

Kartlegging av inneklima på Skistua barneskole

Olav Nilsen Lohne & Lars Thorrud

UiT/Narvik, Postboks 35, 8505 Narvik

Mai 15. 2019

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 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. 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.

Nøkkelord: Inneklima, innemiljø, PVM, CO₂, relativ luftfuktighet

1 Innledning

Temaet for denne vitenskapelige rapporten er å danne et bilde av, samt å dokumentere hvorvidt det generelle inneklimaet på Skistua barneskole er tilfredstillende etter kravene. Narvik kommune ønsker å benytte Skistua barneskole 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.

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.

2 Metodikk

På Skistua barneskole 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, 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 har 63 (+15,9) m². Klasserom 2 har et areal på 62,6 (+14,6) m². Av målinger ble det utført logging av CO₂, TVOC, partialtrykket til vanddamp og temperatur. PMV, relativ luftfuktighet og volumstrøm ble det gjort øyeblikksmålinger på.

Måleplan

I Klasserom 1 og 2 ble det gjennomført logging og øyeblikksmålinger. K1-K5 indikerer målepunkter for temperaturlogging. B1-B3 indikerer målepunkter for logging av CO₂, TVOC og luftens vanddampinnhold. 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
- K4 er plassert i tilluftskanal
- K5 er plassert utendørs
- B1 er plassert midt i klasserommet på høyden 1,1m
- 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

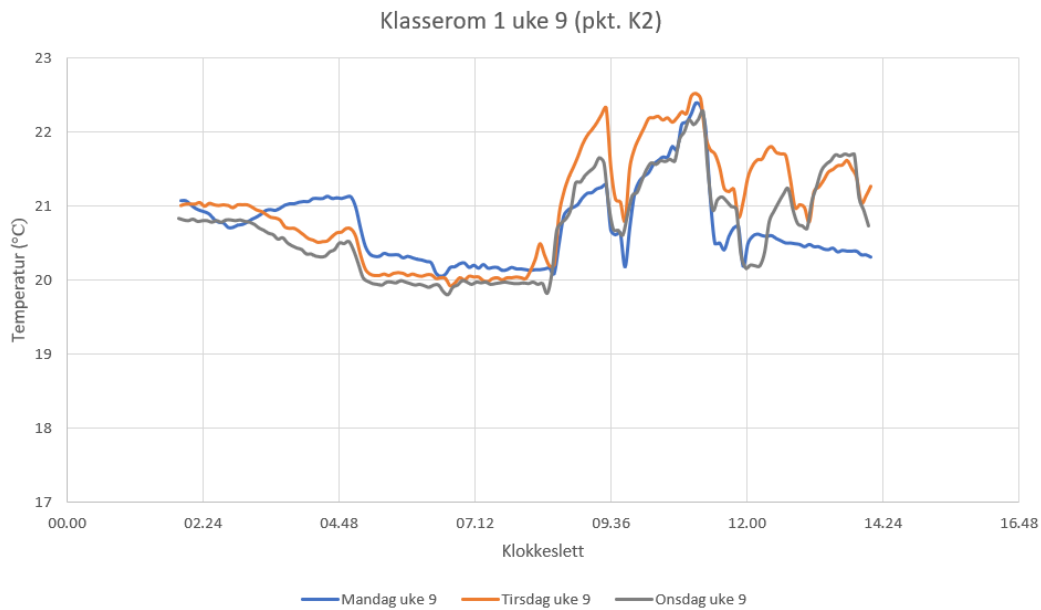
3 Resultater og Diskusjon

I dette kapitlet blir måleresultatene diskutert. Resultatene blir tolket og sammenliknet med andre måleresultater og undersøkelser fra tilsvarende rapporter. Måledata fra uke 11 er ikke vektlagt i særlig grad i dette "paperet" da det var noe galt med knx-en for klasserom 1, og resultatene for klasserom 2 var veldig like som i uke 9. Krav, anbefalinger og veiledninger som resultatene blir veid opp mot er basert på Norsk Standard, Byggforsk og andre myndighetsorganer. Disse kildehenvisningene er gjort rede for i Masteroppgaven.

