

Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner

Lucy Kongevold Fjermeros

Master i energi og miljø

Innlevert: September 2012

Hovedveileder: Rasmus Z Høseggen, EPT

Medveileder: Johan Halvarsson, EPT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for energi- og prosesseteknikk

EPT-M-2012- 29

MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn

Lucy Kongevold Fjermeros

Våren 2012

Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner

Evaluation of indoor climate and energy use in a new bank building with advanced and innovative climate installations

Bakgrunn og målsetting

Det nye Sparebankkvartalet i Trondheim har et ambisiøst energikonsept med målsetting om å oppnå at energibruken ligger på nivå med klasse A, noe som utfordrer grensene for hva som er gjort tidligere i Norge. Kontordelen har balansert ventilasjon med bruk av installasjonsgulv som sørger for kontinuerlig frisklufttilførsel. Gulvet er da hevet en halv meter over hulledekkene, og dette hulrommet er utnyttet til ventilasjonskammer (fortrengningsventilasjon) samt føringsveier for el og data, og varmeanlegg. Varme blir lagret i eksponert termisk masse og temperatursvingninger utjevnes. Dette for å oppnå en energivennlig ventilasjonsløsning som gir mulighet for naturlig gjennomstrømming av luft både til ventilasjon, oppvarming og avkjøling.

Et hovedpoeng likestilt med energimålet er at bygget og alle lokaler skal ha et meget godt inneklima der termisk komfort og luftkvalitet fremmer helse og trivsel blant de ansatte. Bygningskomplekset ble tatt i bruk høsten 2010 og prosjektoppgaven går ut på å undersøke i hvilken grad byggherrens forventninger og mål er innfridd. Oppgaven vil naturlig kunne videreføres i form av en Masteroppgave våren 2012.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter

Kandidaten skal gi en vurdering av hvordan systemet har fungert og nå fungerer i praksis med hensyn til arbeidsmiljø og inneklima samt energibruk og miljøpåvirkning. Parametere av relevans kan i denne sammenheng være:

1. Henvisning til prosjektrapporten

Innledningsvis skal kandidaten sette seg inn i byggherrens krav samt det resulterende prosjekteringsgrunnlaget for Sparebankkvartalet. Det skal lages en kortfattet, men generell og tilfredsstillende, beskrivelse av bygningskomplekset inkludert ventilasjonsprinsipp samt HVAC- systemer og andre relevante installasjoner. Konseptet skal beskrives og det skal angis hvordan det er ment å fungere. Potensielle gevinster og tilsvarende utfordringer skal omtales.

2. Deretter skal kandidaten gi en vurdering av hvordan systemet har fungert og nå fungerer i praksis med hensyn til arbeidsmiljø og inn klima samt energiforbruk og miljøpåvirkning. Parametere av relevans kan i denne sammenheng være:
 - Temperaturmålinger fra SD-anlegget kontra målinger tatt i arbeidssonene - er de representative? Dvs., sammenholde målt lufttemperatur og lufttemperatur i arbeidssonen, samt sammenligne denne med opplevd temperatur for bruker (operativ temperatur). Gjøre en vurdering av temperaturnivået ved økende utelufttemperatur(sommertemperatur). Samkjøre målinger av temperatur med spørreskjema til brukerne i landskapet daglig.
 - CO₂-målinger for luftkvalitetskontroll i kontorlandskapet - er de representative? Kontroll av luftmengdemålinger. Er de registrerte luftmengdene fra VAV-enhetene riktige ved så lave trykk? (Stikkprøvekontroll med egnet instrument).
 - Kontroll av tilluftstemperatur ut i arbeidssonene. Undersøke hvor mye tillufttemperaturen påvirkes av betongtemperaturen og anslå eller finne et uttrykk for hvor mye temperaturen øker/synker per meter langs betongen. I sammenheng med ovenstående vil det være naturlig å vurdere brukernes påvirkningsmulighet og konsekvenser av dette (lokalisering av arbeidsplasser, internlaster, møblering osv.).

3. Det er deretter ønskelig at kandidaten starter arbeidet med å lage et utkast til en rapporteringsform som inneholder en objektiv dokumentasjon av inn klima i bygget. Dette bør baseres på en metode for å hente ut data fra SD-anlegg samtidig som sannhetsgehalten i disse data vurderes. Dette arbeidet bør kunne ut i en presentasjonsform for rapportering som er anvendelig for både brukere og teknisk personale. Utgangspunkt for dette kan være NS-EN 15251, NS-EN 12599 og NS-EN 13779.
 - Basert på resultatene som fremkommer skal kandidaten avslutningsvis klassifisere inn klima.

” _ ”

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sende instituttet en detaljert fremdrift- og eventuelt forsøksplan for oppgaven til evaluering og eventuelt diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved eventuell utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og eventuelt figurnummer.

Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

Risikovurdering av kandidatens arbeid skal gjennomføres i henhold til instituttets prosedyrer. Risikovurderingen skal dokumenteres og inngå som del av besvarelsen. Hendelser relatert til kandidatens arbeid med uheldig innvirkning på helse, miljø eller sikkerhet, skal dokumenteres og inngå som en del av besvarelsen.

I henhold til "Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet" ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater og data til undervisnings- og forskningsformål, samt til fremtidige publikasjoner.

Besvarelsen leveres digitalt i DAIM. Et faglig sammendrag med oppgavens tittel, kandidatens navn, veileders navn, årstall, instituttnavn, og NTNUs logo og navn, leveres til instituttet som en separat pdf-fil. Etter avtale leveres besvarelse og evt. annet materiale til veileder i digitalt format.

NTNU, Institutt for energi- og prosesssteknikk, 16. januar 2012



Olav Bolland
Instituttleder



Rasmus Z. Høseggen
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder(e)

Forord

Å skrive masteroppgave samtidig med en 50 % -stilling som vitenskapelig assistent har vært både krevende og utfordrende, men samtidig også lærerikt. Jeg har fått arbeide med et emne som i stor grad har vakt min interesse. Det rettes en stor takk til veileder, Rasmus Z. Høseggen, og tidligere veileder, Sten Olaf Hanssen, for en meget spennende oppgavetekst og hjelp til gjennomføring av oppgaven.

Gjennomføringen av oppgaven hadde vært vanskelig uten å få låne måleinstrumenter fra institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, og veiledning til bruken av utstyret av Rikke Jørgensen. Det samme gjelder lån av måleutstyr fra Bjarne Malvik hos Sintef. Jeg vil også takke Johan Halvarsson og Hans Martin Mathisen for hjelp med planlegging av målinger og diskusjon av resultater.

Ellers vil jeg takke alle som har bidratt med diskusjoner og rettskriving

Drammen, 19. september 2012



Lucy Kongevold Fjermeros

Sammendrag

Det nye Sparebankkvartalet i Trondheim ble tatt i bruk høsten 2010 og er satt opp av Sparebank 1 SMN (Sparebank Midt-Norge). I tillegg til å ha et energisparende bygg, var målet å oppnå meget godt inn klima i lokalene for å fremme trivsel og helse blant de ansatte. HR-avdeling har hatt løpende kontakt med brukerne av bygget for å registrere hvordan opplevelsen i nytt bygg har vært. Mange av brukerne er fornøyde med de nye omgivelsene, men en del har problemer med at temperaturen er for lav, som arbeidsdagen negativt. NTNU har i samarbeid med Sparebank 1 SMN foretatt beregninger og bekreftet at løsningen med eksponert betong, datagulv og fortrengningsventilasjon var mer energieffektiv enn en konvensjonell ventilasjonsløsning i himling med omrøring.

Denne masteroppgaven dokumenterer inn klimaet og kartlegger hvordan brukerne synes det er for kjølig, i tillegg til at et uttrykk for den termiske massens påvirkning av lufttemperaturen er funnet.

Mye av arbeidet ligger i valg av måleparameter, måleutstyr, samt finne ut hvilke parameter som er representative for evaluering av inn klimaet. Måleparametrene som ble valgt ut som representative for inn klima, var operativ temperatur, lufthastighet, lufttemperatur, luftmengde og CO₂-nivå.

På grunn av manglende måleutstyr ble det ikke gjennomført målinger av den operative temperaturen. Det ble heller ikke gjennomført målinger av luftmengden. Det ble besluttet å bruke verdier på luftmengden fra sentral driftskontroll(SD)-anlegget ved evaluering av inn klimaet.

Første måling bidro til etablering av et uttrykk for den termiske massens påvirkning på lufttemperaturen pr. meter. Termoelementer ble benyttet for å måle overflatetemperaturen til betongen i plenumet, samtidig som lufttemperaturen inn og ut av plenumet ble registrert med utstyr fra TinyTag. Differansen mellom temperaturen inn i plenumet og temperaturen ut av plenumet ble estimert til 3,5°C, og temperaturøkningen på tilluften i plenumet pr. meter ble estimert til 0,22 °C /m. Den store temperaturredifferansen kan føre til variasjoner av tilluftstemperaturen over kontorlandskapet.

En sammenligning av CO₂-nivået fra SD-anlegget ble gjort med resultat fra målinger gjennomført med en datalogger fra Kimo, tatt i arbeidssone E3. Deretter ble plassering av givere i landskapet undersøkt, for å se om de var representative for CO₂-konsentrasjonen i kontorlandskapene. Plasseringen viste seg å være tilfredstillende og givene er ikke i veien for brukerne. De måler rett verdi på CO₂-konsentrasjonen i rommet, og de får med seg variasjonene i løpet av dagen.

Evalueringen av inn klimaet ble basert på lufttemperaturen istedetfor den operative temperaturen, hvor det ble antatt at overflatetemperaturene i landskapet var normale.

Gjennomsnittsverdien på lufttemperaturen i kontorlandskapet er innenfor akseptabelt område, 21-23,5°C, i løpet av dagen. Resultater fra spørreundersøkelsen viser at brukerne er mer fornøyde med temperaturen etter lunsj, men det er likevel et ønske om økt temperatur i lokalet gjennom hele dagen. Mindre nattkjøling av den termiske massen, kan gi en høyere tilluftstemperatur til kontoret på begynnelsen av dagen og dermed imøtekomme ønsket om en høyere tempertur i landskapet.

Den maksimale lufthastigheten målt under første måling under et skrivebord i landskapet, var til tider helt oppe i 0,25 m/s i høyden 0,6 m. Det maksimalt forventede antall misfornøyde på 14,25 %, ved målinger i høyden 0,6 m over gulvet under et skrivebord. Turbulensintensiteten var ikke målt, men ble satt til 40 %.

For en fullverdig konklusjon burde man måle strålingen fra overflater i landskapene, for å se om det er noe mer enn trekk som kan resultere i at brukerne synes at det er kaldt. Noen av ventilene er plassert relativt nærtbrukerne, og en ny plassering av ventilene bør vurderes. Kommentarer om trekk fra avtrekksventilen ovenfra og ned på brukerne har ikke blitt undersøkt nærmere, men dette kan være en faktor som øker ubehaget hos brukerne. Luftmengden er innenfor tillatt grense gitt av tek10, det samme gjelder CO₂-konsentrasjonen, som holder seg under 900 ppm.

Summary

The new Sparebank building in Trondheim was taken in to use autumn 2010 and is owned by Sparebank 1 SMN. In addition to achieving an energy-saving building, the goal was to attain a comfortable indoor climate in the offices to promote well-being and health among employees. The HR Department has maintained close contact with the users of the building, to record how the experience in the new building has been. Many of the users are satisfied with their new surroundings, but some have problems with the temperature being too low, and that this affects the work day negatively. NTNU, in collaboration with Sparebank 1 SMN, completed simulations and confirmed that the solution with exposed concrete, raised floors and displacement ventilation was more efficient than a conventional outlet in the ceiling.

This thesis main goal is to document the indoor environment, identify why users find it too cold, and find an expression for the thermal mass' effect on the air temperature.

Most of the time spent on this assignment, has been used to select the measurement parameter, obtaining measurement equipment, familiarize with the use of the equipment and find out which parameters are representative for the evaluation of the indoor environment. Measurement parameters that were chosen to represent the indoor environment was: the operative temperature, air velocity, air temperature, airflow, and CO₂ levels.

Due to lack of measurement equipment the operative temperature was not measured. Nor was the airflow. It was decided to use the values of the airflow from the SD (central operations control) system for evaluation of the indoor environment.

The first measurement was done to find an expression for the thermal mass' effect on air temperature per meter. Thermocouples were used to measure the surface temperature of the concrete in the plenum, while the air temperature in and out of the plenum was recorded, with equipment from TinyTag. The difference between the temperature in to the plenum and the temperature out of the plenum is 3.5 °C, and the temperature increase of the supply air in the plenum per meter is 0.22 °C/m. The large temperature difference can lead to variations in the temperature of the supply air in the office.

A comparison of the CO₂ measured in the office and the value given in the SD system was made with the results of measurements carried out with a data logger from Kimo, in the work zone E3. The next step was to examine the placement of sensors in the landscape to see if they were representative of the CO₂ concentration in the office. The location proved to be appropriate for the office. The equipment already placed in the office is not in the way of users. They measure the right value of the CO₂ concentration in the room and they pick up the variations during the day.

The evaluation of the indoor environment was based on air temperature rather than the operational temperature, and it is assumed that the surface temperature of the landscape is normal.

The average value of the air temperature in the office is within acceptable range during the day, 21 °C to 23.5 °C. Results from the survey shows that users are slightly more satisfied with the temperature after lunch, while all the time is a desire to have it warmer in the office. A smaller amount night cooling of thermal mass, can provide a higher supply air to the office at the beginning of the day and thus meet the desire for a higher a temperature in the landscape.

The maximum air speed measured during the first measurement under a desk in the office, was at times as high as 0.25 m/s at the height of 0.6 m. The max expected number of displeased was 14.25 %. Turbulence intensity was not measured, but was set to be 40 %.

For a full conclusion, one should measure the radiation from the surfaces of the surroundings in the office to see if there is something that can make users think it's cold. Some of the valves are located quite close to the users, and it could be considered to move these. Comments about air from the exhaust valve have not been studied, but this may be a factor that increases the discomfort of the users. The airflow is within the allowable limit given by tek10, as is the CO₂ concentration, which is below 900 ppm.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Summary	V
Innholdsfortegnelse	VII
Figurliste	X
Tabelliste	XII
Faglige begrep	XIII
1. Innledning	2
1.1 Bakgrunn, motivasjon og avgrensning	2
1.2 Prosjektoppgavens struktur	4
2. Teori	6
2.1 Evaluering av inneklima	6
2.1.1 Dimensjonerende verdier for inneklimaparametre	6
2.1.2 Beregnede indikatorer for inneklima	8
2.1.3 Målinger	9
2.1.4 Metoder for subjektiv evaluering	9
2.2 Termisk komfort	10
2.2.1 Strålingsasymmetri, vertikal lufttemperaturforskjell og varme eller kalde gulv	11
2.3 Målinger for evaluering av inneklima	14
2.3.1 Målinger for hver parameter for inneklimaet	14
2.3.2 Måleparameter og Målemetoder for termisk miljø	15
2.3.3 Måleusikkerhet	17
2.3.4 Avvik	19
2.4 Spørreundersøkelse	19
2.5 Klassifisering og sertifisering av inneklima	22
2.6 Termisk lagring	23
2.6.1 Utstyr	25
3. Metode	28
3.1 Bygget	28
3.1.1 Energiltak	28
3.2 Forberedelser	31

3.3	Evaluering av inneklima	34
3.4	Overflatetemperatur på betongen	39
3.5	Instrument	41
3.5.1	CO ₂ - og lufttemperatursensor fra KIMO	41
3.5.2	Lufttemperaturmåler fra TinyTag.....	41
3.5.3	Termisk datalogger med transdusere	42
3.5.4	Termoelementer	42
3.6	Måleprotokoll	44
3.6.1	Startmålinger.....	44
3.6.2	Lufttemperatur og Betongtemperatur.....	44
3.6.3	Lufttemperatur.....	44
3.6.4	Spørreundersøkelse	45
3.6.5	Operativ temperatur	45
3.6.6	Lufthastighet	46
3.6.7	Alternativ plassering av CO ₂ -givere.....	46
3.7	Metodiske forhold	46
3.7.1	Været.....	46
3.7.2	Kontorlandskapet	48
3.7.3	Uforutsette hendelser	48
3.8	Risikovurdering	48
4.	Resultater.....	50
4.1	Testmålinger	50
4.1.1	Test av lufttemperatur	50
4.1.2	Test av termoelement.....	50
4.1.3	Test av givere.....	51
4.2	Luft og betongtemperatur.....	52
4.3	Ti dager med måling av lufttemperatur	53
4.4	Spørreundersøkelse.....	57
4.5	Lufthastighet.....	57
4.6	Alternativ plassering av CO ₂ -målere.....	58
5.	Diskusjon.....	60
5.1	Betongtemperatur.....	60

5.2	Evaluering av inneklimateet	60
5.3	Alternativ plassering av CO ₂ -sensorer	63
6.	Konklusjon.....	64
7.	Videre arbeid.....	66
8.	Referanser.....	68
9.	Vedlegg.....	70
9.1	Vedlegg 1	70
9.2	Vedlegg 2	70
9.3	Vedlegg 3	71
9.4	Vedlegg 4	74
9.5	Vedlegg 5	78
9.6	Vedlegg 6	81
9.7	Vedlegg 7	82
9.8	Vedlegg 8	85
9.8.1	Test av lufttemperatur	85
9.8.2	Test av termoelement.....	86
9.8.3	Måling av lufttemperatur og overflatetemperatur på betong i E3.....	87
9.8.4	Plassering av lufttemperaturmåler fra Brüel&Kjær og TinyTag.....	90
9.8.5	Måling av CO ₂ -konsentrasjon ved givere i kontorlandskap E3	91
9.8.6	Måling av lufthastighet og lufttemperatur under skrivebord i E3.....	92
9.9	Vedlegg 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16.....	93

Figurliste

Figur 1 Sparebank 1 kvartalet, SMN.....	2
Figur 2 Sammenhengen mellom PMV og PPD [NS-EN-ISO 7730:2005].....	10
Figur 3 Prosentvis misfornøyde, PD, som funksjon av strålingsasymmetri, t_{pr}	12
Figur 4 Prosentvis misfornøyde, PD, som en funksjon av vertikaltemperaturdifferanse mellom hode og ankler.	12
Figur 5 Hvor mange som føler ubehag ved varierende gulvtemperatur basert på både stillesittende og stående personer.....	13
Figur 6 Forholdet mellom lufthastighet, sensorstørrelse og relativ påvirkning av lufttemperatur og stråling på en uskjermet lufttemperatursensor.....	15
Figur 7 Eksempel på spørreskjema for subjektiv evaluering, del 1.....	20
Figur 8 Eksempel på spørreskjema for subjektiv evaluering, del 2.....	21
Figur 9 Eksempel på klassifisering ved hjelp av profil for termisk miljø og inneluftkvalitet/ventilasjon. Fordelingen i de forskjellige kategoriene er veid med gulvarealet for de forskjellige rommene i bygningen	22
Figur 10 Eksempler på bruk av subjektiv vurdering som klassifisering av inneklimate	23
Figur 11 Tilluftens bevegelse i plenumskammeret [Bauman 2006]	24
Figur 12 Ventilasjonsløsning med installasjonsgulv	30
Figur 13 Plassering av dataloggere fra TinyTag.....	36
Figur 14 Måling av lufthastighet i punkt 1 til punkt 3	37
Figur 15 Alternativ plassering av CO ₂ -sensorer.....	39
Figur 16 Plassering av måleutstyr	40
Figur 17 Sammenligning av lufttemperatur	50
Figur 18 Sammenligning av CO ₂ -konsentrasjon	51
Figur 19 Betong- og lufttemperatur	52
Figur 20 Måling av lufttemperaturen i E3, tirsdag 24.07	54
Figur 21 Luftmengden, 24.07 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget	54
Figur 22 CO ₂ -konsentrasjonen, 24.07 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget.....	55
Figur 23 Måling av lufttemperaturen i E3, tirsdag 22.08	55
Figur 24 Luftmengden, 22.08 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget	56
Figur 25 CO ₂ -konsentrasjonen, 22.08 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget.....	56
Figur 26 Grafisk fremstilling av CO ₂ -konsentrasjonen, ppm	58
Figur 27 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 1.....	71
Figur 28 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 3.....	72
Figur 29 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 4.....	73
Figur 30 Måling av lufttemperatur fredag 20.07.12	74
Figur 31 Måling av lufttemperatur mandag 23.07.12.....	74
Figur 32 Måling av lufttemperatur, torsdag 16.08.12.....	75
Figur 33 Måling av lufttemperatur, mandag 20.08.12.....	75
Figur 34 Måling av lufttemperatur, tirsdag 21.08.12.....	76
Figur 35 Måling av lufttemperatur, torsdag 23.08.12.....	76

Figur 36 Måling av lufttemperatur, fredag 24.08.12	77
Figur 37 Måling av lufttemperatur, mandag 27.08.12	77
Figur 38 Måling av CO2-nivå i punkt 1	82
Figur 39 Måling av CO2-nivå i punkt 3	83
Figur 40 Måling av CO2-nivå i punkt 4	84
Figur 41 Test av lufttemperatur med måleutstyr fra TinyTag og Brüel&Kjær på eget kontor	85
Figur 42 Test av lufttemperatur med måleutstyr fra TinyTag og Brüel&Kjær på eget kontor	85
Figur 43 Forberedelse av loddeutstyr	86
Figur 44 Lodding av termoelement på lab	86
Figur 45 Test av termoelement i isvann	87
Figur 46 Måling av lufttemperatur inn til plenumet	87
Figur 47 Plenumet	88
Figur 48 Datalogger fra Kimo, plassert i plenumet	88
Figur 49 Termoelement plassert på overflaten til betongen i plenumet, 1	89
Figur 50 Termoelement plassert på overflaten til betongen i plenumet, 2	89
Figur 51 Måleutstyr fra Brüel&Kjær	90
Figur 52 Datalogger fra TinyTag plassert på et arkivskap i E3	90
Figur 53 Datalogger fra TinyTag plassert på et arkivskap i E3	90
Figur 54 Datalogger fra Kimo og giver fra Carlo Gavazzi	91
Figur 55 Måling av lufthastighet og lufttemperatur	92

Tabelliste

Tabell 1 Anbefalte dimensjonerende verdier på operativ temperatur	6
Tabell 2 Dimensjonerende verdier for innendørs systemer, A-veid lydtrykknivå	8
Tabell 3 Tillatt usikkerhet for inneklimaparametere	18
Tabell 4 Informasjon om instrumentene	43
Tabell 5 Målinger av lufttemperatur og temperatur på betongoverflate	44
Tabell 6 Ti dager med registrering av lufttemperatur	45
Tabell 7 Utdeling av spørreskjema	45
Tabell 8 Registrering av lufthastighet i høyde 0,1m	46
Tabell 9 Registrering av lufthastigheten i høyde 0,6m	46
Tabell 10 Snittemperatur for hvert døgn (24t, 00:00 – 23:59)	47
Tabell 11 Snitthastighet, vind, for hvert døgn (24t, 00:00 – 23:59).....	47
Tabell 12 Solinnstråling for hvert døgn(24t, 00:00 – 23:59)fra sør, vest og øst samt gjennomsnittlig solinnstråling	47
Tabell 13 Isvanttest.....	51
Tabell 14 Sammenligning av CO ₂ -konsentrasjon	52
Tabell 15 Oversikt over temperaturmålinger i plenumet	53
Tabell 16 Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.10:00, 14 besvarelser	57
Tabell 17 Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.13:30, 13 besvarelser	57
Tabell 18 Måling av lufthastighet	58
Tabell 19 Måling av CO ₂ -konsentrasjon	59
Tabell 20 Eksempler på dimensjonerende kriterier fra [NS-EN 15251:2007].....	70
Tabell 21 Bruksareal BRA, for E3	70
Tabell 22 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 1	71
Tabell 23 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 3	72
Tabell 24 Måling av CO ₂ -konsentrasjon i punkt 4	73
Tabell 25 Resultater fra 16.08, 09:30	78
Tabell 26 Resultater fra 16.08, 13:30	78
Tabell 27 Resultater fra 21.08, 10:00	78
Tabell 28 Resultater fra 21.08, 13:30	79
Tabell 29 Resultater fra 27.08, 10:00	79
Tabell 30 Resultater fra 27.08, 13:30	79
Tabell 31 Tabell med resultat av spørreundersøkelsen	80
Tabell 32 Måling av lufthastighet i punkt 1	81
Tabell 33 Måling av lufthastighet i punkt 3	81
Tabell 34 Måling av CO ₂ -nivå i punkt 1	82
Tabell 35 Måling av CO ₂ -nivået i punkt 3	83
Tabell 36 Måling av CO ₂ -nivået i punkt 4	84

Faglige begrep

Ppm	parts per million, konsentrasjon
Clo	Clothing (isolasjonsverdi)
Met	Metabolisme
U-verdi	Varmeovergangskoeffisient
HVAC-systemet	Varme-, ventilasjon- og luftkondisjoneringsystem
VAV-styring	Variabelt luftvolum-styring
SD-anlegg	Sentral driftskontroll-anlegg
PD	Prosentvis misfornøyde

1. Innledning

1.1 Bakgrunn, motivasjon og avgrensning

Hovedmålet med denne masteroppgaven, er i følge oppgaveteksten at; *alle lokaler skal ha et meget godt inn klima der termisk komfort og luftkvalitet fremmer helse og trivsel blant de ansatte. Bygningskomplekset (Sparebankkvartalet) ble tatt i bruk høsten 2010 og masteroppgaven går ut på å undersøke i hvilken grad byggherrens mål er innfridd.*

For å følge hovedmålet er det tatt utgangspunkt i hva som er et godt inn klima og hvilke parametre som påvirker dette. Det er lagt fokus på å finne soner i bygget, der brukerne av bygget er utilfredse med omgivelsene og kartlegge hva de er utilfredse med. Brukerne av bygget er viktige og må ivaretas, slik at de kan optimalisere arbeidet og ha en best mulig opplevelse av arbeidsdagen. Innledningsvis var det viktig å sette seg inn i bygningskonseptet inkludert ventilasjonsprinsippet for å finne potensielle gevinster og tilsvarende utfordringer. Masteroppgaven bygger videre på prosjektoppgaven som ble fullført i mars 2012.

Sparebankkvartalet har et ambisiøst energikonsept med målsetning om å oppnå at energibruken ligger på nivå med klasse A. Det skal samtidig oppnås å ha et best mulig inn klima for de ansatte. For å nå målet om lavt energibruk, er gulvet hevet en halv meter over hulldekke. Hulldekke er så brukt som ventilasjonskammer, føringsveier for elektrisk- og datautstyr og varmeanlegg. Den termiske massen i konstruksjonen lagrer overskuddsvarme og jevner ut temperatursvingninger. Overskuddsvarme fra kjølingen av dataanlegget utnyttes til oppvarming av bygget. Oversikt over sparebankkvartalet er vist i figur 1. Bygget er delt opp i 6 blokker fra A til F, der hver blokk har fem etasjer. Sone E3 er forkortelse for blokk E, 3. etasje.



