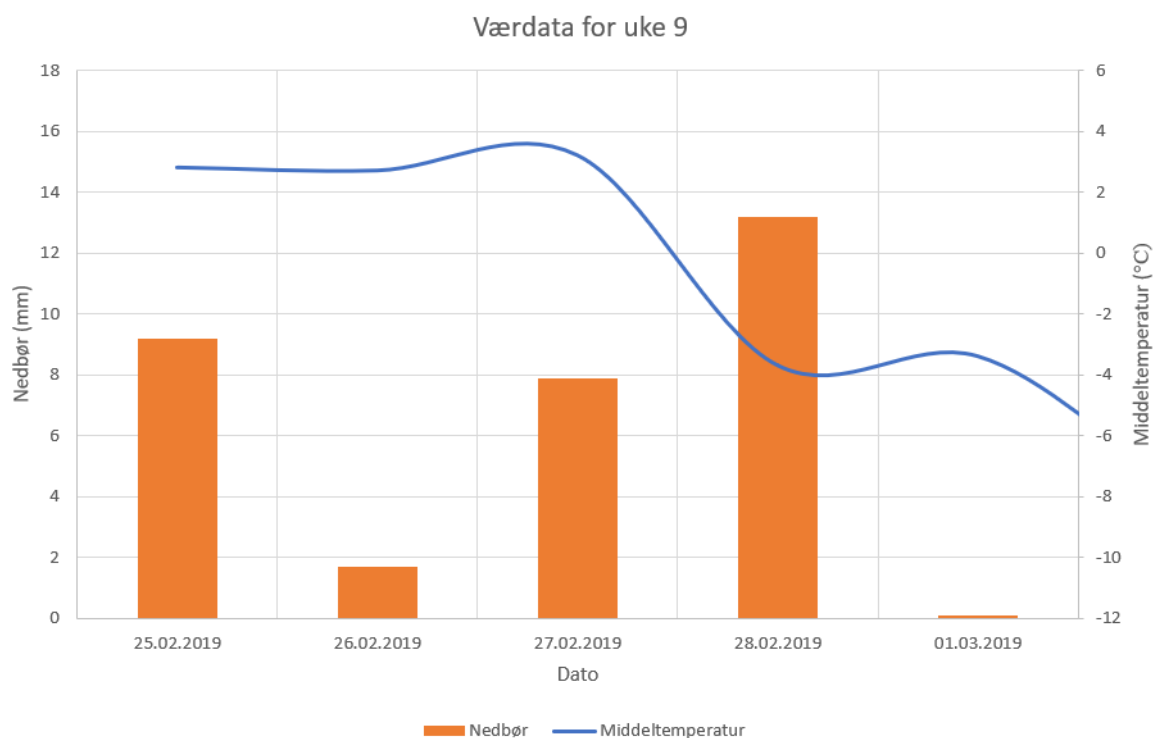
$$A = \pi \cdot r^2 \quad (4)$$

Formel 5 gir volumstrøm q_v på 0,25 $\frac{m^3}{s}$ eller 887 $\frac{m^3}{h}$, der V er gjennomsnittlig lufthastighet i tilluftskanalen og A er tverrsnittareal av tilluftskanalen.

$$q_v = V \cdot A \quad (5)$$

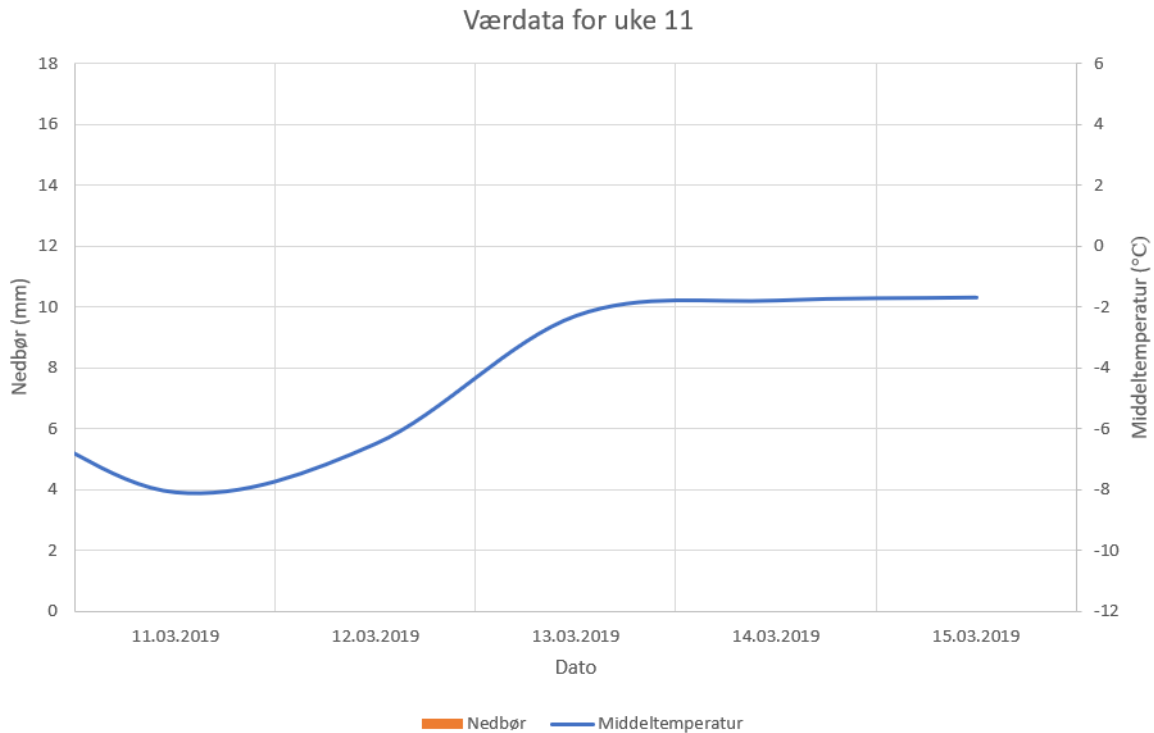
5.3 Utendørs klimaforhold

For dette kapitlet er det avgjørende å vite utetemperaturer og nedbørsmengder, da dette er parametre som påvirker inneklime. Det er derfor hentet værdata: ”Narvik sentrum målestasjon (84701) Stasjonen ligger i Narvik kommune, 10 m.o.h. Den er nærmeste offisielle målestasjon, 0,9 km fra punktet Narvik. Stasjonen ble opprettet i desember 2018.”[34]. Det er også målt utetemperaturer i målepunkt K5, vedlegg G.



Figur 5.3: Værdata for uke 9.

I figur 5.3 er det illustrert middeltemperatur og nedbørmengde fra værstasjonen i Narvik for mandag-fredag i uke 9. Figuren viser at det er registrert nedbør alle dagene mandag-fredag, henholdsvis: 9,2 mm, 1,7 mm, 7,9 mm, 13,2 mm og 0,1 mm. Middeltemperaturen var på 3-4 °C mandag-onsdag. Torsdag og fredag hadde en middeltemperatur på -3 til -4 °C.

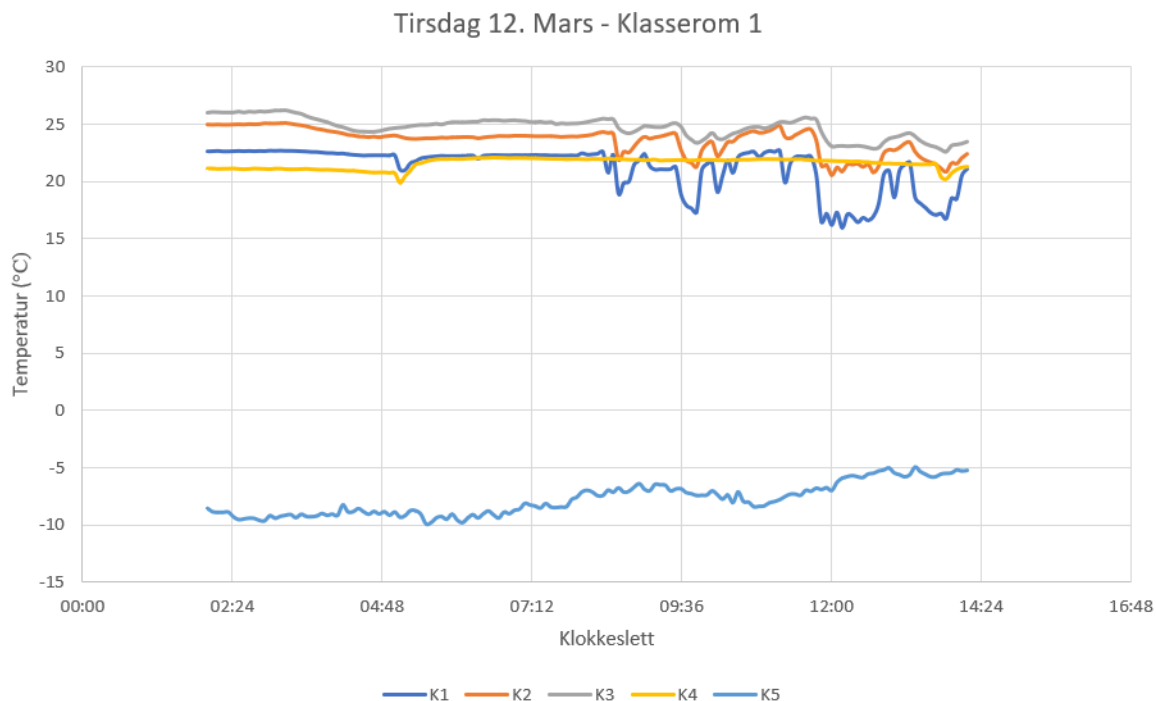


Figur 5.4: Værdata for uke 11.

I figur 5.4 er det illustrert middeltemperaturen fra værstasjonen i Narvik for mandag-fredag i uke 11. Det var ikke registrert nedbør på værstasjonen mellom 11.03.19-15.03.19. Den laveste middeltemperaturen denne uka var på mandag med $-8,1$ °C og tirsdag var det en middeltemperatur på $-6,5$ °C. Onsdag, torsdag og fredag var det ca. -2 °C.

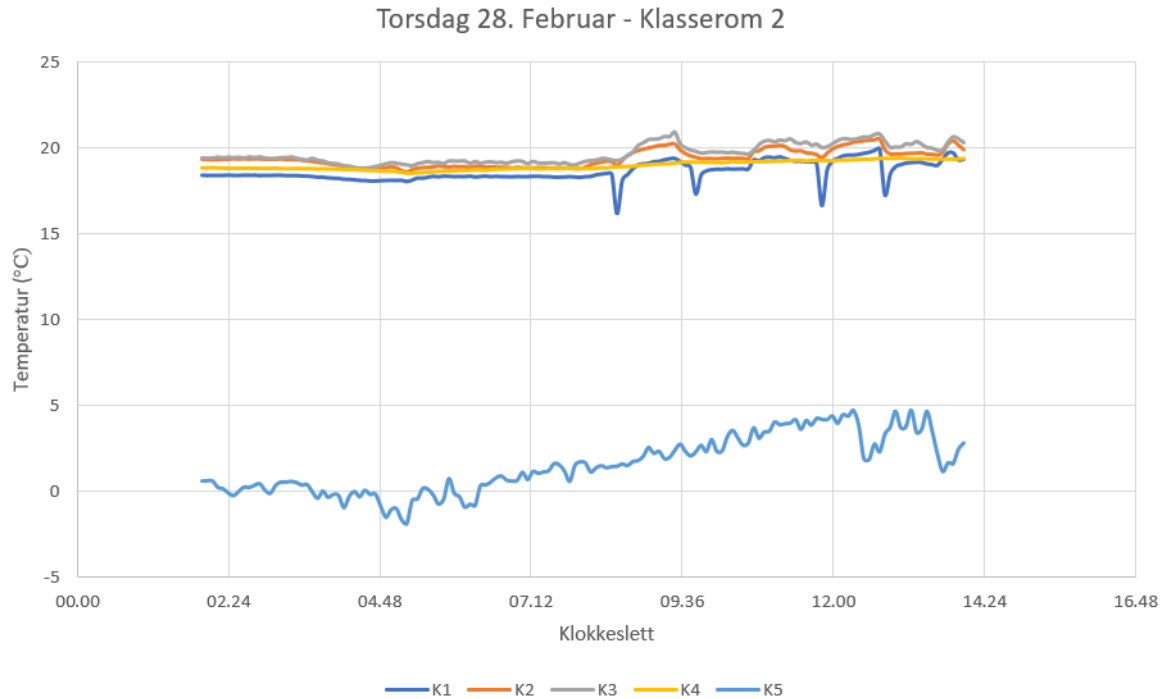
5.4 Lufttemperatur

Fluke hydra II ble brukt til å logge temperaturer. Målingene ble igangsett på ettermiddagen før loggingen skulle gjennomføres, slik at det ble målt over natten og helt frem til skoledagen var over. Resultater frem til kl. 02:00 ble fjernet fra resultatene siden de ikke hadde noen relevans i denne undersøkelsen. Temperaturresultatene er fremstilt i vedlegg G. Målepunktene K1-K5 er gjort rede for i kapittel 3.1. I vedlegget er det satt opp tabeller med numerisk data for hver dag, samt vertikal temperaturdifferanse mellom målepunktet K1 og K2.



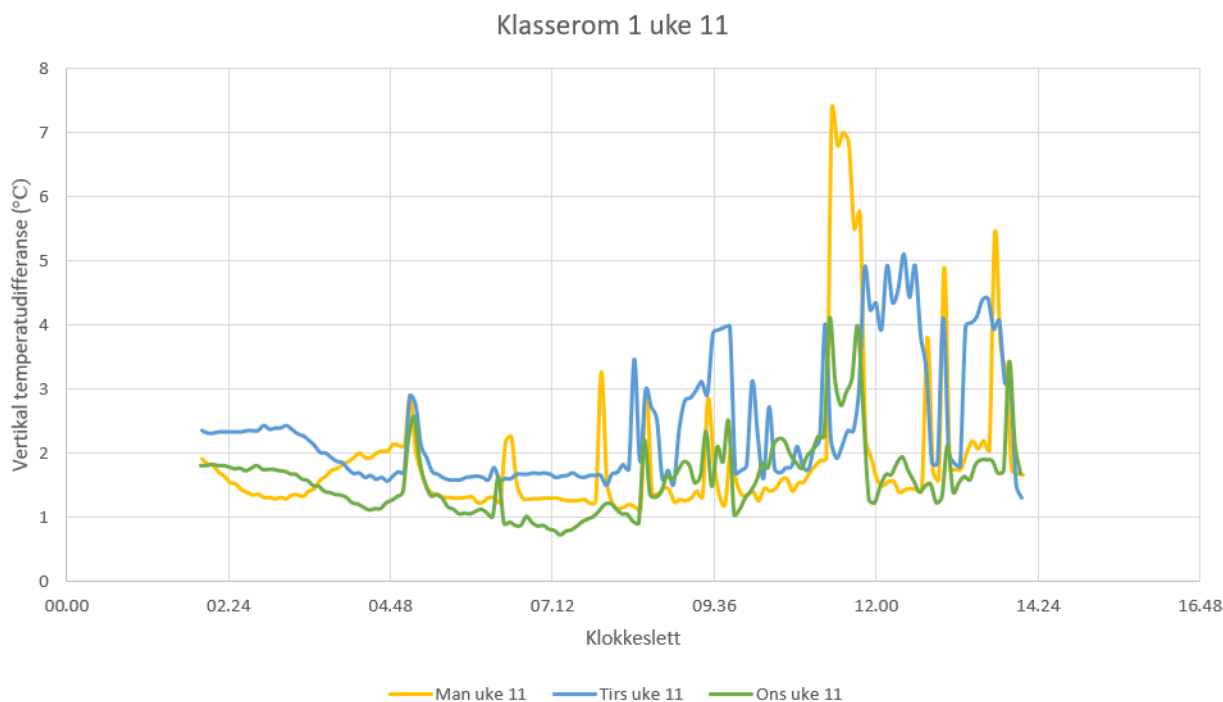
Figur 5.5: Temperaturer i klasserom 1 fra tirsdag 12. mars (uke 11).

Figur 5.5 viser temperaturer fra tirsdag 12. mars i klasserom 1. Temperaturer fra punktene K1-K5 er illustrert med forskjellige farger. I tidsrommet etter kl. 05:00 og frem til 08:30 har målepunktene innendørs en mer eller mindre konstant temperatur, der K3 har høyest temperatur og K2 har nest høyeste temperatur. For målepunkt K1 og K4 ligger temperaturen nesten likt. Fra kl. 08:30 er det markante endringer i de ulike målepunktene, med unntak av den jevne temperaturen K4 har gjennom hele skoledagen. Videre har målepunktene K1, K2 og K3 parallelle fall og stigninger i grafen gjennom skoledagen, der K1 er målepunktet med mest varierende temperatur. Det er i tillegg også det eneste målepunktet med registrerte temperaturer på lavere enn 20 °C. Utetemperaturen denne skoledagen ligger mellom -5 og -10 °C gjennom hele skoledagen uten markante endringer i temperatur.



Figur 5.6: Temperaturer i klasserom 2 fra torsdag 28. februar (uke 9).

Figur 5.6 viser temperaturer i klasserom 2 fra torsdag 28. februar. Alle målepunktene utenom K5 ligger jevnt fra målestart til ca. 08:30. Målepunkt K4 fortsetter å ha jevn temperatur gjennom hele skoledagen. Målepunkt K2 og K3 har noe utslag rundt 08:30, ellers holder temperaturen relativt jevn gjennom hele skoledagen. For målepunkt K1 forekommer det enkelte fall i temperatur ved fire anledninger gjennom skoledagen. Disse fallene er også tilstede for K2 og K3, men i mindre grad. Utetemperaturen på torsdag og fredag for uke 9 og 11 ligger mellom 0 og 5 °C gjennom skoledagen.



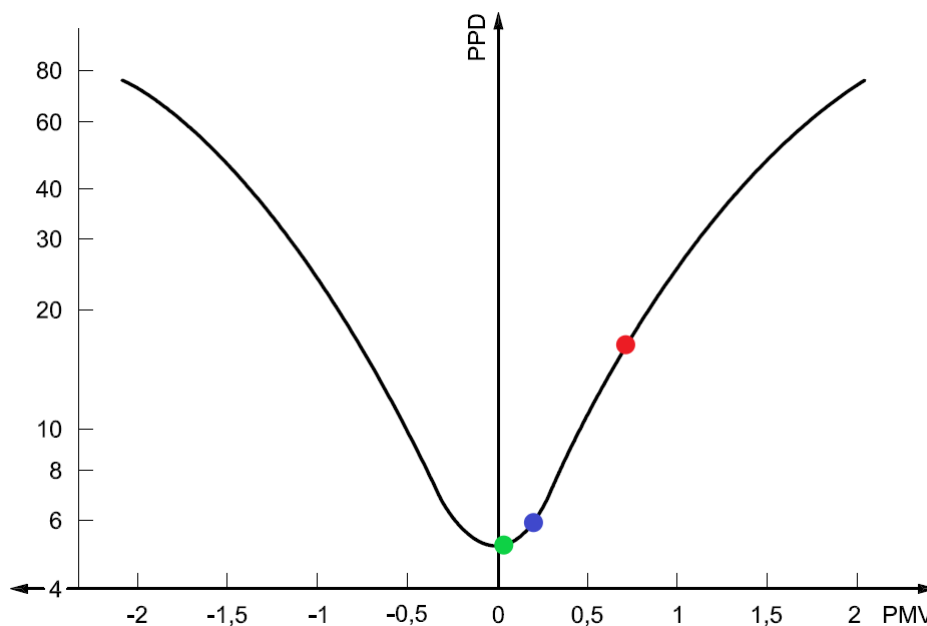
Figur 5.7: Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 11.

Det beregnes temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for å vite hvor stor forskjell det er mellom temperaturen ved ankler og hodet på en sittende person. For målingene gjort i klasserom 1 fra uke 11 blir dette illustrert i figur 5.7. For alle tre dagene er temperaturen i K2 høyere enn K1. Det er for alle dagene stort sett ulike verdier og størrelser. I perioden rundt kl. 11 til målingene ble avsluttet fremkommer de største verdiene for vertikal temperaturdifferanse. På mandagen i uke 11 er det med målingene utregnet vertikal temperaturdifferanse på over 7 °C på en enkeltmåling i tidsrommet rundt kl. 11:00.

5.5 Termisk komfort

Det ble gjort målinger med komfortmeteret fire dager i løpet av uke 9 og 11. I uke 9 ble det gjort PMV-målinger tirsdag 26. februar i klasserom 1, torsdag 28. februar ble de gjort tilsvarende målinger i klasserom 2. I uke 11 ble det gjort nye PMV-målinger, hvor målingene i klasserom 1 ble gjort tirsdag 12. mars og PMV i klasserom 2 ble målt 14. mars.

På de nevnte dagene ble det gjort målinger på tre tidspunkter; før skolestart, storefri og skole-slutt. Det ble hver gang målt PMV på tre punkter i klasserommet, som vist i figur 3.1 og 3.2. Resultatene fra PMV-målingene er vist i vedlegg H, hvor det i tillegg til resultater også vises verdiene som er innstilt på instrumentet. Verdier for bekledding (Clo), aktivitetsnivå (Met) og vannets partialtrykk (kPa) er innstilt på forhånd. Clo og Met er hentet fra NS-EN 15251:2007+NA:2014[35], partialtrykket er lest av MGM.

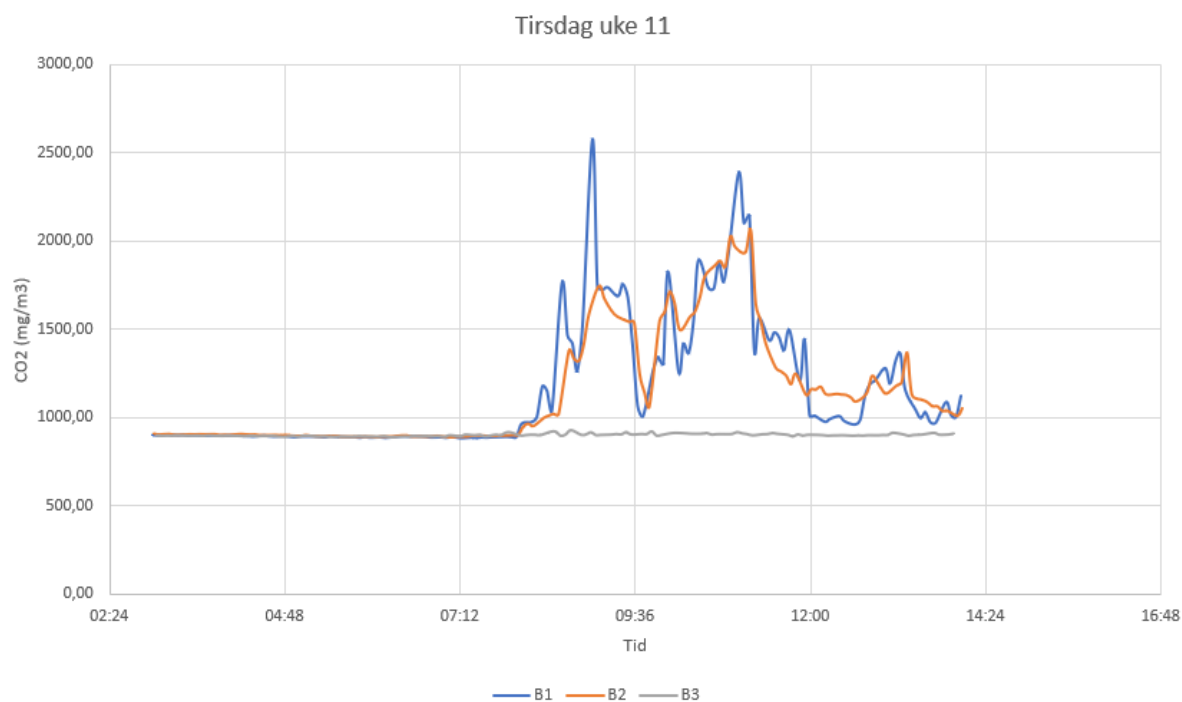


Figur 5.8: PMV-målinger fra tirsdag 12. mars. Målingene er fra midt i klasserom 1 fra: kl. 08:00 (blå), kl. 11:00 (rød) og kl. 14:00 (grønn).

I figur 5.8 er det vist PPD basert på PMV-resultatene. Det er satt inn måleresultater fra tirsdag 12. mars, da det ble gjort målinger i klasserom 1. Resultatene er fra tre ulike tidspunkt, men alle målingene er gjort i målepunkt PMV-2. Grafen er hentet fra NS-EN ISO 7730[14] og redigert med resultater fra målingene 12. mars. For målepunkt PMV-2 denne dagen så er det ved skolestart og skoleslutt verdier innenfor $\pm 0,5$, mens i storefri er øyeblikksmålingen på over 0,5. For målingen i storefri vil det med PMV-verdien resultere i at over 15% vil oppleve klasserommet som for kaldt.

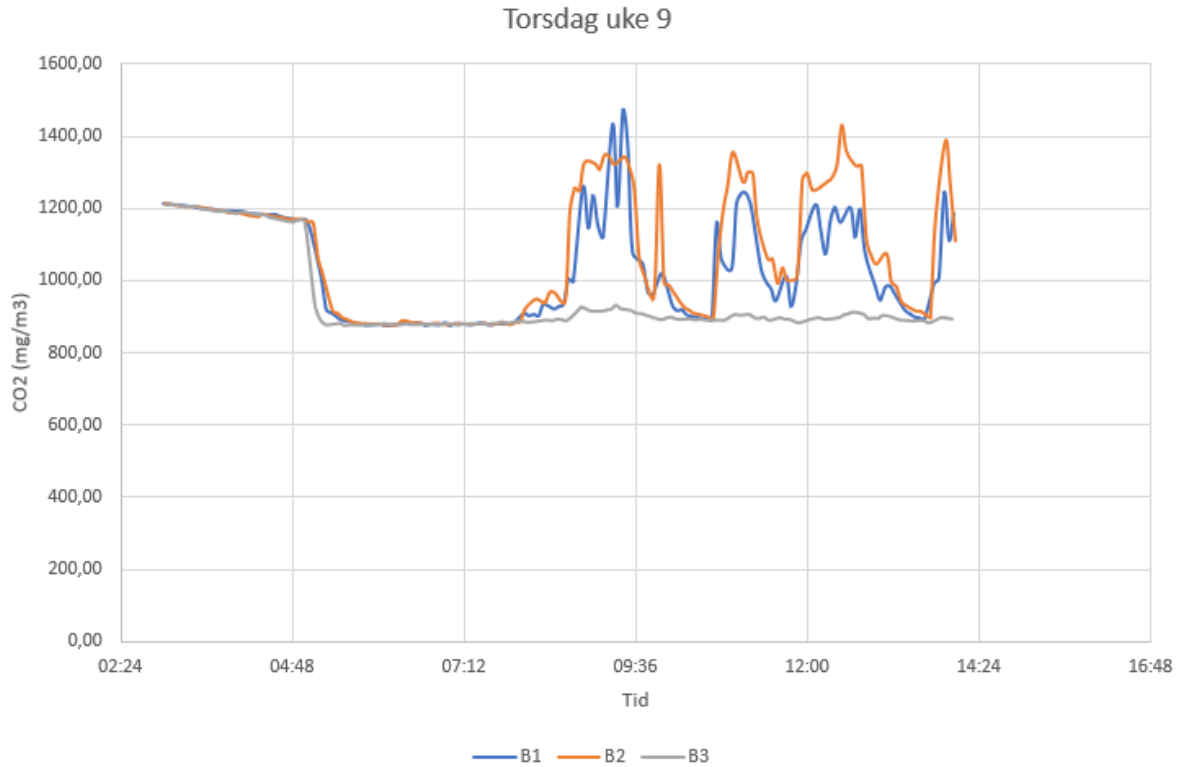
5.6 CO₂

Det er i figurene 5.10 og 5.9 under tatt med grafer over CO₂-fordelingen over enkelte hele skoledager for klasserom 1 og 2. Det er blitt valgt målestart fra ca. 03:00 i grafene. Målepunktene B1, B2 og B3 sin plassering er gjort rede for i figur 3.1 og 3.2. Målingene er blitt gjort med multi-gas monitor type 1302 & multipoint sampler and doser type 1303. Måleintervallet på disse resultatene er omtrent fire minutter. Måledata for CO₂ er vist i vedlegg F.