Temperatur opp mot krav

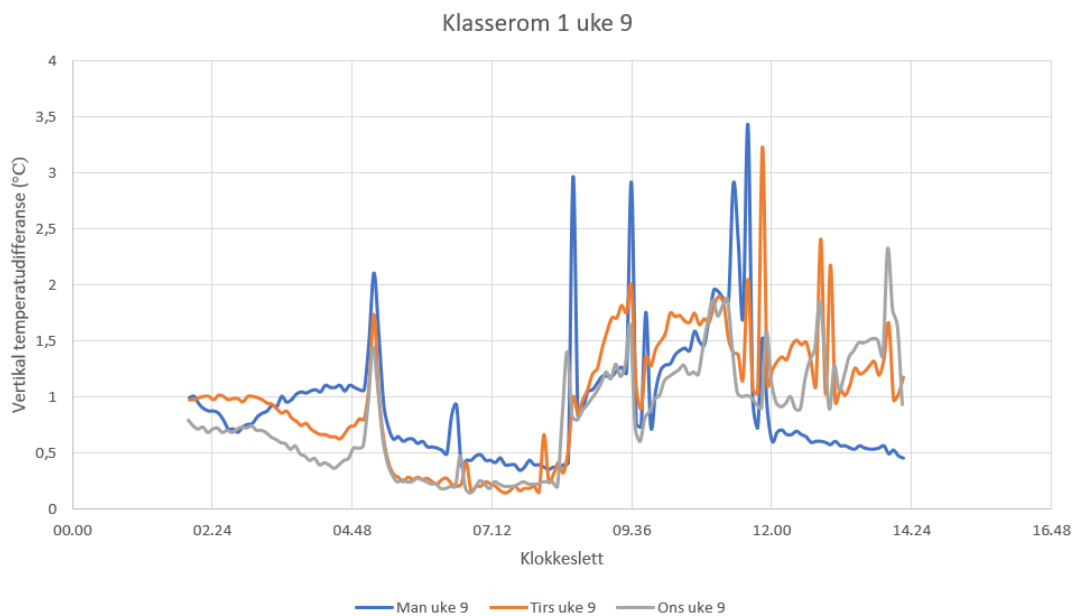
Det ble totalt gjort temperaturmålinger i ti dager, seks i klasserom 1 og fire i klasserom 2. Det var store variasjoner mellom klasserommene, men for klasserom 1 var det også store variasjoner

mellom ukene, noe det ikke var for klasserom 2.



Figur 3.1: Temperatur for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt K2.

Figur 3.1 viser temperatuene i K2 i klasserom 1 uke 9. Figuren viser at det er relativt likt for alle dagene, med en ganske lik respons ved skolestart. I rapporten utarbeidet av *SINTEF* står det at optimal lufttemperatur om vinteren er mellom 20 og 23 °C, et intervall som klasserom 1 er innenfor hele uken. Variasjoner i temperaturen kan skyldes at det var en åpen dør mellom det aktuelle klasserommet og naborommet.