Figur 1 Sparebank 1 kvartalet, SMN

I hovedpunktet i masteroppgaven, punkt nummer to, skal det *gis en vurdering av hvordan systemet har fungert og nå fungerer i praksis med hensyn til arbeidsmiljø og inn klima samt energiforbruk og miljøpåvirkning.*

Bygningens luftkvalitet blir evaluert ut i fra CO₂-konsentrasjonen i bygget, og luftmengden blir styrt ut fra denne verdien. Det er også andre faktorer, enn mengden frisk luft, som påvirker termisk komfort. Dette kan være temperaturen i rommet på begrensingsflater og fra strålingskilder, lufttemperatur, -bevegelse og – fuktighet fra klimaanlegget og bekledning, aktivitetsgrad og oppholdstid i rommet. Det er disse faktorene det er gått ut i fra ved valg av måleparametre for evaluering av inn klimaet. Mye av tiden har gått med på dette samt det å sette seg inn i bruk og plassering av måleutstyr. Det har også gått med mye tid på å få tak i egnet måleutstyr som nylig hadde blitt kalibrert.

For å forberede målinger er det tatt utgangspunkt i standardene; [NS-EN ISO 7726:1998], [NS-EN 12599:2000], [NS-EN ISO 7730:2005] og [NS-EN 15251:2007], da Sparebankkvartalet er et unikt bygningskompleks. Det ikke finnes heller ikke lignende bygg med undergulvsventilasjon i Norge, som man kan sammenligne med. Etter diskusjoner med Jørgen Løfaldli og Rasmus Høseggen, ble kontorlandskapet E3 valgt som målested. I tillegg til klager fra kontorlandskapene i sone E3, har det kommet klager på møterom i sone C4 og B5, men disse har ikke blitt undersøkt her. Masteroppgaven er basert på praktisk arbeid, og mange av avgjørelsene, som valg av måleparameter og mulig tidspunkt for gjennomføring av målingene, er tatt med bakgrunn i tilgjengelig måleutstyr.

Det er blitt foretatt målinger av CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur og – hastighet i kontorlandskap samt sammenligning av denne verdien med utetemperaturen og verdier fra SD(sentral driftskontroll)-anlegget. Informasjon om målte verdier fra SD-anlegget og oversiktsbilde av sonene, er hentet fra [www.iwmac.no] etter innlogging med brukernavn og passord. Anmodningen i oppgaven om at det ikke tillates å gripe inn i betjeningen av anlegg, installasjoner og lignende uten avtale med ansvarshavende, er fulgt.

Det ble utdelt en spørreundersøkelse til brukerne på utvalgte måledager. Dette ble gjort for å få et inntrykk av deres opplevelse av inn klimaet. Spørreskjemaet som ble utdelt er basert på [NS-EN ISO 10551:1995].

Luftmengden er med på å påvirke opplevelsen av inn klimaet i bygget, men denne parameteren er ikke blitt målt. Verdiene er hentet direkte ut fra SD-anlegget og analysert ved evaluering av inn klimaet. Den operative temperaturen er også viktig for å danne seg et helhetsinntrykk av bygningens inn klima, men denne ble ikke målt grunnet manglende måleutstyr.

Den termiske massen sin påvirkning på tilluftstemperaturen er undersøkt for å finne et uttrykk for temperaturøkningen pr. meter på denne i plenumet.

1.2 Prosjektoppgavens struktur

Etter innledning bestående av gjennomgang av oppgaven og masteroppgavens struktur, vil det i kapittel 2 bli gitt en oversikt over hvilke metoder en kan bruke for å evaluere inneklimate. Det vil også bli tatt opp hva termisk komfort er og hva som påvirker denne. Delkapittelet om målinger viser forskjellige parametres påvirkning på inneklimate, hvordan en må finne måleområder og når det er gunstigst å måle.

Måleparameter og målemetoder tar for seg parameterne som har blitt undersøkt i denne oppgaven, og vurderer målemetode, måleutstyr og usikkerhet for hver av dem.

Klassifisering og sertifisering av inneklimate er med som et eksempel på hvordan en klassifiserer inneklimate før energimerking av bygget.

Måleusikkerheten kan bli påvirket av selve instrumentet, målemetode og avlesning av resultater. Tillatt måleusikkerhet for resultatet til hver parameter blir presentert i dette delkapittelet. Delkapittelet om avvik representerer målinger ved ikke-stasjonære forhold og hvordan en vurderer tilpasningen til brukerne ved bruk av klær og aktivitetsnivå. En utredning i bruk av en spørreundersøkelse ved evaluering av inneklimate er presentert sammen med eksempler på spørsmål stilt i et spørreskjema.

Tilluftstemperaturen i bygget blir påvirket av den termiske massen og utregningsmetoder og påvirkningsfaktorer for dette er nevnt under delkapittel 2.6 Termisk lagring.

Metoder for målinger og måleparameter er fremlagt i kapittel 3. Det er foretatt en vurdering av hvilke soner i bygget som bør undersøkes, antall målepunkter i sonen og over hvor lang tid målingen bør gå. En beskrivelse av bygningskomplekset, og besvarelse av punkt 1 i oppgaveteksten, som ble utredet under arbeidet med prosjektet høsten 2011, forut for denne masteroppgaven, er presentert i kapittel 3. Designen av bygget og undergulvsventilasjonen er lagt til grunn ved valg og utføring av målinger.

Måleinstrumentene, måleusikkerhet, måleprotokoll og metodiske forhold under målingene er utredet og tatt med i kapittel 3.

Kapittel 4 presenterer resultatet av målingene over en periode fra 01.07.12 til 28.08.12 og disse er diskutert i kapittel 5.

Masteroppgaven avsluttes med en oppsummeringsdel som inneholder konklusjon og anbefalinger til videre arbeid.

2. Teori

Formålet med kapitlet er å få oversikt over forskjellige parametres påvirkning på inneklima og termisk komfort, samt målemetode, måleutstyr og usikkerhet for parameter som utreder dette. Subjektive spørreskjemaer kan brukes for å få en samlet evaluering av inneklimate, termisk komfort og oppfattet luftkvalitet. Standarden [NS-EN ISO 10551:1995] har en oversikt over passende spørsmål til en slik spørreundersøkelse og nevner passende verktøy til å bruke når en skal samle inn opplysninger og analysere dem. Effektiviteten til bruk av betong som termisk masse er vurdert ved hjelp av [Bauman 2003], [Enøk] og [Filler, 2004].

2.1 Evaluering av inneklima

Teorien i dette delkapitlet baserer seg på [NS-EN 15251:2007], om ikke annet er nevnt. Evaluering av bygningens inneklima kan baseres på fire forskjellige faktorer; dimensjonering, beregninger, målinger og spørreundersøkelser. Evalueringen gjøres i rom i bygningen som er representative for forskjellige soner i bygget, og er nødvendig å gjennomføre for å evaluere bygningens langsiktige ytelse i forhold til inneklima. Belastningen i og på enhver bygning varierer etter sted og tid, og målet for anlegget er å oppfylle dimensjoneringens intensjoner i alle rom til enhver tid, selv om dette er vanskelig å oppnå. De fire faktorer er presentert videre i kapitlet.

2.1.1 Dimensjonerende verdier for inneklimaparametre

Inneklimaparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelser inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk.

Inneluftkvalitet

Anbefalte dimensjonerende verdier på operativ innetemperatur oppvarming(vinter) og kjøling(sommer) er gitt i tabell 1 [NS-EN 15251:2007]. De øvrige verdiene viser komfortområdet ved kjøling, mens de nedre verdiene gjelder for varmesystemet. Verdiene er fra kategori 2, som viser normalt forventningsnivå og bør brukes i nye og rehabiliterte bygninger.

Tabell 1 Anbefalte dimensjonerende verdier på operativ temperatur

Type rom (stillesitting 1,2 met)	Operativ temperatur °C	
	Minimum temperaturer ved oppvarming om vinteren, 1 clo	Minimum temperaturer ved kjøling om sommeren, 0,5 clo
Kontor for en person	20	26
Kontor i landskap	20	26
Konferanserom	20	26
Auditorium	20	26
Kafeteria	20	26

Temperaturområdet for energiberegning per time av oppvarming på et kontor, kategori 2, er for 1 clo og 1,2 met i området 20 °C – 24 °C. Verdien av dimensjonerende temperatur kan avvike fra denne verdien for å ta hensyn til f.eks. lokale forhold eller et ønske om energisparing, så lenge variasjonen i løpet av en dag er innenfor et gitt område, og så lenge brukerne av bygningen får tid og anledning til å tilpasse seg den endrede dimensjonerende temperaturen.

De dimensjonerende verdiene for dimensjonering av klimastasjoner i bygninger er nødvendig for å oppfylle kravene i artikkel 4 i bygningsenergidirektivet, som omhandler mulige negative virkninger på inn klima [ec.europa.eu]. Dimensjoneringskriteriene i dette punktet gjelder både dimensjonering av bygninger (vinduer, solskjerming, bygningsmasse osv.) og HVAC-systemer.

I stedet for bruk av temperatur som dimensjoneringskriterium kan en PMV-PPD-indeks brukes direkte. På den måten vil det bli tatt hensyn til økt lufthastighet. PMV står for Predicted Mean Vote og PPD for Predicted Percentage Dissatisfied, og uttrykker et kvantifisert mål på kroppens termiske tilstand. PMV-PPD-indeksen tar hensyn til påvirkning fra seks termiske parameter; bekledding, aktivitet, lufttemperatur og middelværdi for strålingstemperatur, lufthastighet og fuktighet. Kategori 2 gir PPD < 10 % og PMV i område [-0,5, +0,5].

Luftmengden

Luftmengden er basert på nasjonale krav, og kan bli beregnet ved hjelp av følgende metodene som baserer seg på forskjellige kategorier av inneluftkvalitet; kombinasjon av ventilasjon for mennesker og for bygningskomponenter, ventilasjon per m² gulvareal, ventilasjon per person eller i henhold til påkrevd CO₂-nivå. Dimensjonering av ventilasjonssystemet og beregnet effektbehov til varme og kjøling blir basert på den nødvendige luftmengden. Luftmengden for god luftkvalitet er uavhengig av årstid. Det avhenger av personbelastningen, innendørsaktiviteter, prosesser og emisjon fra byggematerialer og interiør.

Filtreringen av luften kan forbedre inneluftkvaliteten ved å:

- Behandle uteluften i svært forurensede områder
- Begrense at pollen kommer inn utenfra
- Fjerne forurensende lukt og gass

Fuktighet

Fuktighet har liten innvirkning på varmefølelsen og oppfattet luftkvalitet i rom som brukes til sittestilling. Ved svært lav luftfuktighet under 15 – 20 %, kan en oppleve tørrhet og irritasjon av øyne og luftveier. Høy fuktighet over lang tid kan føre til utvikling av mikrober.

Belysning

For at de ansatte skal kunne arbeide optimalt med visuelle oppgaver må en sørge for tilstrekkelig lys på arbeidsplassen. Dimensjonerende belysningsnivåer kan sikres ved hjelp av

dagslys store deler av arbeidsdagen fremfor å bruke kunstig lys. Krav til belyningsnivået i kontorlandskap kan oppnås både ved dagslys og kunstig belysning. Av hensyn til helse, komfort og energi foretrekkes dagslys. Behovet til belysning er høyt i konferanserom og kontorer, og en belyningsstyrke på 500 lux bør tilstrebes. I ganger og lignende er behovet mye lavere og 150 lux vil være et tilstrekkelig nivå [NS-EN 12464-1].

Akustikk

Støy kan forstyrre brukerne og være til hinder for den tiltenkte bruken av rommet eller bygningen. Det finnes nasjonale krav til støy fra teknisk utstyr inne i bygningen. Grenseverdien for daglig støyeksponeringsnivå over en 8-timers dag er 85 dB, og overskridelser må unngås. De påkrevde lydnivåene angis i prosjekteringsdokumentasjonen som er basert på nasjonale krav ved dimensjonering av ventilasjonen.

Dimensjonerende verdier for innendørs lydtryknivå er hentet fra [NS-EN 15251:2007, tabell E.1] og er listet i tabell 2. På kontorer og konferanserom ønskes lydtryknivåene lavere enn i andre fellesarealer siden støy påvirker produktiviteten i en arbeidssituasjon i stor grad.

Tabell 2 Dimensjonerende verdier for innendørs systemer, A-veid lydtryknivå

Type rom	Lydtryknivå [dB]
Små kontorer	35
Konferanserom	35
Kontorer i landskap	40
Kafeteriaer	40
Toaletter	45

2.1.2 Beregnede indikatorer for inneklima

En kostnadseffektiv måte å analysere bygningens ytelse er å bruke simuleringsverktøy. Forskjellige indikatorer for inneklima kan beregnes for forskjellige formål. En kan bruke følgende fire metoder for å evaluere det termiske miljøet:

Enkel indikator

Simulere representative rom eller områder for å evaluere ytelsen til hele bygningen.

Ytelse per time-kriteriet

Beregne faktiske timer i et rom eller i en bygning med forskjellige mekaniske eller elektriske systemer der kriteriene er oppfylt eller ikke.

Grader per time-kriteriet

Grader per time, utenom øvre og nedre grense, kan brukes som ytelsesindikator for bygningen i varm eller kald årstid når det gjelder termisk miljø.

Samlede verdier for termisk komfort

PMV-kriteriet, tiden der faktisk PMV overskrider komfortgrensene vektet med en faktor som er en funksjon av PPD.

For å evaluere komfortforholdene over tid(årstid, år) skal parameterne summeres på bakgrunn av data som er målt i virkelige bygninger eller beregnet ved hjelp av dynamiske datasimuleringer.

2.1.3 Målinger

Ved målinger av inneklimate i en bygning må parameteren som måles være innenfor kriteriene for akseptabelt avvik minst 95 % av tiden. Et eksempel er at en må holde temperaturen over kriteriet i 108 t i et år, men høyst 24 min i en arbeidsdag og 2 t i en arbeidsuke, når en er innenfor 5 % - nivået. En må sørge for at målinger foregår i representative rom i forskjellige soner og med forskjellige belastninger i de representative driftsperiodene. Evaluering av kategorien for inneklimate er basert på fordeling over tid og fordeling i rommet av innetemperaturen. Målingspunkter og utstyr skal følge NS-EN ISO 7726 [NS-EN 12599:2000].

Inneluftkvalitet og ventilasjon av bygninger evalueres med en representativ prøve hentet fra forskjellig luftbehandlingsutstyr og forskjellige soner i bygningen. Bygningens luftkvalitet kan evalueres i bygninger der mennesker utgjør hovedforurensningskilden, ved å måle gjennomsnittlig CO₂-konsentrasjon i bygningen, når den er i fullt bruk. Dette kan gjøres ved å ta representative prøver fra luften i rommet, eller ved å måle konsentrasjonene i avtrekksluften. Belysning kan evalueres ved å måle belysningsstyrken og støy evalueres ved å måle lydnivå fra forskjellige luftbehandlingssystemer, i ulike områder, ved vinduer og i ulike retninger. Det skal også tas hensyn til kriterier for lokalt termisk ubehag, f.eks. trekk, asymmetrisk strålingstemperatur, vertikal lufttemperaturdifferanse og gulvtemperaturer [NS-EN ISO 7730:2005].

2.1.4 Metoder for subjektiv evaluering

Subjektive spørreskjemaer kan brukes for å få en samlet evaluering av inneklimate, termisk komfort og oppfattet luftkvalitet. Dette er utredet i delkapittel 2.4 Spørreundersøkelse.

2.2 Termisk komfort

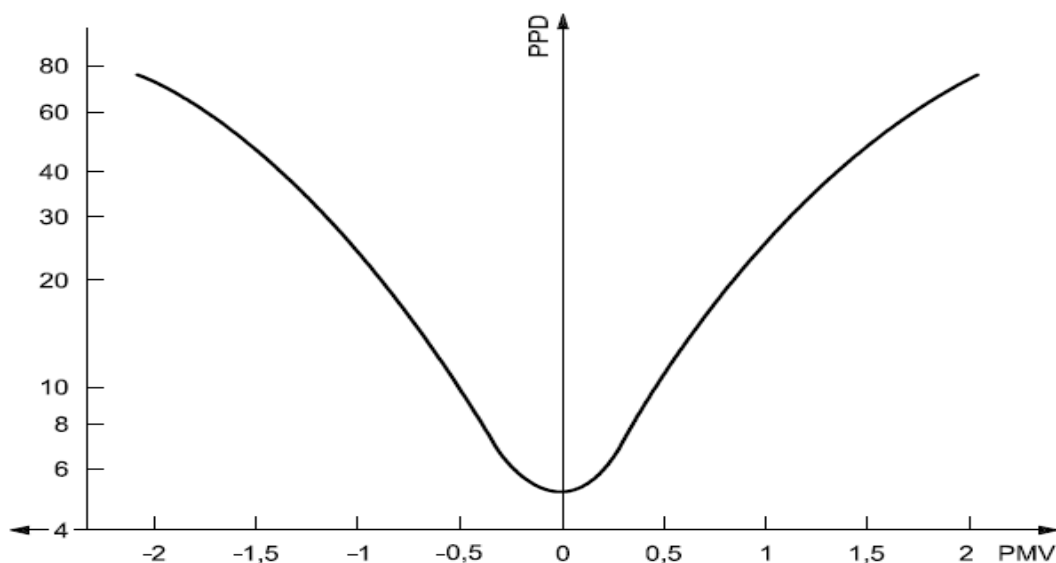
I [NS-EN ISO 7730:2005] står det om termisk komfort:

”Termisk komfort er en sinnstilstand der vi uttrykker full tilfredshet med de termiske omgivelser.”

Altså ønsker en ikke høyere eller lavere temperatur og kroppen er termisk nøytral. Den termiske komforten er avhengig av temperaturen i rommet på begrensingsflater og fra strålingskilder, lufttemperatur, -bevegelse og – fuktighet fra klimaanlegget, bekledning, aktivitetsgrad og oppholdstid i rommet. Dette vurderes ved hjelp av PMV- og PPD-indeksene. PVM-indeksen bruker en 7-punkts skala for å angi hvordan mennesker føler seg i en gitt termisk situasjon.

+3	Hett
+2	Varmt
+1	Lett varm
0	Nøytral
-1	Lett kjølig
-2	Kjølig
-3	Kaldt

Sammenhengen mellom PMV og PPD vist i figur 2 gir et anslag for hvor mange av en større gruppe som vil være misfornøyde med de termiske tilfellene i det gitte tilfellet. På grunn av individuelle ønsker er det umulig å tilfredsstille en hel gruppe brukere. Det vil alltid være en prosentdel som vil være misfornøyde med de termiske omgivelsene, men det er mulig å oppnå spesifikke termiske omgivelser som blir godt mottatt av en viss prosent av brukerne. Ofte vil det være de samme brukerne som er sensitive for forskjellige typer lokal termisk ubehag. Standarden [NS-EN-ISO 7730:2005] anbefaler en grenseverdi på 10 % misfornøyde.



Figur 2 Sammenhengen mellom PMV og PPD [NS-EN-ISO 7730:2005]

2.2.1 Strålingsasymmetri, vertikal lufttemperaturforskjell og varme eller kalde gulv

Følgene teori baserer seg på [NS-EN ISO 7730:2005].

PMV og PPD uttrykker ubehag for kroppen som en helhet. Ubeklag oppstår ved varme eller kalde temperaturer på kroppen, dette er kjent som lokalt ubehag. Den vanligste faktoren som påvirker lokalt ubehag er trekk. Flere faktorer som strålingsasymmetri, vertikal lufttemperaturforskjell og varme eller kalde gulv kan påvirke følelsen av termisk komfort.

Trekk

Lufthastigheten i et område påvirker den konvektive varmevekslingen mellom en person og miljøet rundt - både den generelle termiske komforten og lokal termisk ubehag som følge av trekk. Det finnes ingen minimumslufthastighet, som er nødvendig for å oppnå termisk komfort, men økt lufthastighet kan brukes til redusere den varme følelsen en oppnår ved økt temperatur. [NS-EN ISO 7730:2005] anbefaler for oppvarmingsperioden om vinteren at middelverdien på hastigheten, innenfor et tre minutters intervall, ikke overstiger 0,15 m/s. Tilsvarende for sommeren er 0,25 m/s. Ubeklag som følge av trekk kan beregnes ved hjelp av formel 1, som viser, i prosent, mennesker en antar vil bli negativt påvirket av trekk.

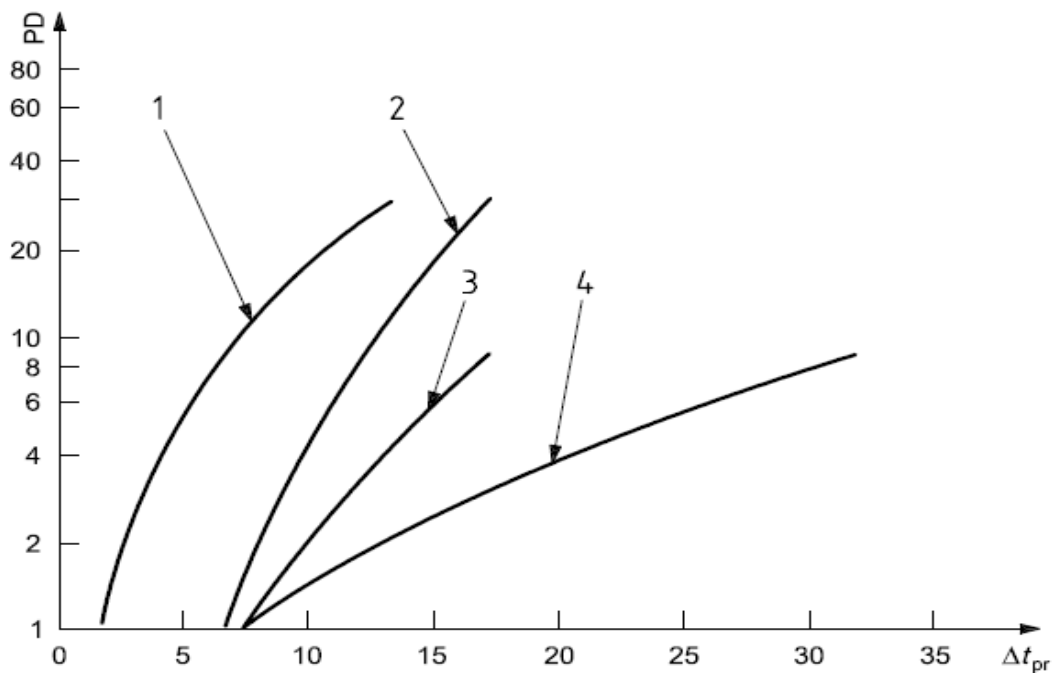
Formel 1 Prosent antall mennesker en forventer blir negativt påvirket av trekk.

$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14)$$

$t_{a,l}$ er lokal lufttemperatur, $\bar{v}_{a,l}$ er lokal gjennomsnittlig lufthastighet i m/s – mindre enn 0,5 m/s og Tu er lokal turbulensintensitet i prosent. Når turbulensintensitet er ukjent kan en bruke verdien 40 %.

Strålingsasymmetri

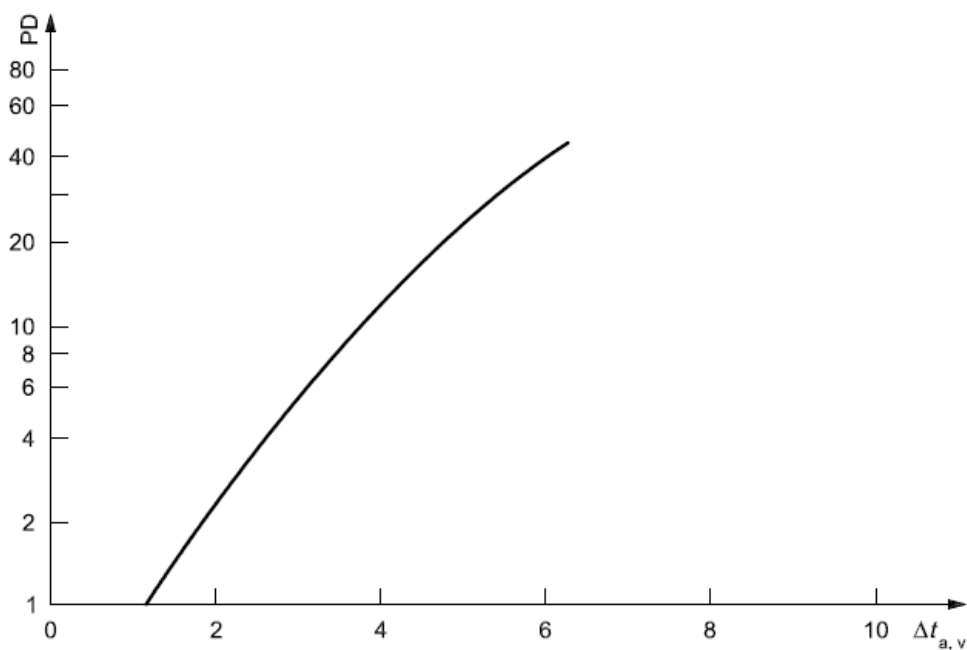
Strålingsasymmetri kan påvirke brukernes termiske komfort. De er mest sensitive for strålingsasymmetri skapt av varmt tak eller kalde vegger(vinduer). Figur 3 viser prosentvis misfornøyde, PD, som funksjon av strålingsasymmetri, t_{pr} , skapt av 1) varmt tak, 2) kald vegg, 3) kaldt tak eller 4) varm vegg.



Figur 3 Prosentvis misfornøyde, PD, som funksjon av strålingsasymmetri, t_{pr}

Vertikaltemperaturdifferanse

En stor vertikaltemperaturdifferanse mellom hode og ankler kan føre til ubehag. Se figur 4 for prosentvis misfornøyde, PD, som en funksjon av vertikaltemperaturdifferanse mellom hode og ankler.



Figur 4 Prosentvis misfornøyde, PD, som en funksjon av vertikaltemperaturdifferanse mellom hode og ankler.

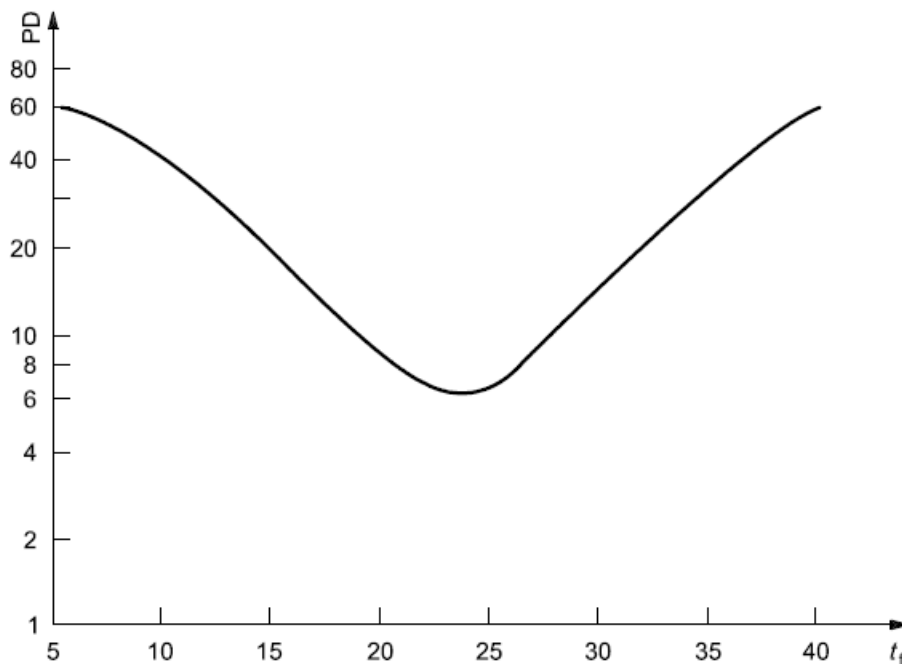
Brukerne er mindre sensitive ved minkende temperaturer. PD blir bestemt av formel 2. Ligningen skal kun brukes ved temperaturdifferanse mindre enn 8 °C, $t_{a,v} < 8$ °C.