Figur 5.9: CO₂-fordeling over klasserom 1, tirsdag uke 11.

Figur 5.9 over viser at alle målepunktene ligger vannrett på $890 \frac{mg}{m^3}$ helt frem til ca. 08:30. Målepunkt B3 holder seg på dette nivået hele måleperioden. B1 og B2 øker vesentlig fra 08:30, og har variasjoner gjennom hele skoledagen, spesielt målepunkt B1. Etter ca. kl. 11:30 holder CO₂-nivået seg under $1500 \frac{mg}{m^3}$ resten av skoledagen for B1 og B2. Det er også enkeltmålinger på grafen som viser CO₂-konsentrasjoner på opptil $2550 \frac{mg}{m^3}$.

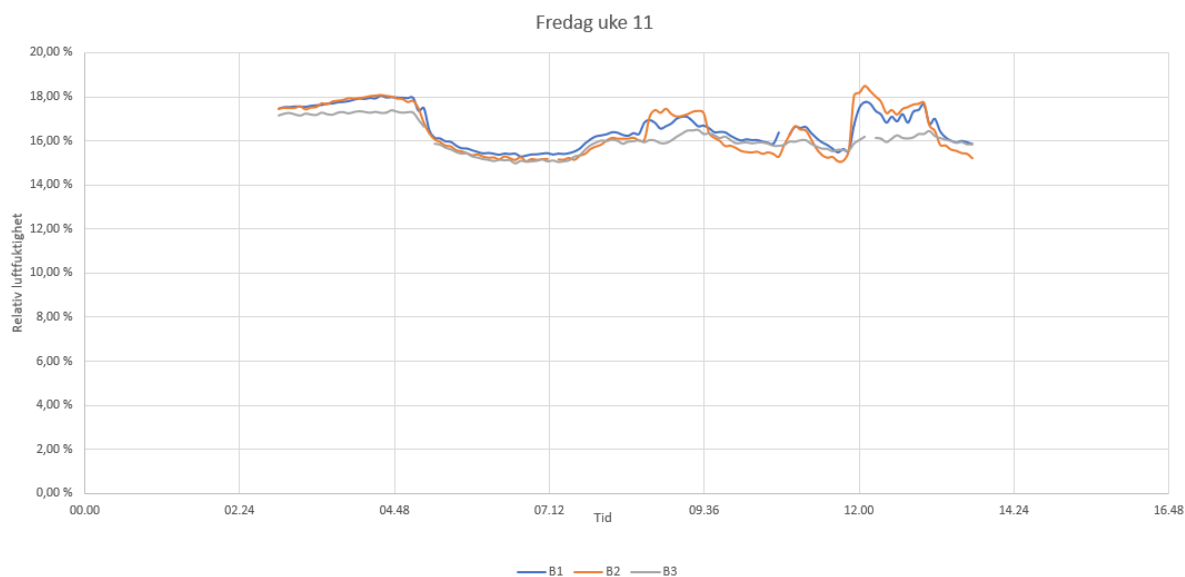


Figur 5.10: CO₂-fordeling over klasserom 2, torsdag uke 9.

Målepunktene i figur 5.10 starter med å ha en slak nedadgående og tilsynelatende konstant fall. Frem til ca. kl. 05:00 er det en markant endring i målepunktene, der alle har et øyeblikkelig fall i CO₂-nivå fra ca. $1160 \frac{mg}{m^3}$ til ca. $870 \frac{mg}{m^3}$ over en tidsperiode på en halvtime. Deretter stabiliserer CO₂-nivået seg helt frem til 08:30, der kurvene B1 og B2 har en vesentlig økning. Helt fram til skoleslutt rundt kl. 14:00 varierer kurvene B1 og B2. Gjennom skoledagen har disse to målepunktene flere tidspunkter der det er markante økninger eller fall i CO₂-konsentrasjon. Målepunkt B2 har stort sett de høyeste verdiene av CO₂ gjennom hele måleperioden fra skolestart. Målepunkt B3 holder seg jevnt over på $900 \frac{mg}{m^3}$ fra 05:00 og helt frem til målingene slutter.

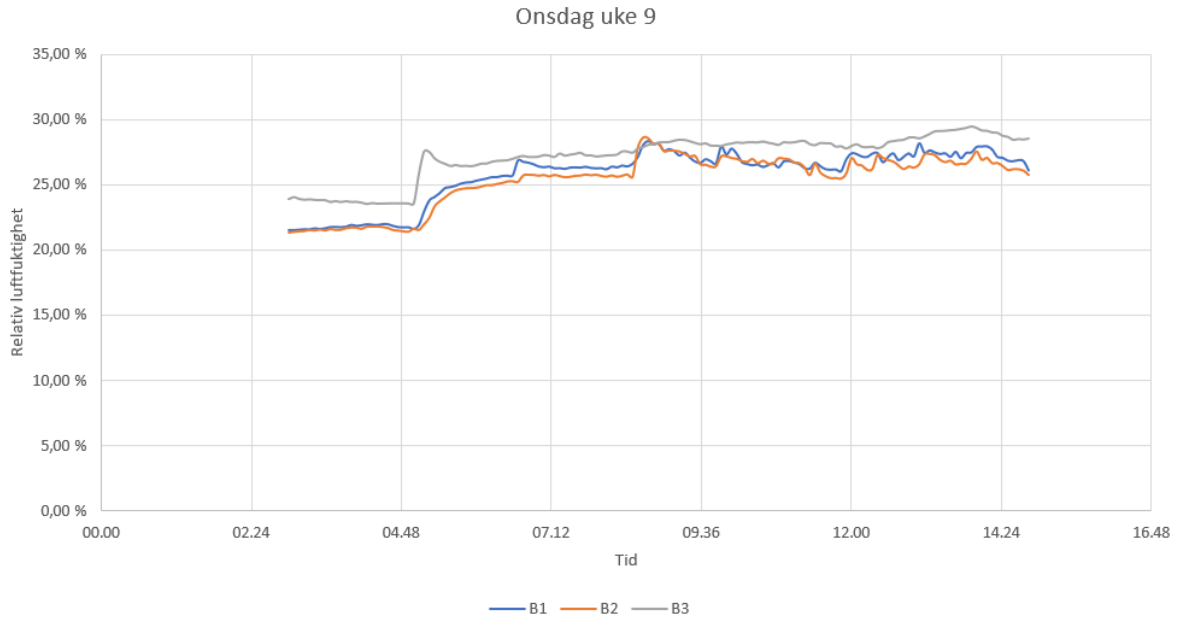
5.7 Relativ luftfuktighet

Gjennom skoleukene det ble gjort logging med MGM, ble det innhentet verdier på luftens vandampinnhold. For å kunne bestemme verdier på relativ luftfuktighet var det nødvendig å benytte linær interpolasjon ved hjelp av temperaturmålinger og tabell for metningstrykk som vist i vedlegg I. Resultatene ligger i vedlegg F. Under, i figurene 5.11 og 5.12 er det anvist hvordan relativ luftfuktighet utvikler seg over en tidsperiode fra kl. 03:00 til ca. kl. 14:00 på to utvalgte dager. Loggingsintervallet på luftens vandampinnhold var på ca. fire minutter.



Figur 5.11: Illustrasjon over utvikling av relativ luftfuktighet fredag uke 11.

Det er gjennomgående fra grafen at det er en lav verdi på relativ luftfuktighet for alle målepunkter gjennom hele grafen. I hele måleperioden beveger RF-verdien seg i intervallet 15 %-18,5 %. Målepunktene B1, B2 og B3 holder for det meste en paralell utvikling, med unntak av enkelte deler av skoledagen (kl. 08:30 og omkring kl. 12:00). Rundt kl. 05:00 får alle målepunktene et fall som varer i ca. en halv time før grafen stabiliserer seg igjen. Deretter holder grafen seg relativt horisontal frem til 08:30. Utover i perioden fra 08:30 til kl. 12:00 er det noe mer variasjon i kurvene, men ikke før rundt kl. 12:00 er det relativt store sprang i relativ luftfuktighet i målepunkt B1 og B2.

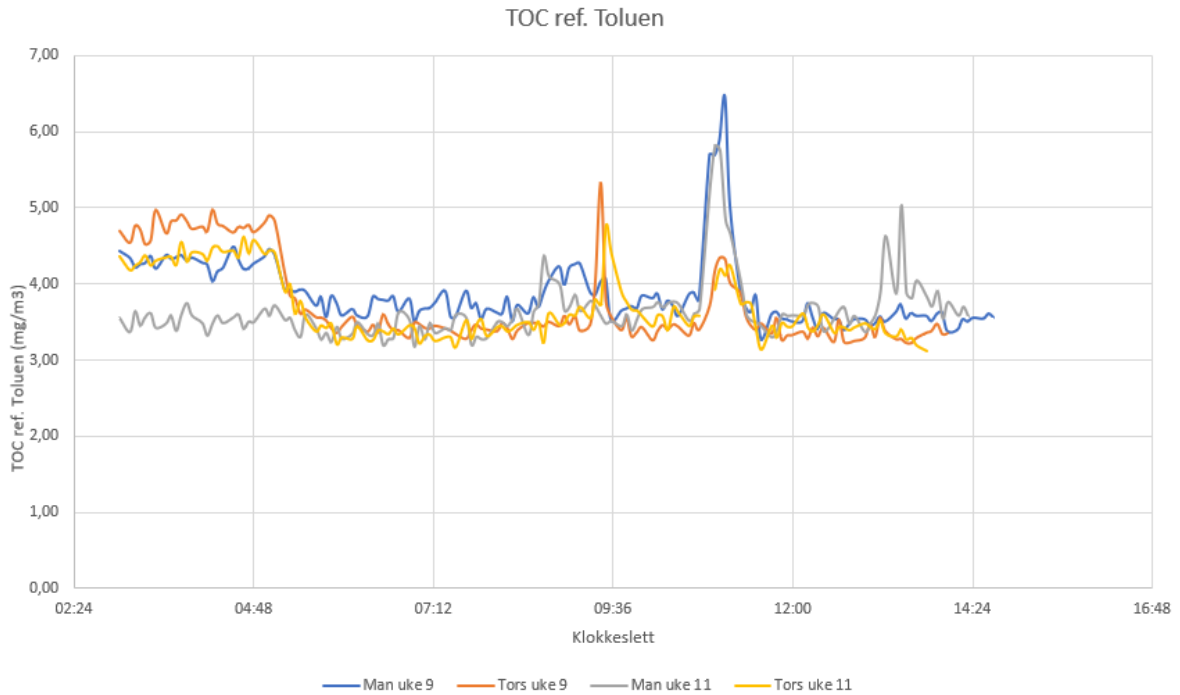


Figur 5.12: Illustrasjon over utvikling av relativ luftfuktighet onsdag uke 9.

Som figur 5.12 over viser, ligger nivået på RF over 20% gjennom hele måleperioden. På nesten alle målinger ligger målepunkt B3 høyere enn de andre målepunktene, med noen få enkeltmålinger der de ligger nesten likt. kl. 05:00 har grafen en plutselig økning i RF. B1 og B2 har en ganske lik utvikling gjennom skoledagen der toppene og bunnene er nesten like gjennom skoledagen. Etter kl. 09:00 jevner grafen seg mer ut, og har en relativt jevn kurve gjennom hele skoledagen. Gjennom skoledagen ligger nivået - i brukstiden - over 25% RF.

5.8 Flyktige organiske forbindelser

Det er tatt med målinger fra utvalgte dager der det blir fremstilt total mengde organisk karbon, med referansepunkt toluen (heretter referert til som TOC). For Y-aksen er er mengden TOC ref. Toluene angitt i $\frac{mg}{m^3}$ og X-aksen angitt som klokkeslett.



Figur 5.13: Konsentrasjon av TOC ref. Toluene for utvalgte dager fra klasserom 1 og 2.

I figur 5.13 anvises utviklingen av TOC fra kl. 03:00 til ca. kl. 14:00. Alle måledagene har noenlunde like utgangsverdier, med unntak av mandagen i uke 11. Etter kl. 05:00 går TOC-konsentrasjonen ned i området mellom 3 og 4 $\frac{mg}{m^3}$. Kurvene bærer preg av små utslag for hele måleperioden for alle dager. TOC-konsentrasjonen for mandag uke 11 er lik før og etter ventilasjonen skrues på. For begge torsdagene i grafen er det markante utslag ved 09:30-tiden. Dette skjer i mindre grad ved 11-tiden for de samme måledagene. Begge mandagene i grafen har utslag ved 11-tiden, der konsentrasjonen av TOC når 6-7 $\frac{mg}{m^3}$. Deretter jevner alle grafene seg ut, med unntak av et utslag rundt kl. 13:00 ved mandagen i uke 11.

6 Diskusjon

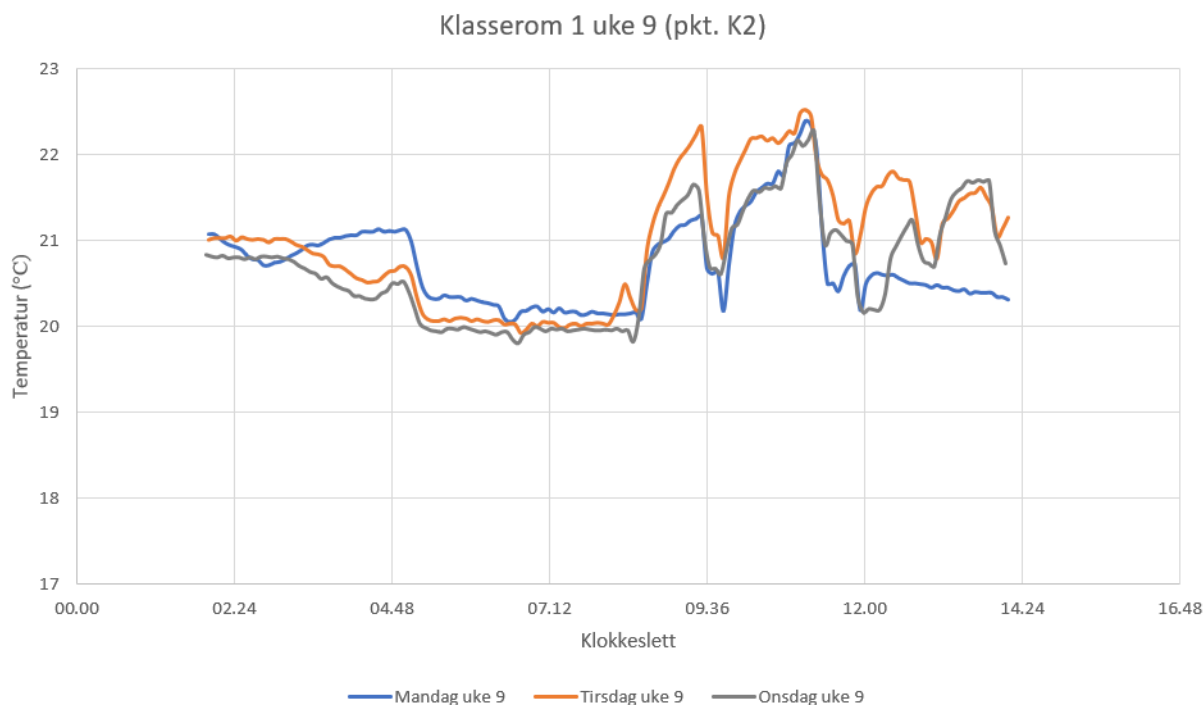
I dette kapitlet blir måleresultatene og Ørebroundersøkelsen diskutert. Resultatene blir tolket og sammenliknet med andre måleresultater og undersøkelser fra tilsvarende rapporter.

6.1 Luftmengder opp mot krav

Som vist i resultatene er luftmengdene på $887 \frac{m^3}{h}$. Med bakgrunn i lik luftmengde for begge klasserommene anses målingene gjort i tilluftskanalen til klasserom 2 som representative for klasserom 1 også. Kravene til luftmengder er nevnt i kapittel 2.3.2, der summen av krav i punkt 1 og 2 skal legges til grunn. Krav nr 1 på $26 \frac{m^3}{h \cdot person}$ resulterer en luftmengde på $780 \frac{m^3}{h}$. Med et gulvareal på ca. $60 m^2$, og krav nr 2 ($2,5 \frac{m^3}{h \cdot m^2}$), er resultatet $150 \frac{m^3}{h}$. Dette fører til krav om total luftmengde på $930 \frac{m^3}{h}$. Dermed er kravene til luftmengder høyere enn de aktuelle luftmengdene for klasserom 1.

6.2 Temperatur opp mot krav

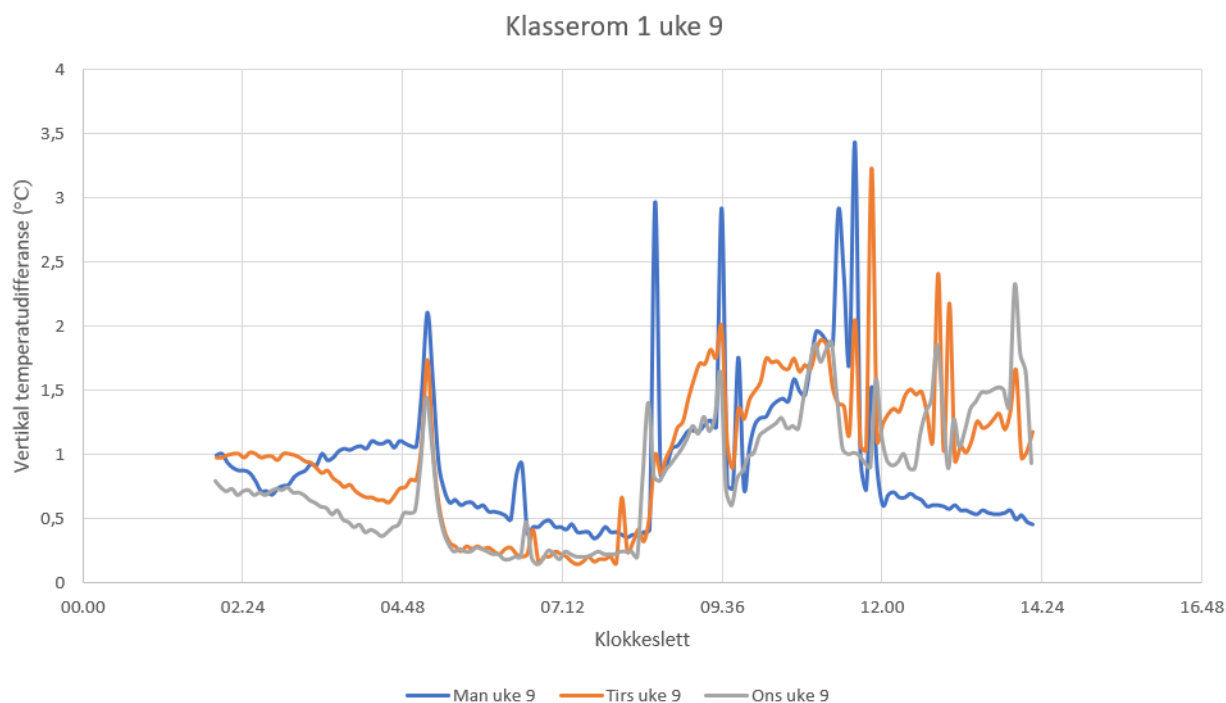
Det ble totalt gjort temperaturmålinger i ti dager, seks i klasserom 1 og fire i klasserom 2. Det var markante variasjoner mellom klasserommene, men for klasserom 1 var det også store variasjoner mellom ukene, noe det ikke var for klasserom 2.



Figur 6.1: Temperatur for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt K2.

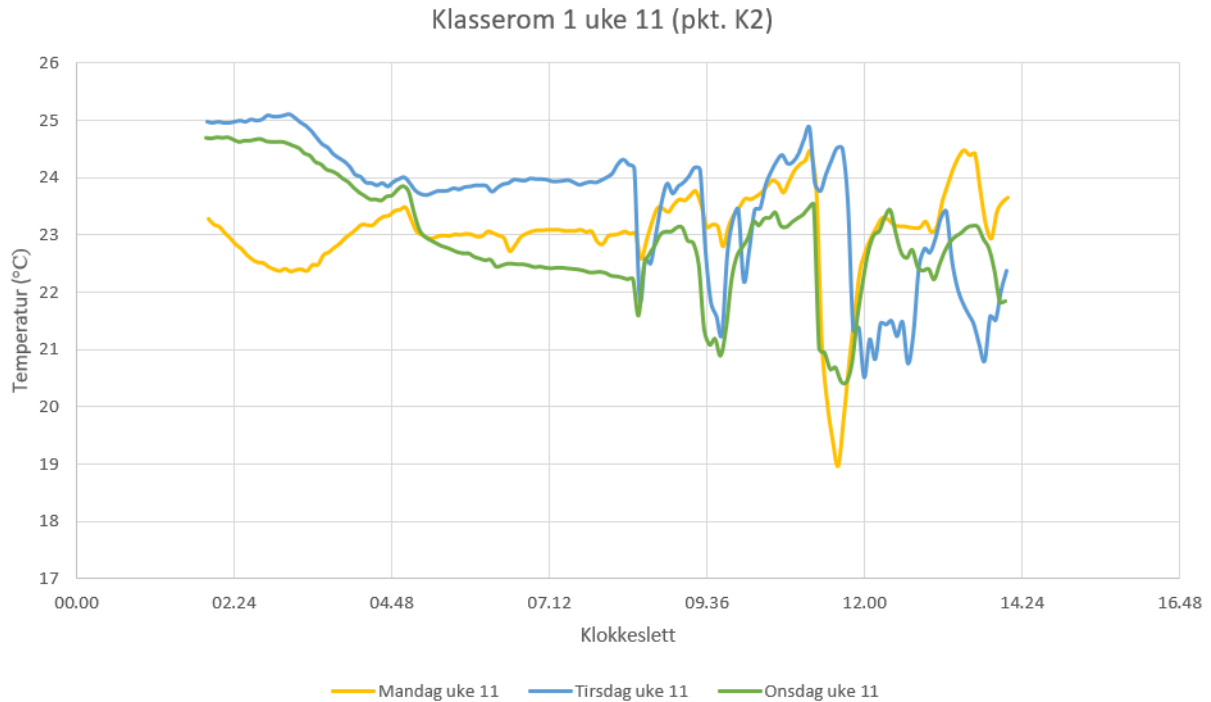
Figur 6.1 illustrerer temperaturene i punkt K2 i klasserom 1 for uke 9. Det er valgt å vise temperaturene i K2 da dette er 1,1 m over gulv som da blir hodehøyde for en sittende person.

Figuren viser at det er relativt likt for alle dagene, med en ganske lik respons da elevene kommer på skolen kl. 08:30. Ved å sammenlikne på denne måten vises det ganske tydelig hvordan effekt elevene har på temperaturen, da det er store svingninger på samme tidspunkt for alle dagene. Det er friminuttene som sørger for de store svingningene disse dagene, da det ikke ble registrert noe vinduslufting. Utifra denne grafen er det grunn til å tro at elevene ble en redusert klasse etter storefri på mandagen, da temperaturen stiger litt, men ikke like mye som i de andre dagene. I rapporten utarbeidet av *SINTEF* [3] står det at optimal lufttemperatur om vinteren er mellom 20 og 23 °C, et intervall som klasserom 1 er innenfor hele uka i perioden elevene er på skolen. Variasjoner i temperaturen kan skyldes at det var en åpen dør mellom det aktuelle klasserommet og naborommet i noen tilfeller. Det er usikkert hvor ofte og hvor lenge denne døren var åpen, men det var flere tilfeller hvor døren stod åpen når det ble gjort tilsyn av måleinstrumentene.



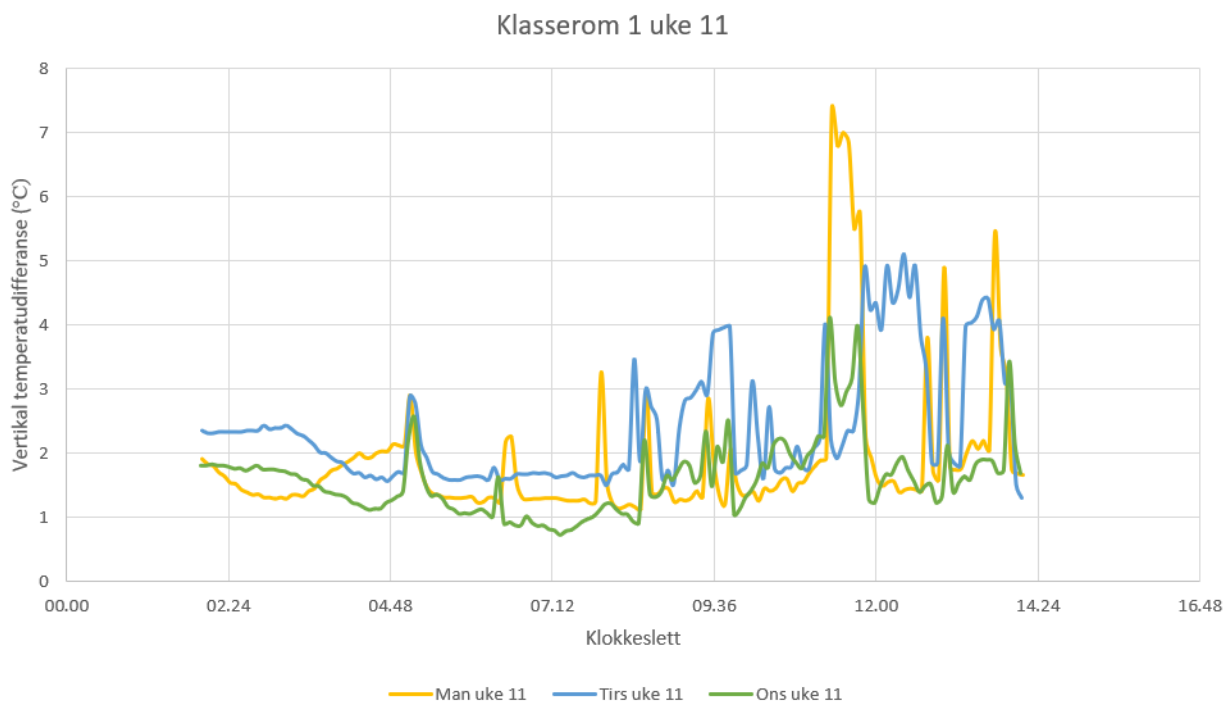
Figur 6.2: Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 9.

Da det er viktig at temperaturdifferansen mellom ankel og hode ikke er for høy, er det også laget en graf som viser forholdet mellom temperaturen 0,1 og 1,1m over gulvet. I figur 6.2 vises den vertikale temperaturdifferansen mellom K1 og K2. For et bygg som er i inneklimakategori 2 bør ikke denne differansen være mer enn 3 °C [14]. Grafen viser at differansen kun går over 3 °C to ganger for disse tre dagene. Tidspunktet tilsier at dette skjedde i storefri, da sannsynligvis ved at døren var åpen når elevene gikk ut. Det betyr at den vertikale temperaturdifferansen fra uke 9 i klasserom 1 har vært i henhold til NS-EN ISO 7730 når det har vært relevant.