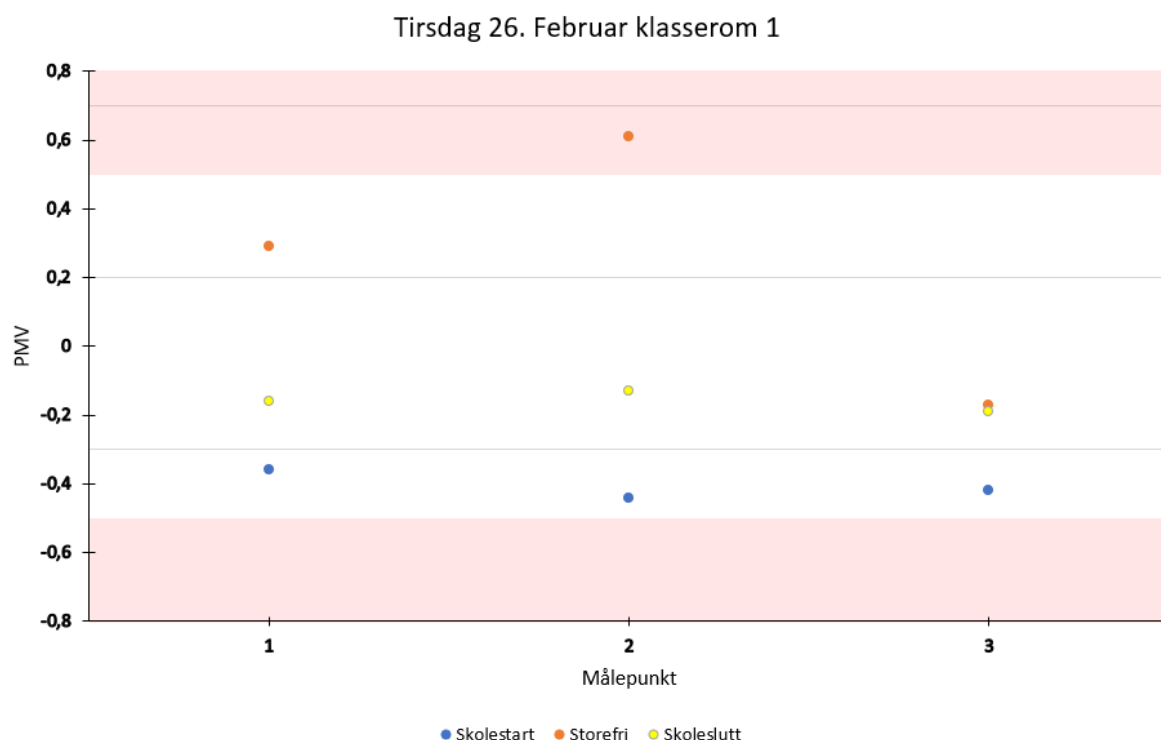
Figur 3.2: Vertikal temperaturdifferanse mellom K1 og K2 for klasserom 1 i uke 9.

I figur 3.2 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. 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.

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. 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. Felles for alle dagene i klasserom 2 er at det med fordel kunne vært en litt høyere lufttemperatur. Den vertikale temperaturdifferanser ligger for det meste på under 1 °C.

PMV opp mot krav

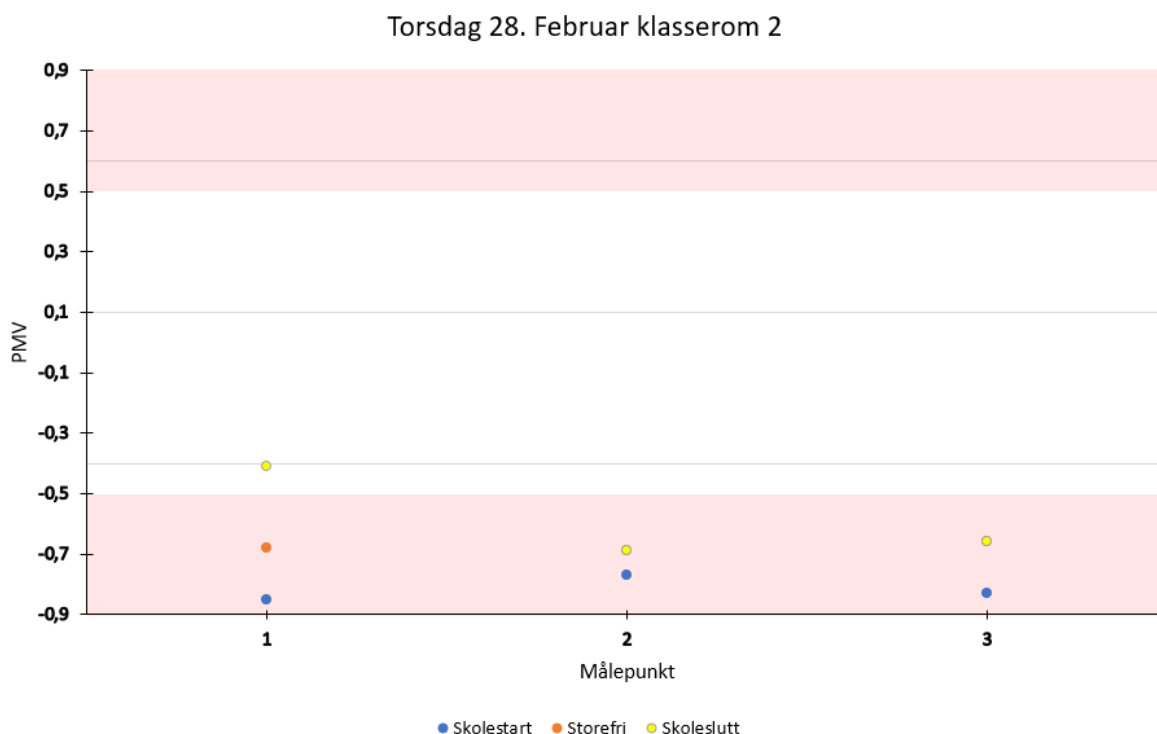
Under, i figurene 3.3, 3.4 og er det anvist PMV-målinger som ble gjort med komfortmeteret tirsdag og torsdag i uke 9. Om prikkene i figurene ligger i den hvite eller røde sonen indikerer om målingene som ble gjort er innenfor de anbefalte verdier for inneklimakategori 2, der målinger innenfor $\pm 0,5$ er å anse som tilfredsstillende.