Formel 2 Prosentvis misfornøyde som en funksjon av vertikaltemperaturdifferanse mellom hode og ankler

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

Varme eller kalde gulv

Temperaturen på gulvet kan være utslagsgivende for brukernes komfort. For varme eller for kalde temperaturer gir ubehag på grunn av termisk følelse på føttene. Figur 5 viser hvor mange som føler ubehag ved varierende gulvtemperatur basert på både stillesittende og stående personer.



Figur 5 Hvor mange som føler ubehag ved varierende gulvtemperatur basert på både stillesittende og stående personer

2.3 Målinger for evaluering av inneklima

Fra [NS-EN 15251:2007].

Ved inspeksjon av en bygning er det ofte nødvendig å måle inneklima i bygningen for å kunne gi råd om varmebehov, dimensjonering og drift av systemet. Målingene av eksisterende bygninger kan brukes til å kontrollere om bygningens ytelse og tekniske systemer som ventilasjons-, oppvarmings-, og kjølesystemer og kunstig belysning oppfyller kravene til utførelse.

2.3.1 Målinger for hver parameter for inneklimaet

Teorien i dette delkapittelet baserer seg på [NS-EN 15251:2007].

Termisk miljø

Måleutstyr til bruk av evaluering av termisk miljø skal oppfylle kravene i [NS-EN ISO 7726:1998] og anbefalingene i standarden skal overholdes når det gjelder plassering av måleutstyret i de aktuelle rommene. Det skal måles der brukerne av bygget befinner seg mesteparten av tiden og under representative værforhold med hensyn til både varm og kald årstid. Alle parameterne som måles må bli målt over lang nok tid for å være representative. Målinger foretatt om vinteren skal skje ved eller under utendørs middeltemperatur for de tre kaldeste månedene i året. Lufttemperaturen i et rom kan brukes i langsiktige målinger og korrigeres for store varme eller kalde overflater i rommet for å anslå den operative temperaturen i rommet, om en ikke måler den operative temperaturen direkte.

Inneluftkvalitet

Det finnes ingen omforent standardindeks for inneluftkvalitet. Den uttrykkes gjerne som nødvendig luftmengde eller som CO₂-konsentrasjoner. Ved vedvarende klager fra brukerne bør det vurderes å måle for andre bestemte forurensede stoffer. CO₂-måling bør foretas på de tidspunkt i løpet av dagen med størst belastning, om vinteren da tilførselen av frisk luft vanligvis er minst. I store bygg er det nok å måle 5 % eller 10 % av rommene. Ved målinger av tilførselen av frisk luft i 5 % eller 10 % av rommene bør denne verdien regnes om til tilførsel av frisk luft per person og per m². I bygninger som har variabelt luftvolum(VAV)-styring bør målingen foretas både på høyeste og laveste innstilling. Inneluftkvaliteten er påvirket av utslipp fra mennesker og deres aktiviteter (biologiske utslipp, røyking), bygningen og innredningen og fra selve HVAC-systemet. Den nødvendige luftmengden er basert på helse- og komfortkriterier. Som regel er kriteriene for komfort nok til å dekke krav gitt av hensyn til helse. Tre forskjellige måter å beregne luftmengde er:

1. Se menneskeskapt komponent(røyking, røykfrihet) og legg til nødvendig ventilasjon for bygningskomponenten
2. Beregne luftmengde per person eller per m² gulvareal

3. Beregning basert på en massebalanse og nødvendig kriterium for CO₂-nivå

Belysning

Belysningsstyrken bør måles på arbeidsflaten på tidspunkter både med og uten dagslys, og skal være i samsvar med verdiene anbefalt i [NS-EN 12464-1] når arbeidsflaten er i bruk.

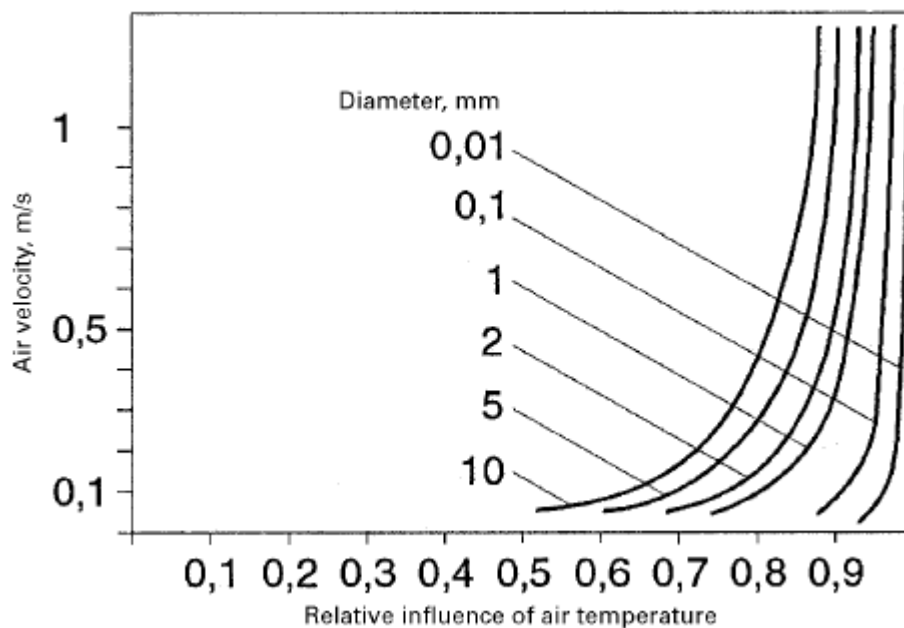
2.3.2 Måleparameter og Målemetoder for termisk miljø

Operativ temperatur

Operativ temperatur er den viede verdi av luftens tørrkuletemperatur og middelstrålingstemperatur som medfører samme varmeveksling ved konveksjon og stråling som de aktuelle omgivelser. For lufthastighet under 0,4 m/s og middelstrålingstemperatur under 50 °C er den operative temperatur tilnærmet lik middelveiden av tørrkuletemperaturen og middelstrålingstemperaturen [NS-EN ISO 7726:1998].

Lufttemperatur

Fra [NS-EN ISO 7726:1998]. Lufttemperaturen skal bli tatt hensyn til når en bestemmer varmetransporten ved konveksjon ved nivået til personen. Målingen av denne verdien, som ofte blir sett på som enkel, kan ofte føre til store feil om en ikke tar hensyn til en rekke faktorer. Det er viktig å unngå at måleproben blir utsatt for stråling fra nærliggende varmekilder, da verdien resulterer i en temperatur mellom lufttemperaturen og gjennomsnittlig strålingstemperatur. Figur 6 viser forholdet mellom lufthastighet, sensorstørrelse og relativ påvirkning av lufttemperatur og stråling på en uskjermet lufttemperatursensor.



Figur 6 Forholdet mellom lufthastighet, sensorstørrelse og relativ påvirkning av lufttemperatur og stråling på en uskjermet lufttemperatursensor

Den målte temperaturen kan bli uttrykt som formel 3.

Formel 3 Målt temperatur

$$T = X_{ta} + (1-X)_{tr},$$

der X er den relative påvirkningen av lufttemperatur. Figuren viser hvor stor påvirkninger en får fra både sensorstørrelsen(diameter) og lufthastighet. Figuren er basert på varmeutvekslingskalkulasjoner for en sfære. Det er forutsatt at emissiviteten til sensoren er på 0,95. Et termometer plassert i ett gitt miljø indikerer ikke rett temperatur med en gang, den trenger en viss tid for å nå likevekt. Målingene bør ikke bli gjort før en periode på minst 1,5 ganger responstiden, (90 %), til proben.

Lufthastighet

Fra [NS-EN ISO 7726:1998]. Det er vanskelig å oppnå nøyaktige målinger av lufthastigheten i et område, da denne gjerne er turbulent, det vil si at lufthastigheten varierer tilfeldig og forandrer retning. Selv om studier viser at personer har forskjellig sensitivitet om luftstrømmen kommer foran, bak, på sidene eller over og under, er bruken av lufthastigheten berettiget fordi luftvektoren endrer retning innenfor en relativt liten romvinkel. Tre faktorer en må ta hensyn til ved bruk av måleinstrumentene:

- Sensitiviteten til retningen på luftstrømmen
- Sensitivitet til hastighetens variasjon
- Sannsynligheten for å opprettholde gjennomsnittlig hastighet og standardavvik av hastigheten over en viss måleperiode

Følgene faktorer må bli vurdert for å oppnå nøyaktige hastighetsmålinger:

1. Kalibrering av instrumentet
2. Responstid til sensoren til instrumentet
3. Måleperioden

Hvor nøyaktig målingen av snitthastigheten er, er avhengig av kalibreringen av instrumentet. Nøyaktigheten til måling av turbulensintensiteten er avhengig av responstiden. Et måleinstrument med lang responstid vil ikke måle raske hastighetsvariasjoner. Målinger i en luftstrøm med høy turbulensintensitet og lav frekvens på hastighetsvariasjonen krever lengre måleperiode enn målinger i en luftstrøm med en lav turbulensintensitet og lav frekvens på hastighetsvariasjonen.

Som en generell regel kan lufthastigheten bli fastsatt ved bruk av:

- Retningsuavhengig probe som er sensitiv for størrelsen til hastighetsvektoren uansett retning
- Tre lineært uavhengige retningssensorer som gir komponentene til lufthastigheten muligheten til å bli målt langs tre vinkelrette akser i tre dimensjoner

Luftmengder

Fra [Inneklima]. I mange tilfeller er det nødvendig å gjennomføre luftmengemålinger. Disse kan utføres på forskjellig vis. Man kan bruke måleutstyr basert på lufthastighet i kanaler; man kan måle trykkfall direkte over ventil, trykkfall over spjeld i ventil eller luftmengder direkte ut av ventil. I denne sammenheng er det viktig å studere det VVS-tekniske tegningsmateriale og målingsprotokoller for å få oversikt over: hvor går kanalene for den sonen en undersøker, f.eks. en etasje. Hvilken luftmengde tilføres denne sonen gjennom hoved- eller grenkanaler. Hvilke kanaler er tilknyttet det aktuelle anlegget i denne sonen. Denne informasjonen er vesentlig før man går i gang med måling av luftmengder i lokalene. Det anbefales at man måler disse – og ikke kun baserer seg på CO₂-målinger. Det må sjekkes hvordan systemene for ventilasjon og oppvarming styres og eventuelt samkjøres. Svarene avhenger av anleggets utforming, dens kompleksitet og den kompetanse bedriftsansvarlig sitter med. Om nødvendig, kontaktes leverandør for automatikk for avklaring.

CO₂

Fra [NS- EN 12599:2000]. Inneluftkvaliteten blir målt ved indirekte målinger av luftmengde. Ved bestemte klager fra brukerne, som f.eks. lukt og symptomer på at bygninger er usunne, bør målingene foretas for bestemte forurensede stoffer. I bygg der mennesker er hovedforurensningskilden, kan luftmengdene vurderes ved hjelp av CO₂-måling. Steder der belastningen er størst er naturlige målepunkter, på det tidspunktet nivået er høyest - som før lunsj eller på slutten av dagen. CO₂-målingene bør gjøres om vinteren. Da er tilførselen av frisk luft vanligvis minst. Det kan i enkelte tilfeller være nok å måle i korte perioder på det verste tidspunktet i løpet av dagen - som kan være før lunsj eller før arbeidssdagens slutt. Det er nok å måle mellom 5 og 10 % av arealet, og en trenger ikke å evaluere alle rom. I bygg med balansert mekanisk ventilasjon er måling av tilførselen av frisk luft ofte mer praktisk og presis enn måling av CO₂-konsentrasjonen.

2.3.3 Måleusikkerhet

Måleusikkerhet er en størrelse knyttet til måleresultat, og beskriver området av verdier der det er rimelig å vente at den sanne verdien ligger samt vår mangel på eksakt kunnskap om måleresultatet. Måleusikkerheten finnes ved statistiske beregninger, basert på kunnskap om målingen, måleutstyret og målebetingelsene. Ved å velge størrelsen på usikkerhetsintervallet kan man velge hvor stor sannsynligheten er for at sann verdi er innenfor intervallet. Vanligvis beskrives måleusikkerheten slik at det er ca. 95 % sannsynlig at

den sanne verdien ligger innenfor måleresultat \pm måleusikkerheten. Intet instrument kan måle eksakt, og det er prinsipielt umulig å vite sann verdi for en måling [Store norske leksikon].

Fra [NS- EN 12599:2000]. Måleinnretningen og målemetoden, måleutstyret og avlesningen er underlagt en usikkerhet for hver måling. Det forutsettes at usikkerhetene er uavhengige av hverandre, ved måling av flere enkelte verdier, og at hver av dem følger en normal Gaussfordeling. En kan for eksempel ha to valgte verdier med en usikkerhet i samme retning. Usikkerheten for hver parameter vil imidlertid ligge innenfor grensene som er angitt. Om nødvendig skal målingene gjentas flere ganger for å bestemme omfanget av virkninger ved svingende driftsdata. Den tillatte usikkerheten for inneklimateparametere er vist i tabell 3. Om anleggets ytelse krever mindre usikkerheter skal dette være uttrykkelig definert i dokumentasjonen for anlegget.

Ved målinger av inneklimate bør det undersøkes hvor det nødvendige måleutstyr er tilgjengelig. I noen tilfeller må dette leies eller lånes og fremtidig bruk må avtales. Det er et gjentakende problem at dette ikke er i orden. Som et minimum bør utstyret kalibreres årlig. Det er bedre å ha en kjent usikkerhet, enn en ukjent sikkerhet. Det finnes flere metoder for å kontrollere instrumentene selv, før måleoppdraget begynner. CO₂-målere kan kontrolleres mot det en vet er CO₂-konsentrasjonene i uteluft og et termometer kan funksjonstestes opp mot temperaturen til isvann. Funksjonstester er avgjørende for en vellykket befarings – ingen ønsker at det skal sås tvil ved måleresultater eller målemetoder når det drives feltarbeid [inneklimate].

Tabell 3 Tillatt usikkerhet for inneklimateparametere

Parameter	Usikkerhet*)
Lufthastighet i oppholdssone	+/- 0,05 m/s
Lufttemperatur i oppholdssone	+/- 1,5 °C
Luftmengde, hvert enkelt rom	+/- 20 %
Luftmengde, hvert anlegg	+/- 15 %

*) Usikkerheten omfatter de tillatte avvikene fra de dimensjonerende verdiene og alle målefeil

2.3.4 Avvik

Teorien til dette delkapittelet er hentet fra [NS-EN ISO 7730:2005].

Ikke-stasjonære forhold

Basisen for metodene under målinger tar utgangspunkt i stasjonære forhold. Termisk miljø er som oftest ikke i en stasjonær tilstand, og spørsmålet om metodene da fremdeles gjelder kommer opp. Det er tre forskjellige hendelser som kan påvirke det termiske miljøet: 1) temperatursykluser, 2) temperaturdrifter og 3) temperaturtransienter

1. Kan oppstå på grunn av kontrollen av temperaturen i et rom. Om variasjonen i temperaturen er mindre enn 1 K vil det ikke påvirke komforten og en kan bruke metodene for stasjonær tilstand. Større temperaturforskjeller kan påvirke komforten negativt.
2. Om hastigheten til temperaturendringen er mindre enn 2,0 K/h, kan man bruke stasjonær tilstand.
3. Følgende utsagn om transienter kan bli gjort:
 - En endring av operativ temperatur er følt umiddelbart.
 - Etter en økning i operativ temperatur, vil den nye stasjonære termiske opplevelsen oppleves med en gang. Altså, kan en bruke PMV-PPD for å forutse komfortnivået.
 - Ved en negativ endring av temperaturen, vil endringen registreres som ett nivå under det beregnede PMV nivået, så vil det øke og nå stasjonær tilstand etter ca. 30 min. Altså, PMV-PPD-prediksjonene er for høye for de 30 første minuttene av endringen. Tiden det tar for å nå nye stasjonære forhold er avhengig av de første betingelser.

Tilpassing

For å bestemme et akseptabelt område for den operative temperaturen skal verdien på isolasjonen til klærne korrespondere med lokale klesvaner og klima. I varme eller kalde klima kan tilpassingen av temperaturen påvirke resultatet. Andre faktorer enn bekledning kan påvirke aksepten av temperaturen, som kroppsholdning og minkende aktivitet, selv om dette er vanskelig å måle. Mennesker som er vant til å jobbe og bo i varmt klima kan lettere akseptere og opprettholde en høyere arbeidsprestasjon i varmt miljø enn de som bor i kaldere klima.

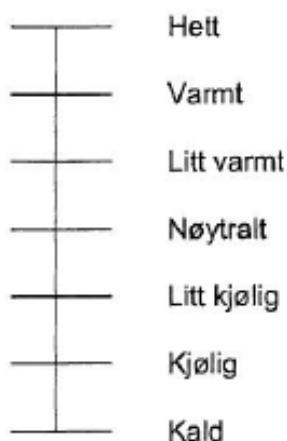
2.4 Spørreundersøkelse

Subjektive spørreskjemaer kan brukes for å få en samlet evaluering av inneklimate, termisk komfort og oppfattet luftkvalitet [NS-EN 15251:2007]. Resultater kan fremvises uavhengig

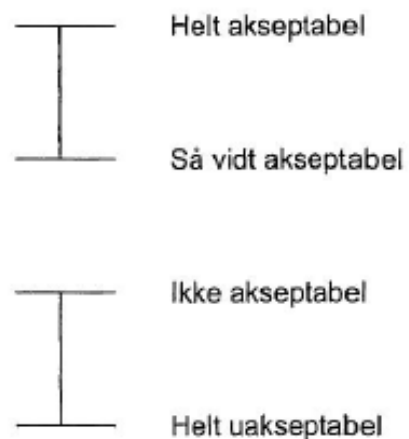
eller i samkjøring med termiske målinger. Synspunktene til personer angående deres termiske miljø på arbeidsplassen har en verdi i seg selv. Det er opp til personen som evaluerer innklimaet om en vil vurdere disse. Omdømme av disse dataene for manglende pålitelighet rettfærdiggjør ikke å forkaste dem helt. Målet for standarden [NS-EN ISO 10551:1995] er å øke deres pålitelighet ved å spesifisere passende verktøy å bruke når en skal samle inn opplysninger og analysere dem. Standarden anbefaler subjektive skalaer basert på den termiske tilstanden til kroppen. I stabile klimatiske omgivelser, der personer er i aktiv sittende stilling (60-70 W/m²), normalt kledd (0,3 – 1,2 clo) og har vært tilstede i et rom i minst 30 min - er vurderingen personer har om sin egen termiske tilstand og vurderingen de har om omgivelses temperaturen vanligvis samkjørt. Denne situasjonen er spesielt viktig på arbeidsplasser. Generelt er vurderingen personer gjør om sin termiske tilstand viktigere enn vurderingen gjort om deres termiske omgivelser. Uavhengig av hvordan brukerne kler seg eller hvor høyt aktivitetsnivået er, er det viktigst at en fokuserer på hvordan brukerne selv føler, enn å fokusere på det lokale klimaet. Spørsmål utarbeidet av [NS-EN ISO 10551:1995] skiller mellom opplevelse, affektiv vurdering (ubehag / komfort) og fremtidig preferanse. Standarden bruker samme skalaer, med passende modifikasjoner, for tempererte miljøer så vell som for mer intenst varme eller kalde miljøer. Et eksempel på en spørreundersøkelse i [NS-EN 15251:2007], gitt i figur 7 og 8, er basert på to evalueringsskalaer gitt i [NS-EN ISO 10551:1995]:

1. Perseptuelt skjønn, evaluering og preferensielt skjønn
2. Erklæring av personlig aksept og toleranse

Hvor vil du plassere din opplevelse av temperaturen på denne skalaen?



Hvordan oppfatter du temperaturen?



Figur 7 Eksempel på spørreskjema for subjektiv evaluering, del 1

Hvordan ønsker du temperaturen?

- a) Høyere
- b) Ingen endring
- c) Lavere

Hvordan oppfatter du luftkvaliteten?

Helt akseptabel

Så vidt akseptabel

Ikke akseptabel

Helt uakseptabel

Hvordan oppfatter du luktintensiteten?

Ingen lukt

Svak lukt

Moderat lukt

Sterk lukt

Svært sterk lukt

Uutholdelig lukt

Figur 8 Eksempel på spørreskjema for subjektiv evaluering, del 2

Utformingen av og rett bruk av spørsmålene er svært viktig. Subjektive skalaer fremlegges for brukeren til faste tider (per dag, uke, måned osv.) for å få deres direkte reaksjon. Skjemaene bør fylles ut midt på formiddagen eller midt på ettermiddagen og ikke rett etter ankomst eller lunsjpause. Personer som skal fylle ut spørreskjemaene må bli informert om dette på forhånd for å unngå uønskede reaksjoner og for å presentere argumenter for bruken av spørreskjemaet. Følgende instruksjon kan bli gitt:

”Du, som bruker av dette kontoret, vil bli spurt flere ganger, i jevne intervaller, ved hjelp av de samme skalaer, om å evaluere termiske forhold. Vennligst gjør dette nøyaktig, og vurder hver gang din faktiske opplevelse i det øyeblikket du fyller ut skjemaet. Du er da i den stillingen at du kan uttrykke (mer) nøye endringene i den termiske tilstanden du opplever over en lengre periode og blir eksponert for” [NS-EN ISO 10551:1995].

Spørreundersøkelsen blir normalt fremstilt i skrevet form for å bli fullført manuelt, men kan også bli fremstilt digitalt, for eksempel på en PC eller iPad. Når brukerne svarer på spørsmålene kan det være hensiktsmessig å undersøke klimaparameter samt estimere brukernes metabolisme (met) og klesisolasjon (clo). Resultatene kan fremstilles som gjennomsnittlige verdier og/eller fordelinger, som for eksempel chi-kvadrat- eller binomialfordeling. [NS-EN ISO 10551:1995] Et eksempel på fremstilling av resultatene i en subjektiv vurdering er gitt i figur 10.

2.5 Klassifisering og sertifisering av inneklima

Fra [NS-EN 15251:2007]. Det bør være med informasjon om inneklimaet i bygningens energisertifikat, slik at en får evaluert bygningens totale ytelse. Det er nødvendig for sertifikatet å klassifisere inneklimaet, og det kan være nødvendig med integrering av inneklimaets komplekse informasjon i en enkel samlet indikator for kvaliteten. Dette på grunn av mange parameter og utilstrekkelig kunnskap. Det anbefales å basere den samlede klassifiseringen utelukkende på termisk miljø og inneluftkvalitet. For fullverdig evaluering av inneklimaet må en ta med:

1. Termiske kriterier om vinteren
2. Termiske kriterier om sommeren
3. Kriterier for luftkvalitet og ventilasjon
4. Belysningskriterier
5. Akustiske kriterier

Klassifiseringen baseres på at dimensjonerende kriterier vises for hver parameter, beregning eller målinger over et bestemt tidspunkt(uke, måned, år). Dette gjelder parameter som romtemperatur, luftmengder, luftfuktighet og CO₂-konsentrasjoner. Grunnlaget for evalueringen skal vises i klassifiseringen og sertifiseringen. Eksempler på dimensjonerende kriterier fra [NS-EN 15251:2007] finnes i vedlegg 1.

Parametere for inneklima, f.eks. romtemperatur, luftmengde og/eller CO₂-konsentrasjoner, måles i representative rom i et helt år eller i et representativt tidsrom. Dataene analyseres og fremstilles som i figur 9. Subjektiv respons fra brukerne – resultat fra spørreundersøkelsen, kan vises i en lignende tabell, se figur 10.

Inneklimakvalitet i % av tiden for fire kategorier				
Prosent	5	7	68	20
Termisk miljø	IV	III	II	I
Prosent	7	7	76	10
Inneluftkvalitet	IV	III	II	I

Figur 9 Eksempel på klassifisering ved hjelp av profil for termisk miljø og inneluftkvalitet/ventilasjon. Fordelingen i de forskjellige kategoriene er veid med gulvarealet for de forskjellige rommene i bygningen

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabel	85						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabel	80						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	5	10	53	20	10	2
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	20		75			5	

Figur 10 Eksempler på bruk av subjektiv vurdering som klassifisering av inneklima

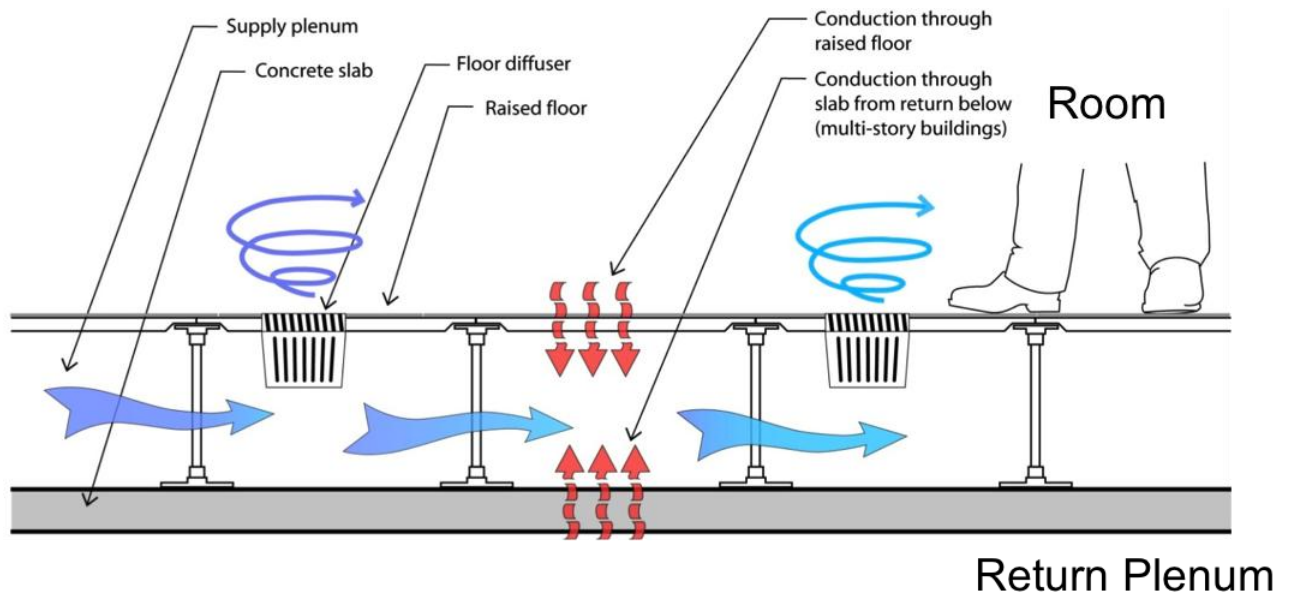
Ved evaluering av resultatene til spørreskjemaene kan en beregne prosentdelen personer som svarer "akseptabel" (termisk miljø og luftkvalitet), for hvert av de representative rommene i bygningen. En bruker så et veid gjennomsnitt etter antallet mennesker i forskjellige rom som beregnes og brukes i klassifiseringen. En kan oppnå et mer detaljert bilde dersom en viser fordelingen av stemmer på 7-punktsskalaen for oppfatningen av temperatur, og dernest vise prosentandelen personer som ønsker høyere, uendret eller lavere romtemperatur.