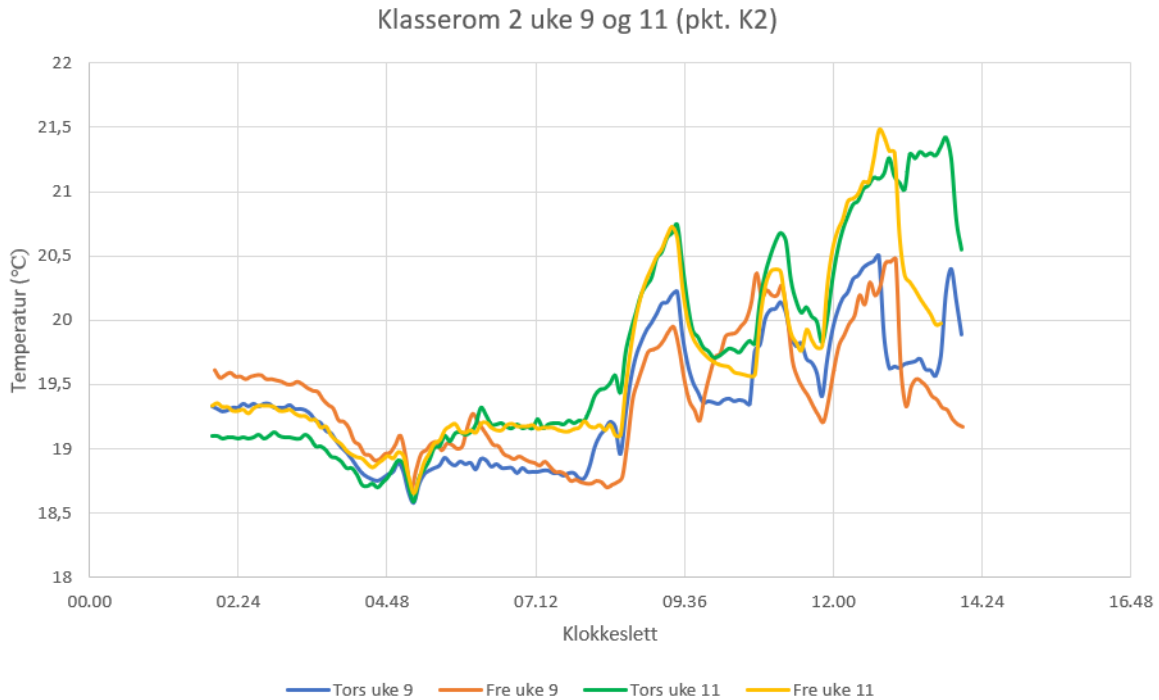
Figur 6.3: Temperatur for klasserom 1 i uke 11 ved målepunkt K2.

I likhet med figur 6.1 viser figur 6.3 temperatur for klasserom 1 i tre dager, men fra uke 11. Det er tydelig å se at det var høyere temperatur i uke 11. Dette er fordi det var noe galt med knx-en. Den låste seg, som igjen førte til høyere temperatur enn innstilt. Temperaturen er ofte over 23 °C, som er den øvre grensen av det *SINTEF* mener er en optimal lufttemperatur [14]. De store temperaturvariasjonene skyldes at det ble vindusluftet alle dagene. Mandagen ble det notert på de utdelte skjemaene for vinduslufting (vedlegg K at vinduet var åpent fra kl. 11:18-11:45 og 13:45-13:55, hvor den første av luftingene vises tydelig på grafen da temperaturen i K2 synker fra 24,5 °C til 19 °C. Dette var i storefri, slik at elevene ikke ble påvirket av den største variasjonen. Tirsdagen ble det luftet sporadisk fra 11:45-14:00, hvor det er et tydelig fall rundt 11:45, og temperaturen blir holdt nede på et mer gunstig nivå ut dagen. Selv om det ikke er registrert vinduslufting før 11:45, ser det ut som det blir luftet i korte perioder tidligere på dagen, men det kan være døren ut av klasserommet eller til naborommet som stod åpen i sammenheng med at elever gikk ut eller inn. Disse tidspunktene passer med skolestart og friminutt. Tirsdag var dagen med høyest temperaturer, hvor temperaturen på starten av skoledagen var 24 °C. Onsdagen var preget av mye det samme som de to foregående dagene, med en temperatur som er noe høyere enn ønsket. Det ble vindusluftet fra 11:20-11:45 denne dagen. I likhet med tirsdagen oppstår tydelige temperaturfall utenom tiden det ble vindusluftet, årsak er trolig den samme.



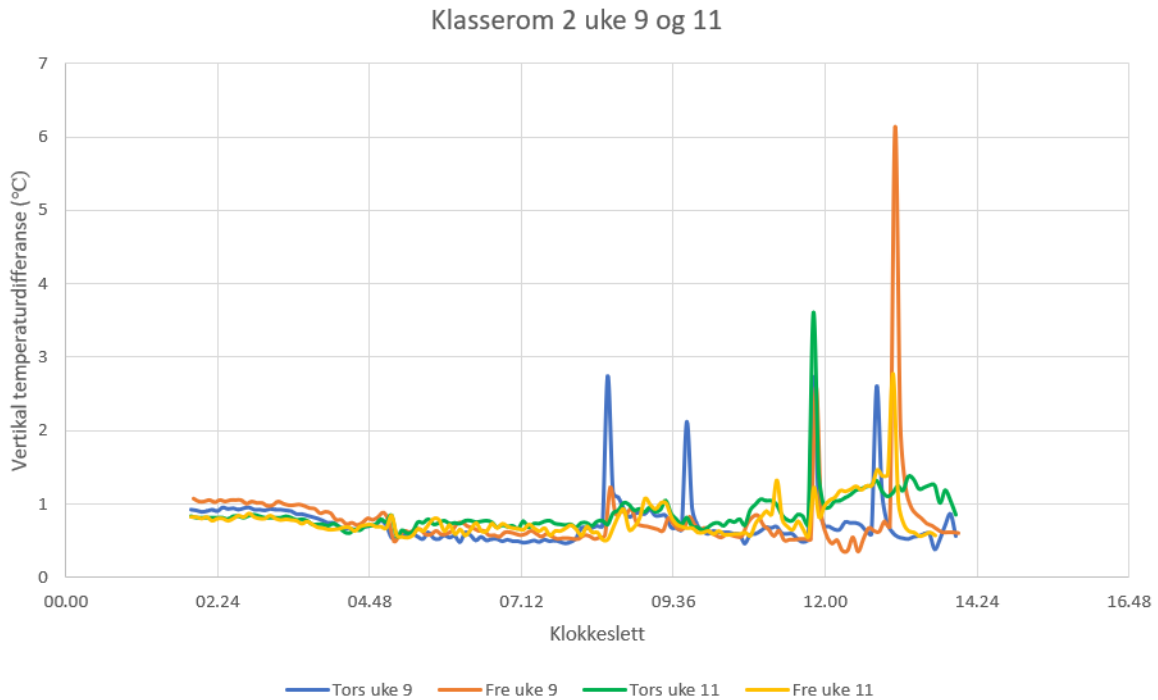
Figur 6.4: Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 11.

Figur 6.4 viser vertikal temperaturdifferanse for klasserom 1 i uke 11. Da temperaturene var høyere for denne uka ble det også luftet mer med å åpne vinduene, som fører til at den kalde uteluften raskt vil senke temperaturen ved ankelhøyde, slik at det vil oppstå større differanser. På mandagen er det ikke så stor differanse før vinduene blir åpnet 11:45, hvor det blir en differanse som samsvarer med det store temperaturfallet i figur 6.3. På dette tidspunktet faller temperaturen i K1 ned til ca. 12 °C, som fører til en vertikal temperaturdifferanse på 7 °C. Som forklart tidligere var dette temperaturfallet i forbindelse med lufting når elevene hadde storefri. Tirsdagen har flest tilfeller hvor differansen overstiger kravet på maks 3 °C. Temperaturdifferansen er over 3 °C i 55 minutter i strekk, fra 11:50-12:45, og etter det er den under 3 °C i 20 minutter før den går over igjen. Ved å lese av figur 2.3 vises det for denne perioden at over 15 % av de tilstedeværende vil oppleve misnøye som følge av den vertikale temperaturgradienten. Dette var fordi det ble luftet fra 11:45-14:00. Det er uvisst om rommet var i bruk som normalt i denne tidsperioden, men hvis det var tilfelle, er det utenfor det som kreves av et bygg i inneklimakategori 2. Det er beskrevet i teksten til figur 6.3 at det var en bedre temperatur i K2 i perioden det ble luftet, men som vist i denne figuren kommer det på bekostning av en høyere temperaturdifferanse. For onsdagen var differansen innenfor kravet i periodene det er ment at elevene skal være i klasserommet.



Figur 6.5: Temperatur for klasserom 2 i uke 9 og 11 ved målepunkt K2.

For klasserom 2 er det valgt å fremstille begge ukene i samme graf, se figur 6.5. Dette er gjort fordi det kun ble målt fire dager i dette klasserommet, og vurdert til at grafen er tydelig nok med fire serier. Det er tydelig at klasserom 2 har lavere temperaturer enn klasserom 1, hvor temperaturen i klasserom 2 i store deler av dagen er under 20 °C. Temperaturen er rundt 19 °C når elevene kommer på skolen, noe som er ca. 1 °C lavere enn for klasserom 1 i uke 9. Da temperaturen optimalt sett skal være mellom 20 og 23 °C er dette noe lavt, men temperaturen stiger til over 20 °C når elevene kommer. Det er liten forskjell på ukene, det er kun snakk om 0,5-1 °C og utetemperaturen viser omtrent det samme for slutten av begge ukene (figur 5.3 og 5.4). Den lille forskjellen er nok dette grunnet ulik personbelastning i klasserommet. Fredag i uke 9 og 11 er det synlig at temperaturen avtar tidligere enn på torsdagene, fordi elevene i 4. klasse sluttet kl. 13:00 disse dagene. Felles for alle dagene i klasserom 2 er at det med fordel kunne vært en litt høyere lufttemperatur.

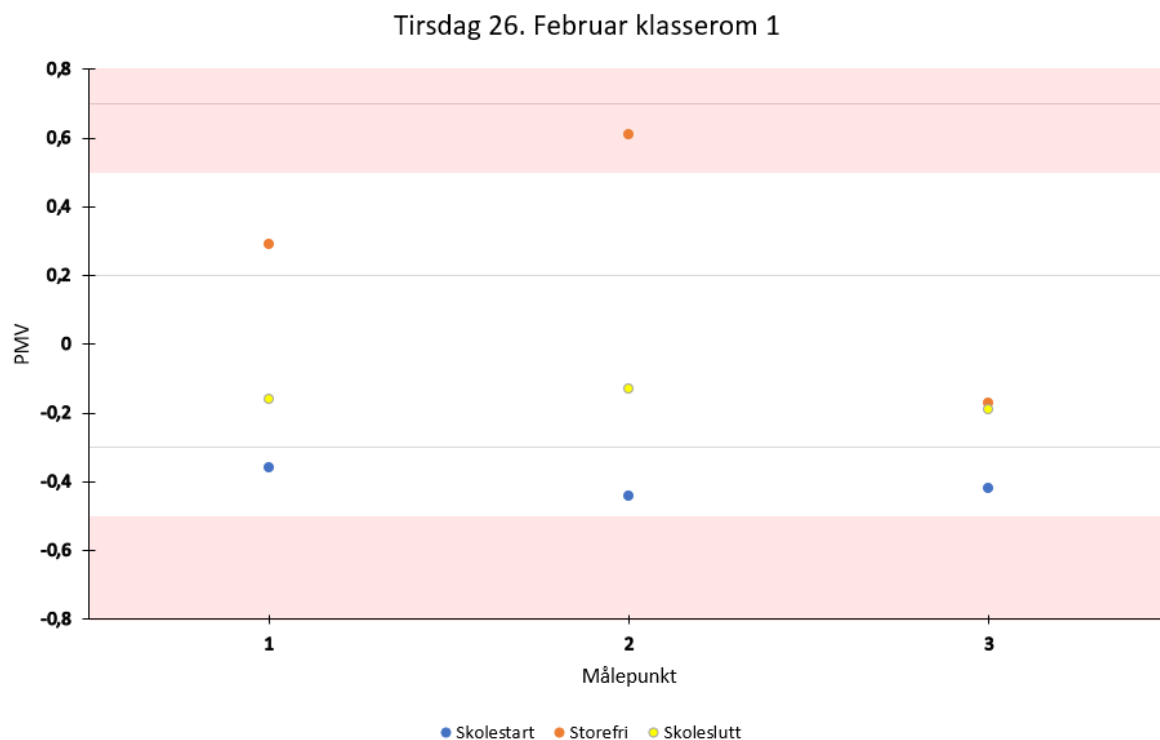


Figur 6.6: Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 2 i uke 9 og 11.

Vertikal temperaturdifferanse målt for klasserom 2 er vist i figur 6.6. Differansen mellom K1 og K2 er lav for alle dagene. Det er øyeblikk der differansen stiger drastisk, men det er over så kort tid at det har ikke noen stor innvirkning på hvordan inneklimate opplever. Stigningene ser ut til å være i sammenheng med friminutt og skoleslutt. Det vil si at da elevene var i klasserommet var sannsynligvis differansen aldri over 3 °C. Dermed har klasserom 2 en vertikal temperaturdifferanse som er gunstig for alle dagene.

6.3 PMV opp mot krav

Under, i figurene 6.7, 6.8, 6.9 og 6.10, er det anvist PMV-målinger som ble gjort med komfortmeteret tirsdag og torsdag i uke 9 og 11. Detaljer omkring målepunktene i klasserommene er anvist i figur 3.1 og 3.2. Om prikkene i figurene ligger i den hvite eller røde sonen indikerer om målingene som ble gjort er innenfor de anbefalte verdier for inneklimatekategori 2, der målinger innenfor $\pm 0,5$ er å anse som tilfredsstillende.

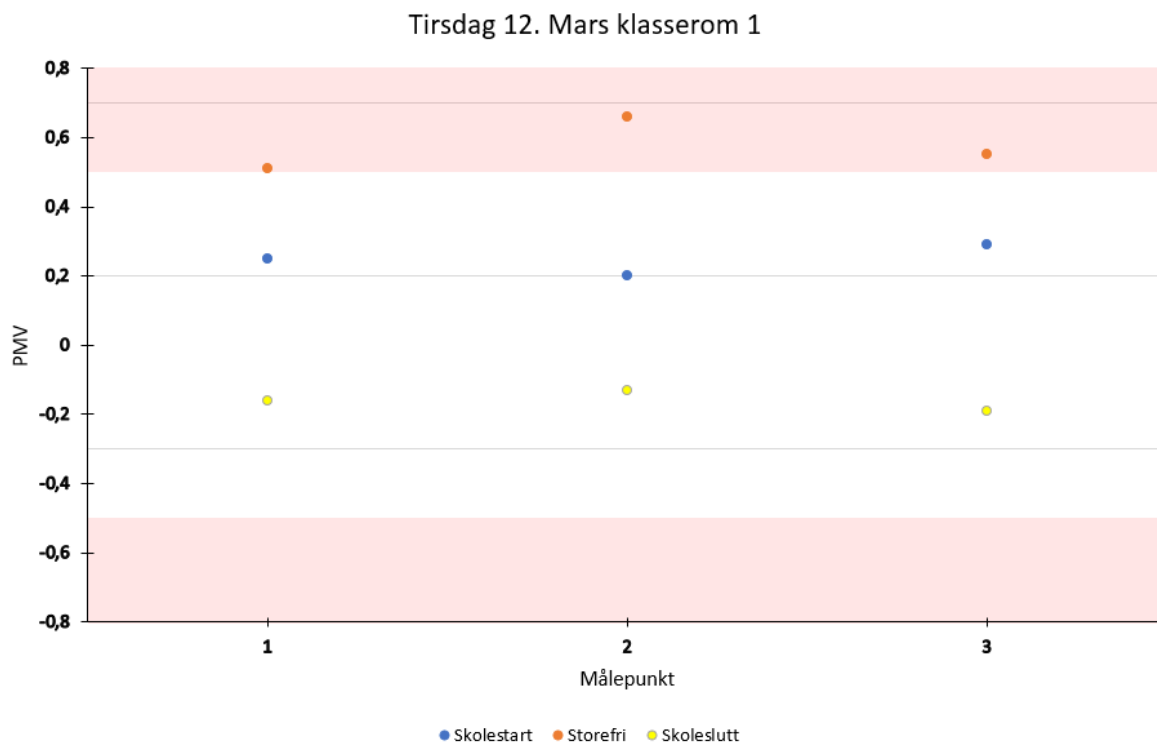


Figur 6.7: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt tirsdag i uke 9.

Som figur 6.7 viser, ligger øyeblikksmålingene for det meste innenfor anbefalt nivå. I målepunkt PMV-2 i storefri er den eneste målingen som er større enn 0,5. Ellers er det gjennom skoledagen relativt gunstige PMV-verdier. Alle målingene (med unntak av målepunkt PMV-1 og PMV-2 i storefri) er på minussiden. Med det aktivitetsnivået, bekledningen og relative fuktigheten som er forventet så vil det med den tilstedeværende temperaturen oppleves som litt kaldt. Det er kun rundt storefri det er noe særlig variasjon i måleverdiene. Ved målepunkt PMV-1 er PMV-verdien 0,3, som er en gunstig verdi. Mens ved målepunkt PMV-2 midt i klasserommet er verdien på 0,61. En plausibel årsak til at det er høyere PMV-verdi i dette målepunktet er at det er midt i klasserommet der det sitter tett i tett med elever, og det kan være dårligere tilgang på frisk og riktig temperert luft enn andre deler av klasserommet. I tillegg er disse øyeblikksmålingene tatt rett etter en lang periode med høy personbelastning. Ved hjelp av formel 1 eller figur 2.2 blir det gitt ved målepunkt 2 i storefri (0,61 PMV) en PPD-verdi på 12,81%.

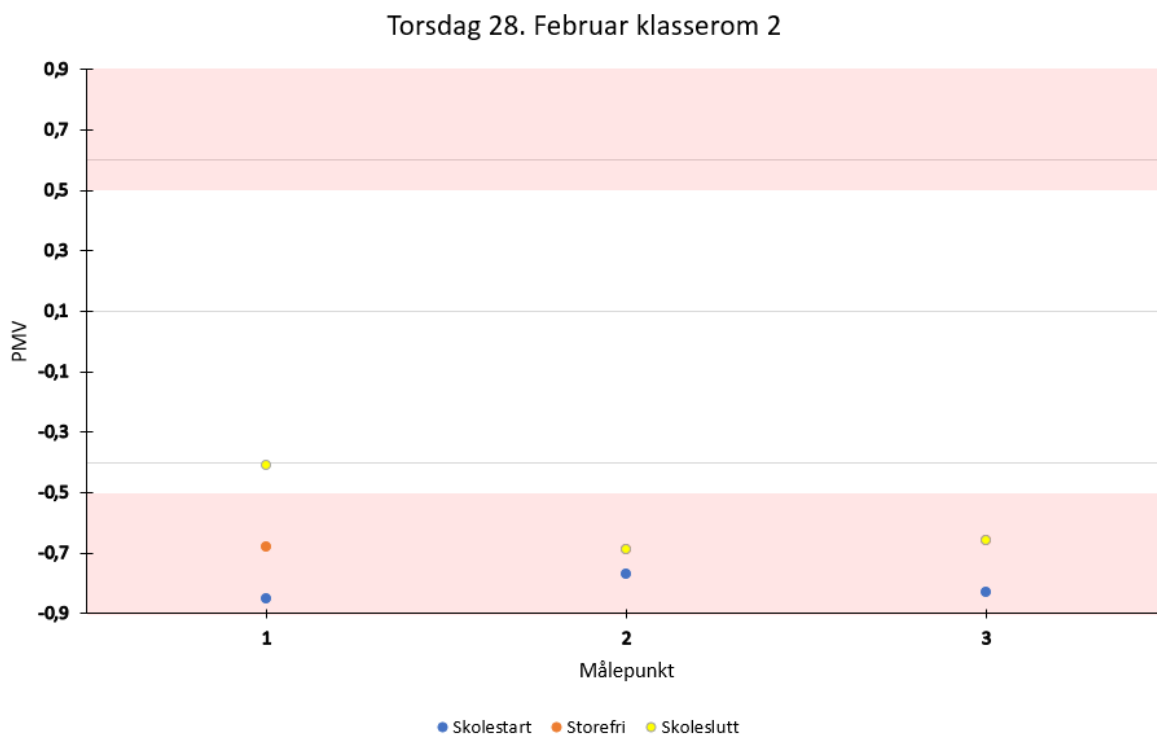
Siden målepunkt PMV-3 er like ved tilluftskanalen, er det gunstig PMV-verdi i dette punktet på dette tidspunktet. At målingene gjort rett før skolestart er rundt -0,4 til -0,45 kan ansees som gunstig, da varmeavgivelse fra personer ved skolestart raskt vil bidra til at PMV-verdien stiger til et enda gunstigere nivå. I lys av at det ikke har vært noen personbelastning i forkant av målingene før skolestart er det betimelig at de tre målepunktene får jevne resultater. Ved skoleslutt er det også jevne måleresultater, på tross av at det har vært personbelastning like før målingene ble tatt. En årsak til at måleresultatene er jevne ved skoleslutt men ikke ved storefri kan være at målingene ble gjort for sent etter at undervisningen tok slutt, slik at de

termiske omgivelsene rakk å komme til normalverdi før prøvene ble tatt. En plausibel årsak er at personbelastningen i siste timen var så redusert at PMV-verdien var gunstig gjennom slutten av skoledagen. En annen årsak kan være at komfortmeter ikke fikk nok tid til å tolke de termiske omgivelsene før målingene ble avlest.



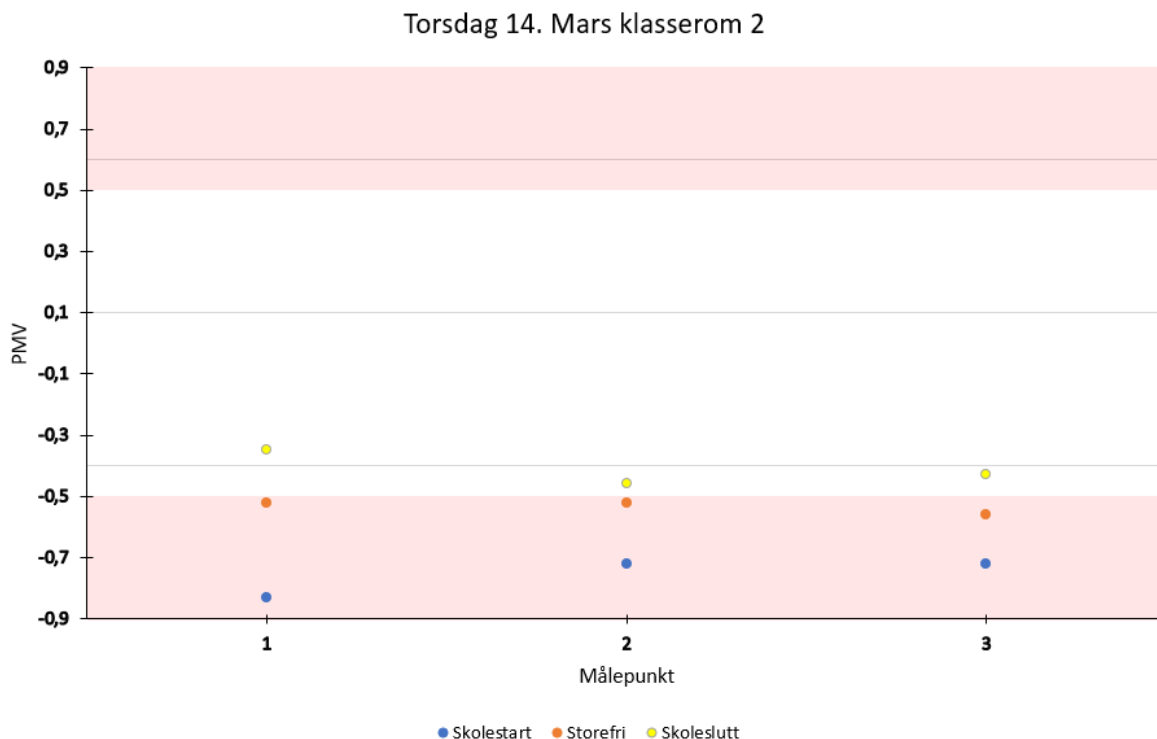
Figur 6.8: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt tirsdag i uke 11.

Når det kommer til tirsdagen i uke 11 er det det generelt høyere PMV-verdi enn tirsdagen i uke 9. Som det fremkommer i figur 6.8, er det ved storefri målinger som er i grensesjiktet over hva som er anbefalt. Dette er grunnet problemene med knx-en, som førte til en høyere temperatur i klasserommet, kombinert med høy personbelastning. Det ble luftet denne dagen for å holde temperaturen nede, som trolig var grunnen til at PMV-verdiene ble lavere etter storefri. Ved skoleslutt viser målingene at det er gode verdier, og rundt skolestart er det også jevnt over gode målinger som viser like over 0,2 i PMV-verdi. Denne dagen er ikke helt representativ i forhold til det virkelige PMV-bilde. Derfor vil det være urimelig å danne et beslutningsgrunnlag eller bruke denne figuren, basert på de driftstilstander som var tilstede på denne dag. Det vil ikke si at målingene nødvendigvis er feil, men at det er temperaturer, RF og CO₂-nivåer som avviker i betydelig grad i forhold til andre dager det ble gjort logging og øyeblikksmålinger.



Figur 6.9: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt torsdag i uke 9.

Over, i figur 6.9, vises det at det generelt gjennom hele skoledagen har vært en for lav PMV-verdi til at det er å anse som tilfredsstillende. Med unntak at målepunkt PMV-1 ved skoleslutt er det ellers verdier som er i intervallet $-0,7$ til $-0,9$. Dette medfører at det er en for stor andel av brukerne som vil oppleve de termiske omgivelser som for kalde. At måleverdiene er såpass lave gjennom denne skoledagen er trolig reelt, da figur 6.5 viser at det på denne dagen var det lave temperaturer. Selv om målingene ikke er helt eksakte vil det selv med avvik sannsynligvis ikke gjøre at måleverdiene blir innenfor $\pm 0,5$. Stort sett er det ikke store avvik fra målepunkt til målepunkt, især ved skolestart og storefri. I likhet med figur 6.10 er verdien ved målepunkt PMV-1 litt høyere enn ved målepunkt PMV-2 og PMV-3. Siden målepunkt PMV-1 avviker noe kan det skyldes at personbelastningen i klasserommet hadde større innvirkning på måleprøve 1 enn resten. Det er for dette målepunktet også større sannsynlighet for at komfortmeteret ikke rakk å stabilisere seg før verdiene ble avlest. Siden målepunkt PMV-2 og PMV-3 har like verdier, er det grunn til å tro at ventilasjonen har rukket å stabilisere seg i større grad fra måling 1 til de 2 siste.



Figur 6.10: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt torsdag i uke 11.

I likhet med torsdag uke 9 er det for torsdagen uke 11 lave PMV-verdier. Rundt storefri og skoleslutt ligger PMV-verdiene helt på den nedre grensen. De minst gunstige målingene forekommer like før skolestart. Her ligger målingene på ca. -0,7 til -0,85. Dette medfører at en for stor andel av brukerne av bygget vil oppleve dette som for kaldt. Figur 6.5 underbygger også hvorfor den opplevde PMV-verdien gjennom hele skoledagen er kald, da temperaturen for det meste ligger på 20 °C gjennom hele skoledagen. Som vist i den temperaturgrafene faller temperaturen drastisk rundt skoleslutt (ca. kl. 13), som gir mening i forhold til at PMV-verdien også faller fra målepunkt PMV-1 til målingene på PMV-2 og PMV-3, da det tar litt tid mellom hver måling i de ulike punktene. Dermed er det betenkelig at PMV-verdiene omkring storefri er jevne, da det går fra stor personbelastning samt høy temperatur til lav personbelastning og temperatur på rask tid. Derfor burde det forventes noe forskjell fra målepunkt PMV-1, PMV-2 og PMV-3, i likhet med skoleslutt da det er like betingelser. Men, så skal det nevnes at øyeblikksmålingene gjort under storefri er gjort med tidspress, så det er en risiko for at ikke komfortmeter fikk nådd et stabilt nivå før målingene ble avlest.