Figur 3.3: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt tirsdag i uke 9.

Som figur 3.3 viser, ligger øyeblikksmålingene for det meste innenfor anbefalt nivå. 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 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 måleresulater, 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. Eller så kan det være 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 3.4: PMV-målinger ved ulike målepunkt og tidspunkt torsdag i uke 9.

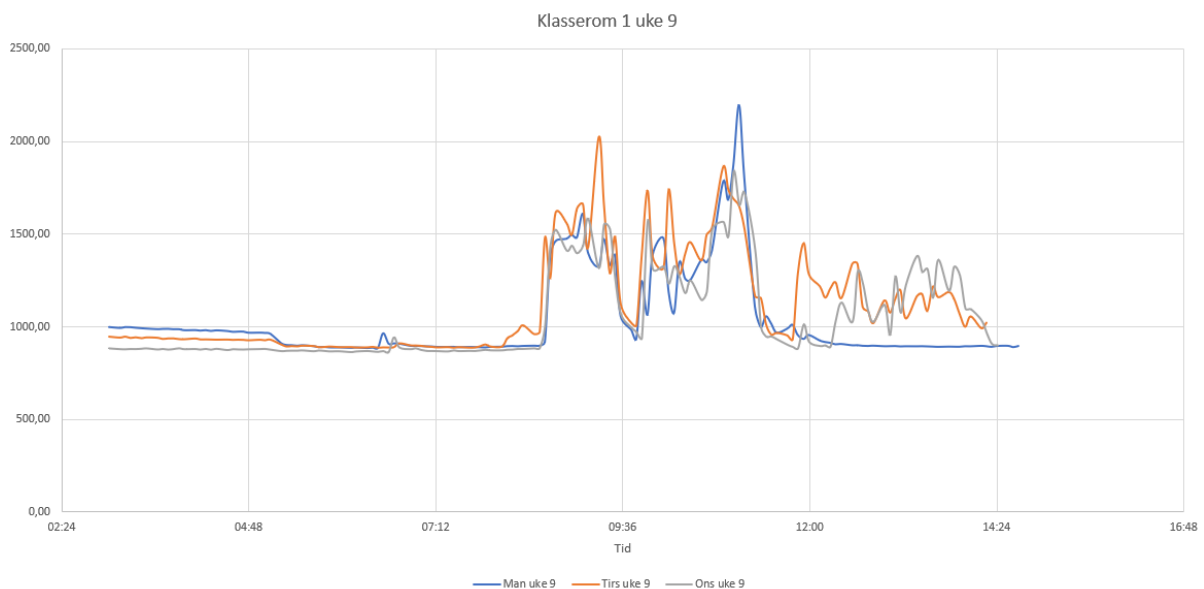
Over, i figur 3.4, vises det at det stort sett gjennom hele skoledagen har vært en for lav PMV-verdi til at det er å anse som tilfredsstillende. Dette medfører at det er en for stor andel av brukerne som vil oppleve de termiske omgivelser som for kalde. At måleverdiene er såpass lave gjennom denne skoledagen er trolig reelt, da det på denne dagen var lave temperaturer. Alle grafene tatt i betraktning er det gjennomgående at det ikke er særs ugunstige PMV-verdier i alle 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 skistua barneskole i disse måleperiodene ikke er optimale, men heller ikke langt utenfor kravet. For klasserom 1 vises det ved hjelp av figur 3.3 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 derimot var det like driftsbetingelser for torsdagen i uke 9 og 11. Her er det likere 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 oppleve 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.