2.6 Termisk lagring

Effektiviteten til undergulvsventilasjon er avhengig av følgende termiske prosesser som skjer innenfor plenumet og omkringliggende termiske massen[Bauman 2003]:

- Varmeovergang mellom betong og luften i plenumet
- Varmeovergangen mellom gulvpanelet og luften i plenumet
- Variasjoner i plenumets lufttemperatur med distanse forflyttet seg i plenum
- Termisk lagringskapasitet i betong og i gulvpanel

Det er vanskelig å forutse den termiske ytelsen til plenumskammer, men designverktøy for simulering blir hele tiden utviklet som en del av energiberegning for bygget som helhet[Bauman et al. 2000a]. For å oppnå effektiv luftdistribusjon i området, og i tillegg unngå tap av kjølingsevne, er det nødvendig å begrense muligheten til temperaturvariasjon, som vanligvis er referert til som termisk forsinkelse i plenumet. Skjematisk oversikt over denne temperaturøkningen eller termiske forsinkelsen i undergulvsplenumet er vist i figur 11.



Figur 11 Tilluftens bevegelse i plenumskammeret [Bauman 2006]

Potensielle risikosoner er ventiler lokalisert lengst unna inngangen til plenumskammeret. Den opprinnelige luften som entrer plenumet har en starttemperatur som blir varmet opp i transporten i plenumet. Dette skjer ved hjelp av varmeovergang mellom luften i plenumet, gulvpanelet over og betongplate under. For typiske betongtemperaturer og lufttemperaturer er økningen av lufttemperaturen rundt $0,1-0,3 \text{ }^\circ\text{C/m}$. Å bruke denne beregningen i praksis er komplisert grunnet flere variabler; luften beveger seg sjeldent i en rett linje fra luftinntak til ventiler, antall og plassering av inntaksventiler, temperaturforskjellen mellom luften i plenumet og gulvpanelet og betongplatene og muligheten for tilstrømning av luft fra kontorlandskapet ned til plenumskammeret [Baumann 2003].

Som en tommelfingerregel burde ikke tilluften øke mer enn $2 \text{ }^\circ\text{C}$ fra den entrer plenumskammeret til utslipp i den borteeste ventilen [Filler 2004]. Om økningen i tilluften er større enn dette, burde det løses ved at en, for eksempel, sørger for flere punkter der tilluften entrer plenumskammeret fra tilluftskanalen. Dette kan øke kostnadene til ventilasjonskanaler betydelig. Økningen av temperaturen i plenumskammeret bør bli utredet i designfasen, for å unngå å måtte gjøre endringer etter at bygget er satt i drift [Baumann 2003].

For å bedre regulere temperaturøkningen på tilluften i plenumskammeret, bør avstanden til den borteeste ventilen maksimalt være rundt 15-18 meter. Temperaturøkningen kan minkes ved å ha nattkjøling av betongen. En kan da tillate høyere tilluftstemperatur til plenumskammeret. I tilfeller der målinger av tilluften til forskjellige ventiler ikke er uniform, kan en installere inngangssjeld som sprer luften uniformt rundt i plenumskammeret [Baumann 2003].

2.6.1 Utstyr

[Enøk]. For å måle overflatetemperaturen på betongen kan en bruke en rekke ulike instrumenter. Når man skal velge temperaturdetektor må man ta hensyn til kravene som stilles til absolutt og relativ nøyaktighet, båndbredde, robusthet og pris. En termometer måler blir påvirket av strålingstemperaturen, og en sonde som nyttes til måling av temperatur bør derfor være fremstilt etter følgende retningslinjer:

- Lite måleelement gir et bedre konvektivt varmeovergangstall og mindre responstid
- Elementet gis lavest mulig strålingstall ved at det gjøres metallblankt
- Strålingsbeskyttelse

Ved måling av overflatetemperatur er innstillingstid og kontaktevne viktig, og føleren må utformes slik at den forstyrrer temperaturfeltet minst mulig. Føleren må derfor formes etter geometrien og varmeledningsevnen hos objektet som skal måles på. Den må kunne settes på plass umiddelbart før måling, og kunne fjernes ubeskadiget etterpå. For inneklimatemålinger kreves en nøyaktighet på $\pm 0,2$ °C. Responstiden vil ofte være avgjørende, spesielt ved fluktuerende temperaturer. Det skyldes av at et termometer som plasseres på et målested, aldri viser den nøyaktige temperaturen umiddelbart. Det trenges en viss innstillingstid, og det anbefales at vi venter med å lese av til det minst har gått en tid lik 4-6 ganger probens tidskonstant. Det finnes flere typer temperaturgivere:

- Fylte termometre
- Bimetalltermometre
- Termoelementer
- Motstandstermometre
- NTC-termistorer
- PCT-termistorer
- Halvlederdiode
- IR-termometer

En av de mer vanlige typer temperaturgivere er termoelement, som også egner seg for tilkobling til kontinuerlige datainnsamlingssystemer.

Termoelement

Termoelementer utnytter det forholdet at når to metaller bringes i kontakt med hverandre, oppstår det et kontaktpotensial mellom dem som i størrelse og polaritet avhenger av metalltypene og av temperaturen i kontaktpunktet. To metalledninger, for eksempel en vanlig kobberledning og en av konstantan, loddet sammen i begge ender. Det ene kontaktpunktet plasseres på et sted der vi har en kjent og konstant temperatur, for eksempel smeltet is, og er da referansepunkt. Vi kan alternativt bruke en elektronisk fremskaffet temperaturstabil referansespenning. Det siste er vanlig i dataloggersystemer. Om en bruker smeltet is som referanse, må en sørge for omrøring, ellers kan en risikere å få

temperaturer betydelig over 0 °C. Temperaturområdet for ett termoelement bestående av kobber og konstantan er [-100 °C, +200 °C] [Enøk]. Målefeil er uavhengig av lengden på ledningen, det vil ikke påvirke spenningsfallet til målingen når det ikke er inngangsimpedans. Det kan derimot være økt støy på ledningen jo lengre den er [Hans Martin Mathisen].

3. Metode

Metoden inneholder en presentasjon av forskningsmetoden som er valgt samt redegjørelse for hvordan data er samlet inn. Den er også en redegjørelse for styrke og svakheter i egen forskningsmetode og datamateriale.

For å kunne foreta målinger, måtte det på forhånd innhentes oversikt over bygningskonstruksjonen, innredning, teknisk anlegg og bruk. Det måtte også vurderes hvordan måleutstyr som skulle brukes samt foreta kontrollmålinger av måleutstyret - samtidig som plassering av målepunkter i kontorlandskapet, ble bestemt. Underveis i målingene ble det registrert metodiske forhold, og utvalgte dager ble det gjennomført en spørreundersøkelse basert på [NS-EN ISO 10551:1995], samtidig som målingene foregikk.

3.1 Bygget

Fakta om bygget er hentet fra [1], [2] og [3].

I 2007 ble det besluttet å oppgradere Sparebank 1, SMN(Sparebank Midt-Norge) sine kontorlokaler i sentrum av Trondheim. Det opprinnelige bygget fra 70-tallet hadde et energibruk på 585 kWh/m² år samt dårlig inneklima. Etter vurdering av potensialet til det opprinnelige bygget, ble det bestemt å rive bygget for å bygge et nytt. Gjenvinningen av bygningsmaterialet etter rivningen var på 99,7 %. Det nye bygget med brutto gulvareal på 22 m² huser nå følgende virksomheter: Hovedkontor og administrasjon for Sparebank 1 SMN, med publikumsekspedisjon, personalrestaurant og kontorlokaler for 700 ansatte, utleiearealer med forretninger, kaféer, vinmonopol og kontor. Den gamle Sparebankbygningen fra 1882 er bevart og rehabilitert og inngår som del av nybygget. Ruinene av Olavskirken og installasjonen "Salamandernatten" er innpasset i nybyggets underetasje. Sparebankkvartalet sto klart for overtakelse høsten 2010, og i 2011 mottok Sparebank 1, SMN energispareprisen for bygget av Trondheim kommune. Beregnet netto energibehov er 100 kWh/m² år, og sparebanken har beregnet kjøpt energi lik 84 kWh/ m² år. Dette er omtrent 1/7 av energibruken til Sparebankbygget fra 70-årene som ble revet. Foreløpig foreligger komplette målinger fra kontordelen av blokk C, der energibruk for første driftsår er 65,9 kWh/m² år, slik at målet på 85 kWh/m² år levert energi vil oppfylles med god margin.

3.1.1 Energiltak

Det er blitt gjort en rekke energiltak for å nå målet om lavt energibruk

Godt isolerte yttervegger med 30 cm isolasjon

Bygningskroppen har et lavt varmetap, god lufttetthet og utnytter passive soltilskudd.

Yttervegger, vinduer/ glassfasader og tak har henholdsvis varmegjennomgangskoeffisient (U-

verdi) på 0,17 (30 cm isolasjon), 1,0 og 0,1 W/m²K. Kuldebroene er minimale, og vinduene er superisolerte.

Tett bygningskropp

Nybygget er oppført i fem etasjer med et tradisjonelt betongsøyle- og hulldekkesystem. Prefabrikkerte veggelementer med innmonterte vinduer sikrer tette løsninger på byggeplassen og en tetthetsgrad på under 0,1.

Avpasset dagslysinnslipp som reduserer behovet for kunstig belysning.

Lysarmaturer har dagslysstyring, og er i tillegg utstyrt med bevegelsesdetektorer. Vindusarealet er forsøkt holdt lav samtidig som lysberegninger garanterer tilstrekkelig med dagslys fra vinduer mot gaten og fra de uoppvarmede glassgårdene. Høytstående vinduer med reflektorer bidrar til å bringe lys dypt inn i kontorlokalene. Resterende vinduer skjermes mot solen med automatiske utvendige «screens» som samtidig sikrer de ansatte utsikt på solrike dager. Den effektive solavskjermingen reduserer kjølebehovet.

Avansert styringssystem som baserer seg på tilstedeværelse, dagslys- og CO₂-nivå.

Energibruk i nybygget blir svært nøye overvåket og dokumentert, blant annet med flere enn 30 målere på elektrisitet og varme, og med 3-parts energioppfølgingssystem.

Varmegjenvinning

Ventilasjonsluften leveres med lavtrykksbalansert fortrenningsventilasjon. Luften hentes mekanisk på taket, tilføres i de forskjellige etasjene gjennom datagulvet, stiger gjennom rommet, avgir varme til betongen og fortrennes ut i glassgårdene. Øverst i glassgårdene tas luften inn igjen i en roterende varmegjenvinner med 80 % gjenvinning ved nominell mengde. Store kanaler og naturlig fortrenning bidrar til lav energibruk for viftene og redusert støy. Det er kun mekanisk avtrekk på kopirom og toalett. Ventilasjonsaggregatene baseres på vannbåren varme.

Materialbruk med lav eller ingen avgassing

Lavemitterende materialer, overflatebehandling med silikatmaling og fuktregulerende materialer sørger videre for at de ansatte har et godt innemiljø. Balansert ventilasjon sørger for kontinuerlig frisklufttilførsel.

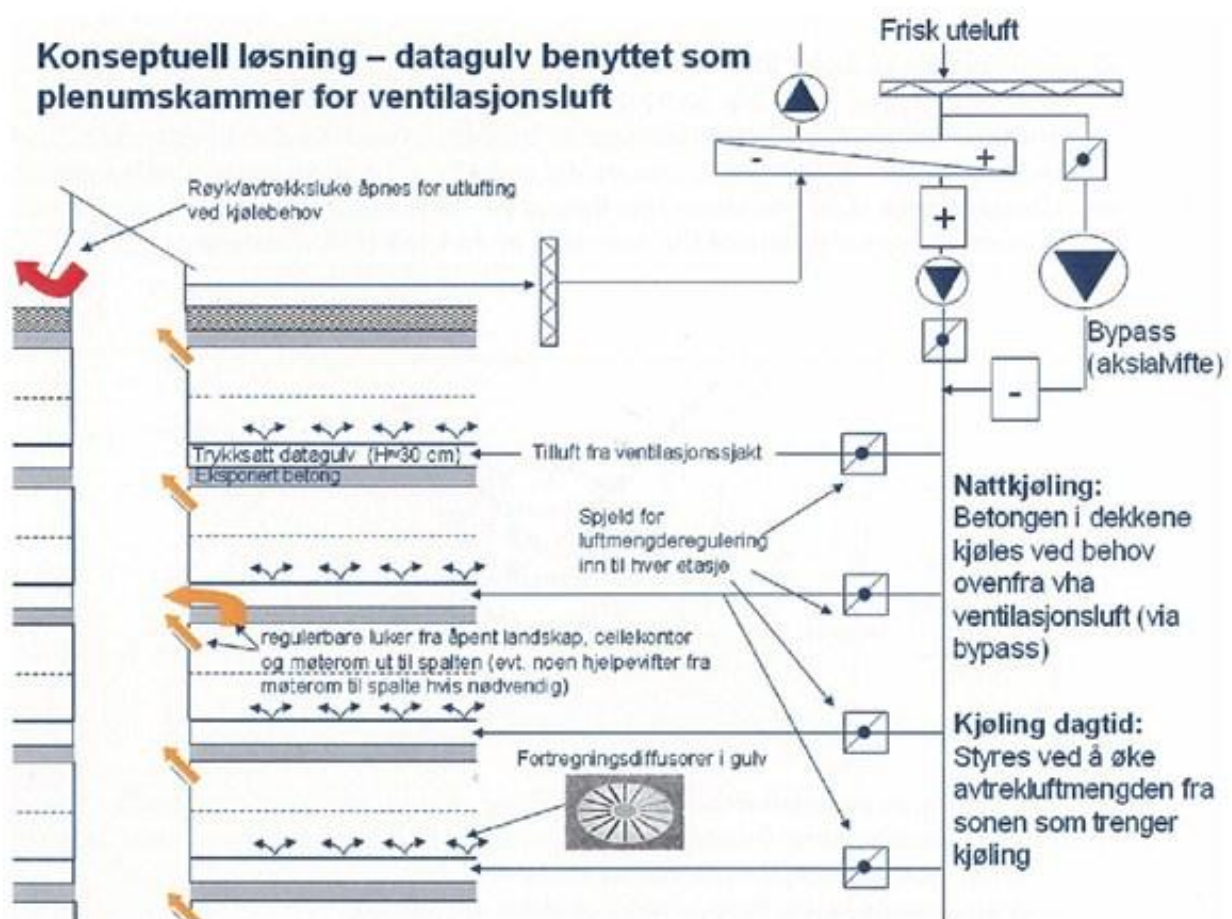
Fjernvarme

Bygget blir forsynt med fjernvarme. Vannbåren varme fordeles via et radiatorsystem med lav overflatetemperatur i blokk E og blokk F, ellers er det høytemperaturreadiatorer i bygget. Varmen fra prosesskjøleanlegget blir gjenvunnet til lavtemperatur varmekrets, som forsyner ventilasjon, lavtemperatur radiatorkurs og et snøsmelleanlegg.

Undergulvsventilasjon

Lavt energiforbruk oppnås gjennom bygningsintegreerte passive løsninger. Overskuddsvarme fra kjølingen av dataanlegget utnyttes til oppvarming av bygget. En beregning foretatt av Norges tekniske naturvitenskaplige universitet (NTNU) bekrefter at løsningen med eksponert betong, datagulv og fortrenningsventilasjon var mer energieffektiv enn en konvensjonell

ventilasjonsløsning i himling med omrøring. Installasjonsgulvet i bygget er spesielt og er vist i figur 12. Det er hevet en halv meter over hulldekkene, og dette hulrommet er utnyttet til ventilasjonskammer samt føringsveier for elektrisk- og datautstyr, og varmeanlegg. Dette reduserer energibehovet ved naturlig gjennomstrømming av luft både til ventilasjon, oppvarming og avkjøling. Gulvet gir også en veldig god fleksibilitet med tanke på data og elektriske punktuttak, og ventilasjonsstøyen blir redusert. Utover fasaden er god temperaturutjevning gjennom døgnet en viktig forutsetning for å hindre behov for oppvarming og kjøling. Med det valgte installasjonsgulvet eksponeres den termiske massen til betongen, noe som skal bidra til god temperaturutjevning i løpet av døgnet. Varmen fra mennesker og utstyr i løpet av dagen magasineres i betongdekket om dagen og avgis i løpet av natten.



Figur 12 Ventilasjonsløsning med installasjonsgulv

3.2 Forberedelser

Arbeidet med å evaluere inn klimaet i Sparebank 1 kvartalet begynte med en prosjektoppgave, høsten 2011. Bakgrunnen for oppgaven var å evaluere inn klimaet i det nylig oppførte Sparebank 1 kvartalet. Etter å ha blitt bedre kjent med bygget og dens funksjon var det naturlig å arrangere et møte med banken for å undersøke hvilke utfordringer de hadde med inn klimaet og hvor disse oppsto. Det ble ført samtaler med Rasmus Høseggen (Førsteamanuensis 2, PhD, ved NTNU), Sten O. Hansen (Professor ved institutt for energi- og prosessteknikk, NTNU), Irmelin Andersen (Personalsjef hos Sparebank 1 SMN) og Jørgen Løfaldli (Eiendomssjef hos Sparebank 1 SMN). De to førstnevnte samarbeidet om energiløsninger til bygget og de to sist nevnte hadde kontakt med de ansatte i løpet av det første året i nytt bygg. Underveis i samtalen kom det frem at brukerne hadde kommet med en del klager, som; kalde temperaturer og trekk på bena, temperaturen varierer merkbart i løpet av dagen, dårlig akustikk, tørr luft og luftveisplager samt kloakklukt fra heissjakt i C4. Klagen på de tre sistnevnte tema, ble ikke målt og vurdert i prosjektoppgaven. Etter en vurdering av tilbakemeldingene ble det besluttet at for å dokumentere inn klimaet i Sparebank 1 kvartalet, så ville det være hensiktsmessig å måle CO₂-nivået, operativ temperatur, lufttemperatur og lufthastighet. Plager som tørre og rennende øyne, sår hals og andre problemer med luftveiene kan komme av irriteranter i luften rundt arbeidsplassen og avgassing fra gulvteppe, maling/betong eller andre kilder [Inneklima]. Disse plagene kunne diskuteres med personalansvarlig og muligens resultere i en legesjekk [Sten O. Hansen]. Kloakklukten og akustikken påvirker følelsen av inn klima og gir brukerne en negativ holdning/innstilling [Inneklima]. Akkurat som det er viktig å redusere støy på arbeidsplassen, [NS-EN 15251:2007], er det viktig å unngå andre faktorer som for eksempel utilstrekkelig belysning, som også gir negativ følelse. Belysningsnivået og støy inngikk ikke i målingene, men ble adressert av Irmelin Andersen.

Da målingene under prosjektoppgaven ble gjennomført i høst/vinter-halvåret, virket det hensiktsmessig å undersøke bygget videre ved sommertemperaturer, da evalueringen av inn klima tar utgangspunkt i termiske kriterier både om vinteren og sommeren [NS-EN 15251:2007]. Dette ble bakgrunnen for masteroppgaven. For å få en mer helhetlig vurdering av inn klima, ble det, i tillegg til å måle inn klimaparameter nevnt ovenfor, besluttet å måle luftmengden til landskapene, da denne verdien er viktig både for inn klimaet og det termiske miljøet. SD-anlegget i bygget registrerer lufttemperatur, CO₂-nivå og tilluftsmengder. Det skulle være nok å bruke disse verdiene som bakgrunn for en evaluering av inn klima, men siden bygget ikke har vært i bruk mer enn to år, var det nødvendig å undersøke om verdiene som blir registrert stemmer overens med realiteten. Ved først å måle disse tre parameterne med eget måleutstyr, og sammenligne verdiene med verdier avlest av SD-anlegget, kunne en komme med en vurdering om givene i landskapet måler reelle verdier. Deretter kan man bestemme om videre evaluering av inn klima skal baseres på egne målinger, eller ved å lese av verdier fra SD-anlegget. Ved å vurdere dette måtte en ta hensyn til avvik i både eget måleutstyr og givere plassert i landskapet.

I tillegg til givere plassert i landskapet allerede, var det mulig å plassere ut ekstra lufttemperaturmålere rundt i landskapet for å få flere målepunkter og dermed bedre dokumentere variasjonen av lufttemperatur rundt om i landskapet. Målingene burde strekke seg over ti dager for å oppnå best mulig dokumentasjon av inneklimate [NS-EN 15251:2007].

Synspunktene til personer angående deres termiske miljø på arbeidsplassen, er en verdi i seg selv [NS-EN ISO 10551:1995], og subjektive spørreskjemaer kan brukes for å få en samlet evaluering av inneklimate, termisk komfort og oppfattet luftkvalitet [NS-EN 15251:2007]. Det ble derfor vurdert som hensiktsmessig å samkjøre målingene av temperatur med et spørreskjema til brukerne. Generelt er vurderingen personer gjør om sin termiske tilstand viktigere enn vurderingen gjort om deres termiske omgivelser. Uavhengig av hvordan brukerne kler seg eller hvor høyt aktivitetsnivået er, er det viktigst at en fokuserer på hvordan brukerne selv føler, enn å fokusere på det lokale klimaet [NS-EN ISO 10551:1995]. Det finnes ikke noen retningslinjer for hvor mange dager en skal dele ut spørreskjemaet, men for denne oppgaven var det naturlig ikke å dele det ut hver dag. Det ble derfor delt ut bare for fire av de ti utvalgte dagene, da det ble foretatt målinger. Dette ble valgt for å opprettholde interessen for undersøkelsen, slik at flest mulig fylte ut skjemaet, da det ble delt ut. Utfylling av skjemaet var frivillig, men siden brukerne av kontorlandskapet er veldig opptatt av inneklimate der de sitter, var det forventet at mange kom til å prioritere muligheten til å komme med tilbakemeldinger. Ved å introdusere en spørreundersøkelse, ble brukerne av kontorlandskapet inkludert, og de fikk mulighet til å fortelle hvordan de opplevde det termiske miljøet i løpet av arbeidsdagen.

Undergulvsventilasjonen og bruken av termisk masse for å regulere temperaturen på tilluften er viktig for hvordan inneklimate i Sparebank kvartalet er. Ved evaluering av inneklimate i kontorlandskapet, kunne det være hensiktsmessig å kontrollere tilluftstemperatur ut i arbeidssonen og i tillegg undersøke hvor mye tilluftstemperaturen påvirkes av betongtemperaturen. For å fremvise påvirkningen, kunne en anslå eller finne et uttrykk for hvor mye temperaturen øker/synker per meter langs betongen. I sammenheng med ovenstående, ville det være naturlig å vurdere brukernes påvirkningsmulighet og konsekvenser av dette (lokalisering av arbeidsplasser, internlaster, møblering osv.). Brukerne av bygget har vært opptatt av at luften som kommer ut av tilluftsventilene, har blitt opplevd som ubehagelig trekk. Det var derfor viktig å undersøke hva temperaturen og hastigheten på tilluften var, i en høyde på 0,1m og 0,6m - noen punkter i landskapet der skrivebordene var plassert.

Valg av målested

I prosjektoppgaven ble det besluttet å måle to soner, der det var registrert flere klager på kalde lufttemperaturer og trekk, nemlig; E3 og C4, samt et sted uten klager som referansepunkt, nemlig; sone C5. Representative kommentarer som kom fra E3 og C4, var som følgende:

"Det samler seg kald luft under pulten og ved bevegelse blir det kaldt i rommet"

"Kalde overflater"

"Trekk på høyre skulder", personen sitter med skulderen mot vinduskarmen

"Det er kaldere på mandager"

"Luftkvaliteten er god, jeg har ingen hodepine på slutten av dagen slik som jeg hadde i det forrige bygget"

"Jeg synes det er bedre at det er kaldere og bedre luft enn omvendt"

"Det blir kaldere mot lunsj, og i slutten av dagen"

Det hadde for øvrig ikke kommet klager fra C5, og derfor ble dette brukt som referansested. Imidlertid viste det seg i løpet av samtaler med brukerne i C5 underveis i måleperioden, at heller ikke brukerne av dette kontorlandskapet, var helt fornøyde. Misnøyen her gjaldt særlig temperaturen (at det var for kaldt) og temperatursvingninger. C5 ble allikevel brukt som referansested.

I løpet av våren har negative kommentarer fra brukerne generelt i bygget blitt redusert - dette med unntak av ett sted; E3. Etter diskusjoner med Rasmus Høseggen og Jørgen Løfaldli, falt valget på dette kontorlandskapet, som sted for målingene. Ved å velge E3 som målested, ble det synliggjort at brukerne blir hørt.

Ved evaluering av inneklimate skal en måle 5 – 10 % av bygningsmassen, som er representativ for flere variabler [NS-EN 15251:2007]. Kvartalet består av seks blokker på rad med glassgård i mellom. I første og andre etasje i blokk A og grunnetasjene i blokk B-F, er det butikk- og restaurantvirksomhet. Siden hver blokk har fem etasjer blir det totalt 23 kontorlandskaper. Ett kontorlandskap utgjør ca. 4,3 % av dette. Hvert kontorlandskap har tilnærmet lik størrelse og orientering. Bruksarealet til bygget ligger i vedlegg 2. På grunn av praktiske årsaker som mengden måleutstyr og begrensning i tid, ble det valgt å fortsette målingene i kun ett kontorlandskap – dette både for evaluering av inneklimate og for å undersøke den termiske massens påvirkning på tilluften.