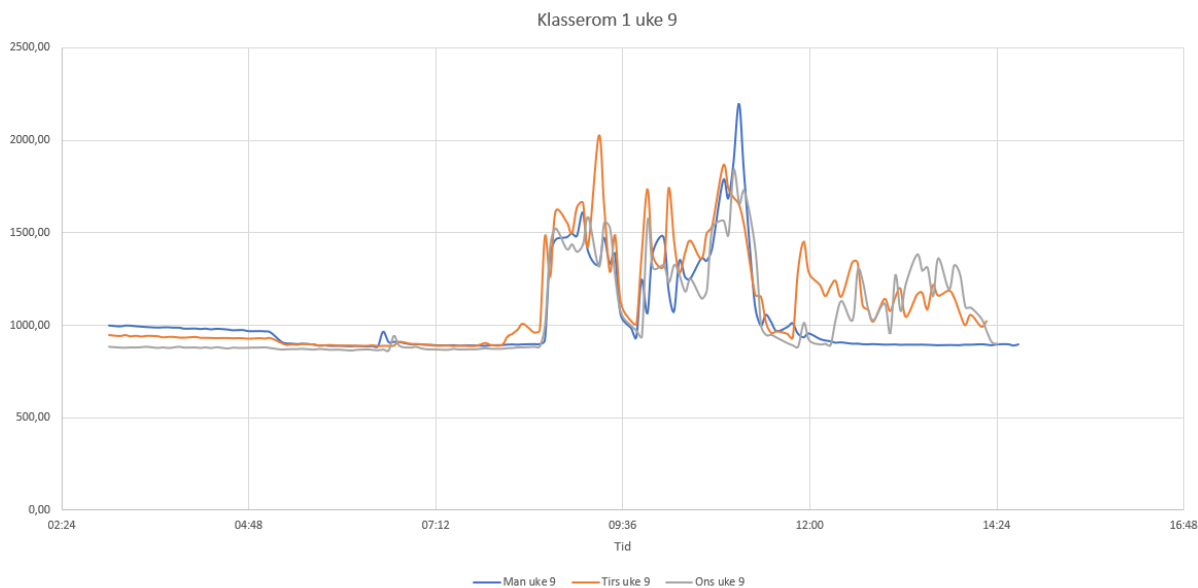
Alle grafene tatt i betraktning er det gjennomgående at det ikke er særlig ugunstige PMV-verdier i klasserommene. Når en tar høyde for at PMV-tabellen har et egentlig intervall på ± 3 viser det med disse målingene at PMV-verdiene som forekommer på skolen i disse måleperiodene ikke er optimale, men heller ikke langt utenfor kravet. For klasserom 1 vises det ved hjelp av figur 6.7 og 6.8 at det er en trend med høye PMV-verdier når det er storefri. Dette skyldes trolig høy personbelastning over lang tid, og trolig over lengre tid enn ved skoleslutt, som har

en gjennomgående lavere verdi. Det skal også nevnes at det ved tirsdagen i uke 11 var vesentlig forskjellige termiske- og atmosfæriske betingelser enn for tirsdagen i uke 9. Dermed er det begrenset hvorvidt det er representativt å sammenlikne disse måledagene.

For klasserom 2 var det like driftsbetingelser for torsdagen i uke 9 og 11. Her er det jevnere måleresultater enn ved klasserom 1. At målepunkt 1, 2 og 3 har såpass like verdier tyder på at elevene har noenlunde lik oppfatning av de termiske omgivelser uavhengig av hvilken lokasjon de sitter på i klasserommet. I tillegg viser resultatene fra torsdagene at det generelt oppleves som for kaldt i dette klasserommet. Ved å endre bekledning, tilluftstemperatur eller pådrag på radiatorne vil det føre til at PMV-verdien øker til et mer tilfredsstillende nivå. Den gjennomsnittlige PMV-verdien før skolestart ligger på -0,79 som tilsier at 18,15% av de som kommer på skolen vil oppleve at det er for kaldt i klasserommet.

6.4 CO₂-nivå opp mot krav

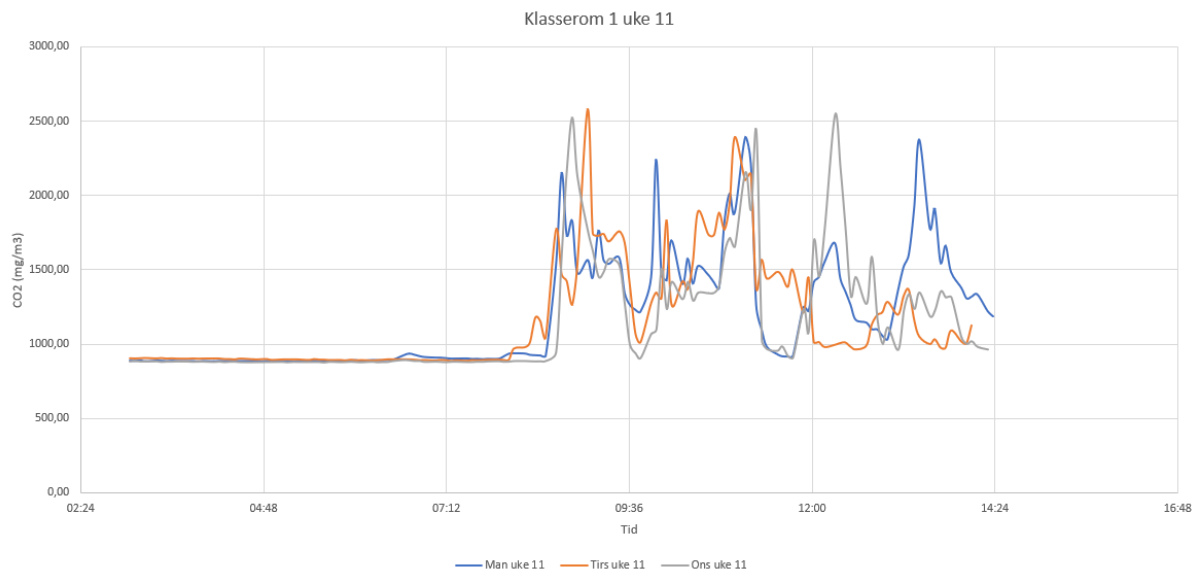
For grafene presentert i dette kapitlet er det blitt brukt data fra målepunkt B1. Dette målepunktet er gjort rede for i kapittel 3.1. B2 og B3 er ikke brukt i den grafiske fremstillingen, da B2 er utenfor oppholdssonen og B3 er plassert i tilluftskanalen. Som det fremgår fra loggingen av CO₂ over de to skoleukene holder for det meste nivået seg under den maksimalt tillatte grensen på $1800 \frac{mg}{m^3}$ (1000 ppm). Enkelte dager har høyere nivå enn andre, men stort sett er CO₂-nivået på et tilfredsstillende nivå. For klasserom 2 er det kun en enkeltmåling gjennom hele måleperioden som er over $1800 \frac{mg}{m^3}$. I løpet av de to ukene ble det gjennomført noe vinduslufting, spesielt mandag til onsdag i uke 11. Dette betyr at validiteten til CO₂-nivået for disse dagene er noe svekket. Når det luftes slippes det inn frisk luft, og dette vil igjen gi en lavere konsentrasjon av CO₂ i klasserommet enn hvis det ikke hadde blitt luftet.



Figur 6.11: CO₂-nivå for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt B1.

Som figur 6.11 over viser, holder CO₂-nivået seg stort sett under $1800 \frac{mg}{m^3}$ alle tre dagene, med unntak av små perioder. For alle dagene starter nivået på relativt likt nivå, der en ser et lite utslag kl. 05:00 da ventilasjonsanlegget skrur på. Deretter holdes nivåene jevnt til skolestart, som har en stor innvirkning på CO₂-nivået i klasserommet. På tirsdagen og mandagen er det to enkeltmålinger som overgår $2000 \frac{mg}{m^3}$. Det er tydelig at det er en bunn på grafen rundt 09:45 som mye sannsynlig skyldes friminutt. Dette underbygges av temperaturfallet på dette tidspunkt i figur 6.1. Det samme gjelder i forkant av kl. 12:00 da CO₂-nivået når normalnivå igjen. Det er tydelig at det skal lite tid til før CO₂-nivået blir mye høyere. Siden det ikke er registrert noe vinduslufting på dagene presentert i grafen er det varierende personbelastning og gjennomtrekk fra åpne dører som forårsaker variasjoner i grafene.

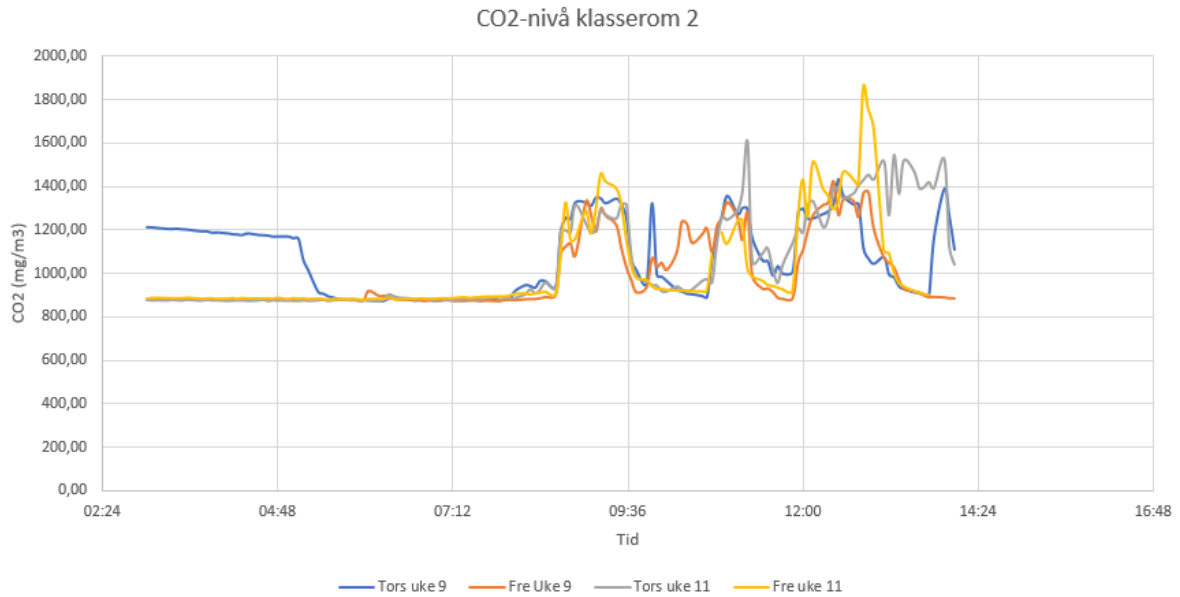
Det er stort sett i slutten av skoletimene at CO₂-en har toppunktene sine. Når konsentrasjonen av CO₂ stort sett holder seg under minstekravet er dette et klart tegn på at luftmengdene er tilstrekkelig til å holde luftkvaliteten på et tilfredsstillende nivå med den aktuelle personbelastningen. På mandagen kl. 12:00 stabiliserer konsentrasjonen seg til normalnivå vesentlig tidligere enn det som er tilfelle for tirsdagen og onsdagen. Mest sannsynlig er det at elevene fikk dra hjem tidligere denne dagen, eller at personbelastningen ble redusert. Dette stemmer overens med figur 6.1, der temperaturen jevnes ut rett etter kl. 12:00. Også det plutselige fallet rundt kl. 11:00 stemmer overens med denne grafen. Ved hjelp av variasjoner i vertikal temperaturdifferanse er det også tydelig at dørene ikke holder seg lukket i tidsrommet fra kl. 11:00 til 12:00. Dette vises i figur 6.2.



Figur 6.12: CO₂-nivå for klasserom 1 i uke 11 ved målepunkt B1.

Som figur 6.12 viser er det i løpet av skoledagen uke 11 store variasjoner i CO₂-nivå. I løpet av skoledagene er det hyppige forekomster av CO₂ som er over det anbefalte maksimumsnivået. I disse periodene er det av en slik konsentrasjon at det kan få konsekvenser på brukerne av bygget. Med disse verdiene vil over 20 % av de som kommer inn i rommet oppleve sjenerende lukt. Som tidligere nevnt i kapittel 2.5 vil dette forårsake en moderat reduksjon i evne til å ta beslutninger. CO₂-nivåene for tirsdagen skiller seg ut i lunsjperioden (ca. 11:00-12:00), da CO₂-nivået opprettholder en verdi på ca. $1500 \frac{mg}{m^3}$. Når storefri normalt sett er over er det en trend ved at CO₂-nivået stiger drastisk. For tirsdagen synker den derimot kl. 12:00. Det betyr at det sannsynlig har vært en betydelig mengde elever igjen i klasserommet i storefri, og at etter storefri har det vært sporadisk mengde personbelastning i klasserommet.

Det er forekomster av mange CO₂-spisser i løpet av skoledagene. At dette forekommer på nesten like tidspunkter styrker validiteten for at det ikke er målefeil, men at målingenes verdi er reelle tall. Dette styrker også påliteligheten til de høye enkeltmålingene som fant sted i uke 9 i klasserom 1. Det er kun noen dager som viser en nedgang i CO₂-nivået når ventilasjonen slås på. De dagene CO₂-nivået synker når ventilasjonen slås på har det trolig vært noen i rommet etter at ventilasjonen skrudde seg av dagen før. Da det ikke har vært noe ventilasjon på har ikke CO₂-nivået rukket å komme ned på likt nivå som tilluften. Et godt eksempel på dette er: Mandag uke 9 i figur 6.11. Da ble måleutstyret satt opp kvelden før. De dagene det er jevnt nivå før og etter ventilasjonen har slås på, har det enten ikke vært aktivitet i rommet når ventilasjonen var av, eller så har CO₂-nivået rukket å synke naturlig.

Figur 6.13: CO₂-nivåer i klasserom 2.

Som figur 6.13 viser, har torsdagen i uke 9 en annerledes CO₂-nivå på natta fra 03:00 til 05:30. Det stemmer overens med at måleutstyret ble satt opp på onsdags kveld etter at ventilasjonen var skrudd av. Felles for alle dagene er at det rundt 08:30 får en kraftig økning i CO₂, altså skolestart. På en halvtime går CO₂-nivået fra 890 $\frac{mg}{m^3}$ til ca. 1200. Et menneske slipper ut 15-20 liter CO₂ per time [21], og med en personbelastning på 18 elever gir det et utslipp på 315 $\frac{l}{h}$ som igjen gir 157,5 liter på en halvtime (med å bruke middelerdi 17,5 $\frac{l}{h \cdot person}$). Ved å benytte Avogrados formel 6 finner en hvor mange gram CO₂ som blir sluppet ut.

$$V = \frac{\eta \cdot R \cdot T}{P} \Rightarrow \eta = \frac{V \cdot P}{R \cdot T} [mol] \quad (6)$$

Der V er volum [liter], R er ideell gasskonstant [$\frac{J}{K \cdot mol}$], P er atmosfærisk trykk [Pa] og T er gassens temperatur [K]. Ved å benytte 1 atm, 8,314 $\frac{J}{K \cdot mol}$, 293,14K (20°C) og 0,16 m³ (157,5 liter) gir det $\eta = 6,53 [mol]$. Med en molar vekt på 44,01 $\frac{g}{mol}$ blir det 287g CO₂ på en halvtime. Siden klasserom 2 har et volum på ca. 216 m³ fører det til et CO₂-ustlipp den første halvtime på 1,33 $\frac{g}{m^3}$ eller 1330 $\frac{mg}{m^3}$. Denne verdien avviker i forhold til hva som vises i grafen, men det skal tas i betraktning at luftskifte ikke er medregnet i denne beregningen. I tillegg tar denne beregningen ikke høyde for volumet av oppholdssone, som vil gi avvik i forhold til det beregnede CO₂-nivået.

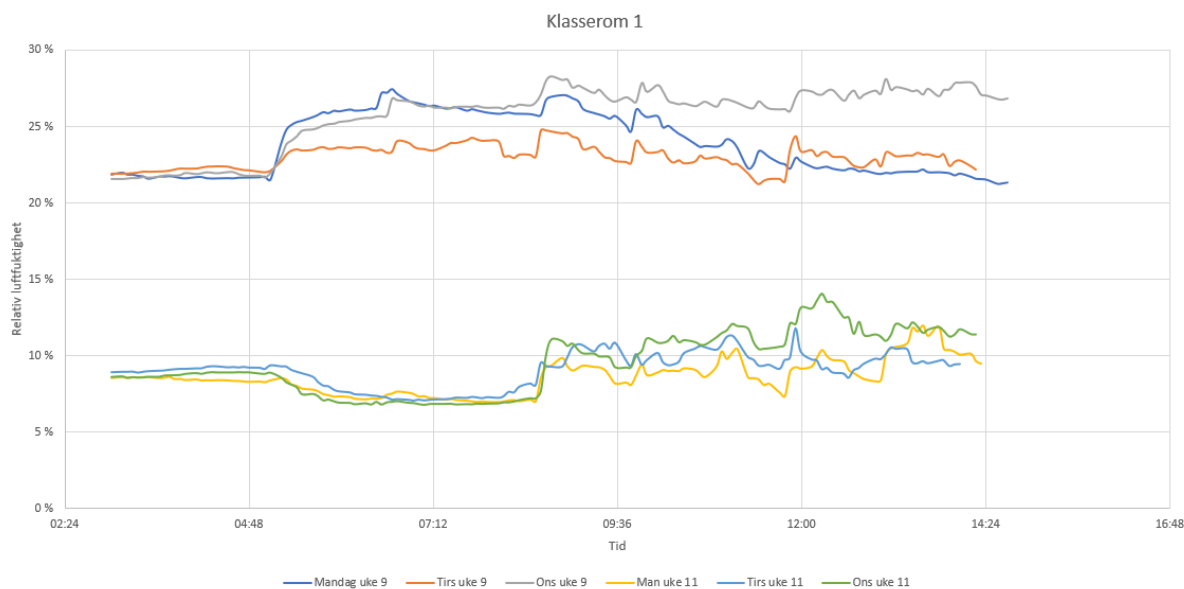
Som det fremkommer er det gjentakende lave CO₂-verdier omkring storefri (11:00 til 11:30). Da rekker CO₂-nivået å nå tilbake til normalnivå. Da det ikke er registrert vinduslufting på disse dagene er det varierende personbelastning og åpne dører som kan gjør utslag på målingene.

Enkelte dager der det er vesentlig høyere verdier enn andre kan også tyde på undervisning på tidspunkter det normalt ikke er.

For alle måleperiodene for klasserom 1 og 2 viser det at CO₂-nivået rekker å nå normalnivå i storefri, slik at det gjennom skoledagen blir et - for det meste - forsvarlig CO₂-nivå for begge skoleukene.

6.5 Luftfuktighet opp mot krav

Etter å ha logget luftens vanndampinnhold over to skoleuker fremkommer det et generelt bilde av hvordan den relative luftfuktigheten i klasserommene er. På grunn av at måleperiodene er vinterstid er det generelt tørr luft, og som det fremgår av målingene er det flere perioder der den relative luftfuktigheten er godt under den anbefalte minsteverdien på 20 %. I figur 6.14 og 6.15 under illustreres hvordan den relative luftfuktigheten er gjennom måleperioden fra 03:00 til ca. kl. 14:00 mandag til fredag i uke 9 og 11. I de utdelte skjemaene for vinduslufting har det for noen av dagene blitt registrert vinduslufting, som vil vises i resultatene. Dermed vises effekten lufting har på den relative luftfuktigheten. Paradokset med luftingen som ble gjort er at det ble luftet bare på de dagene som hadde kaldest utetemperatur.



Figur 6.14: Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 1 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.

For klasserom 1 er det i figur 6.14 grafisk fremstilt hvordan RF-verdiene er i målepunkt B1 fra mandag til onsdag i uke 9 og 11. For hele uke 9 er det et tilfredsstillende nivå på den relative luftfuktigheten i forhold til anbefalingen på minimum 20 %. Ventilasjonsanlegget skrur på kl. 05:00. Dette forårsaker den spontane endringen i RF-verdi både mandag, tirsdag og onsdagen for begge ukene. For alle disse dagene tar det ca. en halvtime før RF-verdien stabiliserer seg

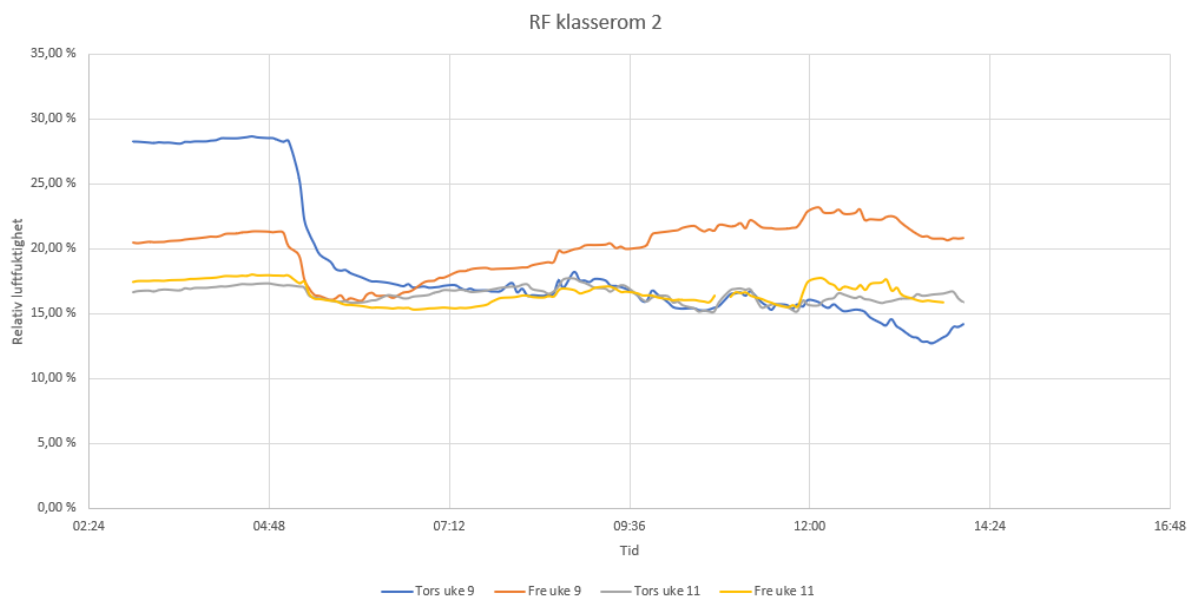
noenlunde. For uke 9 øker RF-verdien når ventilasjonen skrus på. Grunnen til at den øker er at temperaturen synker i klasserommet når ventilasjonen skrus på. Det er en tydelig korrelasjon med figur 6.1, der temperaturene synker på samme tidspunkt som RF-verdiene stiger.

Det vises også tydelig hvilken fuktpåvirkning elever og ansatte har på den relative luftfuktigheten med at den øker alle dagene kl. 08:30. Okkupantenes påvirkningsfaktorer på nivået av relativ luftfuktighet i klasserommene er tvetydig. Brukerne har fuktavgivelse til omgivelsene, i tillegg til varmeavgivelse. Varmeavgivelsen bidrar til at den relative luftfuktigheten minker, da det blir høyere lufttemperatur. Samtidig vil fuktavgivelse bidra til et høyere nivå av vanninnhold i luften. Da øker relativ luftfuktigheten. Basert på grafenes utvikling kommer det tydelig frem at fuktavgivelsens påvirkning er større enn varmeavgivelsens, da relativ luftfuktighet øker når det er høy personbelastning i klasserommene. Den relative luftfuktigheten for disse tre dagene ligger mellom 22 % og 28 %. Basert på at det er såpass lik utvikling på RF-nivåene denne perioden er det ikke blitt luftet, og det har også vært regelmessig undervisning som ikke har avviket større fra dag til dag.

I figur 6.14 er det også valgt å ta med relativ luftfuktighetsresultater fra uke 11. I lys av den vesentlige forskjellen det er i RF-nivå fra uke 9 til 11, er det interessant å illustrere det i samme graf. I uke 11 er det ekstremt tørre inneklimateforhold i klasserom 1. For hele perioden er det ikke ett tidspunkt der RF-nivået er på 20 %. Den høyeste registrerte målingen er på 14 % på onsdagen 12:30. I likhet med alle de andre målinger av RF, registreres det en markant endring i RF omkring 05:00 på natta, ved oppstart av ventilasjonsanlegget.

Ved skolestart er det en markant økning i RF-nivå. På disse tre dagene var det ekstremt kaldt ute. På tross av dette var det en unormalt høy innetemperatur. Dette gjorde at det ble luftet store deler av skoledagen. Dette kan ha bidratt til den ujevne relative luftfuktighetsfordelingen som fant stede disse dagene.

Det er to ting som er spesielt interessant å se på i figur 6.14 rundt kl. 05:00. RF for ukene viser en differanse før ventilasjonen skrus på, og etter den skrus på øker RF for uke 9 og synker for uke 11. Før kl. 05:00 er RF for uke 11 trolig så lav siden temperaturen i rommet er høy, se figur 6.3. Grunnen til at RF synker når ventilasjonen skrus på kan tolkes som en årsak av utetemperaturen, se figur 5.4. I uke 11 var utetemperaturen lavere enn i uke 9, noe som fører til at det absolutte vanninnholdet i uteluften var lavere i uke 11 enn 9. I uke 9 var det nedbør og en høyere utetemperatur, noe som kan være grunnen til at RF øker når ventilasjonen skrus på.



Figur 6.15: Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 2 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.

Grafen viser at det er lange perioder der den relative luftfuktigheten er under 20 %. Felles for alle målingene er at de får et fall omkring 05:00, idet ventilasjonen skrues på. Etter ca. en halvtime holdes RF-verdien noenlunde konstant frem til skolestart 08:30 unntatt fredag uke 9, som har en jevnt stigende RF-verdi mot skolestart. I løpet av skoledagen holdes (med unntak av fredag uke 9) RF-verdien seg på rundt 15-17 %, som er lavt. Som det også fremgår i grafene er det liten variasjon i RF gjennom skoledagen, som kan bety at personlasten ikke påvirker RF-en i særlig grad til tross for at mennesker frigjør fukt via utånding og svetting. For at verdien skulle vært innenfor kravet kunne innetemperaturen blitt senket, men det kunne påvirket den termiske komforten.

Når RF-verdien er så lav er det risiko for at det kan forårsake helseproblemer i form av kløe, tørr hud og slimhinneirritasjon. For å forebygge dette er det fornuftig å smøre seg med fuktighetskrem og være påpasselig med å ha et godt væskeinntak. Det kan også være et tiltak å redusere volumstrømmen inn til klasserommet for å få en høyere relativ luftfuktighet. Det kommer tydelig frem i grafen hvordan ventilasjonsanlegget påvirker den relative luftfuktigheten. Ved å senke denne vil det kunne oppleves at den relative luftfuktigheten heves til et akseptabelt nivå. Det bør tas hensyn til at volumstrømmen ikke senkes i så stor grad at det forringer andre parametre slik at det blir uakseptabelt inneklima. Det må da påses at CO₂-nivået ikke overstiger 1000 ppm, ventilasjonskrav holdes ved like og at andre parametre overholder regler og anbefalinger. Selv om måleperioden er over to uker betyr det ikke at det er slik gjennom hele vinterhalvåret. Men gitt at det er lange kaldværsperioder der disse målingene er tilstede over lang tid, vil ventilasjonsanleggene være i en slik drift at det ikke er å anse som tilfredsstillende i forhold til krav. For å sikre elevers og ansattes helse og velvære bør det dermed utredes hvorvidt det er nødvendig og gunstig å bruke andre driftsbetingelser i disse periodene.

6.6 Flyktige organiske forbindelser

I målinger av flyktige organiske forbindelser er det vanlig å måle en totalkonsentrasjon av en rekke stoffer. Med hensyn på retningslinjer presentert i kapittel 2.3.3 er det for alle måledataene høyere verdier enn det som er anbefalt. Da MGM-en måler toluen, er det ikke nødvendigvis riktig å bruke grenseverdiene for TOC. *World health organization* har skrevet en artikkel hvor forskning på toluen er et kapittel. Der konkluderes det med at hvis luftkvaliteten skal baseres på terskel for lukt, anbefales det at verdien holdes under $1 \frac{mg}{m^3}$ dersom en oppholder seg over 30 minutter i samme rom [36]. Verdiene som ble presentert i figur 5.13 er høyere enn denne anbefalingen til enhver tid. Selv om disse verdiene er høye, danner det ikke et bilde av den totale mengden flyktige organiske forbindelser.

6.7 Sammenlikning av Ørebroundersøkelsen & målinger

Ørebroundersøkelsen ble gjort for å se hva som plagde de ansatte og dermed gi en indikasjon på hva som var mest interessant å måle senere. Figur 5.2 viser at mange av de ansatte mente det var tørr luft på skolen, noe som ga en indikasjon på at det kunne være interessant å måle relativ luftfuktighet. Basert på måledataen om RF så er det åpenbart at det er en grunn til så mange klager på tørr luft. En RF på 15%-18,5% er grunnen til at de ansatte reagerer på det. Måten de reagerer er ut i fra figur 5.1 med kløe, svie og/eller irritasjon i øynene. ”Innestengt og ”dårlig” luft” og ”Støv og smuss” er de to andre punktene i ørebroskjemaet som har over 20% som er misfornøyde. For å undersøke luftkvaliteten er det ofte gunstig å måle konsentrasjon av CO₂. Hvis kravet til CO₂-mengde skal brukes som en grense for hva som er komfortabelt så er det ikke mye likheter med målinger og ørebroundersøkelsen. Måleverdier for CO₂ er stort sett under 1000 ppm, med unntak for klasserom 1 i uke 11, da det var driftsmessige ufordringer som forårsaket en kjedereaksjon med unormale verdier på en rekke parametre. Ørebroundersøkelsen bør ikke sammenliknes med målingene som var preget av driftsproblemer. Disse eksisterte ikke på tidspunktet da undersøkelsen ble utført.