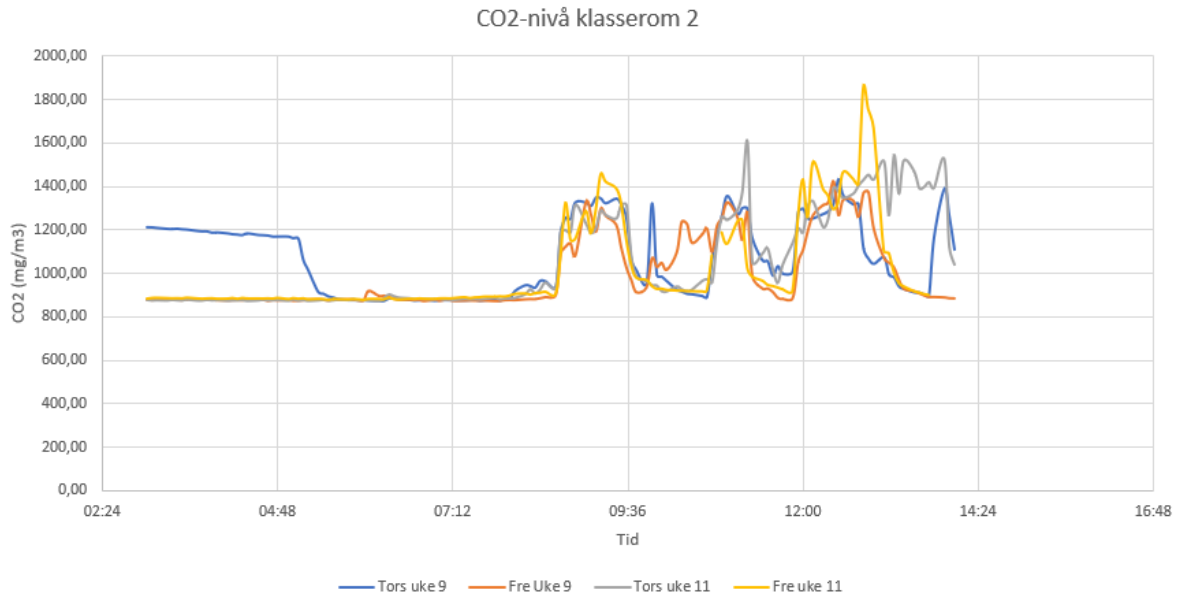
CO₂-nivå opp mot krav

For grafene presentert i dette kapittelet er det blitt brukt data fra målepunkt B1. 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).



Figur 3.5: CO₂-nivå for klasserom 1 i uke 9 ved målepunkt B1.

Som figur 3.5 over viser, holder CO₂-nivået seg stort sett under $1800 \frac{mg}{m^3}$ alle tre dagene, med unntak av små perioder. Det er stort sett i slutten av skoletimene at CO₂-en har topp-punktene sine. Når konsentrasjonen av CO₂ stort sett holder seg under minstekravet er dette et klart tegn på at luftmengdene er tilstrekkelig i forhold til personbelastningen.



Figur 3.6: CO₂-nivåer i klasserom 2.