Ved valg av målested, var det flere elementer som skulle bli tatt hensyn til [NS-EN 12599:2000]:

- Solinnstråling og plassering av solskjermer
- Antall personer i landskapet
- Innredning, vindusflater og bruk av rommet
- Internlastenes påvirkning på betongtemperaturen
- Styringssystemer og luftlekkasje

E3 ligger i tredje etasje og har dermed ikke like stor solinnstråling som kontorlandskap i 4. og 5. etasje. I slutten av juli og spesielt august, da målingen foregikk, er solen lavere på himmelen, og solinnstrålingen og utetemperaturen er vanligvis høy. Internlastene i D4 har vært veldig høye, noe som har skapt høy temperatur i gulvet i D5 i etasjen over. Det er ikke valgt å måle betongtemperaturen i dette landskapet, da det virket mer hensiktsmessig å måle denne i samme kontorlandskap som inneklimate ble evaluert. Et alternativ hadde vært å

måle i flere kontorlandskap, for eksempel E3 og D5. En hadde da fått med to etasjer med forskjellig solinnskudd og samtidig få med hvor mye innvirkning de høye internlastene i D4 har å si for tilluftstemperaturen i D5. Men på grunn av mengden måleutstyr, hadde dette vært vanskelig å gjennomføre i praksis. Samtidig som planleggingen av målingen foregikk, ble det gjort tiltak i D4 for å redusere internlastene der. Dette var også med på å påvirke avgjørelsen om å gjennomføre målinger av betongtemperatur og inneklime i E3. Utredning av måleutstyr, samt detaljer om målingene, blir beskrevet i neste delkapittel.

3.3 Evaluering av inneklime

Etter først å velge måleparameter basert på teori for evaluering av inneklime i standardene [NS-EN 15251:2007], [NS-EN 12599:2000] og [NS-EN 13779:2007], og dernest måleparameter basert på teori for å undersøke hvor mye tilluften påvirkes av betongtemperaturen, ble det så valgt sted for målingene. I det neste steget var det naturlig å gå videre med valg av måleutstyr for målingene, utrede bruken av disse og finne ut over lang tid det var naturlig å måle hver parameter.

Evalueringen av inneklime er basert på følgende parameter; lufttemperatur, lufthastighet, luftmengde, CO₂-nivå og operativ temperatur [NS-EN 15251:2007]. I tillegg til disse parameterne virket det hensiktsmessig å gjennomføre en spørreundersøkelse til hjelp for evalueringen.

Som nevnt under delkapittel 3.1, er det allerede plassert ut givere i hvert kontorlandskap som måler CO₂-nivået, lufttemperaturen og betongtemperaturen. Disse verdiene er med på å bestemme luftmengden til landskapet og temperaturen på denne.

En del utstyr var allerede valgt ut til bruk i prosjektarbeidet, og målingene i forbindelse med denne masteroppgaven tok utgangspunkt i det. Listen over måleutstyr inkluderer:

- Åtte dataloggere fra TinyTag, som måler lufttemperatur.
- Datalogger fra Brüel & Kjær med tilhørende lufttemperatur-, lufthastighet- og operativtemperaturtransdusere.
- Fire Kimo Datalogger-10 med tilhørende CO₂- og lufttemperaturprobe og termoelementer for måling av overflatetemperatur.

Detaljer om måleutstyret, som; bruk, kalibrering og usikkerhet, er listet i delkapittel 3.4 Instrument.

Når CO₂-nivået overskrider 900ppm, eller lufttemperaturen går over 25°C (sommer) og 24°C (vinter) øker luftmengden for å redusere henholdsvis CO₂-nivået og temperaturen i kontorlandskapet[Forprosjekt VVS]. Disse verdiene ble bestemt i forprosjektet til VVS til bygget.

Ved evaluering av inneklime baserer en seg på parametere nevnt i avsnittet ovenfor. Da tre av dem allerede blir målt i landskapet og kan leses av i SD-anlegget, var det naturlig å gå

videre med å måle kun lufthastighet og operativ temperatur. Resten av parameterne, altså lufttemperatur, CO₂-nivå og luftmengde, kan hentes ut av SD-anlegget. Siden bygget kun er to år, og giverne i landskapet ikke har blitt verifisert før, var det naturlig først å undersøke om giverne fra Carlo Gavazzi plassert i landskapet, viste de samme verdiene som dataloggerne fra Kimo samt undersøke om luftmengden stemmer overens med verdier i SD-anlegget.

Sjekk av Carlo Gavazzi-giverne

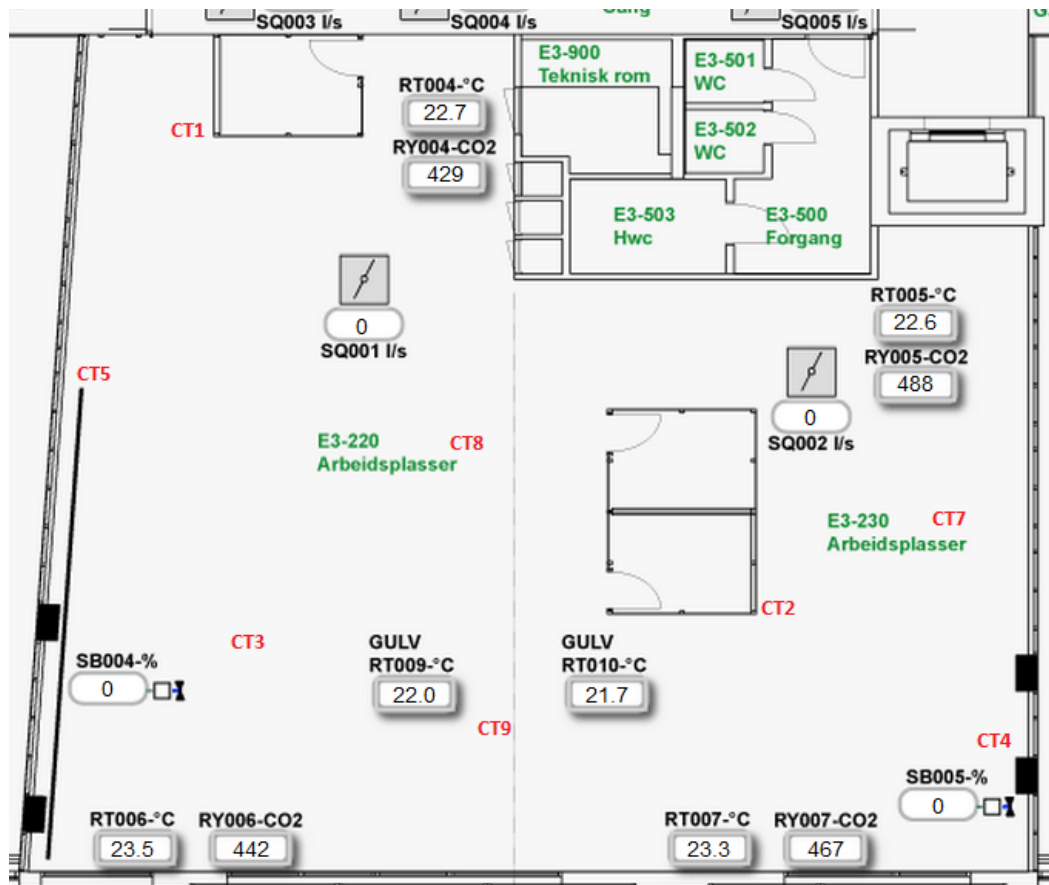
Den første målingen ble gjennomført for å undersøke om SD-anlegget mottok de rette verdiene på CO₂-nivået og lufttemperaturen registrert i kontorlandskapet. Denne verdien ble kryssjekket med verdien til sensorene fra Kimo, før målingen av lufthastigheten, lufttemperaturen og operativ temperatur med utstyr fra Brüel & Kjær ble gjort. Systemene for ventilasjon og oppvarming styres ved hjelp av det registrerte CO₂-nivået og lufttemperaturen i bygningen. Dersom CO₂-verdien, gitt av giverne fra Carlo Gavazzi, da har store avvik i forhold til hva som blir målt med Kimo-sensorene, som nylig var kalibrert, var det unødvendig å fortsette andre målinger, før giverne fra Carlo Gavazzi enten ble byttet inn eller kalibrert for å vise korrekt verdi. Fire givere er plassert i landskapet, markert som RY004-CO₂, RY005-CO₂, RY006-CO₂ og RY007-CO₂ i figur 13. En datalogger fra Kimo ble plassert ved siden av Carlo Gavazzi –giveren, og det ble målt i ti minutter, hvert 15. sekund.

Lufttemperatur

Standarden [NS-EN 12599:2000] anbefaler en grense på ett målepunkt per 20 m² for funksjonsmålinger. Siden kontorlandskap E3 er 350m², skulle det egentlig vært 17-18 målepunkter. Men på grunn av begrensninger i antall målere, ble det færre målepunkter enn dette. Ved å fordele de 8 TinyTag dataloggerne rundt i landskapet, ble det oppnådd totalt 8 målepunkter for måling av lufttemperatur. Det var da mulig å måle over en lengre periode, da dataloggerne fra TinyTag kan forhåndsinnstilles til å måle over flere måneder - avhengig av intervallet mellom målingene. Ved å supplere med lufttemperaturmåleren fra Brüel og Kjær de dagene det ble gjennomført en spørreundersøkelse, ble det oppnådd et tilstrekkelig antall målepunkter fordelt rundt i landskapet. Lufttemperaturmåleren til Brüel & Kjær ble innstilt til å måle hvert femte minutt. Loggerne fra TinyTag ble programmert til å logge lufttemperaturen hvert tiende minutt. Figur 13 viser plassering av alle temperaturloggerne. Siden [NS-EN 15251:2007] anbefaler å måle ti dager for å evaluere inn klimaet ble loggerne plassert i rundt i landskapet i juli, slik at det var mulig å sammenligne temperaturen i landskapet med utetemperaturen seks utvalgte dager. I august, da det i tillegg ble utført fire dager med spørreundersøkelse, kunne temperaturen i landskapet denne dagen både bli sammenlignet med resultatet fra denne og utetemperaturen. Utetemperaturen, sammen med solinnstråling og vindhastighet, blir registrert med en sensor på toppen av taket til Sparebankkvartalet og verdiene kunne hentes ut fra SD-anlegget.

Før dataloggerne fra TinyTag ble fordelt ut i kontorlandskapet, ble de sammenlignet med dataloggerne til Kimo, ved å logge temperaturen i et ubrukt enkeltmannskontor en

arbeidsdag. Dataloggerne til Kimo ble ikke fordelt ut i landskapet under måling av lufttemperaturen, da disse var ugunstige å plassere rundt i landskapet over en lengre periode.



Figur 13 Plassering av dataloggere fra TinyTag

Luftmengden

For å måle luftmengden, kan man bruke måleutstyr basert på lufthastighet i kanaler; man kan måle trykkfall direkte over ventil, trykkfall over spjeld i ventil eller luftmengder direkte ut av ventil [Inneklima]. Ved å måle luftmengden til kontorlandskapet, er det avhengig av gulvarealet, antall tilluftsventiler og måleutstyret. Under planleggingen av masteroppgaven, ble det undersøkt muligheten for å låne en måletrakt av firmaet YIT. Basert på gulvarealet og antallet ventiler, ville være svært vanskelig å måle over alle disse på kort tid. I tillegg er trykkfallet over ventilene såpass lite, at måleutstyret ville ha påvirket dette i stor grad og gitt måleresultatene stor usikkerhet. Sammen med usikkerheten ved å måle en og en ventil over lengre tid, var det lite hensiktsmessig å gjennomføre luftmengdemålingen, da en sammenligning med verdiene gitt i SD-anlegget, ville gitt store avvik. Det var derfor rimelig å

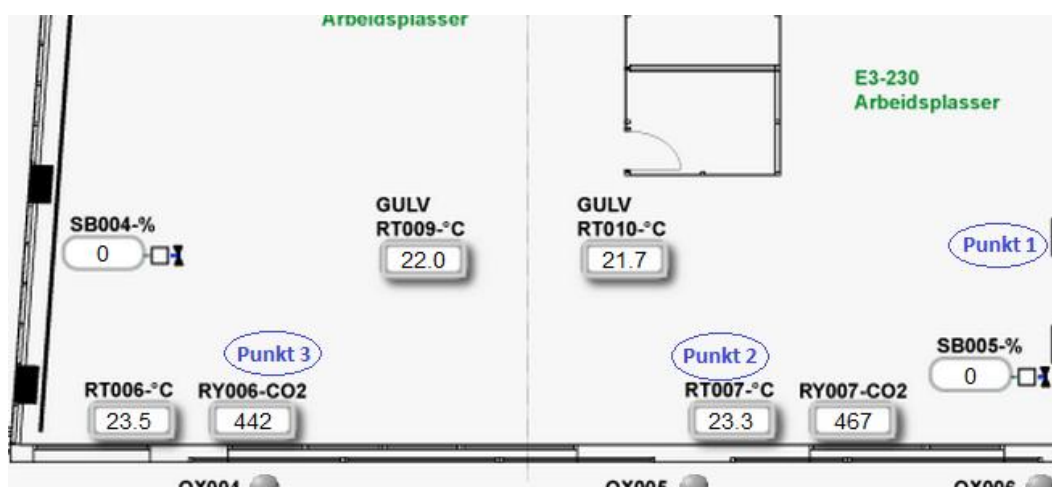
anta at en kunne bruke verdiene direkte fra SD-anlegget ved en evaluering av inneklimate og ikke undersøke disse verdiene med eget måleutstyr først.

Operativ temperatur

Ved å måle operativ temperatur i tillegg til lufttemperatur, får en med strålingen i landskapet. Den opprinnelige planen gikk ut på et operativ temperatur-målingene skulle følge målingene av lufttemperatur og – hastighet med utstyret fra Brüel & Kjær - samtidig med spørreundersøkelsen. Men siden den operativ temperaturtransduseren manglet, da det var tid for å gjennomføre målingene, ble ikke denne målingen gjennomført. Verdiene til den operative temperaturen kunne blitt sammenlignet med den operative temperaturen målt i høst. I tillegg kunne en fått et inntrykk av hvor mye strålingen fra betongen og vinduene rundt arbeidsplassene påvirker den opplevde temperaturen for brukerne.

Lufthastighet

Luftmengden innendørs er vanligvis en turbulent strøm, og den varierer fra sted til sted i rommet samtidig som variasjonene er tilfeldige med hensyn til størrelse og retning. Det er komplisert å oppnå en nøyaktig måling av denne, og vanligvis er det tilstrekkelig å måle den midlere lufthastigheten ved utvalgte punkter. I store rom, som for eksempel landskapskontor, bør målepunktene velges der det forventes høyere lufthastigheter samt at det er beregnet lengre opphold for brukerne - for eksempel ved kontorpulten i et kontor. Vanligvis er en måleperiode på 100s tilstrekkelig, men for romluftmengder som varierer mye, kreves det at en måler i tre minutter. Det er store svingninger om middelerdien av to etterfølgende målinger, ved ett målepunkt, varierer med mer enn 10 %. Målingene bør gjentas for hvert femte målepunkt [Enøk]. Flere av brukerne har vært spesielt opptatt av at de har følt trekk på bena, og at dette påvirker temperaturopplevelsen betraktelig i negativ retning. Det ble valgt tre punkter under skrivebord i landskapet, da lufttemperaturen ble målt to treminuttersintervaller ved høyden 0,1m og 0,6m. Lufthastigheten ble registrert hvert sekund, sammen med lufttemperaturen.



Figur 14 Måling av lufthastighet i punkt 1 til punkt 3

Spørreundersøkelse

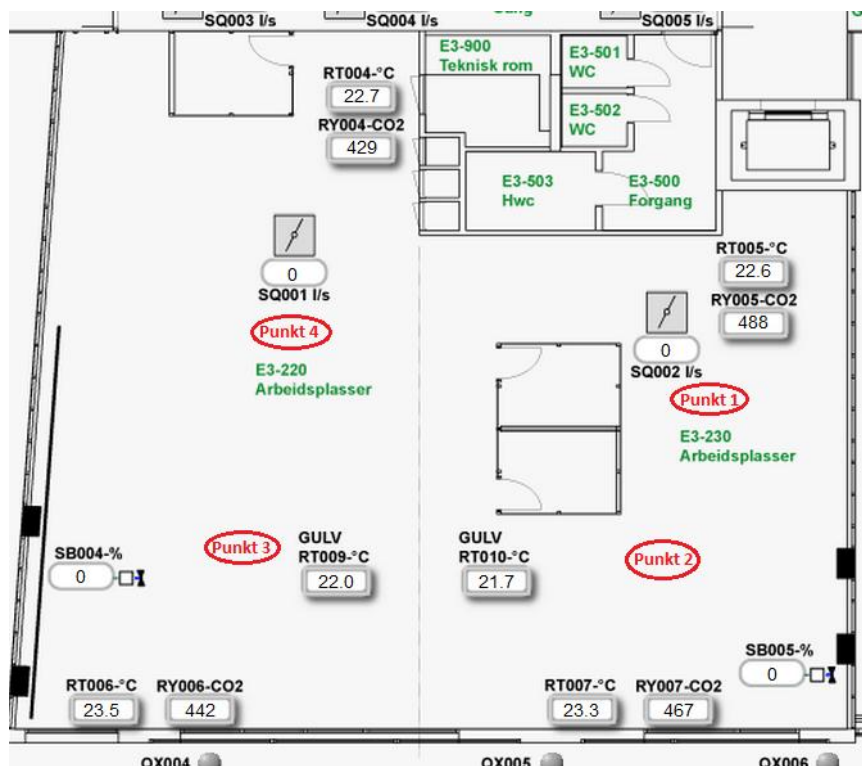
Standarden [NS-EN 15251:2007] anbefaler å ha en spørreundersøkelse for brukerne. Dette samtidig som en foretar målinger av inneklimateparametere, for å oppnå en evaluering av inneklimate som inkluderer en tilbakemelding fra brukerne om opplevde termiske omgivelser. Spørreskjemaet kan deles ut to ganger i løpet av dagen. En gang sent morgen og en gang sent formiddag. Tidspunkt som ble valgt for undersøkelsen var 09:30 for den første og 13:30 for den andre. Dette fordi da har brukerne rukket å sitte en stund, etter de har ankommet arbeidet, og det er enda en stund til før det er lunsj. Det siste tidspunkt ble valgt for å gi brukerne tid til å sitte en stund etter lunsj. Brukerne fikk ti minutter på seg til å fylle ut skjemaet, før det ble samlet inn igjen. Spørreundersøkelsen som ble utlevert i kontorlandskap E3 i Sparebank kvartalet, er basert på evalueringsskjema gitt i [NS-EN 15251:2007]. Det fokuseres på to hovedpunkter; om termisk miljø og om inneluftkvaliteten er akseptabel. I tillegg blir det undersøkt hvordan temperaturen oppfattes der de sitter og om de ønsker endring av denne, enten kaldere eller varmere, eller om de vil beholde klima slik det er nå. I starten av skjemaet er det gitt generell informasjon, som skal gjøre det lettere å forstå hensikten med spørsmålene. Denne informasjonen er basert på introduksjon gitt i [NS-EN ISO 10551:1995], og den er modifisert for å passe til denne situasjonen. I tillegg blir de oppfordret til ikke å samarbeide, noe som er understreket fordi personene i landskapet sitter veldig tett og lett kan prate sammen når, undersøkelsen pågår. Det er nevnt at de skal kommentere temperaturen de føler nå, som er sommertemperatur. Grunnen til dette er at de er misfornøyd med temperaturen hele året, og at de synes det er spesielt kaldt om vinteren. Det er derfor nevnt for å minne dem på at denne undersøkelsen gjelder nåtid. Spørreundersøkelsen er vedlagt i vedlegg 9.

I denne masteroppgaven har spørreundersøkelsen kun blitt gjennomført i ett kontorlandskap, og resultatene er fremstilt i tabell 31 i vedlegg 5. I standarden [NS-EN ISO 10551:1995] ser en på det veide gjennomsnitt etter antallet mennesker i de forskjellige rommene, der det har blitt utført en subjektiv vurdering. Det kan vises som et gjennomsnitt av besvarelsene, som vist i figur 10 fra [NS-EN 15251:2007], eller som en Gauss fordeling. Førstnevnte fremstilling er valgt i denne masteren. Resultatet fra undersøkelsen er sammenlignet med den målte temperaturen i øyeblikket skjemaet har blitt utdelt, for å se om det er en sammenheng mellom brukernes følte termiske tilstand og lufttemperaturen i rommet.

I spørreundersøkelsen, som er delt ut til brukerne av kontorlandskap E3, er det ikke samlet inn hverken direkte eller indirekte personopplysninger som kan identifisere en person. Det er heller ikke samlet inn sensitive opplysninger fra brukerne. Det ble derfor ikke sendt inn et meldeskjema til Personvernombudet for forskning ved Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD).

Alternativ giver-plassering

Etter at målingene for evaluering av inneklima var gjennomført, ble det plassert loggere fra Kimo rundt om i landskapet, for å undersøke om verdien på CO₂-nivået var høyere andre steder i rommet enn der giverne er plassert. En logger fra KIMO ble plassert på fire punkter i kontorlandskapet, markert i figur 15. Det ble målt i ti minutter i hvert punkt, med loggføring av temperatur hvert 15. sekund. Resultatet ble sammenlignet med verdiene målt samtidig med giverne fra Carlo Gavazzi, ved å hente disse verdiene ut av SD-anlegget senere. Om giverne er plassert i et område der konsentrasjonen er liten og ikke er representativ for kontorlandskapet bør det vurderes å flytte de aktuelle giverne, slik at de kan styre ventilasjonen etter den reelle konsentrasjonen i landskapet. Det ble valgt å måle verdiene i timen før de fleste i kontorlandskapet dro for å spise lunsj.

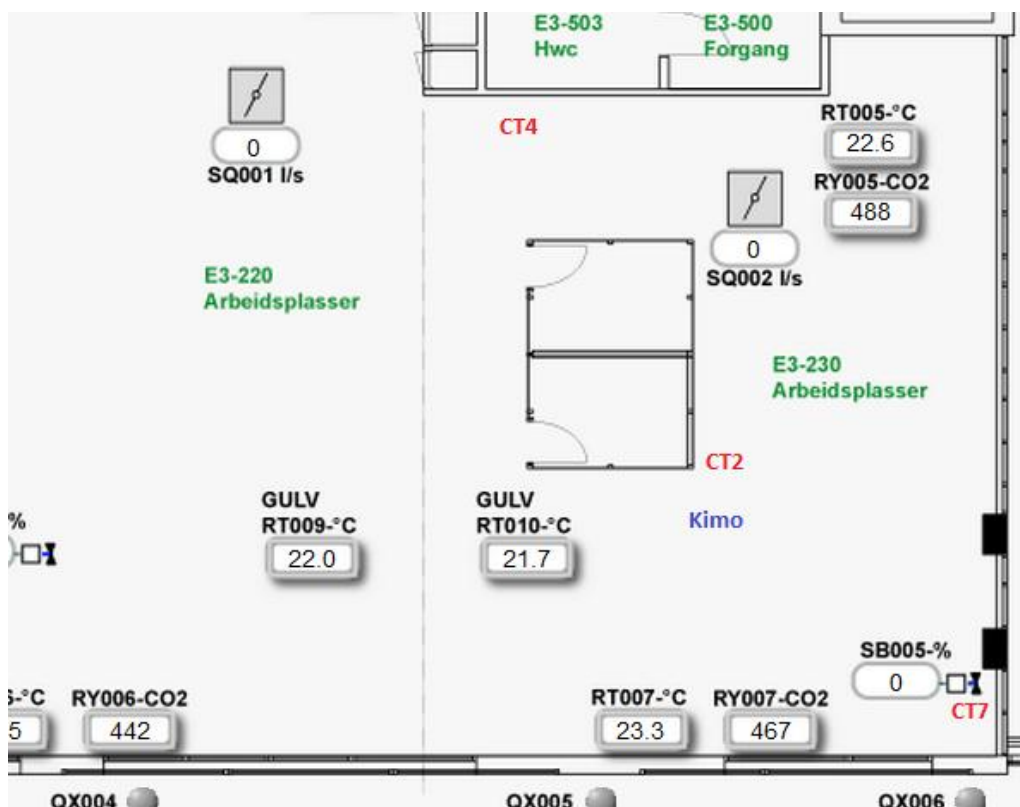


Figur 15 Alternativ plassering av CO₂-sensorer

3.4 Overflatetemperatur på betongen

Før evalueringen av inneklimate startet, ble det foretatt en måleserie der overflatetemperaturen på den termiske massen ble målt samtidig med lufttemperaturen - dette for å undersøke betongens påvirkning på tilluftstemperaturen. Det ble plassert termoelementer under gulvet i kontorlandskapet, på overflaten til betongen, for å måle temperaturen her, samtidig som lufttemperaturen ble målt. Tre temperaturloggerne fra TinyTag ble plassert, så langt det var mulig, i en rett linje, fra tilluftsventilen inn til plenumet

til ventilen plassert lengst bort fra denne, i støvsamleren til tilluftsventilene, for å registrere tilluftstemperaturen ut til kontorlandskapet. På grunn av kontorlandskapets utforming, og plassering av to små møterom midt på gulvet, ble det valgt ett punkt for målinger av overflatetemperaturen til betongen, spredd i tre retninger på en meter hver, i nærheten av den innstøpte giveren for betongtemperaturen til SD-anlegget. Plasseringen av giveren var kun merket enkelt på plantegning av gulvet, men ikke merket i virkeligheten under gulvet. Måleutstyret for måling av overflatetemperaturen er beskrevet under delkapittel 3.5 Instrument. Vaktmesteren i bygget hjalp til med å få tilgang til betongdekket, ved å fjerne teppet og golvplatene. Det var da mulig å plassere måleutstyret her. Bilder fra målingene er med i vedlegg 8. Lufttemperaturen ble loggført hvert tiende minutt, første måling startet kl.10:00. Betongtemperaturen ble valgt loggført hver time, med start kl.11:00, termoelementene hadde da blitt plassert en time før første måling. Endringene av temperatur i betong skjer så sakte at en kun trenger å loggføre temperaturen en gang i timen [Hans Martin Mathisen]. Lufttemperaturen endrer seg raskere, så her er det foretatt en måling hvert 10 min. Plasseringen av måleutstyret er markert i figur 16. Den stiplede linjen midt i bildet viser betongveggen i plenumet som deler dette i to.



Figur 16 Plassering av måleutstyr

3.5 Instrument

For å gjennomføre målingene, var det viktig å finne rett måleutstyr til oppgaven. Planleggingen av masteroppgaven baserer seg på forarbeidet gjort i prosjektoppgaven, høsten 2011. Noe av måleutstyret er også brukt igjen i denne oppgaven, og noe er nytt. For å registrere lufttemperatur, operativ temperatur og luftfartshastighet, ble det brukt målere fra Brüel og Kjær, lånt av Rikke Jørgensen ved Institutt for økonomi og teknologiledelse. Det ble brukt fire dataloggere fra Kimo til å måle CO₂-konsentrasjonen og lufttemperatur (vedlegg 15). Disse tilhører Institutt for energi- og prosesseteknikk. Åtte dataloggere fra TinyTag, for målinger av lufttemperatur, ble programmert ved hjelp av programmet EasyView5. Dataloggere fra TinyTag tilhører Sintef, og programmet ble lånt av Institutt for økonomi og teknologiledelse (vedlegg 16). I forbindelse med målingen ble det tatt stilling til hvordan type utstyr som skulle brukes og hvor mange kontrollmålinger som måtte gjennomføres før bruk. Videre ble det registrert når utstyret sist var kalibrert. For å registrere tidspunktet for målingene, ble tiden på pc'en og mobilen, brukt under målingene, synkronisert med klokke på pc.