6.8 Sammenlikning med andre inneklimaundersøkelser

Foruten å sammenlikne resultatene med krav, er det også undersøkt resultater fra andre skoler, for å kunne se hvordan inneklimaet på Skistua skole er i forhold til disse.

Til sammenlikning ble det brukt en masteroppgave skrevet av Marianne Algrøy høsten 2013 ved NTNU[19]. I den oppgaven ble det blant annet gjort målinger av CO₂, luftfuktighet og temperatur på en skole i Larvik. Dette ble gjort i oktober, som i Larvik ikke kan tilskrives som verken sommerdrift eller vinterdrift, ulikt fra målingene gjort på Skistua skole som er gjort under vinterdrift. I målingene gjort av Algrøy ble det plassert sensorer som målte blant annet CO₂ og temperatur. Det ble kun gjort målinger to dager, som gjør at det ikke er optimalt å sammenligne med data fra målingene gjort på Skistua skole. Sammenlikningen mellom disse

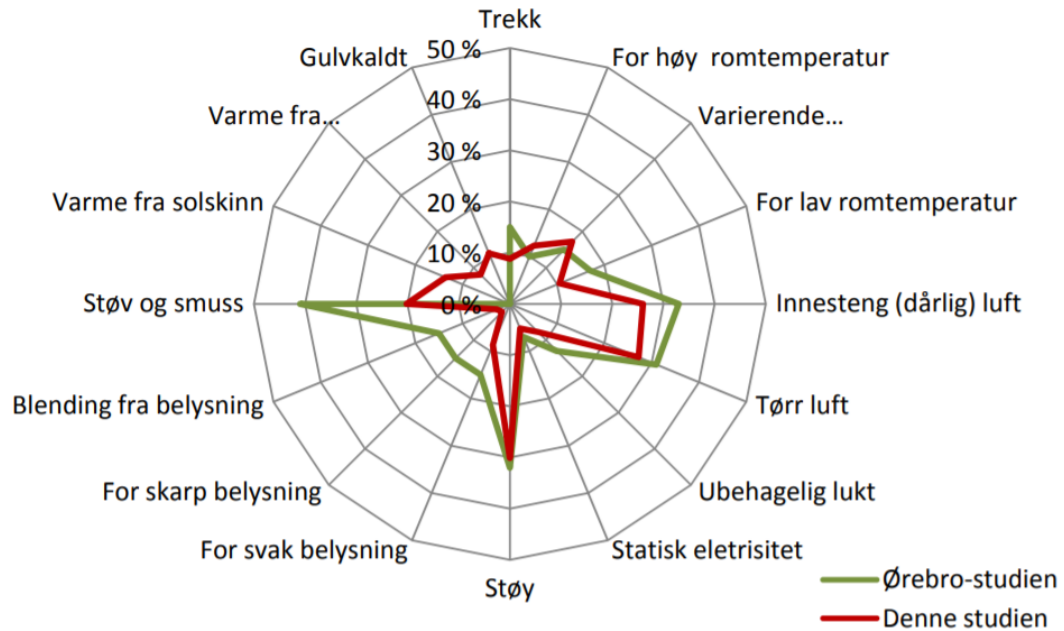
to undersøkelser vil være metoder og verdier fra rapporten til Algrøy, mot metoder og verdier fra målinger gjort på Skistua skole. Målingene til Algrøy ble gjort i to rom, der det ble plassert en sensor som målte CO₂ på veggen i nærheten av avtrekkskanalen. Temperatur ble målt i forskjellige høyder i rommet (0,1, 1,1, 2,0 og 2,8 m over gulv). Med resultater fra disse målingene kan det sammenliknes med resultater fra tilsvarende målepunkter på Skistua skole.

Fra Rapporten til Algrøy står det at CO₂-målingene varierte mellom 1300 ppm og 750 ppm. I figur 29 i Algrøy sin rapport vises det også at det i store deler av dagen er over 1000 ppm, som sammenliknet med Skistua skole er høyt. På Skistua skole er det sjeldent målt CO₂-verdier over 1000 ppm, selv de gangene det oppstår er det i veldig korte perioder. Når målingene til Algrøy ble gjort ble det også vindusluftet, noe som gjør at det er stor grunn til å tro at det vil være enda høyere CO₂-nivå på vinteren da det ikke er like ønskelig å åpne vinduene. I motsetning til Skistua hvor det kun ved en sjelden anledning ble vindusluftet. Dette vises i vedlegg K.

Temperaturmålingene fra skolen i Larvik viser at det er relativt lite variasjoner, og variasjonene er innenfor det som er anbefalt i tabell 522 i rapporten: Skolemiljø for læring - veileder for skoleeiere” [3]. Temperaturen i oppholdsonen holder seg mellom 21 og 22,5 °C. Det er dog nevnt i rapporten til Algrøy at sensoren som målte temperaturene var preget av avvik. Det var registrert avvik på hvertfall 1 °C, men selv med 1 °C avvik er temperaturresultatene relativt gunstige. Målingene gjort på Skistua skole viser markante variasjoner mellom dagene, da det ble målt på to forskjellige rom med forskjeller. Målingene gjort i klasserom 2 har ikke så store variasjoner, men er kaldere enn det som er ønskelig. Temperaturene fra klasserom 2 varierer i gjennomsnitt mellom ca. 19 og 21 °C gjennom skoledagen. Torsdagen i uke 9 er en dag det ble målt i klasserom 2 hvor temperaturene var jevnt over lave, med kun en 40 minutters periode med mer enn 20 °C. Sammenlignes temperaturene målt i klasserom 1 med resultatene fra Algrøy sine målinger vil det være mer likheter, med forbehold at det kun er målingene gjort i uke 9 som blir vektlagt. Målingene fra uke 9 i klasserom 1 varierer mellom ca. 20 og 22 °C. Målingene fra uke 11 i klasserom 1 er ikke relevant å bruke til sammenlikning da det var noe galt med knx-en som førte til unormalt høye temperaturer i klasserommet. Temperaturene som er brukt i denne sammenlikningen er fra en høyde på 1,1 m over gulvet fra begge undersøkelsene.

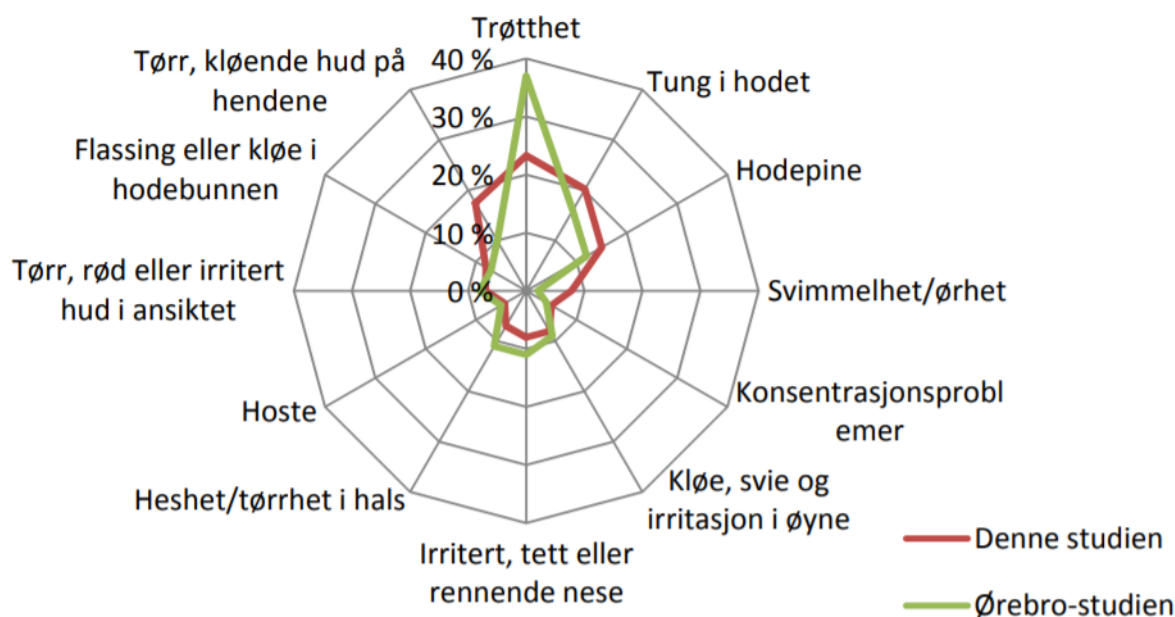
Å gjøre en spørreundersøkelse på skoler for å finne ut av hvordan elever og ansatte opplever inneklimate er noe som gjøres mange steder. Å sammenlikne kan bidra til å avgjøre om den aktuelle ”misnøyen” er normalt for en tilsvarende arbeidsplass. For å sammenlikne svarene fra Ørebrounderøkelsen gjort på Skistua skole blir det brukt en rapport utarbeidet av Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) i samarbeid med Utdanningsforbundet: ”Inneklima i skoler og barnehager - en kartlegging av ansattes vurdering av inneklima på arbeidsplassen” [37]. I den undersøkelsen er det representanter fra alle fylkene i Norge med ansatt i barnehage, grunnskole og videregående skole. Undersøkelsen ble sendt ut til 5216 ansatte i mars 2009. Undersøkelsen

var en modifisert ørebroundersøkelse. I rapporten blir den også sammenliknet med en material MM 040 NA Sp1(Ørebro), som er referansedata fra 291 skoler (10 118 personer) spredd over hele Sverige.



Figur 6.16: Rapportering av arbeidsmiljøfaktorer. "Denne studien" er resultater fra NAAF sin undersøkelse. "Ørebro-studien" er fra (MM 040 NA Sp1). Utklipp fra [37].

Figur 6.16 er et rosediagram som viser hvilke arbeidsmiljøfaktorer som ansatte plages av. Det er resultater fra NAAF sin undersøkelse av inneklima i Norge sammenliknet med undersøkelsen som ble gjort i Sverige. Det er en del likheter mellom undersøkelsene, det vises blant annet at støy er noe som er et felles problem i Sverige og Norge. Støv og smuss er et større problem fra undersøkelsen: MM 040 NA Sp1, hvor hele 40 % opplever en uønsket mengde hver uke, mens det er litt lavere på landsbasis i Norge med 20 %. Til sammenlikning med figur 5.2 (undersøkelsen fra Skistua skole), hvor det er fellesnevner i forhold til problemområder. Både figur 6.16 og 5.2 viser at rundt 30% mener luften er for tørr, og at "Innestengt (dårlig) luft" og "Støv og smuss" også er et problemområde. Det er synlig at alle undersøkelsene har relativt like resultater.



Figur 6.17: Prosentandel som opplever symptomer hver uke. "Denne studien" er resultater fra NAAF sin undersøkelse. "Ørebro-studien" er fra (MM 040 NA Sp1). Utklipp fra [37].

I figur 6.17 er det vist hvilke plager som er registrert fra undersøkelsen gjort av NAAF og undersøkelse: MM 040 NA Sp1. Det er i denne rosen ikke registrert høye prosentandel på de fleste symptomer. Undersøkelse MM 040 NA Sp1 viser under 20 % på alle punktene utenom "Trøtthet", men på det punktet er det nesten 40 % som har svart at de opplever det hver uke. I undersøkelsen til NAAF er det to punkter som så vidt har høyere verdi enn 20 %. Det er verdt å legge merke til at figur 6.16 viser til en svarprosent på "Tørr luft" som er rundt 30% for begge undersøkelsene, men i figur 6.17 er det en mye lavere svarprosent på de symptomene som er vanligst ved tørr luft. "Tørr, kløende hud på hendene" er nesten på 20%, men flere av de andre symptomene som assosieres med tørr luft viser en svarprosent på under 10%. I undersøkelsen på Skistua er det laget et tilsvarende diagram i figur 5.1. Der vises det en større korrelasjon mellom registrerte klager og symptomer, hvor svarprosenten på "Kløe, svie, irritasjon i øynene" er lik som de som svarte at det var tørr luft (ca. 35%). Utenom dette er det ikke noen symptomer som er over det som er normalt (15-20%). Resultatene i figur 6.17 er ganske ulike de i figur 5.1, men de er på omtrent samme nivå, med tenke på antall "problemområder".

6.9 Forslag til utbedringer

En trend som fremkommer fra logging av CO₂, flyktige organiske forbindelser, temperatur og luftens vanndampinnhold er at det tar litt under en time før verdiene stabiliserer seg etter ventilasjonen skrur på. I lys av dette vil det være bortkastet energi å ha en så tidlig oppstart av ventilasjonsanleggene. På grunnlag av dette er det gjort et grovt overslag på energi-

og økonomibesparelse ved å starte ventilasjonsanleggene kl. 07:00. For strømpris er det tatt en gjennomsnittlig strømpris fra Tromsø fra de 10 siste årene [38], og en nettleiepris fra Hålogaland kraft [39]. Det er valgt å bruke konservative tidsperioder i disse beregningene. For klasserom 1 og 2 er det antatt to timer unødvendig drift, mens for de andre ventilasjonsanleggene er ca. 1 time unødvendig drift. Basert på disse timene og 220 driftsdager i året, blir en årlig energi- og økonomibesparelse på hhv. $3787 \frac{\text{kWh}}{\text{år}}$ og $1990 \frac{\text{kr}}{\text{år}}$. Utregningene fra dette er vist i vedlegg J. Den totale, årlige energibruken til ventilasjonsanleggene er hentet fra en ENØK-rapport som ble gjort i 2013 av GK.

I forhold til lave verdier på relativ luftfuktighet kunne det vært et tiltak å installere befuktning i ventilasjonsanlegget. Men på grunn av den risikoen dette medfører er dette å anse som et ugunstig tiltak. Risikoen ved befuktning er blant annet at det oppstår allergifremkallende muggsopp eller risiko for spredning av luftfukterfeber og legionærsyke eller antibiotika-resistente pseudomonas-stammer. Helse risikoen ved befuktning i vinterstiden er større enn ulempen ved litt tørr luft, noe som hovedsaklig er et komfortproblem. [40]

For klasserom 2 kan pådraget fra oppvarmingsanlegget med fordel økes med 1-2 °C, slik at en oppnår en akseptabel temperatur i klasserommet. For at temperaturøkningen ikke skal forringe andre inneklimateparametre, er det viktig å påse at ikke verdiene for RF blir for lave dersom temperaturen økes.

7 Konklusjon

Idag oppholder personer seg innendørs 90 % av tiden, noe som gjør trivsel innendørs til et viktig tema. Det er godt dokumentert at inneklima har stor påvirkning på personer, der forskjellige inneklimaparametre har ulike konsekvenser. Barn og unge blir i større grad påvirket av dårlig inneklima, derfor er det viktig å kontrollere de viktigste parameterene i arenaer hvor de oppholder seg mye.

Skistua barneskole er en skole fra 1998 som nylig har gjennomgått omfattende rehabilitering, hvor de fleste fasadene på skolen ble byttet ut. Det ble også installert roterende varmegjenvinnere i ventilasjonsaggregatene i 2016. Skolen er delt inn i to ulike fløyer, der SFO fungerer som en forbindelse mellom de to fløyene. Noen av klasserommene er preget av stor personbelastning, som er med på å gjøre skolen til et interessant objekt for en inneklimaundersøkelse. Det er derfor valgt å gjøre en inneklimaundersøkelse på ett rom fra "storskolen" og ett fra "småskolen".

Målingene i klasserom 1 fra uke 11 er preget av driftstilstander som avviker vesentlig fra normale forhold. Med bakgrunn i en defekt knx, fører dette til at resultatene i store deler av dagene var utenfor kravene i alle målte parametre. Siden de ikke er representative for inneklimaet i klasserom 1 er det ikke noe hensikt å gå inn i detaljer for de dagene i dette kapitlet, gitt at dette blir undersøkt og fikset.

Uke 9 for klasserom 1 har gode resultater sammenliknet med krav og andre undersøkelser. Lufttemperaturen i skoletiden er innenfor det som blir anbefalt (20-23 °C). Tillufttemperaturen er rett under 20 °C, som er lavere enn temperaturen i klasserommet. Dette er essensielt for at prinsippet om fortrenningsventilasjon skal fungere. Den vertikale temperaturdifferansen holder seg lavere enn 3 °C i undervisningsperiodene. PMV-målingene i uke 9 for klasserom 1 er innefor det som kreves av et bygg i inneklimakategori 2, med ett unntak. RF-målingene i klasserom 1 fra uke 9 viser resultater på over 20% alle dagene i uke 9 for klasserom 1. Med bakgrunn i anbefaling om RF 20% - 60%, er det for denne perioden tilfredsstillende til enhver tid. At den relative luftfuktigheten er lav henger sammen med de kalde utetemperaturene, der den absolutte fuktigheten i luften er generelt lav. Lufttemperatur og RF tilsier at det termiske inneklimaet i klasserom 1 er på et nivå innenfor de anbefalte grenseverdier. Dette underbygges av PMV-målingene som stort sett er innenfor kravet på $\pm 0,5$.

CO₂-målingene i oppholdssonen i klasserom 1 er innenfor kravet på $1800 \frac{mg}{m^3}$ (1000 ppm) stort sett alle dagene i uke 9. Det er noen "topper" som overgår denne grenseverdien i korte perioder. Disse toppene befinner seg rett før friminuttene, da det har vært høy personbelastning over lang tid. I løpet av pausene rekker CO₂-nivået å komme ned på et nivå som er godt innenfor kravet. Dette betyr at luftmengdene i klasserom 1 uke 9 er tilstrekkelige for å betjene personbelastningen som finner sted. Sammenliknet med skolen som er presentert i rapporten til Algrøy

er verdiene for CO₂ lavere på Skistua barneskole.

Det ble totalt målt fire dager i klasserom 2. Målingene som ble gjort var uten store variasjoner, da utendørs klima var relativt likt for torsdag og fredag i uke 9 og 11. Dette er også synlig i alle parametrene som ble målt der. Lufttemperaturene i klasserom 2 var på under 20 °C helt til skolestart. Selv med personbelastningen var dette utilstrekkelig for å få temperaturen opp på et tilfredsstillende nivå. Dette var tilfelle for betydelige deler av skoledagen. For hvert friminutt går temperaturen under 20 °C, som betyr at elevene kom inn i et klasserom med for lav temperatur. Det hadde vært gunstig med 1-2 °C høyere temperatur i oppholdssonen. Foruten den kalde opplevelsen lufttemperaturen medfører, er det ugunstig at det er flere tilfeller der lufttemperaturen er kaldere på ankelnivå (K1) enn i tilluftskanalen (K4). Konsekvensen av dette kan føre til at prinsippet om fortrenningsventilasjon ikke fungerer optimalt. Det er lite differanse på temperaturen med hensyn på høyde. Den vertikale temperaturdifferansen er for det meste under 1 °C, med noen unntaksvise enkeltmålinger.

PMV-målingene viser at det føles litt kaldt i klasserom 2, med unntak av målingene gjort ved skoleslutt. Disse viser at PMV-verdiene er innenfor kravet for bygg i inneklimakategori 2. RF er noe lavere enn anbefalt. Den ligger på like over 15 % hele skoledagen, med unntak av fredag i uke 9, hvor den er på like over 20 %. Dette er noe lavt, men ikke uvanlig for den aktuelle årstiden. Den lave temperaturen og lave relative luftfuktigheten fører til en utfordring. I lys av at det er gunstig å øke temperaturen i klasserommet, vil dette minke RF-verdiene ytterligere. Dermed kan en temperaturøkning i klasserommet bety at den relative luftfuktigheten blir et enda større problem. Det termiske inneklimate i klasserom 2 er ikke helt optimalt med for lav luftfuktighet og temperatur.

CO₂-nivået i klasserom 2 er tilfredsstillende i forhold til grenseverdier. På de 4 dagene det ble målt er det én enkeltmåling som har verdi over 1800 $\frac{mg}{m^3}$. Ut ifra CO₂-målingene er det for klasserom 2 et tilfredsstillende luftskifte.

Luftmengden er ikke etter kravene i TEK 17, men det er heller ikke forventet for et bygg fra 1998. I tillegg er det ingen indikasjon fra målingene at luftmengdene er utilstrekkelige.

Det er ikke funnet noen store endringer i måleverdiene fra uke 9 og 11, i lys av ventilasjonsrensen som ble gjort i uke 10. Denne rensen sørget i stor grad for at støv og andre partikler ble fjernet fra kanalnett, og svevestøv er ikke målt i denne rapporten.

Ørebroundersøkelsen sitt formål var å tidlig få informasjon om hvilke parametre som var interessant å gjøre en mer detaljert analyse rundt. Svarene på Ørebroundersøkelsen tilsa at det var tørr luft på skolen, noe som viste seg å stemme overens med målingene. Det var også noen klager

på innestengt og ”dårlig” luft, som gjorde det nærliggende å kontrollere med CO₂-målinger. Der var det mindre overensstemmelse, hvor de fleste CO₂-målingene var innenfor kravet. Svarene fra Ørebroundersøkelsen viste likheter med andre tilsvarende undersøkelser.

Selv om det er markante forskjeller i inneklimateparametre for klasserom 1 og 2, er det felles for begge klasserommene at ingen av dem har parametre som er av en slik karakter at det er nødvendig å gjøre strakstiltak for å utbedre inneklima. Derimot er det enkle tiltak for begge klasserom som vil øke den termiske komforten. Klasserom 2 burde øke temperaturen i klasserommet, men samtidig påse at den relative luftfuktigheten ikke blir for lav. Klasserom 1 har et generelt godt inneklima, med unntak av den akkumulerende, negative effekten en ødelagt knx medfører. Dette vil med utbedring sørge for at de ugunstige parametrene blir tilfredsstillende.

I prosessen med å gjøre alle målinger var dette et omfattende arbeid. I forkant av målingene ble det brukt betraktelig med tid til opplæring for å påse at måleutstyret ble brukt i henhold til opplært metode. Daglig tilsyn og sikring av måledata tok lengre tid enn antatt, og opp- og nedrigg av måleutstyr var for flere dager altoppslukende. Siden måleintervallene fra loggeinstrumentene var ulike, ble det brukt betraktelig med tid for å synkronisere resultatene.

7.1 Forslag til videre arbeid

- Gjøre en grundig undersøkelse av toluen-konsentrasjonen på skolen, da målt verdi var tilsynelatende høy.
- Gjøre tilsvarende målinger i andre årstider, da de kan by på annen problematikk.
- Å finne ut det reelle energibruken til ventilasjonsanleggene vil kunne gi et mer korrekt anslag på hvor mye energibesparelse som kan oppnås ved å optimalisere driftstidene på ventilasjonsanleggene.

Referanser

- [1] N. A. og Allergiforbund, “Kriterier for inneklima i skoler og barnehager.” <https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklima/inneklima-i-skoler/kriterier-for-inneklima-i-skoler-og-barnehager/>, 01 19. (Hentet 05/06/2019).
- [2] R. A. F. T. M. B. Elaine M. Faustman, Susan M. Silbernagel and R. A. Ponce, “Mechanisms underlying children’s susceptibility to environmental toxicants.” <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1637781/pdf/envhper00310-0019.pdf>, 03 2000. (Hentet 04/15/2019).
- [3] SINTEF, “Skolemiljø for læring - veileder for skoleeiere.” https://www.sintefbok.no/book/index/107/skolemiljoe_for_laering_veiledning_for_skoleeiere, 08 2006. (Hentet 04/14/2019).
- [4] Arbeidstilsynet, “Inneklima i norske skoler. hovedfunn 2011-2012.” https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/om-oss/forskning-og-rapporter/rapporter-fra-tilsynsprojekter/inneklima_i_norske_skoler_hovedfunn_2011_2012-okt-2013.pdf, 10 2013. (Hentet 04/17/2019).
- [5] S. Byggforsk, “421.505 godt inneklima i yrkesbygninger - byggforskserien.” https://www.byggforsk.no/dokument/195/godt_inneklima_i_yrkesbygninger, 05 2017. (Hentet 03/04/2019).
- [6] N. geologiske undersøkelse, “Radon aktsomhet - narvik.” <http://geo.ngu.no/kart/radon/>, xx xxxx. (Hentet 05/13/2019).
- [7] Inneklima.com, “Inneklima.com: Inneklima og innemiljø.” <http://www.inneklima.com/index.asp?key=riskant>, xx 20xx. (Hentet 05/06/2019).
- [8] S.-E. Sveen, “Forelesningsnotat innemiljø, 17 lover, regler og forskrifter,” x 20xx. (Hentet 01/30/2019).
- [9] S.-E. Sveen, “Forelesningsnotat innemiljø, termisk inneklima,” xx 20xx. (Hentet 01/31/2019).
- [10] O. B. S. H. E. Hansen, P. Kjerulf-Jensen, *Danvak Grundbog, 2. Udgave*, ch. Inneklima. Danvak ApS, 1997.
- [11] M. Mysen, “421.501 termisk inneklima. betingelser, tilrettelegging og målinger - byggforskserien.” https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maalinger, 10 2017. (Hentet 01/31/2019).
- [12] D. for byggkvalitet, “§ 13-4. termisk inneklima - direktoratet for byggkvalitet.” <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/ii/13-4/>, november 2017. (Hentet 02/12/2019).

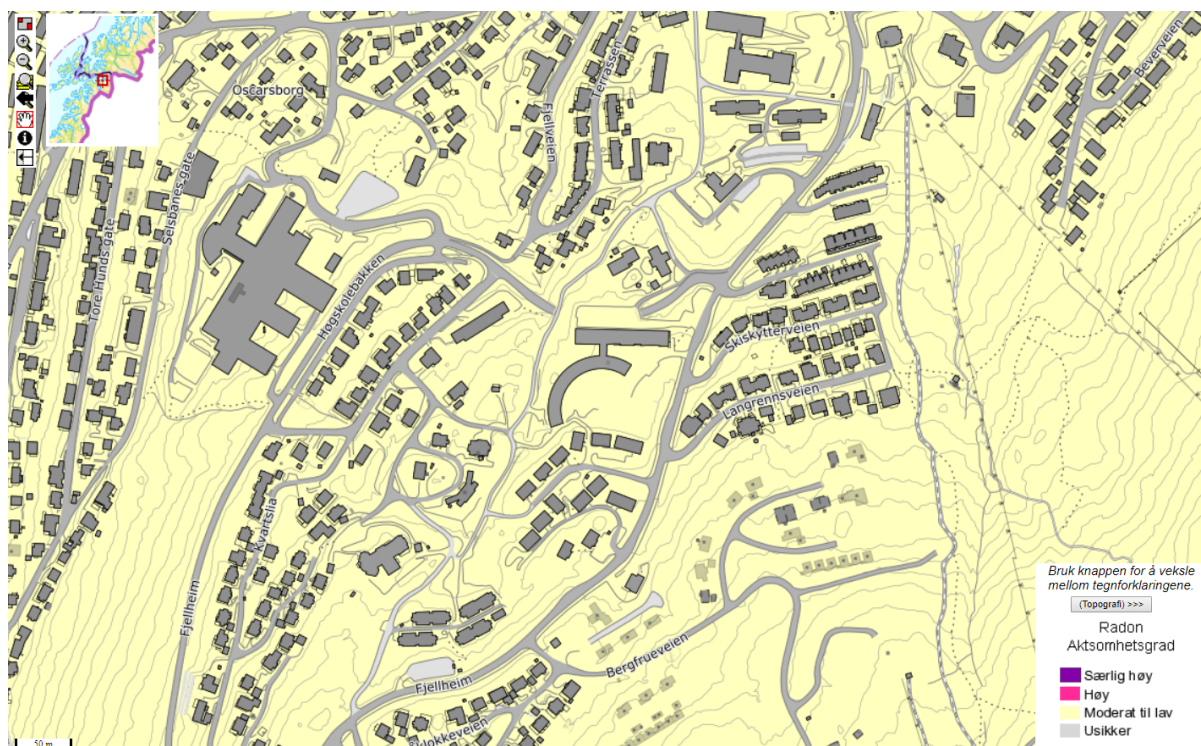
- [13] SINTEF, “421.501 termisk inneklima. betingelser, tilrettelegging og målinger - byggforskserien.” https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maalinger, 10 2017. (Hentet 03/19/2019).
- [14] N. standard, “Ns-en iso 7730:2005.” <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=158329>, 03 2006. (Hentet 04/08/2019).
- [15] Folkehelseinstituttet, “Anbefalte faglige normer for inneklima. revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer – 2015 - fhi.” https://www.fhi.no/publ/2015/anbefalte-faglige-normer-for-innekl/?pid=239&trg=Content_6503&Main_6157=6246:0:25,5498&MainContent_6246=6503:0:25,5508&Content_6503=6259:107581:25,5508:0:6250:1:::0:0, 01 2015. (Hentet 02/05/2019).
- [16] Inneklima.com, “Inneklima.com: Inneklima og innemiljø.” <http://www.inneklima.com/index.asp?key=operativ%20temperatur>, xx 20xx. (Hentet 04/07/2019).
- [17] ASHRAE, “62-2001.fm.” <http://www.ce.utexas.edu/prof/Novoselac/classes/ARE389H/Handouts/Std62-2001.pdf>, xx 2001. (Hentet 04/28/2019).
- [18] S.-E. Sveen, “Forelesningsnotat innemiljø, atmosfærisk inneklima,” xx 20xx. (Hentet 02/04/2019).
- [19] M. Algrøy, “Energibruk og inneklima i skoler og barnehager med ”mixed-mode” ventilasjon.” https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/257765/721269_FULLTEXT01.pdf?sequence=2&isAllowed=y, februar 2014. (Hentet 02/04/2019).
- [20] Byggforsk, “220.330 astma, allergi og inneklima - byggforskserien.” https://www.byggforsk.no/dokument/24/astma_allergi_og_inneklima, 04 2006. (Hentet 05/13/2019).
- [21] Byggforsk, “2009ho-1-hus-og-helse.pdf.” https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/eldre_temaveiledere_og_rundskriv/2009ho-1-hus-og-helse.pdf, 01 2009. (Hentet 04/18/2019).
- [22] DIBK, “§ 13-1. generelle krav til ventilasjon - direktoratet for byggkvalitet.” <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-1/>, 07 2017. (Hentet 02/05/2019).
- [23] DIBK, “§ 13-3. ventilasjon i byggverk for publikum og - direktoratet for byggkvalitet.” <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-3/>, 07 2017. (Hentet 02/05/2019).