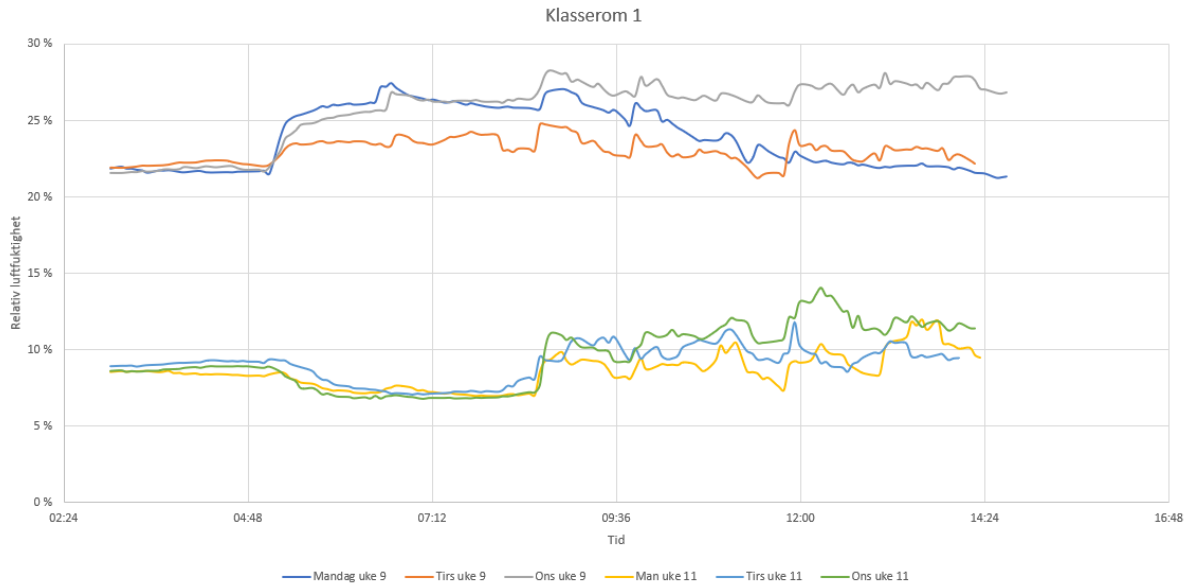
Som figur 3.6 viser, har torsdagen i uke 9 en annerledes CO₂-nivå på natta fra 03:00 til 05:30. Det stemmer overens med at måleutstyret ble satt opp på onsdags kveld etter at ventilasjonen var skrudd av. Felles for alle dagene er at det rundt 08:30 får en kraftig økning i CO₂, altså skolestart. Her er det tatt med målinger for uke 11 også, så de få ulikhetene vises.

Som det fremkommer er det gjentakende lave CO₂-verdier omkring storefri (11:00 til 11:30). 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 se 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.