3.5.1 CO₂- og lufttemperatursensor fra KIMO

CO₂- og lufttemperatursensorene skal sendes inn ca. en gang i året for kalibrering – dette for å sikre at avviket til resultatene er innenfor bestemt grense. Dataloggeren ble kjøpt inn høsten 2011, ferdig kalibrert, og usikkerheten til måleutstyret er nevnt i tabell 4. Av de fire målerne, ble verdiene på CO₂-konsentrasjonen og lufttemperaturen i et tomt enmannskontor registrert og sammenlignet. Resultatet viste at tre av sensorene viste tilnærmet lik verdi på CO₂-konsentrasjonen, rundt 380 – 480 ppm, mens den siste viste verdier over 600ppm. Verdien på utenivået i Trondheim er på rundt 400 ppm. En av de tre førstnevnte målerne ble valgt ut til videre målinger av CO₂-konsentrasjonen. Først for å sammenligne verdien fra Carlo Gavazzi givere allerede plassert i rommet, så for å undersøke konsentrasjonen andre steder i rommet (givere i vedlegg 14). Alle de fire givere viste den samme verdien på temperaturen, med en variasjon på ca. 0,1 °C.

3.5.2 Lufttemperaturmåler fra TinyTag

Det ble brukt åtte lufttemperaturmålere fra TinyTag, TinyTag Plus Pt100. Det er usikkert når disse sist ble kalibrert, men usikkerheten fra databladet er listet i tabell 4. Tidligere har loggerne blitt testet av Sintef ved å bli lagt igjen i ett tomt rom for å logge temperaturen over en periode. Resultatet har senere blitt undersøkt, og logger som viste et stort avvik i forhold til resten av loggerne ble fjernet. Denne testen ble også gjennomført, før målingene i bankbygget startet. Resultatet av denne testen ligger under delkapittel 4.4.1 Test av lufttemperaturen. Ved evaluering av inn klima ble alle loggerne bruk og plassert rundt i

rommet. Batteriet ble byttet før testmålingene startet. Mer informasjon om utstyret finner en i vedlagt datablad.

3.5.3 Termisk datalogger med transdusere

Lufttemperaturtransduseren fra Brüel & Kjær (se vedlegg 10) er basert på et ekstremt nøyaktig temperaturrestant platinaelement (Pt100) [lumasenseinc.com]. Den er også beskyttet mot stråling. Platinium har en definert temperaturkoeffisient, slik at lufttemperaturen blir nøyaktig målt ved en endring i motstanden. Romlufthastigheten bør bestemmes ved bruk av en retningsuavhengig sonde som er sensitiv for hastighet uansett retning [NS-EN 12599:2000]. Lufthastighets transduseren fra Brüel & Kjær (se vedlegg 11) er basert på et «konstant temperatur-vindstyrkemåler prinsipp». Lufthastigheten er målt som en funksjon av varmetap fra et oppvarmet legeme, ved å måle effekten brukt til å opprettholde konstant temperaturdifferanse mellom to sensorelementer. Varmetapet er også en funksjon av temperatur og retning til luftstrømmen, samt strålingsutvekslingen med omgivelsene. Avvikene som kommer av en slik virkning blir eliminert av designen og konstruksjonen til transduseren. Den operative temperatur transduseren fra Brüel & Kjær (se vedlegg 12) tar hensyn til både lufttemperatur og stråling fra omgivelsene. Transduseren absorberer samme mengde langbølgede og kortbølgede strålinger som kroppen. Den har tre innstillinger; vertikal, 30° fra vertikal og horisontal, som representerer en person som henholdsvis står, sitter eller ligger.

3.5.4 Termoelementer

Dataloggeren fra Kimo ble bruk til å måle overflatetemperaturen til betongen ved hjelp av termoelementer. Et termoelement, på en meter, bestående av isolert kobber og konstantan ble loddet sammen i den ene enden, mens den andre enden ble koblet til en termoelementgiver fra Kimo med standard mini flatstift-kontakt. Dette ble gjort med fire termoelementer. Det var ikke muligheter til å kalibrere utstyret. Men for å undersøke usikkerheten, ble hver av de fire termoelementene brukt til å måle temperaturen i en termos med godt blandet isvann. Resultatene fra testen er vist i tabell under delkapittel 4.1.2 Test av termoelementer. Det var kun ett referansepunkt for avviket. For å finne en lineær formel for usikkerheten kunne ledningen også ha blitt lagt i en gryte med kokende vann, ved 100 °C, men dette ble ikke gjennomført. Avviket er kraftig forenklet og valgt til å være mindre enn +/- 0,1 °C, listet i tabell 13. Av de fire termoelementene, var det tre som ble brukt, da den fjerde var ubrukelig. Det ble brukt vanlig gaffa-teip på ledningsisolasjonen til å feste termoelementet til betonggulvet i plenumet, for å skape best mulig kontaktpunkt mellom endepunkt og betong. Det ble sett bort fra stråling ved måling av overflatetemperaturen til betongen. Termoelementene lå en time før første måling. Gaffa-

teipen påvirker ikke temperaturen til endepunktet, og med ledning på en meter er støy på denne neglisjerbart [Hans Martin Mathisen]. Bilder fra målingen ligger i vedlegg 8.

Tabell 4 Informasjon om instrumentene

Utstyr	Måleområde	Måleusikkerhet	Responstid
CO ₂ -sensor fra Kimo	0 – 5000 ppm	+/- 50 ppm eller 3 % av målt verdi	--
TinyTag <i>Plus</i> , lufttemperatur-sensor	-35 – 70 °C	+/- 0,5 °C	--
Air Temperature Transducer INNOVA MM0034	5 – 40 °C	+/- 0,2 °C	20 s til 50 % ved endring, 50 s til 90 % i stille luft
Air Temperature Transducer INNOVA MM0034	-20 – 50 °C	+/- 0,5 °C	--
Air Velocity Transducer - INNOVA MM0038	0 – 10 m/s	$v_a < 1$ m/s: $\pm(0,05v_a + 0,05)$ m/s uansett strømning	<0.2 s til 90 % ved endring
CGESC02TW, environmental sensors fra Carlo Gavazzi	0 – 2000 ppm	+/- (55 ppm + 2 % av målt verdi)	< 90 s
CGESC02TW, environmental sensors fra Carlo Gavazzi	-5 – 55 °C	+/- 0,3 °C ved temperatur på 20 °C	--

3.6 Måleprotokoll

Måleprotokollen gir en oversikt over tidspunkt til gjennomførte målinger. Alle målingene i Sparebankkvartalet ble gjennomført i kontorlandskap E3.

Målingene for evaluering av inneklima og betongens påvirkning på tilluftstemperaturen, ble gjennomført i en periode fra 01.07.12 til 28.08.12. Målingene er nevnt i kronologisk rekkefølge.

3.6.1 Startmålinger

Sammenligning

Før bruk av måleutstyret i Sparebank 1 kvartalet ble alt utstyret testet på skolen i et tomt kontor. Dette skjedde i starten av måleperioden, 1. juli.

Test av termoelement

Etter loddingen av termoelementene ble disse testet ved å loggføre temperaturen i isvann. Dette ble gjennomført 5. juli.

Test av Carlo Gavazzi-giverne

Målingen av CO₂-konsentrasjonen og lufttemperaturen med Kimo-sensoren ble gjort ved eksisterende givere fra Carlo Gavazzi, 19. juli.

3.6.2 Lufttemperatur og Betongtemperatur

Den første målingen som ble gjennomført i Sparebankkvartalet var målinger av betongtemperatur med termoelementer, samtidig med temperaturen til luften fra ventilasjonskanalen ut i plenumskammeret og luften ut av ventilene til kontorlandskapet. Tidspunkt for målinger av betongtemperatur ble synkronisert med lufttemperaturmålinger.

Tabell 5 Målinger av lufttemperatur og temperatur på betongoverflate

Målinger av lufttemperatur og temperatur på betongoverflate		
Lufttemperatur	Målinger fra 06.07.12 kl.10:00 til 13.07.12 kl.12:00	Hvert 10. minutt
Temperatur på betongoverflate	Målinger fra 06.07.12 kl.10:00 til 13.07.12 kl.12:00	En gang hver time

3.6.3 Lufttemperatur

Måling av lufttemperatur ble gjennomført over en periode på 5 uker, fra 16. juli til 28. august. Fra disse 5 ukene ble det valgt ut ti dager som ble analysert nærmere.

Lufttemperaturen ble registrert hvert 15. min.

Ved slutten av måleperioden ble det valgt ut ti dager som ble evaluert. Valget av måledager var avhengig av været i løpet av måleperioden på 5 uker. Det ble lagt vekt på å finne dager der det hadde vært variasjon i temperaturen, enten en kald dag eller en varm. Dager som er overskyet og dager med høy solinnstråling. Dagene ble også valgt for å evaluere variasjonen to dager etter hverandre, fredagen før helgen, mandagen etter helgen og for å sammenligne hvordan bygget reagerer på å gå fra en varm dag til en kjøligere og omvendt.

Tabell 6 Ti dager med registrering av lufttemperatur

Registrering av lufttemperaturen										
Tid	Tirsdag 20.07.12	Onsdag 23.07.12	Fredag 24.07.12	Torsdag 16.08.12	Mandag 20.08.12	Tirsdag 21.08.12	Onsdag 22.08.12	Torsdag 23.08.12	Fredag 24.08.12	Mandag 27.08.12

3.6.4 Spørreundersøkelse

I fire av de ti dagene for evaluering av inneklime ble det utdelt en spørreundersøkelse til brukerne to ganger om dagen. Tidspunkt for utdeling av spørreskjemaet er listet i tabell 7.

Tabell 7 Utdeling av spørreskjema

Utdeling av spørreskjema				
Dato	Torsdag 16.08.12	Tirsdag 21.08.12	Onsdag 22.08.12	Mandag 27.08.12
Antall besvarelser (ubesvarte) Kl.09:30	19(2)	Antall (kl.10:00) 13(0)	Antall (kl.10:00) 14(1)	Antall (kl.10:00) 19(2)
Antall besvarelser (ubesvarte) Kl.13:30	17(5)	15(3)	13(3)	16(0)

3.6.5 Operativ temperatur

Operativ temperatur ble ikke målt på grunn av manglende måleutstyr.

3.6.6 Lufthastighet

Lufthastigheten ble målt i tre minutters intervaller i høyden 0,1 m og 0,6 m i tre punkter i landskapet E3, markert som punkt 1-3 på figur 14.

Tabell 8 Registrering av lufthastighet i høyde 0,1m

Registrering av lufthastigheten i E3, høyde 0,1m over gulvet – tre minutter hver gang			
Tid 28.08.12	Fra 09:45 og fra 10:15	Fra 10:45 og fra 11:15	Fra 11:25 og fra 11:45
Sted	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3

Tabell 9 Registrering av lufthastigheten i høyde 0,6m

Registrering av lufthastigheten i E3, høyde 0,6m over gulvet – tre minutter hver gang			
Tid 28.08.12	Fra 09:55 og fra 10:25	Fra 10:35 og fra 11:05	Fra 11:35 og fra 11:55
Sted	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3

3.6.7 Alternativ plassering av CO₂-givere

Målingene med logger fra Kimo ble gjort fire punkter i landskapet, markert som punkt 1, 2, 3 og 4 i figur 15. Loggeren lå i 30 minutter før målingene startet. Ved hvert av de fire punktene ble det målt i ti minutter med lagring av verdien hvert 15. sekund. Dette ble gjennomført i timen før lunsj, tirsdag 28. august.

3.7 Metodiske forhold

Faktorer som kan påvirke resultatet av målingene er været, bruken av kontorlandskapet og uforutsette hendelser.

3.7.1 Været

Registrering av været de dagene målingen ble gjennomført er hentet fra SD-anlegget. Målestasjonen er plassert på taket av bygningen. Gjennomsnittet av temperatur, vindhastighet og solinnstråling er gitt i tabell 10, 11 og 12.

Tabell 10 Snittemperatur for hvert døgn (24t, 00:00 – 23:59)

Dato	Snittemperatur [°C]
20.jul	13,3
23.jul	16,12
24.jul	18,16
16.aug	19,8
20.aug	19,9
21.aug	16,07
22.aug	15,63
23.aug	13,3
24.aug	13,57
27.aug	12,55

Tabell 11 Snitthastighet, vind, for hvert døgn (24t, 00:00 – 23:59)

Dato	Snitthastighet, vind [m/s]
20.jul	3,36
23.jul	1,48
24.jul	1,65
16.aug	1,71
20.aug	2,4
21.aug	1,8
22.aug	1,76
23.aug	1,98
24.aug	1,64
27.aug	2,34

Tabell 12 Solinnstråling for hvert døgn(24t, 00:00 – 23:59)fra sør, vest og øst samt gjennomsnittlig solinnstråling

Dato	solinnstråling sør [klux]	solinnstråling vest [klux]	solinnstråling øst [klux]	Gjennomsnitt [klux]
20.jul	21,98	19,93	15,02	19,0
23.jul	11,14	7,19	11,28	9,9
24.jul	31,40	23,52	16,29	23,7
16.aug	41,13	29,24	26,27	32,2
20.aug	21,47	13,87	14,51	16,6
21.aug	6,23	6,3	5,72	6,1
22.aug	19,26	11,4	9,05	13,2
23.aug	11,85	10,7	10,03	10,9
24.aug	22,35	14,95	11,47	16,3
27.aug	27,81	19,87	16,06	21,2

3.7.2 Kontorlandskapet

Det ble ellers tatt hensyn til [inneklimate]:

- Graden av orden og ryddighet
- Teknisk utstyr på arbeidsplassen
- Arbeidsstillinger, arbeidsplassens egnethet i arbeidshverdagen
- Plassering av arbeidsstasjoner i forhold til ventiler for frisklufttilførsel og lokale varmekilder, kartlegging av trekk i oppholdssonen
- Lokale oppvarmingskilder, radiatorer
- System for regulering av lufttemperaturen i rommet
- Plassering av termostater

Radiatorer var ikke i bruk de dagene det ble foretatt målinger. Det var mange som hadde returnert fra sommerferie i begynnelsen av august, og aktiviteten på kontoret var normal under måledagene. Det ble oppdaget en vifteovn under et skrivebord før målingene startet. Denne var ikke i bruk under måleperioden.

3.7.3 Uforutsette hendelser

I løpet av målingene reiste det seg noen spørsmål, som; Var det noen bommålinger? Ble det registrert avvik? Oppstod uforutsette hendelser under målingene?

Tidspunkt for spørreundersøkelse

Spørreundersøkelsen var ment til å deles ut kl.09:30 og kl.13:30 utvalgte dager. Etter den første utdelingen kom det en del tilbakemeldinger om at det pleide å komme et «kalddrag» mellom kl.09:30 og kl.10:00. De tre neste dagene skjemaet ble delt ut, skjedde dette kl.10:00 og kl.13:30. Teksten på skjemaet ble ikke endret, da disse allerede var skrevet ut, men brukerne ble informert om endringen ved utdeling av skjemaet.

Synkronisering av måleutstyr

Klokken som SD-anlegget følger er ikke synkronisert med utstyret brukt til målingene. Det er antatt at denne ikke avviker med klokke på eget måleutstyr.

3.8 Risikovurdering

Etter krav fra instituttleder ble en risikovurdering av feltarbeidet gjennomført i samarbeid med Erik Langørgen, HMS-ansvarlig ved Institutt for prosess. Denne er godkjent og lagt ved som et vedlegg (vedlegg 13).

4. Resultater

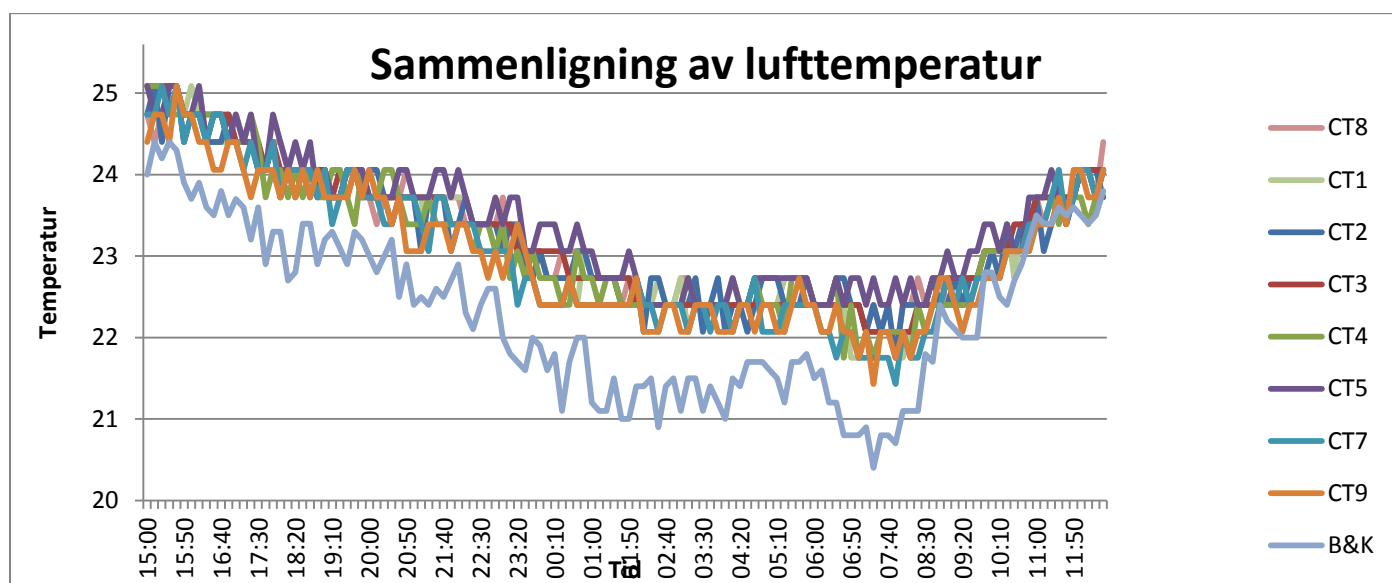
Presentasjonen av resultater er delt inn i avsnitt etter rekkefølgen på gjennomføring av målingene. Mesteparten av måleresultatene er presentert i vedlegg, mens utvalgte resultater er presentert under dette kapitlet.

4.1 Testmålinger

Før målingene ble det foretatt testmåling av måleutstyret siden det manglet informasjon om måleusikkerheten på en del av måleutstyret.

4.1.1 Test av lufttemperatur

Målerne fra TinyTag hadde ikke blitt kalibrert på et par år. De ble plassert på et tomt kontor i et døgn for å sammenligne måleverdiene med måleresultater fra Brüel & Kjær. I figur 17 er temperaturen for hvert tidspunkt markert. Hver graf er markert med navn.



Figur 17 Sammenligning av lufttemperatur

4.1.2 Test av termoelement

Enden på hvert termoelement ble plassert i en termos med isvann i ett minutt og temperaturen ble logget hvert 5. sekund. Gjennomsnittet av hver måling er listet nederst i tabell 13. Ved testmåling av termoelementet viste det seg at snittemperaturen til kanal 1 var på $-0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$, snittemperaturen til kanal 2 var på $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ og snittemperaturen til kanal 3 var på $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kanal fire viste «error» ved måling og ble ikke brukt til å måle temperaturen på overflaten til betongen.

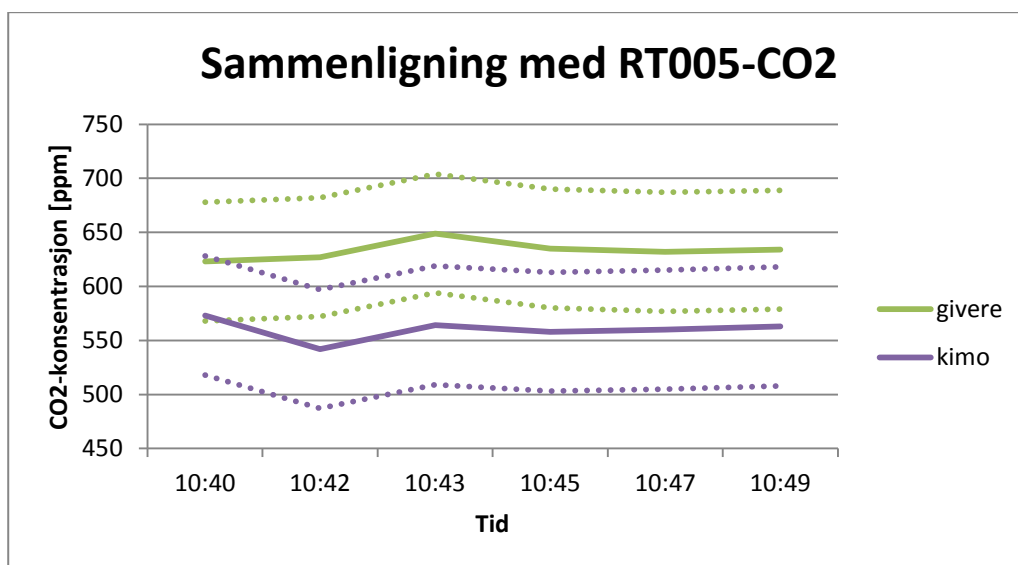
Tabell 13 Isvanttest

Tidspunkt	Ch1 [°C] (termoelement 1)	Tidspunkt	Ch2 [°C] (termoelement 2)	Tidspunkt	Ch3 [°C] (termoelement 3)
14:43:55	-0,1	14:45:35	0	14:49:40	0,1
14:44:00	-0,1	14:45:40	0	14:49:45	0,1
14:44:05	-0,1	14:45:45	0	14:49:50	0,1
14:44:10	-0,1	14:45:50	0,1	14:49:55	0
14:44:15	0	14:45:55	0	14:50:00	0
14:44:20	0	14:46:00	0	14:50:05	0
14:44:25	0	14:46:05	0	14:50:10	0
14:44:30	0	14:46:10	0	14:50:15	0
14:44:35	0,1	14:46:15	0	14:50:20	0
14:44:40	0	14:46:20	0	14:50:25	0
14:44:45	-0,1	14:46:25	0	14:50:30	0
Gjennomsnitt	-0,04		0,01		0,03

4.1.3 Test av givere

Målingen av CO₂-konsentrasjonen med en Kimo-sensor ble gjort ved eksisterende givere fra Carlo Gavazzi, markert som RY004-CO₂, RY005-CO₂, RY006-CO₂ og RY007-CO₂ i figur 14. En sammenligning av RT005-CO₂ og måling med utstyr fra Kimo er vist i figur 18 med tilhørende tabell 14. Resten av resultatene ligger i vedlegg 3.

Måleusikkerheten er +/- 50 ppm eller 3 % av målt verdi, siden ingen av de registrerte CO₂-konsentrasjonene er over 1670 ppm, der 3 % av denne verdien er 50 ppm, er det ikke regnet ut hvor mye 3 % av CO₂-konsentrasjonen er siden denne verdien i alle tilfellene vil være under 50 ppm.



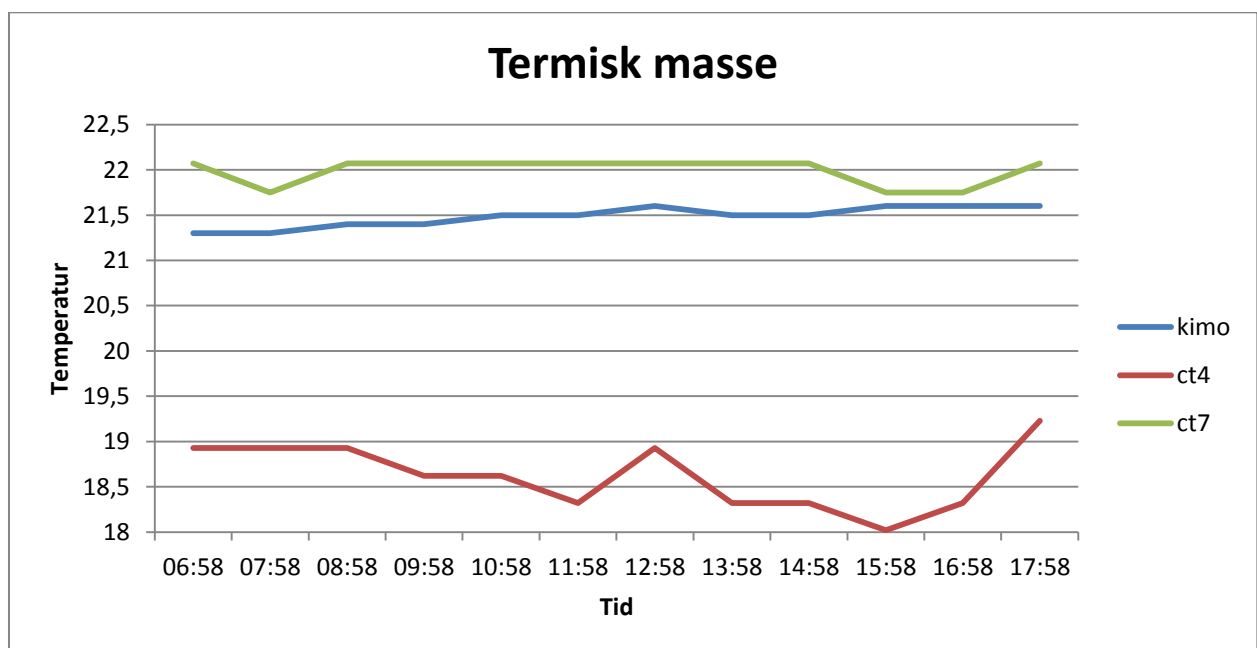
Figur 18 Sammenligning av CO₂-konsentrasjon

Tabell 14 Sammenligning av CO₂-konsentrasjon

Tidspunkt	Giver 05 [ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:40	623	573	50
10:42	627	542	85
10:43	649	564	85
10:45	635	558	77
10:47	632	560	72
10:49	634	563	71

4.2 Luft og betongtemperatur

Ved undersøkelse av den termiske massens påvirkning av lufttemperaturen ble lufttemperaturen inn i landskapet (CT4) sammenlignet med temperaturen på luften ut av plenumet lengst unna inntaket (CT7), samtidig som overflatetemperaturen på betongen ble målt (Kimo). Etter kl.18:00 synker luftmengden drastisk, derfor er resultatene som er fremstilt målt fra kl.06:58 til kl.17:58, i figur 19, med tilhørende tabell 15. Avstanden mellom luftinntaket til plenumet og den borteerste tilluftsventilen er på 16,2m på den høyre siden av kontorlandskapet [verdi er hentet fra plantegning]. Det er kun sett på verdiene for luftmengden til halve kontorlandskapet, da plenumet er delt i to av en mur, og luftmengden, der lufttemperaturen og overflatetemperaturen blir målt, blir regulert av givere plassert i den delen av landskapet (CO2-05 og CO2-06).