- [24] H. L. Bottolfsen, "Undersøkelse av aktiv fortreningsventilasjon for bruk i klasserom." https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/235718/748593_FULLTEXT01.pdf?sequence=2&isAllowed=y, juni 2014. (Hentet 05/13/2019).
- [25] Byggforsk, "552.351 fordeling av ventilasjonsluft i rom - byggforskserien." https://www.byggforsk.no/dokument/539/fordeling_av_ventilasjonsluft_i_rom, xx 1996. (Hentet 05/13/2019).
- [26] F. M. J. Rune Becher, Marianne Bjerke, "Inneklima i skoler og barnehager - helsemessig betydning for barn og unge." <https://www.fhi.no/contentassets/74f7feab709b4ef4a79b0e8176c984f0/inneklima-i-skoler-og-barnehager.pdf>, 10 2016. (Hentet 04/15/2019).
- [27] K. S. T. H. D. S. S. S. Usha Satish, Mark J. Mendell and W. J. Fisk, "Is co2 an indoor pollutant? direct effects of low-to-moderate co2 concentrations on human decision-making performance." <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548274/>, 09 2012. (Hentet 04/17/2019).
- [28] Inneklima.com, "Temperatur." <http://www.inneklima.com/index.asp?document=213>, xx xxxx. (Hentet 04/19/2019).
- [29] TSI, "Velocicalc air velocity meter model 9565 series operation and service manual." https://www.tsi.com/getmedia/a5a9f877-42e7-438b-b589-2911018f0acb/9565-VelociCalc_Op_Svc_Mnl_6004851?ext=.pdf, 02 2016. (Hentet 05/07/2019).
- [30] R. Instruments, "Type t thermocouple - type t thermocouples - t type thermocouple - t type thermocouples." <https://www.thermocoupleinfo.com/type-t-thermocouple.htm>, xx 20xx. (Hentet 04/15/2019).
- [31] Inneklima.com, "Inneklima.com: Inneklima og innemiljø." <http://www.inneklima.com/index.asp?key=%D8rebrorosen>, 03 2010. (Hentet 03/25/2019).
- [32] PEAB, "Skistua barneskole, narvik - peab." <https://peab.no/bygg/prosjekter-i-bygg/skistua-barneskole-narvik/>, xx 20xx. (Hentet 03/18/2019).
- [33] Narvikmegleren, "Narvikmegler'n - bilder." <https://narvikmeglern.no/featured-item/velkommen-til-alpinbakken-sameie-2/>, xx 20xx. (Hentet 05/14/2019).
- [34] Yr.no, "Yr - været som var (detaljert) narvik (nordland)." https://www.yr.no/sted/Norge/Nordland/Narvik/Narvik/detaljert_statistikk.html, 05 2019. (Hentet 05/05/2019).
- [35] N. standard, "Ns-en 15251:2007+na:2014." <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=703200>, 07 2014. (Hentet 04/09/2019).

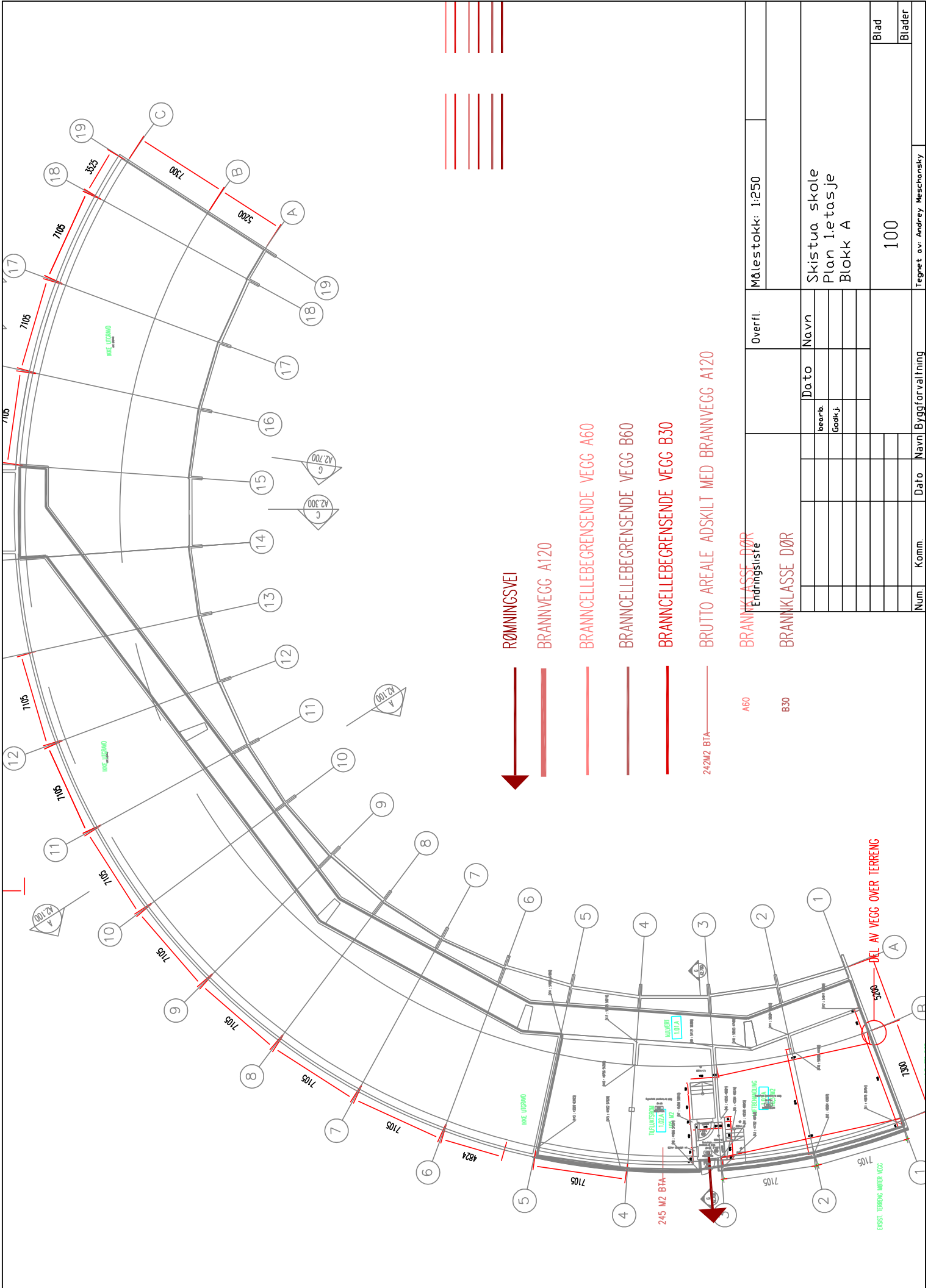
- [36] D. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, “5.14-toluene.doc.” http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123068/AQG2ndEd_5_14Toluene.PDF, xx 2000. (Hentet 05/07/2019).
- [37] N. A. og Allergiforbund, “Inneklima i skoler og barnehager- en kartlegging av ansattes vurdering av inneklima på arbeidsplassen.” <https://www.naaf.no/globalassets/x-gamle-bilder/documents/inneklima/rapport-skole-barnehager-17082009.pdf>, xx 2009. (Hentet 04/23/2019).
- [38] N. Pool, “Market data — nord pool.” <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Yearly/?view=table>, xx 20xx. (Hentet 05/08/2019).
- [39] H. kraft, “Total strømpris - hlk — kunde.” <https://hlk.no/total-strompris/>, xx 20xx. (Hentet 05/08/2019).
- [40] F. Levy, “Luftfuktere og inneklima.” https://www.naaf.no/globalassets/x-gamle-bilder/documents/1.-allergi-i-praksis/2-2016/aip_2_2016_levy_luftfuktere_og_inneklima.pdf, xx 2016. (Hentet 05/13/2019).

Appendices

A Radonkart



B Plantegninger



RØMNINGSGVEI



BRANNVEGG A120



BRANNCELLEBEGRENSENDE VEGG A60



BRANNCELLEBEGRENSENDE VEGG B60



BRANNCELLEBEGRENSENDE VEGG B30



BRUTTO AREALE ADSKILT MED BRANNVEGG A120



BRANNKLASSE DØR



BRANNKLASSE DØR



Målestokk: 1:250

Overfl.

Skistua skole
Plan 1.etasje
Blokk A

Dato Navn

beorb. Godk.j.

Blad 100

Blader

Tegnet av: Andrey Meschonsky

Num. Komm. Dato Navn Byggforvaltning

DEL AV VEGG OVER TERRENG

EGSE: TERRENG: 0,000 MVEG

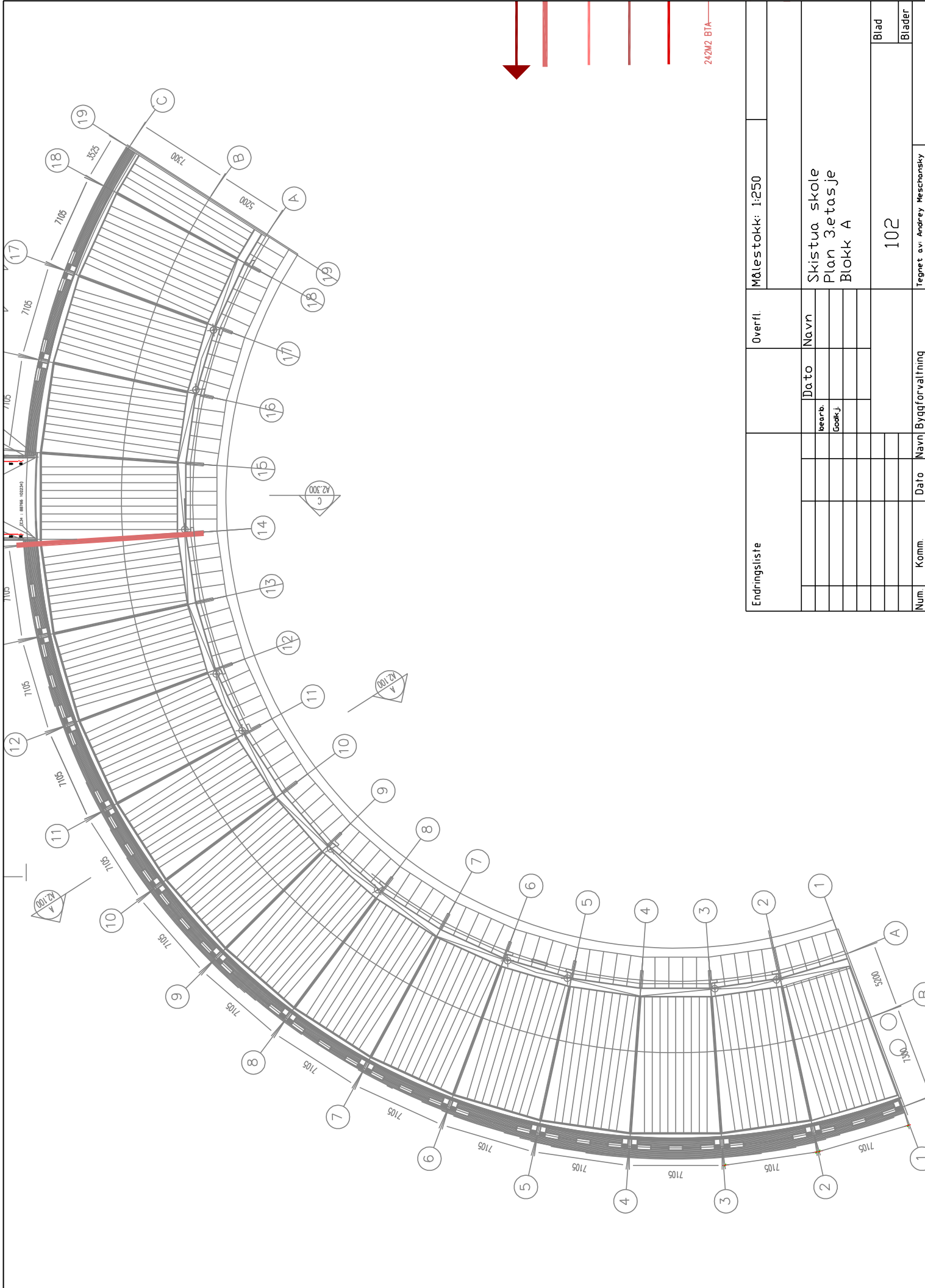
245 M2 BTA

242M2 BTA

A60

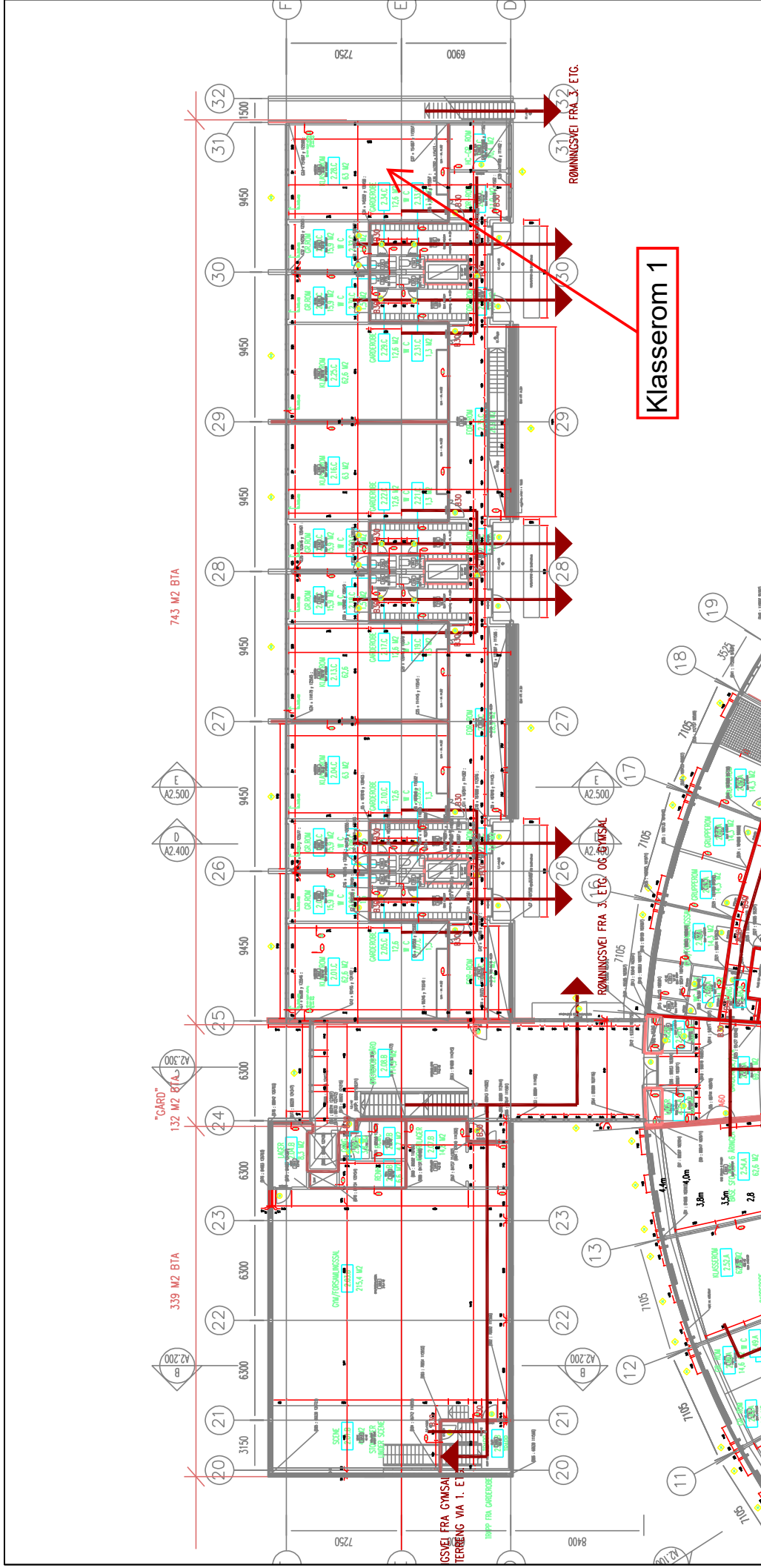
B30

Endringliste



242M2 BTA

Endringsliste		Overfl.		Målestokk: 1:250																																								
Num.	Komm.	Dato	Navn	Byggforvaltning																																								
				Blad																																								
				Blader																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dato</th> <th colspan="2">Navn</th> </tr> <tr> <th>bearb.</th> <th>Godkj.</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Dato		Navn		bearb.	Godkj.																																			
Dato		Navn																																										
bearb.	Godkj.																																											
Skistua skole Plan 3. etasje Blokk A				102																																								
Tegnet av: Andrey Meschonsky																																												



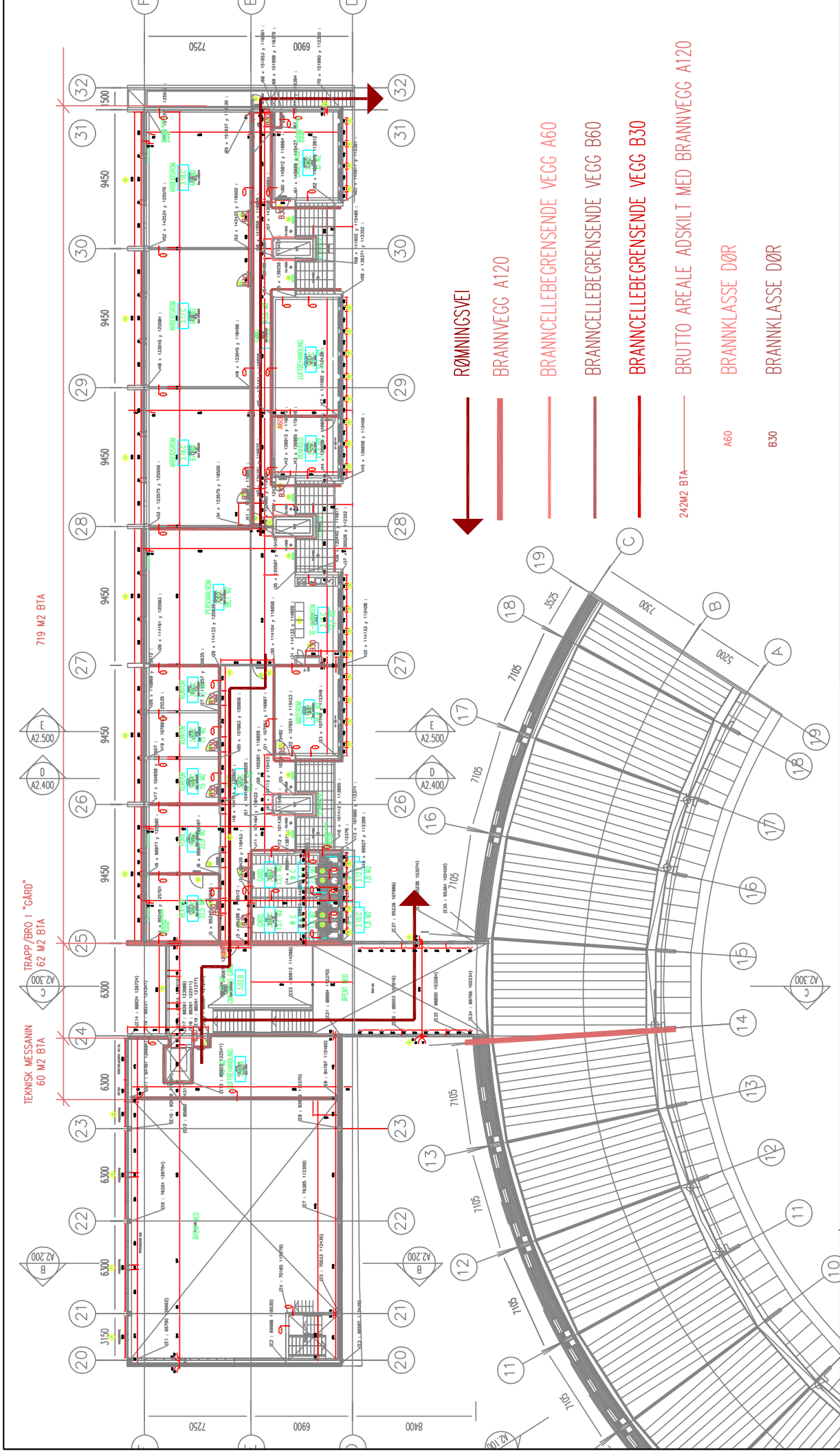
743 M2 BTA

339 M2 BTA

Endringsliste		Overfl.	Målestokk: 1:250

Num	Komm.	Dato	Navn	Byggforvaltning

Blad
Blader



Endringsliste			Overfl.	Målestokk: 1:250
Num.	Komm.	Dato	Navn	Byggingvalting

Skistua skole Plan 2.etasje Blokk B	
kearb.	Dato
Godk.j.	Navn

		Blad
		Blader.
		102
		Tegnet av: Andrey Meschonsky

C Måleoppsett



D Kalibreringsdata for måleinstrumenter

D.1 TSI 9565



CERTIFICATE OF CALIBRATION AND TESTING

TSI Instruments Ltd, Stirling Road, Cressex Business Park
High Wycombe Bucks HP12 3ST England

Tel: (Int +44) (UK 0) 1494 459200 Fax: (Int +44) (UK 0) 1494 459700 http://www.tsiinc.co.uk

ENVIRONMENT CONDITIONS			MODEL	9565-P
TEMPERATURE	19.4	°C	SERIAL NUMBER	9565P1741007
RELATIVE HUMIDITY	58	%RH		
BAROMETRIC PRESSURE	997.6	hPa		

<input checked="" type="checkbox"/> AS LEFT	<input checked="" type="checkbox"/> IN TOLERANCE
<input type="checkbox"/> AS FOUND	<input type="checkbox"/> OUT OF TOLERANCE

- CALIBRATION VERIFICATION RESULTS -

THERMO COUPLE [^]				Unit: °C			
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE
1	18.4	18.4	17.3~19.5				

DIFFERENTIAL PRESSURE				Unit: Pa			
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE
1	-1019.4	-1018.7	-1030.6~-1008.2	3	1984.0	1982.8	1963.1~2004.9
2	540.8	540.3	534.4~547.3	4	3393.9	3393.1	3359.0~3428.7

BAROMETRIC PRESSURE				Unit: hPa			
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE
1	681.7	681.7	668.1~695.2	3	1191.3	1191.3	1167.6~1215.0
2	995.9	995.9	976.0~1015.9				

[^] Circuit portion of temperature measurement only, not including probe.

TSI does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specification (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to members of the European co-operation for Accreditation (EA) (for example: UKAS, SWEDAC, DAkkS) or has been verified with respect to instrumentation whose accuracy is traceable to some member of EA, or is derived from accepted values of physical constants. TSI's calibration system is registered to ISO-9001:2015.

Measurement Variable	System ID
DC Voltage	E006008
Pressure	E006194

Measurement Variable	System ID
Pressure	E006171
Temperature	E006134

Teresa Blouke

12 OCT 2017



CERTIFICATE OF CALIBRATION AND TESTING

TSI Instruments Ltd, Stirling Road, Cressex Business Park
High Wycombe Bucks HP12 3ST England

Tel: (Int +44) (UK 0) 1494 459200 Fax: (Int +44) (UK 0) 1494 459700 <http://www.tsiinc.co.uk>

ENVIRONMENT CONDITIONS			MODEL	982
TEMPERATURE	19.5	°C	SERIAL NUMBER	P17370038
RELATIVE HUMIDITY	53.23	%RH		
BAROMETRIC PRESSURE	983.1	hPa		

<input checked="" type="checkbox"/> AS LEFT	<input checked="" type="checkbox"/> IN TOLERANCE
<input type="checkbox"/> AS FOUND	<input type="checkbox"/> OUT OF TOLERANCE

- CALIBRATION VERIFICATION RESULTS -

TEMPERATURE VERIFICATION				SYSTEM T-200				Unit: °C
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	0.0	0.0	-0.6~0.6	2	60.0	60.1	59.4~60.6	

HUMIDITY VERIFICATION				SYSTEM H-200				Unit: %RH
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	10.0	9.7	7.8~12.2	4	70.0	69.9	67.8~72.2	
2	30.0	29.8	27.8~32.2	5	90.0	88.8	87.8~92.2	
3	50.0	50.2	47.8~52.2					

CO2 GAS VERIFICATION				SYSTEM G-200				Unit: ppm
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	0	0	0~50	4	3013	3021	2923~3104	
2	526	527	476~576	5	4907	4934	4760~5054	
3	1024	1030	974~1074					

CO GAS VERIFICATION				SYSTEM G-200				Unit: ppm
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	36	36	33~39	2	101	99	98~104	

TSI does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specification (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to members of the European co-operation for Accreditation (EA) (for example: UKAS, SWEDAC, DAkkS) or has been verified with respect to instrumentation whose accuracy is traceable to some member of EA, or is derived from accepted values of physical constants. TSI's calibration system is registered to ISO-9001:2015.

Measurement Variable	System ID
Temperature	E006020
Humidity	E006018
5000 CO2	5904054
N2	UC7274357
Flow	E006114
Flow	E006016

Measurement Variable	System ID
Temperature	E006019
200 CO	L50000303
Air	5904045
20 C4H8	L50000302
Flow	E006143
Flow	E006064

12 OCT 2017



CERTIFICATE OF CALIBRATION AND TESTING

TSI Instruments Ltd, Stirling Road, Cressex Business Park
High Wycombe Bucks HP12 3ST England

Tel: (Int +44) (UK 0) 1494 459200 Fax: (Int +44) (UK 0) 1494 459700 <http://www.tsiinc.co.uk>

ENVIRONMENT CONDITIONS			MODEL	964
TEMPERATURE	19.4	°C		
RELATIVE HUMIDITY	49.11	%RH		
BAROMETRIC PRESSURE	1005.1	hPa		
			SERIAL NUMBER	P17400033

<input checked="" type="checkbox"/> AS LEFT <input type="checkbox"/> AS FOUND	<input checked="" type="checkbox"/> IN TOLERANCE <input type="checkbox"/> OUT OF TOLERANCE
--	---

- CALIBRATION VERIFICATION RESULTS -

TEMPERATURE VERIFICATION				SYSTEM T-200				Unit: °C
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	0.0	0.3	-0.3~0.3	2	60.0	60.2	59.7~60.3	

VELOCITY VERIFICATION				SYSTEM V-352				Unit: m/s
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	0.00	0.00	-0.01~0.02	7	3.30	3.30	3.20~3.40	
2	0.18	0.17	0.16~0.19	8	5.07	5.05	4.91~5.22	
3	0.33	0.33	0.32~0.35	9	7.55	7.63	7.33~7.78	
4	0.51	0.50	0.49~0.52	10	12.72	12.74	12.34~13.10	
5	0.82	0.81	0.80~0.85	11	22.89	22.93	22.20~23.57	
6	1.69	1.68	1.63~1.74	12	40.57	41.06	39.35~41.78	

HUMIDITY VERIFICATION				SYSTEM H-200				Unit: %RH
#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	#	STANDARD	MEASURED	ALLOWABLE RANGE	
1	10.0	9.3	7.8~12.2	4	70.0	69.8	67.8~72.2	
2	30.0	29.5	27.8~32.2	5	90.0	88.4	87.8~92.2	
3	50.0	50.0	47.8~52.2					

TSI does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specification (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to members of the European co-operation for Accreditation (EA) (for example: UKAS, SWEDAC, DAkkS) or has been verified with respect to instrumentation whose accuracy is traceable to some member of EA, or is derived from accepted values of physical constants. TSI's calibration system is registered to ISO-9001:2015.