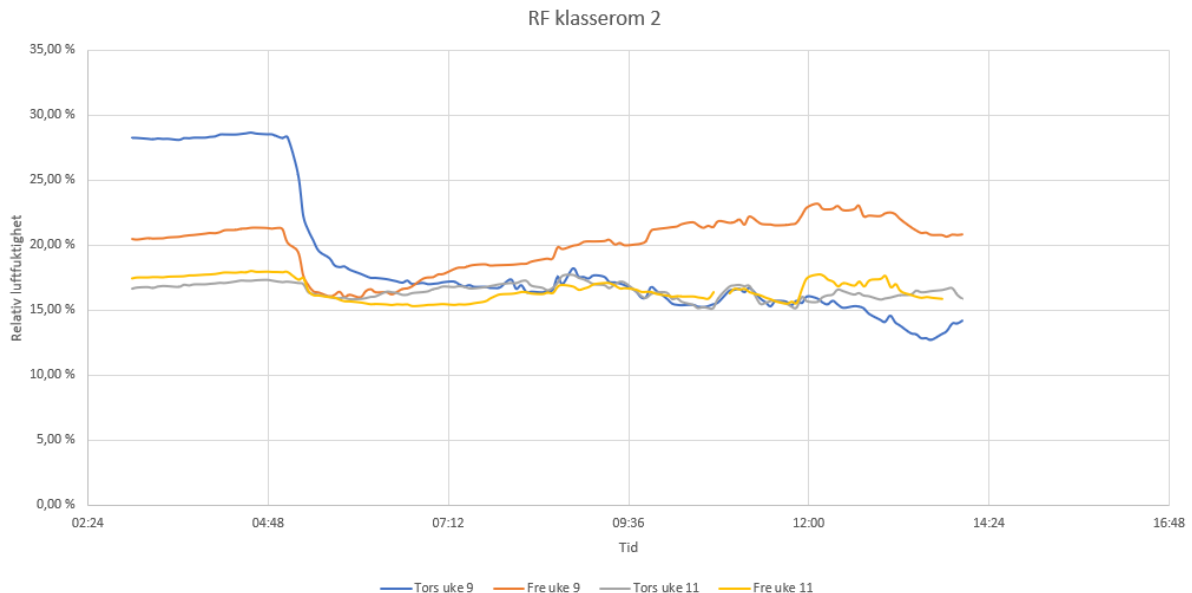
Luftfuktighet opp mot krav

Måleperiodene er vinterstid, som betyr at det generelt er tørr luft, og som det fremgår av målingene er det mange perioder der den relative luftfuktigheten er godt under den anbefalte minste verdien på 20%.



Figur 3.7: Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 1 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.

For klasserom 1 er det i figur 3.7 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%. Elevene bidrar med å både øke fuktinnholdet i rommet og temperaturen, noe som gjør at de har et tvetydig bidrag på RF. Men som vist i figuren øker RF når elevene ankommer, slik at bidraget til fuktavgivelsen gir større effekt. I figuren er det også vist hvor avvikende resultater ble med en defekt knx (uke 11).



Figur 3.8: Fremstilling av relativ luftfuktighet i klasserom 2 uke 9 og 11 ved målepunkt B1.

Grafen viser at det er store perioder der den relative luftfuktigheten er under 20%. Felles for alle målingene er at de får et fall omkring 05:00, idet ventilasjonen skrur på. Når RF-verdien

er så lav er det risiko for at det kan forårsake helseproblemer i form av kløe, tørr hud og slimhinneirritasjon. Det vises tydelig 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. Volumstrømmen må ikke senkes i så stor grad at det forringer andre parametre.

Sammenlikning med andre inneklimaundersøkelser

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

Fra en tilsvarende rapport skrevet av Algrøy [1], står det at CO₂-målingene varierte mellom 1300 ppm og 750 ppm. I Algrøy sin rapport vises det også at det i store deler av dagen er over 1000 ppm, som sammenliknet med Skistua barneskole er høyt. På Skistua barneskole er det sjeldent målt CO₂-verdier over 1000 ppm. 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.

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 skoleiere”. Temperaturen i oppholdssonen holder seg mellom 21 og 22,5 °C. Målingene gjort på Skistua barneskole viser markante variasjoner mellom dagene, da det ble målt på to forskjellige rom. Sammenlignes temperaturene målt i klasserom 1 i uke 9 med resultatene fra Algrøy sine målinger vil det være mye likheter.

4 Konklusjon

Målingene fra uke 9 i klasserom 1 viser at lufttemperaturen er innenfor anbefalte nivåer (20-23 °C), med en tillufttemperatur på rett under 20 °C. Dette er viktig for at fortrenningsprinsippet skal fungere. Den vertikale temperaturdifferansen er under 3 °C når elevene oppholder seg i rommet. RF-målingene er gode i forhold til anbefalingen om 20% - 60%. Det gode termiske innemiljøet underbygges av PMV-målingene.

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. Dette betyr at luftmengdene i klasserom 1 uke 9 er tilstrekkelige for å betjene personbelastningen som finner sted.

Målingene fra klasserom 2 var relativt like for alle dagene. Generelt er det for kaldt, og det hadde vært gunstig med 1-2 °C høyere temperatur i oppholdssonen. Det er flere tilfeller der lufttemperaturen er kaldere på ankelnivå (K1) enn i tilluftskanalen (K4). Konsekvensen av det-

te kan føre til at prinsippet om fortrenningsventilasjon ikke fungerer optimalt. Den vertikale temperaturdifferansen er for det meste under 1 °C.

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 fire 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.

Selv om det er markante forskjeller i inneklimaparametre 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.

5 Referanser

- [1] 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. (Accessed on 02/04/2019).