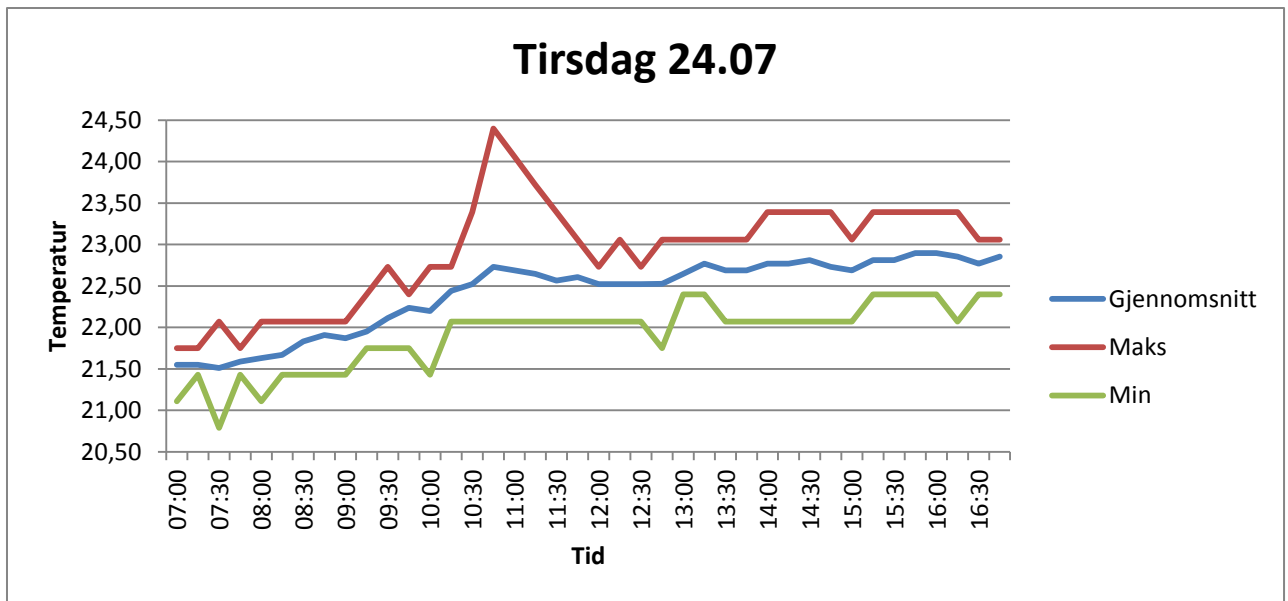
Figur 19 Betong- og lufttemperatur

Tabell 15 Oversikt over temperaturmålinger i plenumet

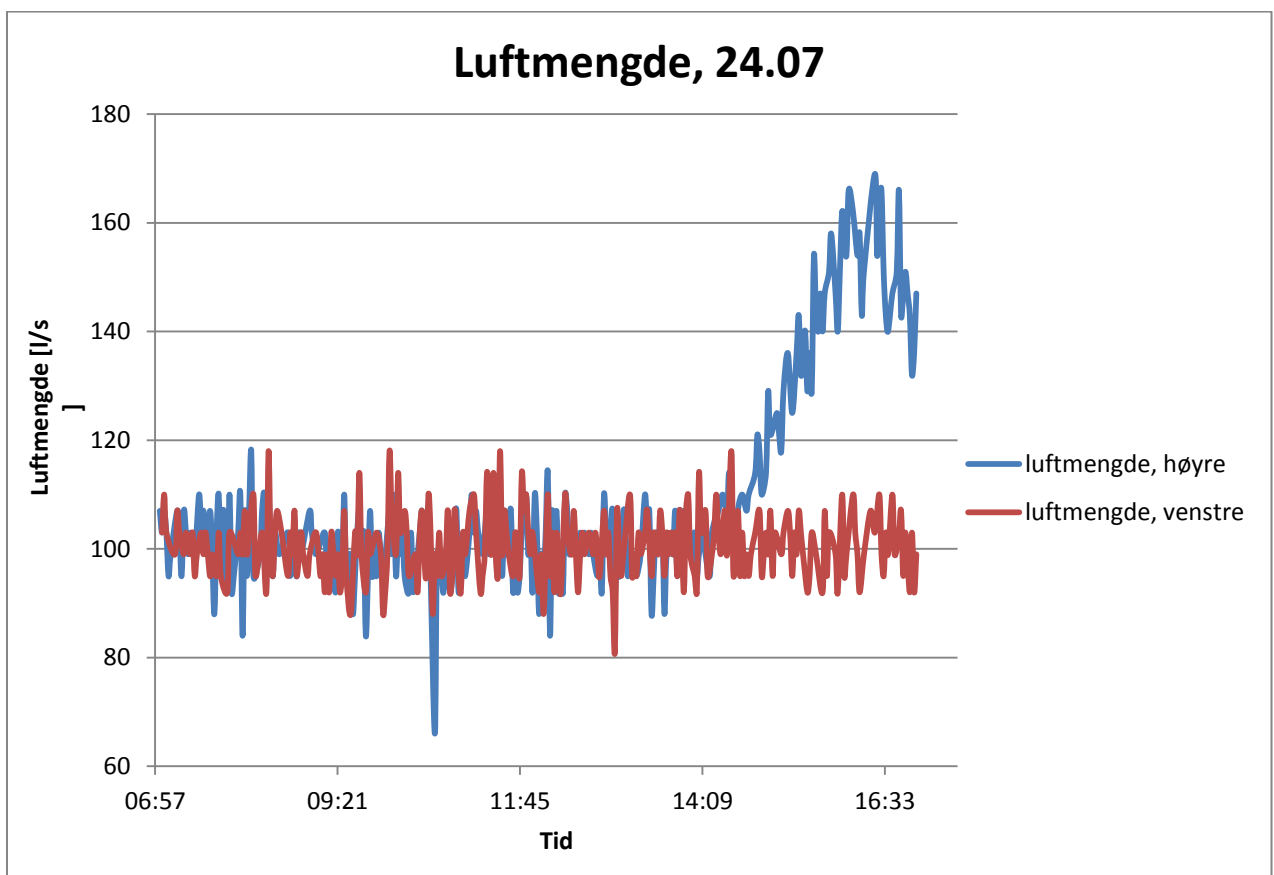
Tidspunkt	Kimo [°C]	CT4 [°C]	CT7 [°C]	Temperaturdifferanse (CT7-CT4) [°C]	Temperaturøkning per meter [°C/m]	Luftmengde [l/s]
06:58	21,3	18,93	22,07	3,14	0,194	107
07:58	21,3	18,93	21,75	2,82	0,174	99
08:58	21,4	18,93	22,07	3,14	0,194	110
09:58	21,4	18,62	22,07	3,45	0,213	103
10:58	21,5	18,62	22,07	3,45	0,213	103
11:58	21,5	18,32	22,07	3,75	0,231	95
12:58	21,6	18,93	22,07	3,14	0,194	107
13:58	21,5	18,32	22,07	3,75	0,231	132
14:58	21,5	18,32	22,07	3,75	0,231	191
15:58	21,6	18,02	21,75	3,73	0,230	202
16:58	21,6	18,32	21,75	3,43	0,212	147

4.3 Ti dager med måling av lufttemperatur

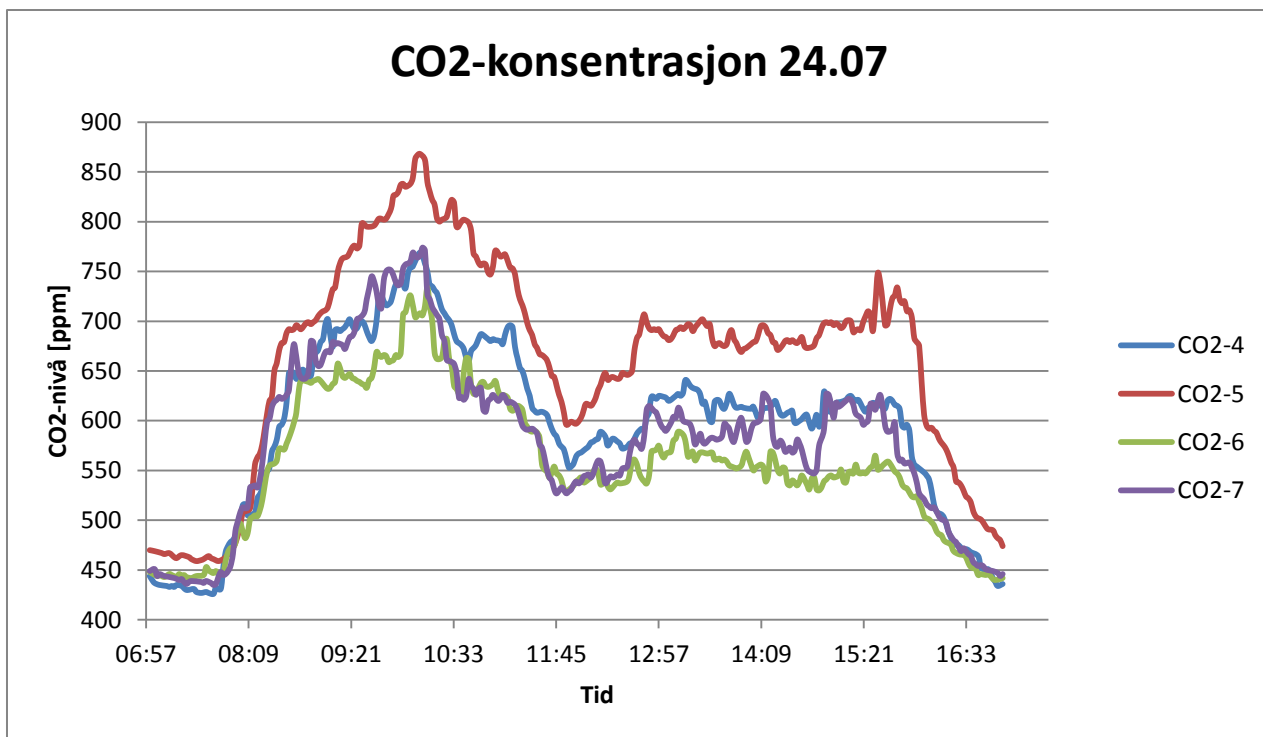
Figur 20 - 25 viser to av dagene da lufttemperaturen ble registrert. Resten av måledagene ligger i vedlegg 4. Alle målerne var programmert til å logge temperaturen hvert 15. minutt. Gjennomsnittverdien viser hva gjennomsnittet av alle loggførte verdiene hvert 15. minutt, mens Maks viser den maksimale målte verdien av alle målepunktene hvert 15. minutt. Min viser den minste verdien målt av alle målepunktene for hvert 15. minutt. Resultatene er fremvist på denne måten, da måleusikkerheten til utstyret er ukjent. Alt måleutstyret var utplassert som vist i figur 13. Verdiene til luftmengden og CO₂-konsentrasjonen er hentet ut fra SD-anlegget.



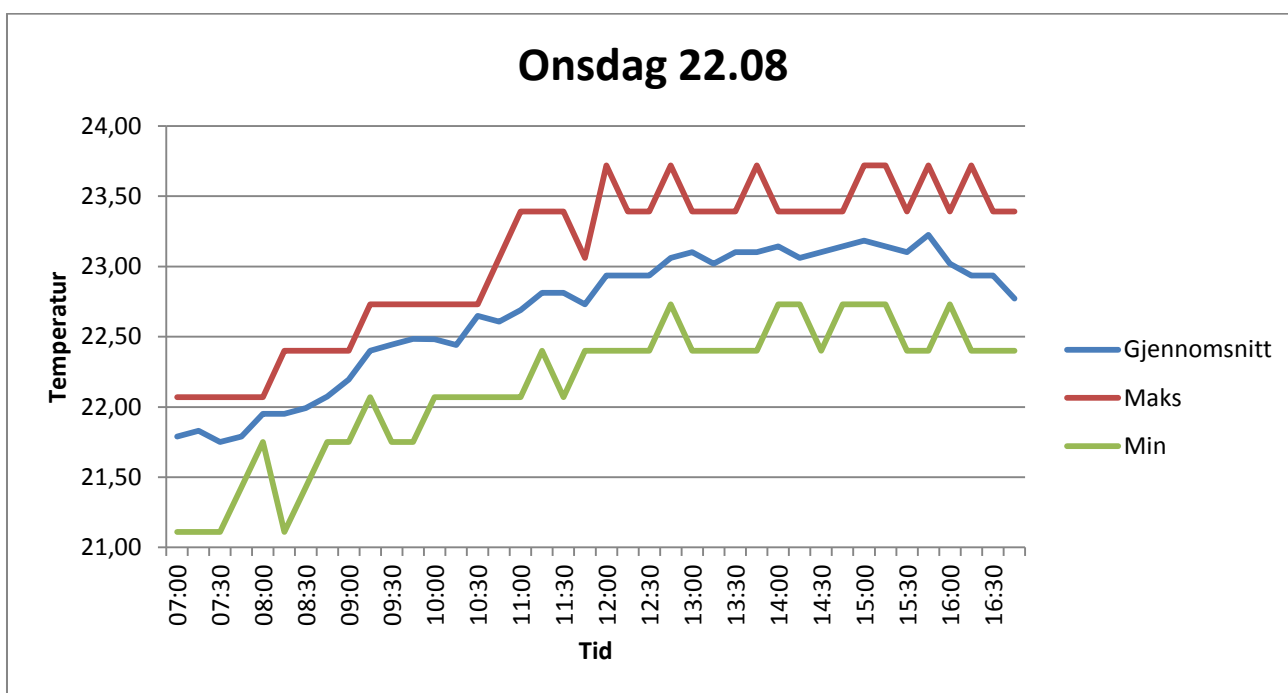
Figur 20 Måling av lufttemperaturen i E3, tirsdag 24.07



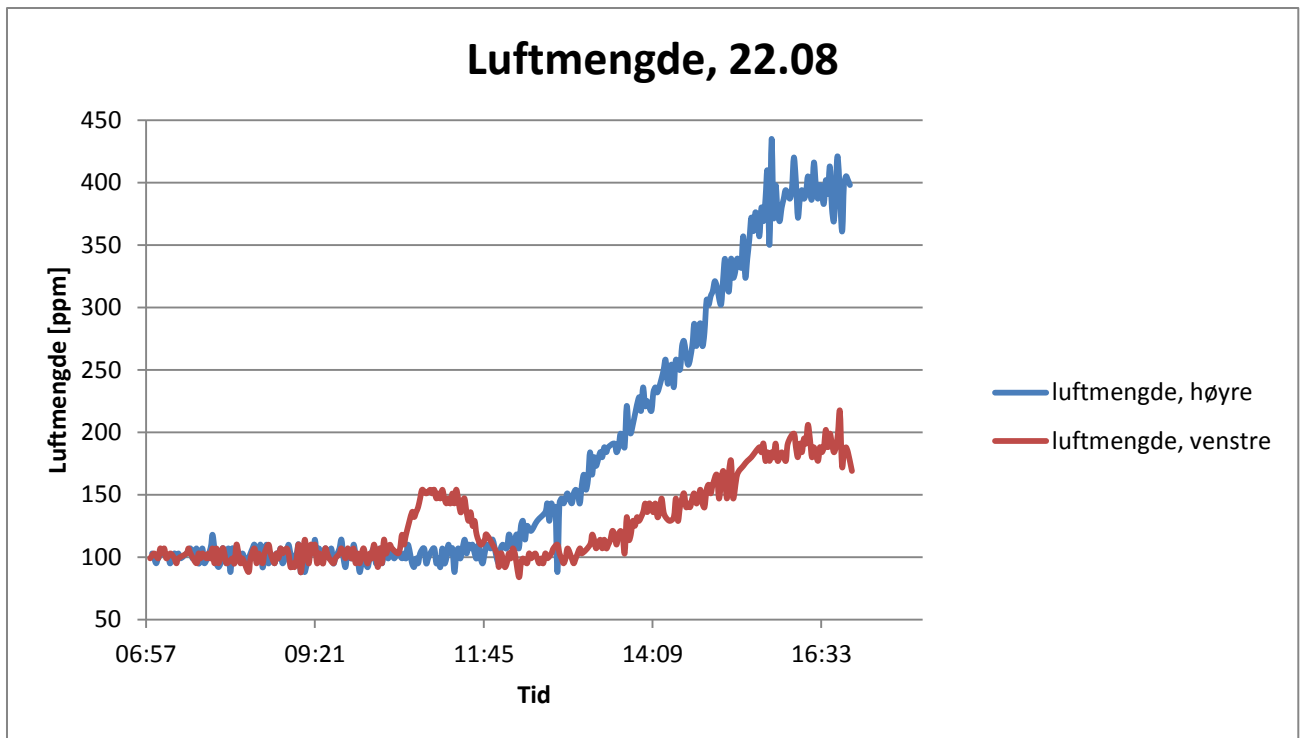
Figur 21 Luftmengden, 24.07 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget



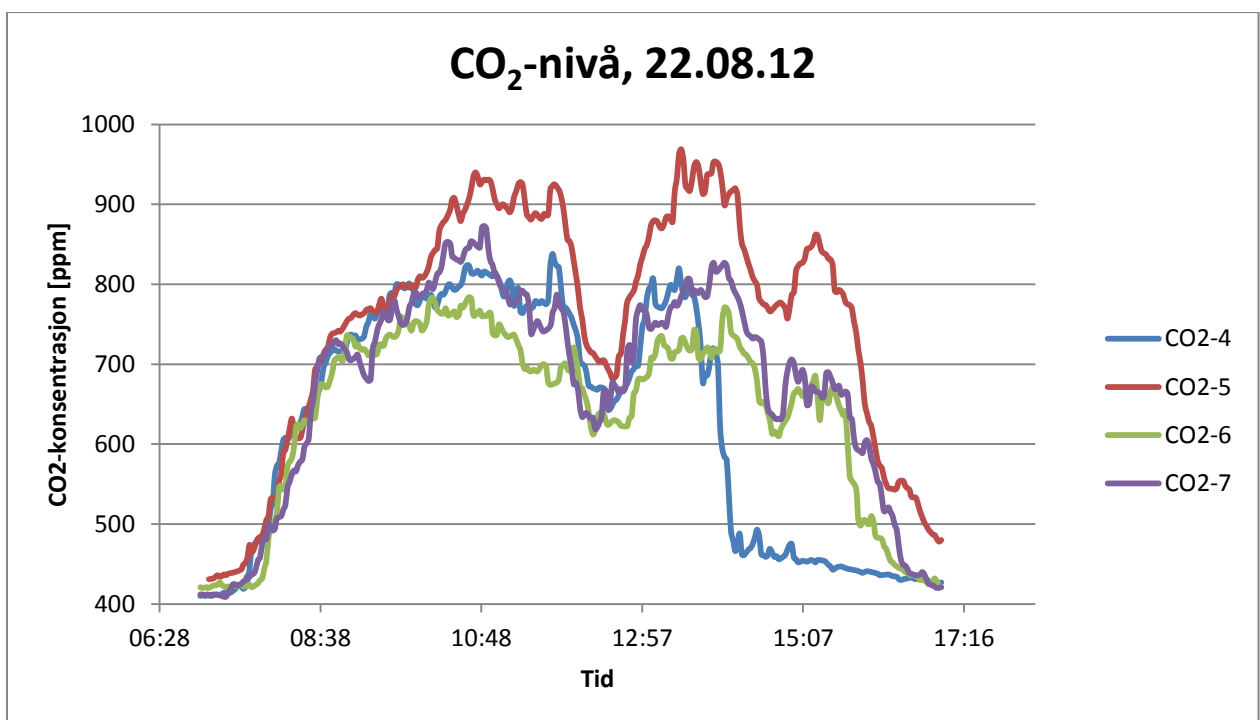
Figur 22 CO₂-konsentrasjonen, 24.07 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget



Figur 23 Måling av lufttemperaturen i E3, tirsdag 22.08



Figur 24 Luftmengden, 22.08 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget



Figur 25 CO₂-konsentrasjonen, 22.08 fra 07:00 til 16:59, verdier hentet fra SD-anlegget

4.4 Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelsen til brukerne ble delt ut fire dager og resultatet fra onsdag 22.08 er presentert i tabell 16 og 17. Resten av resultatene er presentert i vedlegg 5. Antall personer som besvarte undersøkelsen varierte fra hver gang den blir utdelt.

Tabell 16 Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.10:00, 14 besvarelser

Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.10:00	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	50						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	71						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	1	6	6	1	0	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	0		57			43	

Tabell 17 Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.13:30, 13 besvarelser

Klassifisering basert på brukernes svar 22.08 kl.13:30	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	62						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	54						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	0	0	8	4	1	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	8		69			23	

4.5 Lufthastighet

Formel 1 er brukt til å beregne forventet misfornøyde grunnet trekk under skrivebordet, tre punkter i kontorlandskapet E3 i høyden 0,1m og 0,6m. Resultatene fra målinger i punkt 1 er listet i tabell 18. Resten av målingene er listet i vedlegg 6.

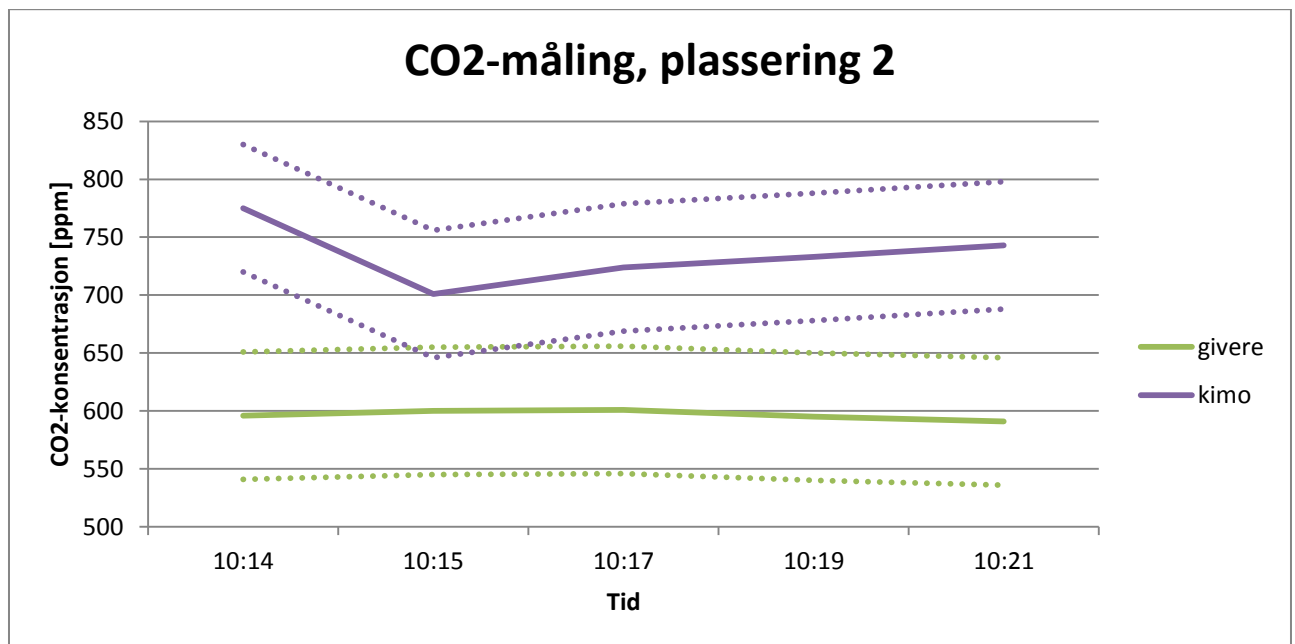
Tabell 18 Måling av lufthastighet

Punkt 1		
Høyde 0,1m	09:45 til 09:48	10:15 til 10:18
Snitthastighet [m/s]	0,10	0,08
Snittemperatur [°C]	21,54	21,73
DR [%]	8,71	6,74
Høyde 0,6m	09:55 til 09:58	10:25 til 10:28
Snitthastighet [m/s]	0,13	0,14
Snittemperatur [°C]	22,10	21,95
DR [%]	12,32	14,25

Forventet misfornøyde på grunn av lufthastigheten ligger på under 8% på måledagen alle tre punktene det ble målt, med unntak av i høyde 0,6m i punkt 1. Da er forventet misfornøyde på 12,32% i den første måleperioden. Dette er økt til 14,25% en halvtime senere. Turbulensintensiteten brukt ved utregning er satt til 40%, denne er ikke beregnet.

4.6 Alternativ plassering av CO₂-målere

Figur 26 viser en grafisk fremstilling av CO₂-konsentrasjonen målt med datalogger fra Kimo i punkt 2 (figur 15). Verdien, med usikkerhet, er presentert med verdien målt av CO₂-giver 05 fra Carlo Gavazzi, med usikkerhet.



Figur 26 Grafisk fremstilling av CO₂-konsentrasjonen, ppm

Tabell 19 Måling av CO₂-konsentrasjon

Punkt 2	Giver 05 [ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:14	596	775	-179
10:15	600	701	-101
10:17	601	724	-123
10:19	595	733	-138
10:21	591	743	-152

5. Diskusjon

5.1 Betongtemperatur

Siden det var en stund siden målerne fra Tinytag sist hadde blitt kalibrert, var det vanskelig å vite hva usikkerheten til måleresultatene var. For å finne et uttrykk til den termiske massens påvirkning av tilluftstemperaturen, ble det kun sett på temperaturen til tilluften inn i plenumet (CT4) og temperaturen på tilluften til den borteeste ventilen (CT7). Avstanden mellom disse er på 16,2m. Det er innenfor anbefalt grense på 15-18m, som diskutert i kapittel 2. Verdien på tilluften, sammen med gjennomsnittsverdien til overflatetemperaturen, der de tre målerne fra Kimo var plassert, og luftmengden til halve kontorlandskapet ble listet i tabell 15. Dette ble gjort for å se hvordan temperaturdifferansen var over plenumet, og for å se hvordan denne varierte med gulvtemperatur og tilluft til plenumet.

Med temperatur på overflaten til betongen på ca. 21,5 °C, luftmengde på ca. 100 l/s og tempdifferanse på ca. 3,5 °C mellom CT4 og CT7, er økningen på tilluften per meter over plenumet i kontorlandskapet på ca. 0,22 °C /m. Dette er innenfor anbefalt maksverdi på 0,1-0,3 °C /m [Baumann 2003]. Det er vanskelig å forutse den termiske ytelsen til plenumskammeret, da tilluften er påvirket av flere faktorer. Luften som entrer plenumet blir varmet opp under transporten. Dette skjer ved hjelp av varmeovergang mellom luften i plenumet, gulvpanelet over og betongplate under.

Betongtemperaturen er lavere enn tilluften til kontoret. Dette kan være fordi lufttemperaturen i plenumet blir påvirket av andre parameter, som; luften beveger seg sjeldent i en rett linje fra luftinntak til ventiler, antall og plassering av inntaksventiler, temperaturforskjellen mellom luften i plenumet, gulvpanelet og betongplatene og muligheten for tilstrømning av luft fra kontorlandskapet ned til plenumskammeret [Baumann 2003].