<u>Measurement Variable</u>	<u>System ID</u>
Temperature	E006020
Pressure	E006002
DC Voltage	E006010
Pressure	E006059
Humidity	E006018

<u>Measurement Variable</u>	<u>System ID</u>
Temperature	E006019
Pressure	E006038
Temp	E006183
Velocity	E006121

P. McBAIN

12 OCT 2017

D.2 Fluke 2625A Hydra Series II Data Logger

Certificate of Calibration

FLUKE®

Certificate No.: 1114665
Number of pages: 4
Issue date: 03 Jun 2013

Tektronix®

KEITHLEY®

Model	2625A
Description	DATA LOGGER
Manufacturer	FLUKE
Serial number	5480603
Inventory number	L-0046-01
Customer	HOGSKOLEN I NARVIK NARVIK
Site number	4624451

Date of calibration	03 Jun 2013
Date of recalibration	03 Jun 2014
Calibration location	SON
Tested by	M.M. Minten



G.J.J. Sprik
Head of laboratory

We confirm that, the instrument meets or exceeds the manufacturers published specifications at the points tested. All measurements are traceable to national and/or international standards or have been derived by approved ratio techniques. This certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificates without signature are not valid.

Certificate of Calibration

FLUKE®

Certificate No.: 1114665
Page: 2 of 4
Issue date: 03 Jun 2013



IDENTIFICATION:

Unit under test 2625A
Serial number 5480603
Inventory number L-0046-01

CALIBRATION CONDITIONS:

Environmental temperature (23 ± 3) °C
Humidity relative (45 ± 20) %rh

SUMMARY CALIBRATION INFORMATION:

Procedure Completed
Failed test(s) 0
Outgoing status Conform specifications
Calibration procedure Fluke :2625A :Cal :RS232 :5700 :CNET :DMM Rev: 2.20
Remarks

REMARK:

- If the unit under test is used under rough conditions we recommend to decrease the calibration interval period, the calibration interval (due date) is the responsibility of the end user;
 - This unit under test is equipped with a line voltage power supply, and a safety test was performed according to the European norm 'Operation of electrical installations' NEN-EN 50110-1 release 2005 and the Dutch norm NEN 3140 release 2011 paragraph 5.102.12 through 5.102.16.
-

Certificate of Calibration

FLUKE®

Certificate No.: 1114665
Page: 3 of 4
Issue date: 03 Jun 2013

Tektronix®

KEITHLEY®

Standards and test-equipment used for this calibration:

Model:	Serial No:	Inventory No:	Due to:	Certificate No:
5700A	7643601	WP0816	04 Jan 2014	1050897
FLUKE-6500	8954006	WP1075	04 Mar 2014	1077825

Certificate of Calibration

FLUKE®

Certificate No.: 1114665
 Page: 4 of 4
 Issue date: 03 Jun 2013



Supplied value	Range	Lower limit	Measured value	Upper limit	Unit	% of Tol	TUR <4
DC Voltage calibration (Slow rate)							
290.000 mV	300	289.89	289.99	290.11	mV	9	
-290.000 mV	300	-290.11	-290.00	-289.89	mV	0	
2.90000 V	3	2.8988	2.8999	2.9012	V	9	
-2.90000 V	3	-2.9012	-2.9002	-2.8988	V	17	
9.0000 V	30	8.995	8.999	9.005	V	22	
19.0000 V	30	18.992	18.999	19.008	V	13	
29.0000 V	30	28.990	28.999	29.010	V	10	
150.000 V	300	149.94	149.99	150.06	V	16	
DC Voltage calibration (Fast rate)							
290.00 mV	300	289.7	290.0	290.3	mV	0	
-290.00 mV	300	-290.3	-289.9	-289.7	mV	30	
AC Voltage calibration (Slow rate)							
290.000 mV 50.00 Hz	300	289.04	289.47	290.96	mV	55	
290.000 mV 20.00 kHz	300	288.78	289.89	291.22	mV	9	
290.000 mV 100.0 kHz	300	275.35	283.03	304.65	mV	48	
2.90000 V 50.00 Hz	3	2.8907	2.8948	2.9093	V	56	
2.90000 V 20.00 kHz	3	2.8921	2.9003	2.9079	V	4	
2.90000 V 100.0 kHz	3	2.8659	2.9054	2.9341	V	16	
29.0000 V 50.00 Hz	30	28.907	28.948	29.093	V	56	
29.0000 V 20.00 kHz	30	28.921	28.990	29.079	V	13	
29.0000 V 100.0 kHz	30	28.375	28.740	29.625	V	42	
150.000 V 50.00 Hz	300	149.45	149.72	150.55	V	51	
150.000 V 20.00 kHz	300	149.52	149.94	150.48	V	13	
4W Resistance calibration (Slow rate)							
0.000 Ω	300	-0.02	0.00	0.02	Ω	0	
190.000 Ω	300	189.87	189.99	190.13	Ω	10	
1.90000 kΩ	3	1.8987	1.8999	1.9013	kΩ	9	
19.0000 kΩ	30	18.987	18.999	19.013	kΩ	7	
190.000 kΩ	300	189.87	190.01	190.13	kΩ	4	
1.90000 MΩ	3	1.8986	1.9006	1.9014	MΩ	46	
10.0000 MΩ	10	9.986	10.009	10.014	MΩ	65	
Frequency calibration (Slow rate)							
800.000 Hz	900	799.58	800.02	800.42	Hz	5	
8.00000 kHz	9	7.9959	8.0002	8.0041	kHz	5	
80.0000 kHz	90	79.959	80.002	80.041	kHz	5	
800.000 kHz	900	799.59	800.02	800.41	kHz	5	
0.90000 MHz	1	0.8994	0.9000	0.9006	MHz	0	
Channel integrity test			Pass				
Safety test			Pass				

D.3 Brüel & Kjær Multi gas monitor type 1302

Service Report

Type: SN: Rep No:

General service inspection: The instrument has received a general service check of all mechanical parts, firmware update, tested, adjusted maintained and verified that the instrument fulfils its specification.

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Filters exchanged | <input checked="" type="checkbox"/> Drive belt exchanged (1302/1312) |
| <input type="checkbox"/> Measurement chamber cleaned | <input type="checkbox"/> Firmware upgraded |
| <input type="checkbox"/> Zero gas measurement to eval. performance | <input checked="" type="checkbox"/> Back-up battery checked |
| <input type="checkbox"/> Verification of span calibrations | <input checked="" type="checkbox"/> Pump pressure test |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recalibration - zero point and humidity | <input type="checkbox"/> Valves checked (1303 & 1309) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recalibration - span gas | <input type="checkbox"/> Leakage test (1303) |
| <input type="checkbox"/> Roller exchanged (1314/1412) | <input type="checkbox"/> Nozzles calibrated (1303) |

Replaced parts:

Chopper Ball Bearing DQ0023 *2

Comments:

Service engineer:

Date:

Total setup backup file : 1678055.SET

Backup from Multi-Gas Monitor serial no : 1678055

Backup date : 5/ 2/2013

Filter A	UA0984	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
					o	x	o	o
	Bank 1:	Carbon monoxide						
	Bank 2:	-						
	Bank 3:	-						
	Bank 4:	-						
	Bank 5:	-						

Filter B	UA0982	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
			x		x	x	o	1
	Bank 1:	Carbon dioxide						
	Bank 2:	-						
	Bank 3:	-						
	Bank 4:	-						
	Bank 5:	-						

Filter C	UA0985	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
			x	o		x	o	1
	Bank 1:	Dinitrogen oxide						
	Bank 2:	-						
	Bank 3:	-						
	Bank 4:	-						
	Bank 5:	-						

Filter D	UA0988	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
			o	o	x		o	1
	Bank 1:	Sulphur Hexaflouride						
	Bank 2:	-						
	Bank 3:	-						
	Bank 4:	-						
	Bank 5:	-						

Filter E	UA0987	Gas name	A	B	C	D	E	1/2
			x	x	x	x		1
	Bank 1:	TOC ref. Toluene						
	Bank 2:	-						
	Bank 3:	-						
	Bank 4:	-						
	Bank 5:	-						



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No. : 1678055

Installed Optical Filter: UA 0984 to
measure: Carbon monoxide with
Detection Limit: 0.20 ppm.
Filter Installed in Position: A
Filter Bank : I

Calibration Data for Filter :

Gas name: Carbon monoxide
Molecular weight: 28.01
Concentration offset factor¹: 5.421E-06
Humidity gain factor¹: 4.940E-02
Conc. conversion factor: 6.359E+05
Cross interference on filter A: /
Cross interference on filter B: 0.000E+00
Cross interference on filter C: 1.516E+06
Cross interference on filter D: 1.117E+09
Cross interference on filter E: 2.327E+08

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): -1.56E-02 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 1.26E-01 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): 1.45E-02 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 6.29E-02 ppm
Average gas concentration level: 50.12 ppm
Standard deviation: 0.102 ppm
Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar
Nafion tubing used? Yes

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.

Gas used during calibration:

Specific gas: Carbon monoxide
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 50.00 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: Data from the "Analysis Certificate":
Certificate no.: 20111626
Contents: Carbon monoxide
Concentration: 50.0 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 110412
Valid after gas analysis date: 24 months
Manufactured by: Messer

Zero Gas:

Contents: Pure Nitrogen
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)
Dewpoint: 18.0 °C

Signature: H17 Date: 130314



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No. : 1678055

Installed Optical Filter: UA 0982 to
measure: Carbon dioxide with
Detection Limit: 1.50 ppm.
Filter Installed in Position: B
Filter Bank: I

Calibration Data for Filter :

Gas name: Carbon dioxide
Molecular weight: 44.01
Concentration offset factor¹: 1.718E-06
Humidity gain factor¹: 3.980E-02
Conc. conversion factor: 7.624E+06
Cross interference on filter A: 5.825E+09
Cross interference on filter B: /
Cross interference on filter C: 5.586E+08
Cross interference on filter D: 8.675E+09
Cross interference on filter E: 0.000E+00

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): -3.21E-02 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 4.97E-01 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): 9.21E-02 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 1.17E+00 ppm
Average gas concentration level: 4963.51 ppm
Standard deviation: 4.613 ppm
Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar
Nafion tubing used? Yes

Gas used during calibration:

Specific gas: Carbon dioxide
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 5000.00 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: *Data from the "Analysis Certificate":*
Certificate no.: BCS01002750
Contents: Carbon dioxide
Concentration: 5000 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 111111
Valid after gas analysis date: 36 months
Manufactured by: Strandmøllen

Zero Gas:

Contents: Pure Nitrogen
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)

Dewpoint: 18.0 °C

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

Signature: HMZ Date: 130314

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



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No. : 1678055

Installed Optical Filter: UA 0985 to UA 0985 with Dinitrogen oxide to 0.03 ppm.
Detection Limit: 0.03 ppm.
Filter Installed in Position: C
Filter Bank: I

Gas used during calibration:

Specific gas: Dinitrogen oxide
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 50.00 ppm

Calibration Data for Filter :

Gas name: Dinitrogen oxide
Molecular weight: 44.01
Concentration offset factor¹: 3.204E-06
Humidity gain factor¹: 3.100E-02
Conc. conversion factor: 1.938E+05
Cross interference on filter A: 2.872E+06
Cross interference on filter B: 2.942E+08
Cross interference on filter C: /
Cross interference on filter D: 3.915E+08
Cross interference on filter E: 6.721E+08

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): -3.72E-03 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 1.43E-02 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): -8.98E-03 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 1.48E-02 ppm
Average gas concentration level: 49.90 ppm
Standard deviation: 0.051 ppm
Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar
Nafion tubing used? Yes

Span Gas Specifications :

Span Gas: *Data from the "Analysis Certificate"*:
Certificate no.: 82566624-01-K-294802HG
Contents: Dinitrogen oxide
Concentration: 50.0 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 131204
Valid after gas analysis date: 36 months
Manufactured by: YARA

Zero Gas:

Contents: Pure Nitrogen
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

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.

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)
Dewpoint: 18.0 °C

Signature: AMJ Date: 13.03.14



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No. : 1678055

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

Calibration Data for Filter :

Gas name: Sulphur Hexafluoride
Molecular weight: 146.05
Concentration offset factor¹: 2.219E-06
Humidity gain factor¹: 3.194E-03
Conc. conversion factor: 1.306E+05
Cross interference on filter A: 0.000E+00
Cross interference on filter B: 8.433E+08
Cross interference on filter C: 1.470E+09
Cross interference on filter D: /
Cross interference on filter E: 3.439E+08

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): 4.77E-03 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 2.19E-03 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): 2.78E-03 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 3.17E-03 ppm
Average gas concentration level: 15.00 ppm
Standard deviation: 0.009 ppm
Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar
Nafion tubing used? No

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.

Gas used during calibration:

Specific gas: Sulphur Hexafluoride
Substitute gas: /
Calibration Gas Concentration: 15.00 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: Data from the "Analysis Certificate":
Certificate no.: 83702675-01-K-280890HG
Contents: Sulphur Hexafluoride
Concentration: 15.0 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 110308
Valid after gas analysis date: 24 months
Manufactured by: YARA

Zero Gas:

Contents: Pure Nitrogen
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)
Dewpoint: 18.0 °C

Signature: Amr Date: 130314



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No.: 1678055

Installed Optical Filter: UA 0987 to
measure: TOC ref. Toluene with
Detection Limit: 0.04 ppm.
Filter Installed in Position: E
Filter Bank: I

Calibration Data for Filter :

Gas name: TOC ref. Toluene
Molecular weight: 92.14
Concentration offset factor¹: 2.093E-05
Humidity gain factor¹: 2.252E-01
Conc. conversion factor: 6.983E+05
Cross interference on filter A: 5.575E+08
Cross interference on filter B: 3.325E+06
Cross interference on filter C: 5.904E+08
Cross interference on filter D: 1.199E+08
Cross interference on filter E:

¹ Coefficients copied to bank 2 to 5.

Calibration Data :

Average zero level, (Dry zero gas): 3.71E-02 ppm
Standard deviation, (Dry zero gas): 1.88E-02 ppm
Average zero level, (Wet zero gas): 1.06E-02 ppm
Standard deviation, (Wet zero gas): 4.44E-02 ppm
Average gas concentration level: 49.77 ppm
Standard deviation: 0.128 ppm
Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar
Nafion tubing used? No

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.

Gas used during calibration:

Specific gas:
Substitute gas: Toluene
Calibration Gas Concentration: 49.90 ppm

Span Gas Specifications :

Span Gas: *Data from the "Analysis Certificate"*:
Certificate no.: 82379053-02-K-592353
Contents: Toluene
Concentration: 49.9 ppm ± 2% rel.
Date of gas analysis: 120808
Valid after gas analysis date: 36 months
Manufactured by: YARA

Zero Gas:

Contents: Pure Nitrogen
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

Water Vapour: (Water Vapour in Zero gas)
Dewpoint: 18.0 °C

Signature: AmJ Date: 130214



Calibration Chart for Multi-gas Monitor Type 1302

Serial No. : 1678055

Installed Optical Filter: SB 0527 to
measure: Water Vapour

Filter Installed in Position: W

Water Filter Calibration Data :

Concentration offset factor: 5.658E-06
Conc. conversion factor: 2.283E-08

Calibration Data :

Average water conc. level: 1.79E+01 °C
Standard deviation: 5.72E-02 °C

Ambient temperature: 25.3 °C
Ambient pressure: 1000.0 mBar

*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.

Gas Specifications :

Zero Gas:
Contents: Pure Nitrogen %
Quality: 99.9990 %
Manufactured by: YARA
Zero Gas used (Quality > N₂ 5.0) : No

Water Vapour: (*Water Vapour in Zero Gas*)
Dewpoint: 18.0 °C

Signature: [Signature] Date: 13/03/14

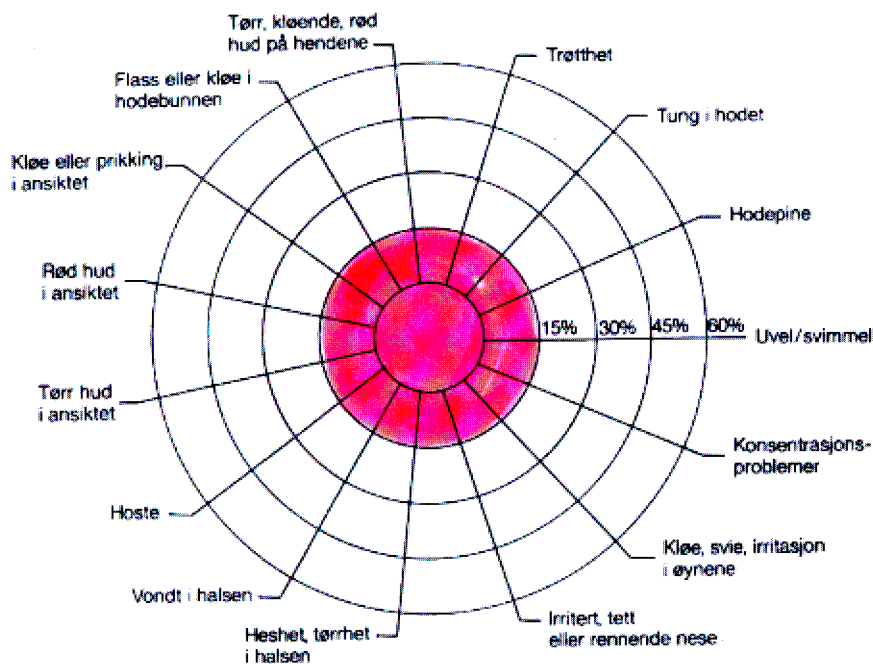
E Ørebroskjema

Ørebro-skjema 1

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



Ørebro-rosen

F Måledata CO₂, RF og TVOC

F.1 Mandag uke 9

F.1.1 Målepunkt B1

90

B1					
Tid	CO ₂	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnholdd
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)	(%)	(g/m ³)
03:00	996,44	4,44	3,95	21,87 %	18,05
03:58	979,19	4,35	3,97	21,63 %	18,36
05:00	964,46	4,47	4,01	21,73 %	18,45
05:58	885,71	3,59	4,58	25,98 %	17,62
07:00	893,41	3,65	4,64	26,50 %	17,51
08:02	889,87	3,63	4,50	25,82 %	17,44
09:00	1482,50	4,22	4,92	26,83 %	18,34
09:58	1386,90	3,85	4,74	25,60 %	18,50
11:01	1874,50	5,90	4,76	24,17 %	19,69
11:59	953,10	3,52	4,04	22,72 %	17,79
13:01	892,80	3,47	3,89	21,91 %	17,75
13:59	892,22	3,63	3,85	21,82 %	17,64

F.1.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)	(%)	(g/m3)
03:01	995,26	4,35	3,95	21,59 %	18,28
03:59	980,55	4,52	3,98	21,37 %	18,61
05:01	962,23	4,19	4,01	21,42 %	18,72
05:59	883,11	3,85	4,61	25,46 %	18,12
07:02	892,90	3,63	4,64	25,67 %	18,08
08:04	888,17	3,57	4,52	25,01 %	18,07
09:02	1464,80	3,97	5,03	26,67 %	18,85
10:00	1432,60	3,97	4,85	25,88 %	18,75
11:02	1868,60	5,96	4,85	24,36 %	19,90
12:00	968,56	3,58	4,09	22,02 %	18,56
12:58	893,63	3,48	3,93	21,40 %	18,35
14:01	889,95	3,66	3,87	21,25 %	18,20

F.1.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)	(%)	(g/m ³)
02:58	926,12	3,95	4,42	27,83 %	15,87
04:05	884,91	3,66	4,76	30,10 %	15,80
04:58	895,11	3,84	4,77	30,15 %	15,80
06:00	880,91	3,72	4,67	28,06 %	16,64
06:59	888,10	3,62	4,65	27,85 %	16,69
08:01	886,02	3,64	4,52	26,95 %	16,76
08:59	885,76	3,66	4,51	26,93 %	16,74
10:01	888,75	3,43	4,34	25,87 %	16,77
10:59	884,96	3,41	4,11	24,54 %	16,76
12:02	888,14	3,49	3,91	23,22 %	16,85
13:00	888,26	3,44	3,88	23,03 %	16,84
13:58	890,76	3,48	3,82	22,69 %	16,83

F.2 Tirsdag uke 9

F.2.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v. dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:01	947,76	4,04	4,02	21,91 %	18,33
03:59	933,83	4,04	4,00	22,24 %	18,00
05:02	928,41	4,10	3,96	22,00 %	17,99
06:00	891,01	3,70	4,10	23,65 %	17,34
07:02	898,37	3,57	4,07	23,56 %	17,27
08:00	894,40	3,62	4,16	24,04 %	17,31
09:02	1639,20	4,35	4,64	24,36 %	19,04
10:00	1377,70	4,27	4,46	23,31 %	19,15
11:03	1690,90	4,98	4,55	22,80 %	19,95
12:01	1284,00	3,95	4,38	23,38 %	18,73
13:03	1077,30	3,54	4,09	22,38 %	18,29
14:01	1000,90	3,66	4,17	22,70 %	18,36

F.2.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max. V.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:03	943,47	4,03	4,03	21,73 %	18,54
04:01	936,43	4,18	4,01	22,09 %	18,13
05:03	926,07	4,07	3,98	21,79 %	18,27

06:01	888,81	3,61	4,11	22,94 %	17,90
07:03	896,45	3,57	4,07	22,74 %	17,91
08:02	906,27	3,69	4,16	23,23 %	17,89
08:59	1709,30	4,69	4,76	24,57 %	19,38
10:02	1616,50	4,45	4,64	23,79 %	19,50
11:00	1796,80	7,03	4,66	23,01 %	20,24
12:02	1293,30	3,84	4,58	23,79 %	19,25
13:00	1157,50	3,62	4,27	22,26 %	19,17
14:02	1120,70	3,52	4,33	22,38 %	19,34

F.2.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)		(g/m ³)
03:00	889,73	3,53	4,34	23,70 %	18,33
04:02	886,70	3,72	4,29	23,83 %	18,00
05:00	898,88	3,58	4,16	23,15 %	17,99
06:03	888,20	3,48	4,14	23,91 %	17,34
07:01	888,57	3,64	4,06	23,51 %	17,27
08:03	900,21	3,55	4,09	23,64 %	17,31
09:01	886,07	3,48	4,01	21,05 %	19,04
09:59	892,35	3,38	3,98	20,79 %	19,15
11:01	891,94	3,48	3,99	20,00 %	19,95
11:59	893,75	3,49	3,98	21,23 %	18,73
13:01	894,59	3,49	3,92	21,41 %	18,29

13:59	898,81	3,64	4,08	22,23 %	18,36
-------	--------	------	------	---------	-------

F.3 Onsdag uke 9

F.3.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:01	885,23	4,05	3,90	21,56 %	18,10
03:59	880,86	4,14	3,90	21,95 %	17,75
05:02	882,37	4,16	3,86	21,65 %	17,81
05:59	869,41	3,39	4,36	25,30 %	17,24
06:58	876,96	3,38	4,55	26,38 %	17,26
07:59	874,69	3,50	4,52	26,25 %	17,22
08:58	1397,00	3,88	5,14	27,57 %	18,65
10:00	1311,40	3,68	5,04	27,29 %	18,46
10:58	1837,90	5,83	5,25	26,79 %	19,58
12:00	919,95	3,75	4,77	27,38 %	17,43
14:00	1100,10	3,70	5,13	27,86 %	18,43
14:50	895,39	3,46	4,73	26,08 %	18,13

F.3.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:58	882,16	4,13	3,91	21,31 %	18,36
04:01	882,72	4,02	3,90	21,70 %	17,96
04:59	877,45	4,19	3,91	21,60 %	18,09

06:01	871,26	3,44	4,39	24,74 %	17,74
06:59	875,35	3,41	4,56	25,66 %	17,76
08:01	878,76	3,43	4,55	25,64 %	17,74
08:59	1650,90	4,02	5,24	27,54 %	19,03
10:01	1286,10	3,67	5,11	27,14 %	18,82
10:59	1668,80	5,74	5,36	26,92 %	19,91
11:57	1121,90	3,78	5,05	26,99 %	18,69
12:59	1060,60	3,69	5,03	26,28 %	19,13
13:57	1271,30	3,67	5,38	27,52 %	19,55
14:51	978,51	3,87	4,85	25,72 %	18,85

F.3.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.Dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:00	885,75	3,98	3,92	23,87 %	16,44
03:58	879,79	4,05	3,87	23,65 %	16,37
05:00	878,02	4,20	3,86	23,53 %	16,41
05:58	869,58	3,24	4,41	26,47 %	16,68
07:01	869,41	3,27	4,54	27,13 %	16,74
07:58	878,73	3,42	4,54	27,17 %	16,70
09:01	884,28	3,52	4,72	28,23 %	16,72
09:58	869,59	3,43	4,71	28,06 %	16,78
11:01	870,91	3,54	4,74	28,19 %	16,81
11:58	866,43	3,38	4,69	27,94 %	16,80

13:01	869,77	3,47	4,80	28,60 %	16,79
13:59	871,78	3,43	4,92	29,32 %	16,77
14:48	881,17	3,26	4,80	28,51 %	16,82

F.4 Torsdag uke 9

F.4.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:59	1212,90	4,70	4,69	28,28 %	16,60
04:01	1191,90	4,73	4,63	28,36 %	16,34
04:59	1167,20	4,91	4,57	28,26 %	16,18
06:01	879,73	3,44	2,88	17,80 %	16,19
06:59	876,07	3,48	2,75	17,02 %	16,14
08:01	909,14	3,39	2,79	17,37 %	16,07
09:00	1234,50	3,48	3,02	17,55 %	17,19
09:58	1017,40	3,44	2,74	16,47 %	16,65
11:00	1212,20	4,35	2,87	16,54 %	17,35
11:58	1141,50	3,33	2,76	16,05 %	17,19
13:00	946,66	3,48	2,38	14,07 %	16,91
14:02	1185,50	3,35	2,43	14,17 %	17,16

F.4.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold

	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)		(g/m ³)
03:00	1212,40	4,82	4,70	28,14 %	16,72
03:58	1188,50	4,80	4,65	28,24 %	16,46
05:00	1161,90	4,99	4,59	27,89 %	16,47
06:02	877,95	3,61	2,94	17,78 %	16,56
07:01	879,44	3,29	2,81	16,95 %	16,56
07:59	885,73	3,33	2,74	16,66 %	16,45
09:01	1324,50	3,52	3,17	18,00 %	17,62
09:59	993,05	3,48	2,78	16,32 %	17,05
10:57	1355,70	4,93	2,96	16,66 %	17,76
12:00	1296,80	3,38	2,91	16,57 %	17,56
12:58	1045,60	3,57	2,56	14,75 %	17,37
14:00	1264,20	3,40	2,59	14,48 %	17,86

F.4.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO ₂	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)		(g/m ³)
03:01	1210,70	4,82	4,62	28,66 %	16,13
03:59	1186,70	4,63	4,59	28,51 %	16,10
04:58	1163,90	4,50	4,49	28,11 %	15,99
06:00	876,28	3,52	3,06	19,14 %	15,99
06:58	879,58	3,31	2,95	18,31 %	16,12
08:00	885,85	3,60	2,78	17,21 %	16,15
08:58	914,32	3,27	2,83	17,33 %	16,32

10:01	894,35	3,25	2,62	15,92 %	16,48
10:59	904,58	3,44	2,63	15,89 %	16,54
12:01	889,85	3,37	2,55	15,38 %	16,57
12:59	893,59	3,18	2,31	13,82 %	16,72
14:01	892,04	3,24	2,24	13,40 %	16,69

F.5 Fredag uke 9

F.5.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:01	881,36	4,22	3,43	20,44 %	16,80
03:59	878,15	4,47	3,45	20,90 %	16,49
05:01	875,54	4,39	3,47	21,18 %	16,38
05:59	878,34	3,60	2,60	15,95 %	16,30
07:01	875,38	3,55	2,84	17,50 %	16,21
07:59	879,24	3,46	2,96	18,46 %	16,03
09:01	1328,60	3,35	3,44	20,22 %	17,02
09:59	1031,40	3,73	3,57	21,20 %	16,85
11:01	1328,40	4,12	3,80	21,73 %	17,47
11:59	1109,50	3,38	3,86	22,87 %	16,88
13:02	1202,90	3,59	3,98	22,41 %	17,76
14:00	887,20	3,50	3,42	20,75 %	16,47

F.5.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:02	883,93	4,42	3,45	20,21 %	17,07
04:00	880,26	4,46	3,48	20,72 %	16,79
05:02	876,80	4,44	3,50	21,21 %	16,52
06:00	883,22	3,54	2,68	16,10 %	16,66
07:02	877,82	3,45	2,85	17,17 %	16,62
08:00	881,47	3,49	2,98	18,26 %	16,31
08:59	1315,50	3,39	3,54	20,91 %	16,93
10:01	1248,00	4,23	3,79	22,60 %	16,78
10:59	1394,80	4,29	3,97	22,11 %	17,96
12:01	1224,10	3,63	4,04	24,06 %	16,78
12:59	1442,60	3,64	4,06	22,71 %	17,87
14:01	886,82	3,48	3,44	20,67 %	16,66

F.5.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:59	881,16	4,36	3,35	20,66 %	16,20
04:02	880,61	4,35	3,35	20,70 %	16,21
05:00	881,19	4,51	3,35	20,85 %	16,08
06:02	880,73	3,41	2,63	16,16 %	16,28
07:00	879,59	3,23	2,91	17,71 %	16,43
08:02	878,00	3,28	3,01	18,35 %	16,39

09:00	903,26	3,20	3,16	19,27 %	16,42
10:02	891,99	3,51	3,33	20,10 %	16,58
11:00	888,25	3,50	3,50	20,97 %	16,71
12:02	894,95	3,18	3,54	21,21 %	16,70
13:00	946,59	3,34	3,48	20,61 %	16,89
13:58	899,67	3,55	3,39	20,27 %	16,74

F.6 Mandag uke 11

F.6.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:02	885,51	3,55	1,70	8,54 %	19,84
04:00	883,28	3,58	1,71	8,41 %	20,36
05:02	881,86	3,58	1,74	8,26 %	21,10
06:00	888,37	3,27	1,51	7,34 %	20,54
07:03	905,71	3,44	1,51	7,33 %	20,62
08:01	932,11	3,50	1,42	6,97 %	20,34
09:03	1563,40	3,69	1,90	9,03 %	21,01
10:01	1461,30	3,67	1,83	8,71 %	20,96
10:59	1884,40	5,75	2,16	9,79 %	22,02
12:01	1412,80	3,58	1,85	9,15 %	20,19
12:59	1031,20	3,48	1,73	8,40 %	20,58
14:01	1304,90	3,54	2,15	10,25 %	21,01

F.6.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:03	884,13	3,59	1,70	8,42 %	20,13
04:01	881,41	3,33	1,72	8,11 %	21,25
04:59	881,94	3,51	1,75	7,83 %	22,33
06:02	887,08	3,31	1,49	6,70 %	22,19
07:00	904,75	3,37	1,50	6,73 %	22,24
08:02	951,28	3,64	1,46	6,68 %	21,86
09:00	1456,90	3,96	1,93	8,71 %	22,13
10:02	1304,00	3,40	1,85	8,39 %	21,99
11:00	1746,10	5,47	2,17	9,59 %	22,68
12:02	1438,40	3,54	2,06	9,80 %	21,02
13:01	1027,40	3,49	1,74	7,65 %	22,73
14:03	1336,90	3,53	2,18	9,64 %	22,66

F.6.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:01	890,63	3,35	1,44	8,35 %	17,27
04:03	883,99	3,31	1,46	8,56 %	17,04
05:01	883,99	3,33	1,43	8,31 %	17,25
05:59	888,10	3,34	1,35	6,91 %	19,49
07:01	891,79	3,25	1,33	6,75 %	19,64
07:59	915,14	3,60	1,32	6,73 %	19,68

09:01	915,39	3,34	1,37	6,93 %	19,73
10:00	907,65	3,12	1,31	6,65 %	19,70
11:02	913,11	3,43	1,30	6,59 %	19,73
12:00	897,62	3,31	1,33	6,80 %	19,57
13:02	922,90	3,31	1,48	7,66 %	19,33
14:00	905,53	3,33	1,62	8,43 %	19,19

F.7 Tirsdag uke 11

F.7.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:59	905,01	3,76	2,06	8,93 %	23,10
03:57	903,35	3,83	2,03	9,15 %	22,19
05:00	897,26	3,75	1,99	9,14 %	21,76
05:58	891,13	3,48	1,66	7,69 %	21,56
07:00	890,31	3,40	1,55	7,16 %	21,72
08:02	970,34	3,34	1,60	7,37 %	21,75
09:00	2575,50	3,53	2,28	10,55 %	21,62
09:59	1309,00	3,55	2,03	9,72 %	20,85
11:01	2388,80	6,21	2,50	11,21 %	22,28
11:59	1015,10	3,40	1,83	10,28 %	17,81
13:01	1283,90	3,43	1,98	9,78 %	20,20
14:03	1126,80	3,34	1,84	9,46 %	19,43

F.7.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:00	907,28	3,76	2,08	8,51 %	24,44
03:59	900,91	3,76	2,04	8,90 %	22,95
05:01	894,91	3,80	2,01	8,91 %	22,52
05:59	890,04	3,34	1,60	6,89 %	23,19
06:57	891,48	3,43	1,53	6,57 %	23,34
08:00	901,03	3,46	1,57	6,82 %	23,09
08:58	1583,80	3,70	2,15	9,44 %	22,75
10:00	1596,40	3,66	2,15	9,97 %	21,52
10:58	1966,70	5,87	2,49	11,00 %	22,62
12:00	1159,30	3,48	2,02	9,81 %	20,54
13:02	1135,10	3,28	1,99	9,20 %	21,64
14:00	1009,10	3,51	1,85	8,93 %	20,74

F.7.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:02	897,58	3,52	1,77	9,65 %	18,36
04:00	896,54	3,40	1,71	9,36 %	18,29
05:02	895,05	3,60	1,92	11,20 %	17,13
06:01	889,85	3,28	1,41	7,27 %	19,33
06:59	888,22	3,37	1,42	7,29 %	19,43
08:01	896,60	3,63	1,49	7,70 %	19,31

08:59	917,04	3,39	1,57	8,18 %	19,20
09:57	899,89	3,33	1,51	7,84 %	19,25
10:59	918,32	3,43	1,50	7,78 %	19,32
11:57	900,93	3,35	1,47	7,67 %	19,15
12:59	899,75	3,37	1,56	8,25 %	18,87
13:57	908,53	3,35	1,62	8,86 %	18,33

F.8 Onsdag uke 11

F.8.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:58	882,99	3,64	1,94	8,61 %	22,52
04:00	882,21	3,73	1,92	8,81 %	21,81
04:58	880,12	3,66	1,90	8,81 %	21,56
06:00	879,23	3,27	1,40	6,94 %	20,18
06:58	882,01	3,24	1,36	6,85 %	19,91
08:00	882,21	3,26	1,37	6,89 %	19,81
09:02	1622,90	4,13	2,14	10,36 %	20,62
10:00	1506,60	3,57	2,19	11,12 %	19,65
10:59	1658,60	7,26	2,43	11,64 %	20,89
12:00	1697,80	3,55	2,58	13,13 %	19,63
12:59	1112,50	3,39	2,23	11,24 %	19,86
14:01	1001,80	3,38	2,26	11,38 %	19,85

F.8.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:59	885,22	3,81	1,94	8,19 %	23,68
03:57	882,12	3,59	1,92	8,59 %	22,37
04:59	881,34	3,54	1,91	8,62 %	22,13
05:57	876,34	3,22	1,35	6,36 %	21,23
06:59	876,93	3,09	1,32	6,30 %	20,90
07:57	881,96	3,21	1,35	6,55 %	20,67
09:00	1450,60	4,44	2,16	10,27 %	21,06
09:57	1323,80	3,39	2,17	10,82 %	20,05
11:00	1630,00	6,16	2,46	11,60 %	21,19
11:58	1526,30	3,50	2,62	13,18 %	19,89
13:00	1067,50	3,18	2,23	10,77 %	20,70
13:58	1178,90	3,44	2,32	11,02 %	21,01

F.8.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:00	880,95	3,32	1,71	9,38 %	18,24
04:02	881,43	3,28	1,64	9,05 %	18,11
05:00	880,48	3,70	1,76	9,82 %	17,98
06:02	877,25	3,16	1,24	6,83 %	18,17
07:01	878,01	3,13	1,30	7,10 %	18,31
07:59	881,20	3,29	1,34	7,57 %	17,68

09:01	885,89	3,11	1,57	8,73 %	17,98
09:59	882,56	3,08	1,71	9,49 %	18,06
10:57	884,11	3,39	1,70	9,67 %	17,59
11:59	878,22	3,15	1,92	10,72 %	17,93
12:57	882,55	3,26	1,95	11,01 %	17,75
14:00	888,82	3,09	2,01	11,46 %	17,54

F.9 Torsdag uke 11

F.9.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:01	875,89	4,22	2,73	16,64 %	16,41
03:59	875,21	4,23	2,76	17,01 %	16,22
05:00	877,80	4,36	2,78	17,14 %	16,20
06:02	874,74	3,31	2,61	15,91 %	16,39
07:00	881,25	3,38	2,73	16,60 %	16,44
08:02	885,11	3,30	2,83	17,05 %	16,58
09:00	1229,50	3,43	3,05	17,36 %	17,55
10:02	915,99	3,45	2,77	16,33 %	16,98
11:00	1246,30	4,26	3,00	16,89 %	17,79
12:02	1311,80	3,32	2,78	15,62 %	17,83
13:00	1434,80	3,59	2,93	15,88 %	18,45
14:02	1038,70	3,29	2,83	15,86 %	17,85

F.9.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)		(g/m ³)
03:02	875,66	4,10	2,77	16,58 %	16,73
04:00	872,84	4,29	2,79	17,08 %	16,36
04:58	872,50	4,29	2,82	16,99 %	16,59
06:00	874,93	3,35	2,62	15,57 %	16,80
06:58	878,71	3,41	2,72	16,11 %	16,91
08:00	879,66	3,28	2,83	16,75 %	16,90
08:58	1283,50	3,50	3,18	17,65 %	18,01
10:00	942,46	3,33	2,81	15,73 %	17,85
10:57	1278,60	4,27	3,04	16,69 %	18,24
12:00	1313,10	3,30	2,98	16,48 %	18,07
12:58	1581,50	3,51	3,03	16,06 %	18,90
14:00	1212,60	3,26	3,00	15,80 %	18,98

F.9.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)		(g/m ³)
02:59	874,44	4,10	2,62	16,13 %	16,27
03:57	872,67	4,30	2,64	16,24 %	16,24
04:59	875,30	4,21	2,64	16,33 %	16,18
05:57	875,25	3,55	2,58	15,43 %	16,70
06:59	878,57	3,13	2,71	16,19 %	16,75
07:57	879,69	3,22	2,80	16,67 %	16,79

08:59	918,10	3,23	2,77	16,36 %	16,91
10:01	894,79	3,10	2,70	15,96 %	16,93
10:59	909,04	3,23	2,65	15,62 %	16,95
11:57	885,26	3,20	2,41	14,25 %	16,93
12:59	919,80	3,30	2,52	14,91 %	16,93
14:01	910,73	3,17	2,65	15,52 %	17,05

F.10 Fredag uke 11

F.10.1 Målepunkt B1

B1					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:02	889,00	4,18	2,91	17,55 %	16,58
03:58	885,44	4,41	2,91	17,79 %	16,34
04:58	888,26	4,44	2,92	17,96 %	16,27
05:59	880,23	3,29	2,56	15,57 %	16,41
07:00	887,14	3,21	2,53	15,39 %	16,46
08:01	900,16	3,43	2,68	16,26 %	16,50
09:01	1288,70	3,59	2,94	16,68 %	17,60
10:02	930,45	3,57	2,76	16,24 %	16,98
11:02	1239,50	4,10	2,93	0,17	17,68
11:59	1434,40	3,44	3,13	0,18	17,84
13:00	1671,00	3,43	3,29	0,18	18,65
13:45	902,90	3,11	2,74	0,16	17,25

F.10.2 Målepunkt B2

B2					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
02:59	888,77	4,38	2,94	17,45 %	16,85
04:00	885,43	4,31	2,95	17,85 %	16,53
05:00	882,20	4,40	2,95	17,75 %	16,62
06:01	883,13	3,38	2,57	15,37 %	16,73
07:02	890,07	3,34	2,54	15,16 %	16,77
07:58	898,27	3,51	2,67	15,84 %	16,83
08:58	1401,90	3,71	3,13	17,45 %	17,95
09:59	945,20	3,76	2,81	15,79 %	17,79
10:59	1259,50	4,42	3,01	16,67 %	18,03
12:00	1335,40	3,60	3,31	18,17 %	18,21
13:02	1541,20	3,51	3,37	17,72 %	19,04
13:47	910,46	3,19	2,75	15,23 %	18,05

F.10.3 Målepunkt B3

B3					
Tid	CO2	TVOC	V.dampinnhold	RF	Max v.dampinnhold
	(mg/m3)	(mg/m3)	(g/m3)		(g/m3)
03:00	888,46	4,35	2,82	17,15 %	16,42
04:01	885,09	4,33	2,84	17,31 %	16,39
05:02	885,07	4,41	2,82	17,30 %	16,29
05:58	882,24	3,20	2,54	15,27 %	16,66
06:59	887,94	3,38	2,52	15,07 %	16,73
07:59	907,73	3,36	2,68	16,00 %	16,77

09:00	952,43	3,33	2,68	15,89 %	16,84
10:00	911,17	3,23	2,70	16,03 %	16,84
11:01	925,37	3,39	2,69	15,95 %	16,87
12:02	912,33	3,16	2,70	16,03 %	16,83
12:58	954,05	3,36	2,77	16,31 %	16,97
13:44	891,83	3,23	2,69	15,84 %	16,98

G Temperaturlogging

G.1 Mandag uke 9

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
02:01	20,08	21,08	21,29	18,56	2,39	1
03:01	19,99	20,75	20,98	18,56	2,85	0,76
04:01	20	21,04	21,27	18,49	2,75	1,04
05:01	20,06	21,13	21,38	18,49	2,51	1,07
06:01	19,72	20,33	20,81	19,37	2,59	0,61
07:01	19,75	20,24	20,78	19,42	2,3	0,49
08:01	19,76	20,16	20,77	19,49	2,04	0,4
09:01	19,9	21,03	21,49	19,46	2,04	1,13
10:01	20,11	21,17	21,4	19,5	2,05	1,06
11:01	20,29	22,25	22,44	19,49	1,93	1,96
12:01	19,89	20,5	21,23	19,57	1,91	0,61
13:01	19,88	20,46	21,01	19,56	1,84	0,58
14:01	19,85	20,35	20,9	19,56	1,76	0,5

14:56	19,83	20,23	20,75	19,6	1,42	0,4
-------	-------	-------	-------	------	------	-----

G.2 Tirsdag uke 9

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
02:01	20,03	21,01	21,26	18,71	0,27	0,98
03:01	20,01	21,02	21,21	18,69	0,25	1,01
04:01	19,93	20,7	20,83	18,65	0,58	0,77
05:01	19,88	20,69	20,97	18,62	0,44	0,81
06:01	19,79	20,06	20,61	19,58	0,72	0,27
07:01	19,79	20	20,61	19,6	0,72	0,21
08:01	19,87	20,03	20,6	19,72	0,58	0,16
09:01	20,41	21,67	21,98	19,66	0,75	1,26
10:01	20,35	21,78	22,09	19,68	0,91	1,43
11:01	20,67	22,49	22,74	19,66	1,44	1,82
12:01	20,15	21,39	21,87	19,61	1,81	1,24
13:01	18,8	20,98	21,79	19,57	2,13	2,18
14:01	19,39	21,05	21,95	19,65	2,03	1,66

G.3 Onsdag uke 9

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
01:59	20,03	20,83	21,06	19,07	2,15	0,8
02:59	20,07	20,8	21,05	19,16	2,4	0,73
03:59	19,98	20,46	20,67	19,09	2,44	0,48

04:59	19,95	20,52	20,79	19,13	2,74	0,57
05:59	19,7	19,97	20,45	19,4	2,89	0,27
06:59	19,73	19,99	20,47	19,46	2,43	0,26
07:59	19,72	19,95	20,45	19,42	3,17	0,23
08:59	20,26	21,31	21,66	19,45	2,3	1,05
09:59	20,15	21,14	21,47	19,5	1,97	0,99
10:59	20,29	22,16	22,45	19,54	2,05	1,87
11:59	19	20,16	21,35	19,53	2,78	1,16
12:59	19,83	20,73	21,75	19,51	2,76	0,9
13:59	18,78	21,11	22,13	19,5	2,6	2,33
14:59	19,99	20,95	21,6	19,55	2,63	0,96

G.4 Torsdag uke 9

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
01:59	18,41	19,33	19,46	18,87	0,61	0,92
02:59	18,4	19,32	19,45	18,84	0,08	0,92
03:59	18,26	19,06	19,18	18,81	-0,33	0,8
04:59	18,12	18,89	19,19	18,68	-1,05	0,77
05:59	18,33	18,9	19,28	18,69	-0,1	0,57
06:59	18,34	18,85	19,29	18,83	0,65	0,51
07:59	18,29	18,77	19,17	18,86	1,72	0,48
08:59	19,06	19,92	20,34	19,04	2,05	0,86
09:59	18,66	19,37	19,77	19,21	2,32	0,71

10:59	19,45	20,08	20,48	19,26	3,5	0,63
11:59	19,21	19,92	20,28	19,29	4,38	0,71
12:59	18,9	19,64	20,1	19,45	4,65	0,74
13:59	19,29	20,15	20,57	19,41	2,46	0,86

G.5 Fredag uke 9

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
02:01	18,54	19,61	19,78	18,92	-2,8	1,07
03:01	18,52	19,53	19,8	18,92	0,22	1,01
04:01	18,35	19,22	19,41	18,92	0,62	0,87
05:01	18,22	19,1	19,42	18,79	0,9	0,88
06:01	18,43	19,02	19,46	19	1,71	0,59
07:01	18,31	18,92	19,32	19,15	2,09	0,61
08:01	18,21	18,73	19,11	19,11	2,17	0,52
09:01	19,01	19,75	19,85	19,14	2,03	0,74
10:01	18,93	19,58	19,68	19,31	2,31	0,65
11:01	19,48	20,19	20,57	19,43	1,31	0,71
12:01	19,04	19,61	19,92	19,42	1,38	0,57
13:01	19,78	20,47	20,47	19,61	2,56	0,69
14:01	18,58	19,19	19,34	19,46	3,06	0,61

G.6 Mandag uke 11

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
02:01	21,35	23,27	24,16	20,24	-11,33	1,92
03:01	21,07	22,39	22,64	20	-11,56	1,32
04:01	21,07	22,84	23,59	19,77	-11,32	1,77
05:01	21,34	23,47	24,46	19,98	-11,59	2,13
06:01	21,67	23	24,35	22,08	-11,82	1,33
07:01	21,77	23,07	24,4	22,21	-11,8	1,3
08:01	21,28	22,83	24,09	22,24	-11,05	1,55
09:01	22,14	23,39	24,31	22,29	-11,27	1,25
10:01	21,99	23,35	24,2	22,26	-10,62	1,36
11:01	22,52	24,22	24,74	22,29	-10,28	1,7
12:01	21,09	22,7	23,4	22,15	-8,3	1,61
13:01	18,14	23,04	24,78	21,93	-7,77	4,9
14:01	21,64	23,39	24,72	21,81	-6,77	1,75

G.7 Tirsdag uke 11

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
02:00	22,63	24,98	25,95	21,1	-8,57	2,35
03:00	22,7	25,07	26,08	21,05	-9,21	2,37
04:00	22,48	24,35	24,96	20,98	-9,08	1,87
05:00	22,31	24,01	24,61	20,7	-8,89	1,7
06:00	22,22	23,85	25,14	21,93	-9,61	1,63

07:00	22,3	23,98	25,25	22,03	-8,63	1,68
08:00	22,46	23,96	25,06	21,92	-7,09	1,5
09:00	22,38	23,9	24,79	21,82	-6,87	1,52
10:00	21,53	23,26	23,82	21,86	-7,38	1,73
11:00	22,68	24,42	24,69	21,92	-8,07	1,74
12:00	16,18	20,52	23	21,77	-6,99	4,34
13:00	18,6	22,7	23,81	21,52	-5,42	4,1
14:00	18,48	21,52	23,17	21,02	-5,14	3,04

G.8 Onsdag uke 11

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
01:59	22,88	24,69	25,54	20,96	-6,65	1,81
02:59	22,87	24,62	25,51	20,93	-6,33	1,75
03:59	22,7	24,06	24,49	20,85	-5,13	1,36
04:59	22,45	23,85	24,31	20,68	-5,17	1,4
05:59	21,62	22,68	23,58	21,01	-3,21	1,06
06:59	21,57	22,44	23,3	21	-4,32	0,87
07:59	21,15	22,36	23,11	20,4	-2	1,21
08:59	21,47	23,06	23,43	20,68	-2,01	1,59
09:59	21,09	22,22	22,57	20,76	-2,11	1,13
10:59	21,33	23,29	23,54	20,3	-0,52	1,96
11:59	20,97	22,2	22,43	20,64	-1,31	1,23
12:59	21,09	22,41	23,14	20,46	-1,34	1,32

13:59	18,96	22,39	23,39	20,26	-1,11	3,43
-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

G.9 Torsdag uke 11

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
01:59	18,26	19,1	19,37	18,98	0,44	0,84
02:59	18,27	19,13	19,47	18,99	0,21	0,86
03:59	18,2	18,93	19,08	18,95	-2	0,73
04:59	18,11	18,91	19,31	18,89	-0,9	0,8
05:59	18,35	19,13	19,53	19,42	-1,04	0,78
06:59	18,46	19,16	19,64	19,47	-1,96	0,7
07:59	18,49	19,22	19,62	19,52	0,43	0,73
08:59	19,35	20,27	20,71	19,64	-0,18	0,92
09:59	19,07	19,76	20,56	19,66	2,04	0,69
10:59	19,43	20,5	20,94	19,68	2,68	1,07
11:59	19,34	20,31	20,77	19,66	-0,27	0,97
12:59	20,01	21,12	21,54	19,66	2,74	1,11
13:59	19,73	20,78	21,61	19,77	4,86	1,05

G.10 Fredag uke 11

Tid	K1	K2	K3	K4	K5	Vertikal lufttemperaturdifferanse
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
01:59	18,52	19,34	19,55	19,19	-1,53	0,82

02:59	18,51	19,33	19,58	19,14	-0,47	0,82
03:59	18,39	19,07	19,25	19,11	-1,13	0,68
04:59	18,29	18,98	19,34	19,01	-0,78	0,69
05:59	18,51	19,14	19,45	19,39	-1,26	0,63
06:59	18,49	19,18	19,49	19,45	-0,82	0,69
07:59	18,51	19,22	19,56	19,49	1,5	0,71
08:59	19,63	20,32	20,65	19,57	2,06	0,69
09:59	19,1	19,71	20,5	19,56	0,87	0,61
10:59	19,56	20,38	20,73	19,6	4,27	0,82
11:59	19,58	20,55	20,9	19,56	5,07	0,97
12:59	19,91	21,31	21,67	19,7	4,5	1,4
13:44	19,41	19,98	20,75	19,7	3,72	0,57

H Måleresultater PMV

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Tirsdag 26. Februar kl 08:00-08:30

Klasserom 1

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,6	-0,36
2	1	1,2	0,6	-0,44
3	1	1,2	0,6	-0,42

Tirsdag 12. Mars kl 08:00-08:30

Klasserom 1:

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	0,25
2	1	1,2	0,3	0,2
3	1	1,2	0,3	0,29

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Torsdag 28. Februar kl 08:00-08:30

Klasserom 2

Målehøydehøyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,6	-0,85
2	1	1,2	0,6	-0,77
3	1	1,2	0,6	-0,83

Torsdag 14. Mars kl 08:00-08:30

Klasserom 2

Målehøydehøyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,83
2	1	1,2	0,3	-0,72
3	1	1,2	0,3	-0,72

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Tirsdag 26. Februar, Storefri(ca 12:00-12:30)

Klasserom 1

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	0,29
2	1	1,2	0,3	0,61
3	1	1,2	0,3	-0,17

Tirsdag 12. Mars Storefri(ca 12:00-12:30)

Klasserom 1:

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	0,51
2	1	1,2	0,3	0,66
3	1	1,2	0,3	0,55

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Torsdag 28. Februar Storefri(ca 12:00-12:30)

Klasserom 2

Måle høyde høyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,68
2	1	1,2	0,3	-0,69
3	1	1,2	0,3	-0,66

Torsdag 14. Mars Storefri(ca 12:00-12:30)

Klasserom 2

Måle høyde høyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,52
2	1	1,2	0,3	-0,52
3	1	1,2	0,3	-0,56

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Tirsdag 26. Februar, Skoleslutt (mellom kl 13 og 14)

Klasserom 1

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,6	-0,16
2	1	1,2	0,6	-0,13
3	1	1,2	0,6	-0,19

Tirsdag 12. Mars, Skoleslutt (mellom kl 13 og 14)

Klasserom 1:

Målehøyde: 1,1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,02
2	1	1,2	0,3	-0,01
3	1	1,2	0,3	-0,03

Måleplan Komfortmeter

Brüel og Kjær Thermal Comfortmeter Type 1212

Torsdag 28. Februar, Skoleslutt (mellom kl 13 og 14)

Klasserom 2

Målehøydehøyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,41
2	1	1,2	0,3	-0,69
3	1	1,2	0,3	-0,66

Torsdag 14. Mars, Skoleslutt (mellom kl 13 og 14)

Klasserom 2

Målehøydehøyde 1.1m

Probevinkel: 0 grader

Målepunkt	Clo	Met	Partialtrykk	PMV
1	1	1,2	0,3	-0,35
2	1	1,2	0,3	-0,46
3	1	1,2	0,3	-0,43

I Tabell for metningstrykk av luftens vanndampinnhold

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

J Energibesparelse ventilasjonsanlegg

Hvor	Timer	Nettleie	Strømpris	Total energipris
36.01 – klasserom småskolen	2	øre/kWh	øre/kWh	øre/kWh
36.02 – garderober småskolen	1	18,3	34,23	52,53
36.03 – gymsal, mellombygg	1			
36.04 – klasserom storskolen	2			
36.05 – garderober/ administrasjon storskolen	2			
Sum	8			
Driftsdager i året	220			
kWh/år	23672			
kWh/dag	107,6			
kWh/time	2,152			
kWh/time (med 8 timer mindre drift)	17,216			
kWh/år (årlig energibesparelse)	3787,52			
øre/8timer	904,35			
kr/8timer	9,04			
kr/år	1989,56			
År	Tromsø, NOK/MWh	NOK/kWh	øre/kWh	
2018	419,8	0,42	41,98	
2017	240,35	0,24	24,04	
2016	232,59	0,23	23,26	
2015	182,09	0,18	18,21	
2014	262,77	0,26	26,28	

2013	300,69	0,30	30,07
2012	233,32	0,23	23,33
2011	370,56	0,37	37,06
2010	459,7	0,46	45,97
2009	310,9	0,31	31,09
2008	410,17	0,41	41,02
Gj.snitt	342,294	0,342294	34,23

K Vinduslufting