For å oppnå effektiv luftdistribusjon i området, og i tillegg unngå tap av kjølingsevne, er det nødvendig å begrense muligheten til temperaturvariasjon, som vanligvis er referert til som termisk forsinkelse i plenumet. Som en tommelfingerregel burde ikke tilluften øke mer enn 2°C fra den entrer plenumskammeret til utslipp i den borteeste ventilen [Filler 2004]. For å minke temperaturøkningen, kan en ha nattkjøling av betongen. Dette blir allerede gjennomført i bygget, og temperaturen på starten av dagen på overflaten av betongen er i gjennomsnitt 0,5 °C lavere enn på slutten av dagen. Det er ikke medregnet usikkerhet på måleresultatene, da dette ikke er en kjent verdi på måleutsyret fra Tinytag eller termoelementene.

5.2 Evaluering av inneklimaet

For å evaluere inneklimaet, ble alle måledagene sammenlignet. To av måledagene ble i tillegg valgt ut til å undersøkes nøyere.

Temperaturen i landskapet

Tendensen som kom frem under fremstilling av resultatene, var at temperaturen i kontorlandskapet rundt kl.07:00 om morgenen, startet i område 21,0 – 21,7°C og økte med 2°C i løpet av dagen. Dette skjedde uavhengig av utetemperaturen, solinnstråling, antall personer på jobb og hvilken ukedag det var.

Det er valgt å fokusere nærmere på to måledager; tirsdag 24.07 og onsdag 22.08. Den første er valgt ut grunnet høy temperatur rett før lunsj, da makstemperaturen var på 24,4 °C, målt med lufttemperaturmålet CT4 (figur 13). I følge [NS-EN 15251:2007] skal temperaturen i landskapet være mellom 22-27 °C (katagori tre). Temperaturen på 24,4 °C er innenfor dette, men verdien er høy i forhold til andre temperaturer denne dagen, og ved måling av temperaturen samme sted de andre måledagene. Temperaturloggeren er plassert ved vinduet, og den høye solinnstrålingen fra sør/øst kan være det som treffer vinduet og loggeren i dette tidspunktet. Andre faktorer som kan påvirke denne høye temperaturen kan være at i det området rundt måleren sitter mange mennesker som arbeider med telefon og pc.

Måledagen, onsdag 22.08, er valgt ut for å evalueres nærmere, da denne dagen står frem som en vanlig måledag og har samme temperaturløp som resten av måledagene. På måledagen starter temperaturene på 21,7 °C og øker jevnt til over 23 °C ved arbeidsløpets slutt. I skisseprosjektet til bygget er målet at den operative temperaturen skal være mellom 21 - 25 °C om sommeren. Etter målinger i bankbygget, viser resultatene at lufttemperaturen holder seg innenfor dette område, når en ser på snittemperaturen over kontorlandskapet. Den operative temperaturen ble ikke målt, men det er forventet at overflatetemperaturen til veggene og vinduene er gode. I følge [NS-EN ISO 7730:2005] vil temperaturvariasjon større enn 1K påvirke komforten negativt.

CO₂-nivået

Tendensen for hver måledag er at lufttemperaturen øker jevnt hver dag. Dette kan settes i sammenheng med at CO₂-nivået, og dermed luftmengden, øker frem mot lunsj og slutten av dagen. CO₂-nivået i bygget holder seg som regel under fastsatt grense på 900ppm, onsdag 22.08, med unntak av rett før lunsj, da konsentrasjonen overstiger nivået en periode før lunsj og på formiddagen. På det meste er CO₂-nivået målt til å være 963ppm. Dette skjer kun i et punkt i landskapet, ved giver 05. I resten av kontoret er konsentrasjonen mye lavere. Dette gjør at gjennomsnittet over landskapet er mindre enn 900 ppm og dermed er innenfor tillatt grense.

Luftmengden

Da spørreundersøkelsen ble delt ut kl.10:00, var det 18 personer i landskapet. Dette gir en forventet luftmengde på, $18 \text{ personer} * 7,2 \text{ l/(s*person)} = 130 \text{ l/s}$. Luftmengden hentet fra SD-anlegget viste en verdi på ca. 210 l/s i samme tidspunkt, noe som er godt innenfor grensen, når det gjelder krav fra tek10. Når det gjelder forprosjektet sitt krav om $2,8 \text{ l/(s*m}^2\text{)}$, er luftmengden for lav, men den tilfredstiller kravet om $0,7 \text{ l/(s m}^2\text{)}$, fra tek10. Luftmengden var også innenfor kravet til tek10 senere på dagen, da den andre spørreundersøkelsen ble

delt ut. Antall personer i landskapet varierer konstant, da det er normal bevegelse inn og ut av kontorlandskapet.

Spørrundersøkelsen

Alle de fire dagene, da spørreundersøkelsen ble delt ut, ble kommentert som en «unormal dag» av brukerne. Altså; en dag der kontorlandskapet ikke var så kaldt som det pleier å være.

Resultatet fra undersøkelsen, onsdag 22.08, var:

- 50% av brukerne syntes at det termiske miljøet var akseptabelt, og det var 6 av 14 som syntes temperaturen var for kald (43%).
- Senere på dagen var det 62% som syntes det termiske miljøet var akseptabelt, og 5 av 13 som syntes at det var for varmt på kontoret (38%).
- Det var flere personer som ønsket en varmere temperatur på kontoret kl.10:00 (43%) enn det var kl.13:30 (23%).

Det er nødvendigvis ikke de samme som svarte på undersøkelsen hver gang den ble delt ut, men tendensen passer overens med temperaturen, da denne øker i løpet av dagen.

Resultatet fra de andre dagene undersøkelsen ble delt ut var:

- Folk var mer fornøyd med temperaturen etter enn før lunsj - dette med unntak av mandag 27.08. Dette var også en dag da temperaturen ikke steg over 23 °C, slik det gjorde de andre måledagene.
- Besvarelsene viser at hver gang brukerne ble spurt, var det en overvekt av mennesker som ønsker temperaturen på kontoret varmere – dette med unntak av tirsdag 21.08 kl.13:30. Denne dagen var innetemperaturen høyere enn de andre dagene undersøkelsen ble delt ut.

Det er generelt lav score på mennesker som syntes inneluftkvaliteten var akseptabel. Men når en ser på samlet sum av de som syntes inneluftkvaliteten er akseptabel og de som syntes inneluftkvaliteten er så vidt akseptabel, øker prosentandelen betraktelig til over 90% for hver undersøkelse.

Lufthastigheten

Brukerne i bygget kommer ofte med klager om trekk på bena og kald luft ovenfra fra avtrekksventilen. Lufthastigheten ble målt i tre punkter i landskapet i høyden 0,1m og 0,6m over bakken. Resultatet viste at i punkt 1, høyde 0,6m over bakken, gav prosentvis misfornøyde på 12,32%, som økte til 14,25% ved den andre målingen en halvtime senere. Den maksimale lufthastigheten ved første måling i høyde 0,6m var på 0,25 m/s, dette er noe som kan være ubehagelig for brukerne, og ved måling av lufthastighet over lengre tid, er dette det maksimale kravet for snitthastigheten om sommeren [NS-EN 15251:2007]. Resten av målingene i punkt 2 og 3, viste at forventet misfornøyde grunnet lufthastigheten lå på 8% og lavere. Dette kan henspeiles i at disse målingene skjedde i lunsjpausen til brukerne, og at det ikke var mange igjen på kontoret. Men siden CO₂-konsentrasjonen fremdeles er høy i

kontorlandskapet en stund etter brukerne har dratt, vil dette ha en forsinket effekt og luftmengden er fremdeles stor.

Klager på trekk fra avtrekksluken er ikke undersøkt.

Det er også et krav om maksimal temperaturgradient i rommet. Denne ble ikke målt, men kan ha en negativ følge for brukerne om denne er for stor. Temperaturgradienten ved et skrivebord ble målt under prosjektet. Da var denne verdien innenfor maksgrensen.

Generelt

Temperaturen i bygget varierer likt, uavhengig av utetemperatur, med lav lufttemperatur i begynnelsen av dagen og en økning av denne mot arbeidslutten. Temperaturen er innenfor grensen for hva som er akseptabelt, men en økning på 2 °C er mye i løpet av en arbeidsdag, og det har kommet tilbakemelding fra brukerne at denne variasjonen er merkbar. Det er et generelt ønske fra brukerne om en høyere temperatur i landskapet, både før og etter lunsj, selv om ønsket er høyere før lunsj. Et sted, der temperaturen er målt til å være høy, CT4 (figur 13), er det mange personer som sitter og jobber, men det er også her det har kommet mange henvendelser om for lav temperatur i landskapet. Lufthastigheten kommer opp i 0,25 m/s, noe som er nærme grensen for hva som er akseptabelt. Det har kommet mange kommentarer om trekk på beina og luftstrømmer, når det er bevegelse i rommet. Det burde ha vært en mer omfattende undersøkelse av denne luftstrømmen - også den som kommer fra avtrekksventilen over brukerne.

SD-anlegget

Ved undersøkelse av utetemperaturen, kom det frem at en måling hver kveld rundt kl.21:40 viste en måling på temperaturen, som var veldig lav. Et eksempel er lufttemperaturen som ble undersøkt en av de ti måledagene, gikk fra 11,2°C til -18°C, før neste måling viste 11,2 °C. Det er usikkert om dette har særlig innvirkning på anlegget, da dette skjer når bygget ikke er i bruk. Men det er noe som bør undersøkes nærmere.

5.3 Alternativ plassering av CO₂-sensorer

Ved måling av CO₂-konsentrasjonen i fire punkter i kontorlandskapet viste resultatene at verdien målt tre av stedene var lavere enn verdien avlest i SD-anlegget. Ved punkt 2 var konsentrasjonen målt med utstyr fra Kimo høyere enn den målt av giver 06 fra Carlo Gavazzi ved veggen. Loggeren i punkt 2 var plassert på et arkivskap, 1,6m over bakken, i et område der det sitter mange mennesker i umiddelbar nærhet. Det er ikke mange som er plassert i nærheten av der givern er plassert.

Det kan lønne seg å flytte givern fra Carlo Gavazzi, men dette vil utgjøre et praktisk problem, da det er vanskelig å plassere en giver på kontorutstyr som kan flyttes på og som det er mulig for brukerne å flytte på. Loggeren fra Kimo viste en verdi som var godt under 800 ppm. Så selv om konsentrasjonen var høyere enn den målt av givern, var den allikevel innenfor akseptabelt nivå.

6. Konklusjon

- Temperaturøkningen på tilluften i plenumet pr. meter ble estimert til 0,22 °C /m. Differansen på temperaturen over plenumet ble estimert til 3,5°C. Dette er noe høyt og vil føre til at temperaturen varierer over landskapet. Temperaturen på starten av dagen inn til landskapet er på rundt 21°C, og mindre nattkjøling kan anbefales for å ha høyere betongtemperatur på starten av dagen. Dette kan øke tilluften til et nivå, som ikke er ubehagelig for brukerne.

Ved evaluering av inneklime kom det frem at:

- Lufttemperaturen i kontorlandskapet er innenfor anbefalt grense, og temperaturen øker 2°C i løpet av dagen. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at selv om temperaturen er innenfor anbefalt grense, ønskes denne høyere, spesielt på begynnelsen av arbeidsdagen.
- Lufthastigheten er til tider så høy som 0,25 m/s, det er i grenseland av hva som er anbefalt. Ved måling av snittemperatur og snitthastighet, viste beregninger at det på det meste kan forventes 14,25% misfornøyde ved turbulensintensitet på 40%. Lufthastigheten kommenteres som ubehagelig, og den er den største årsaken til misnøye hos brukerne. Dette gjelder både trekk under skrivebordet, men også trekk ovenfra, som kommer inn fra avtrekksventilen.
- Luftmengden er innenfor tillatt grense gitt av tek10, det samme gjelder CO₂-konsentrasjonen, som holder seg under 900 ppm.
- Ved undersøkelse av plasseringen til givene plassert ute i landskapet, kom det frem at disse oppdager endringene av CO₂-konsentrasjonen i landskapet, og plasseringen av disse er bra.

7. Videre arbeid

Bygningens luftkvalitet blir evaluert ut i fra CO₂-konsentrasjonen i bygget, og luftmengden blir styrt ut fra denne verdien. I Sparebankkvartalet er trykkfallet over ventilene veldig lave. En undersøkelse av luftmengden ut av ventilene ansees som en større oppgave, da selve målingen kan påvirke trykkfallet, men er viktig å gjennomføre da denne parameteren har mye å si for kvaliteten på inneklime. Forskjellig type utstyr for denne type måling bør kartlegges, og målingen bør gjennomføres.

Den operative temperaturen kan være viktig å undersøke. Det vil også være av interesse å måle temperaturstråling fra betongen i taket og veggene med et Infrarødt kamera for å se om denne verdien er unormalt høy eller lav. Dette for å oppdage strålingsasymmetri, eller unormalt høye eller lave verdier på overflatetemperaturen.

Noen brukere forteller om trekk i E3 fra glassgården, mellom blokk E og blokk F, og inn i kontorlandskapet. Dette kan skyldes overtrykk, grunnet vind utenfor fasaden, som kommer inn i vinduene i glassgården ut mot gaten. For å bedre arbeidsdagen for brukerne, burde en undersøke om dette er noe som øker lufthastigheten i kontorlandskapet og er med på å øke ubehaget.

Flere klager har kommet om dårlig inneklime i møterom i C4 og B5, og dette burde undersøkes.

Et viktig og omfattende punkt er sammenhengen mellom inneklime og sykdomsfraværet i bygget. Dette kan utforskes i samarbeid med HR-avdelingen.

8. Referanser

- [NS-EN ISO 7726:1998] Norsk Standard: Ergonomi for termisk miljø – Instrumenter for måling av fysiske størrelser. 1998
- [NS-EN 12599:2000] Norsk Standard: Ventilasjon i bygninger - Prøvningsprosedyrer og målemetoder for overtakelse av installerte ventilasjons- og luftkondisjoneringsanlegg (innbefattet rettelsesblad AC:2002). 2000
- [NS-EN ISO 7730:2005] Norsk Standard: Ergonomi i termisk miljø - Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort. 2005
- [NS-EN 15251:2007] Norsk Standard: Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk. 2007
- [www.iwmac.no] <http://iwmac.com/ioc/>
- [NS-EN 10551:1995] Norsk Standard: Ergonomi for termisk miljø, Bedømmelse av termisk miljø's innvirkning ved bruk av subjektive vurderingsskalaer, 1995
- [Bauman 2003] Underfloor air distribution design guide, F.S. Bauman, American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers, 2003.
- [Enøk] Enøk i bygninger – Effektiv energibruk, NTNU – SINTEF, Gyldendal Norsk Forlag AS, Oslo 2007. 3. utgave.
- [Filler 2004] Best practices for underfloor air systems, ASHRAE journal, M. Filler, October 2004.
- [ec.europa.eu] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm Dato 20.2.12
- [NS-EN 12464-1:2011] Norsk Standard: Lys og belysning - Belysning av arbeidsplasser - Del 1: innendørs arbeidsplasser. 2011
- [Store norske leksikon] <http://snl.no/m%C3%A5leusikkerhet>. Dato 30.01.12
- [Bauman et. Al 2002a] Underfloor air distribution: Thermal stratification, ASHRAE Journal, T. Webster, F. Bauman, J. Reese, mai 2002.

- [Bauman 2006] Design guidelines for stratification in UFAD Systems, HPAC engineering, tilgjengelig på:
http://www.cbe.berkeley.edu/research/pdf_files/Bauman2006_GuidelinesUnderfloorPlenums.pdf, dato 09.07.12.
- [1] <http://www.bygg.no/id/70673.0>, Dato 22.12.11
- [2] <http://www.trondheim.kommune.no/sparebank1/>
 Dato 22.12.11
- [3] <http://www.arkitektur.no/?nid=178913&lcid=1044&pid0=92058>, Dato 22.12.11
- [NS-EN 13779:2007] Norsk Standard: Ventilasjon i yrkesbygninger, Ytelseskrav for ventilasjons- og romklimatiseringssystemer, 2007.
- [Forprosjekt VVS] Forprosjekt VVS Sparebank 1 kvartalet, H. Hasfjord, 2008
- [Hans Martin Mathisen] Samtaler med Hans Martin Mathisen, Professor ved Institutt for energi- og prosessteknikk, NTNU
- [Inneklima] INNEKLIMA – Praktisk kartlegging, Lars G Wessel Johnsen, HS-Trykk A/S, Oslo 2002. Arbeidsmiljøforlaget 2002.
- [lumasenseinc.com] <http://lumasenseinc.com/EN/products/gas-monitoring/thermal-comfort/>, Dato 28.2.2012
- [Tek10] FOR 2010-03-26 nr 489: Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift), KRD (Kommunal- og regionaldepartementet), lovdata.no, 2010

9. Vedlegg

9.1 Vedlegg 1

Eksempler på dimensjonerende kriterier fra [NS-EN 15251:2007]

Tabell 20 Eksempler på dimensjonerende kriterier fra [NS-EN 15251:2007]

Kriterier for inneklime	Bygningens kategori	dimensjoneringskriterier
Termiske forhold om vinteren	2	20-24 ° C
Termiske forhold om sommeren	3	22-27 ° C
Luftkvalitet indikator, co2	2	500 ppm over uteluft
Luftmengde	2	0,7 l/(s*m ²) + 7 l/(s*person)
Belysning		E _m > 500 lux, UGR < 19, Ra > 80
Akustisk miljø		Innendørs støy 40 < dB

9.2 Vedlegg 2

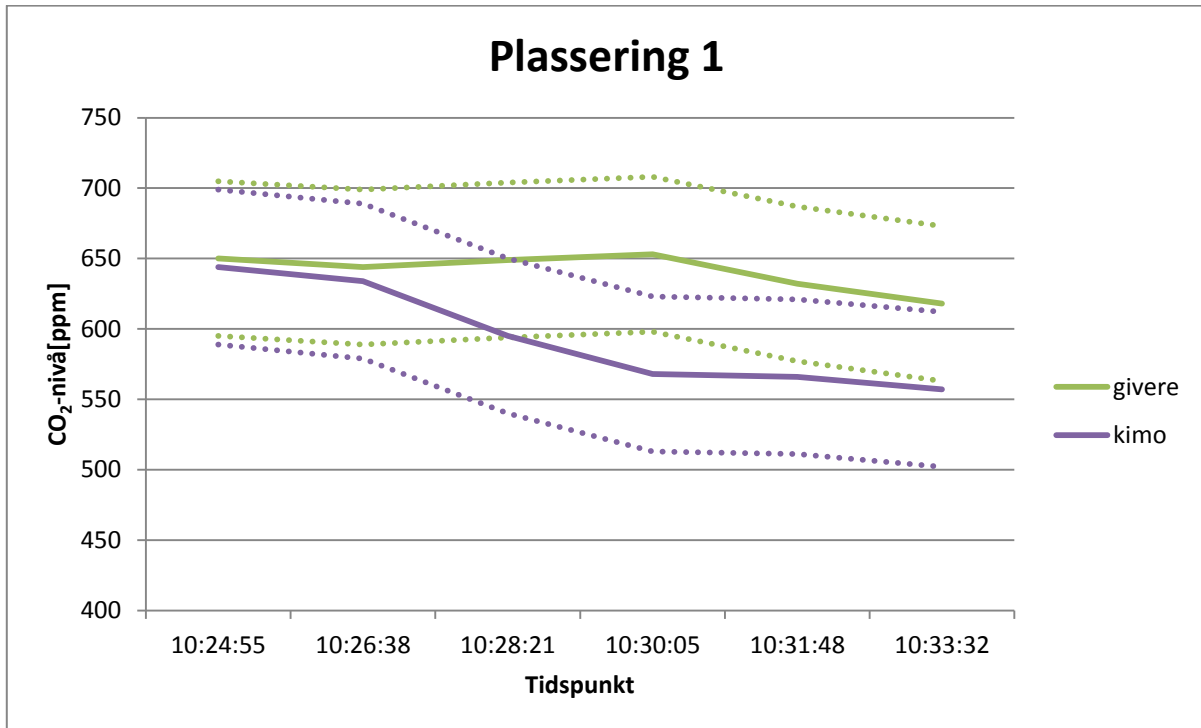
Bruksareal BRA: Ikke medregnet fiktive plan. Alt gulvareal innenfor yttervegger er medregnet. Vegger mot åpent-ned arealer ikke tatt med. Sjakter, heiser og trapper medregnet.

Tabell 21 Bruksareal BRA, for E3

	G	A	B	C	D	E	F	Spalter	TOTAL
U2									2 247,4
U1									2 737,8
1. ETG	645,9	204,0	393,6	378,2	388,7	342,9	333,6	351,7	3 038,6
1,5. ETG	643,2	111,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	754,8
2. ETG	142,9	153,0	395,2	388,5	413,9	392,5	383,4	40,8	2 310,2
3. ETG	648,7	436,8	399,9	388,5	412,9	392,5	383,4	40,1	3 102,8
4. ETG	632,5	260,5	405,1	388,5	412,9	391,0	383,4	39,3	2 913,2
5. ETG.	60,4	331,3	410,2	388,5	412,9	392,5	383,5	38,5	2 417,8
TAKPLAN	0,0	72,3	83,9	101,7	83,9	84,1	90,6	0,0	516,5
TOTAL	2 773,6	1 569,5	2 087,9	2 033,9	2 125,2	1 995,5	1 957,9	510,4	20 039,1
Nybygg	12 280								
Gamlebank	2 774								
Kjeller U1, U2	4 985								
TOTAL	20 039,1								

9.3 Vedlegg 3

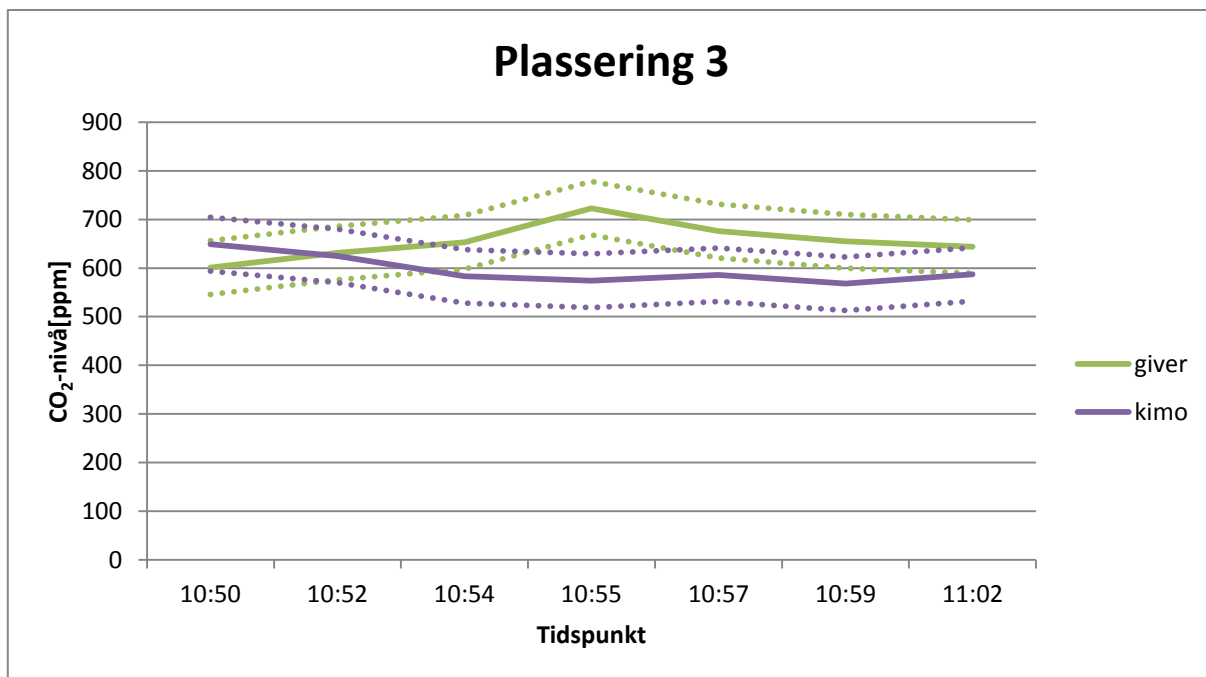
Sammenligning av CO₂-nivå.



Figur 27 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 1

Tabell 22 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 1

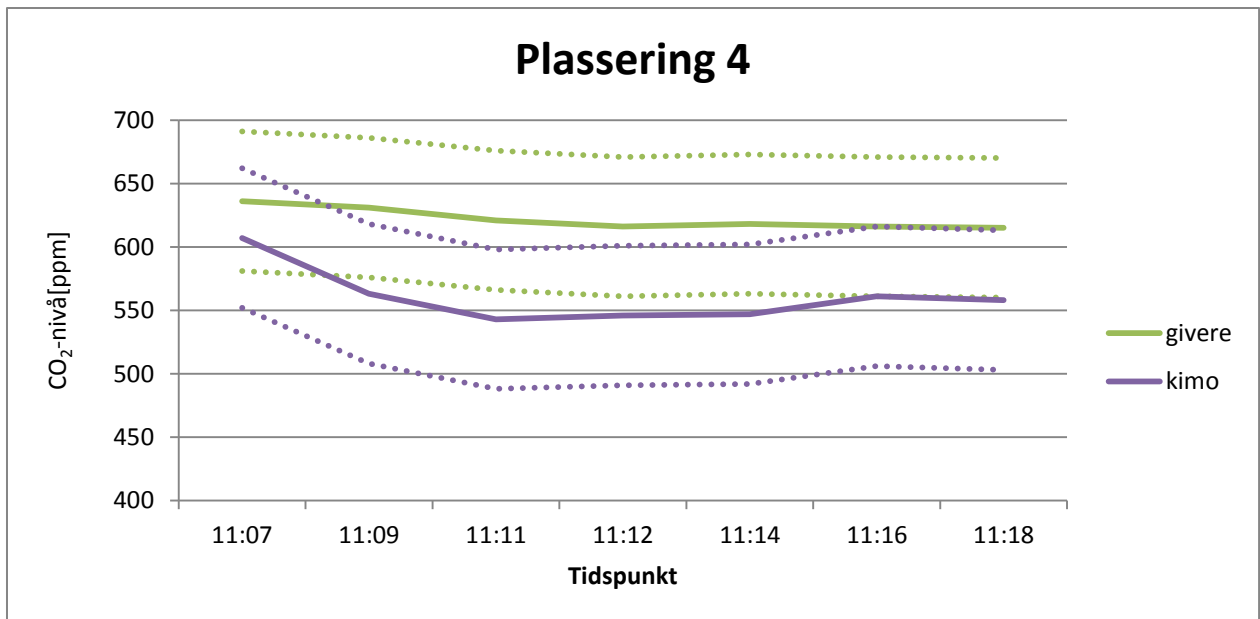
Punkt 1	Giver 04 [ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:24	650	644	6
10:26	644	634	10
10:28	649	595	54
10:30	653	568	85
10:31	632	566	66
10:33	618	557	61



Figur 28 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 3

Tabell 23 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 3

Punkt 3	Giver 06[ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:50	601	649	-48
10:52	631	625	6
10:54	653	583	70
10:55	723	574	149
10:57	676	586	90
10:59	655	568	87
11:02	644	587	57



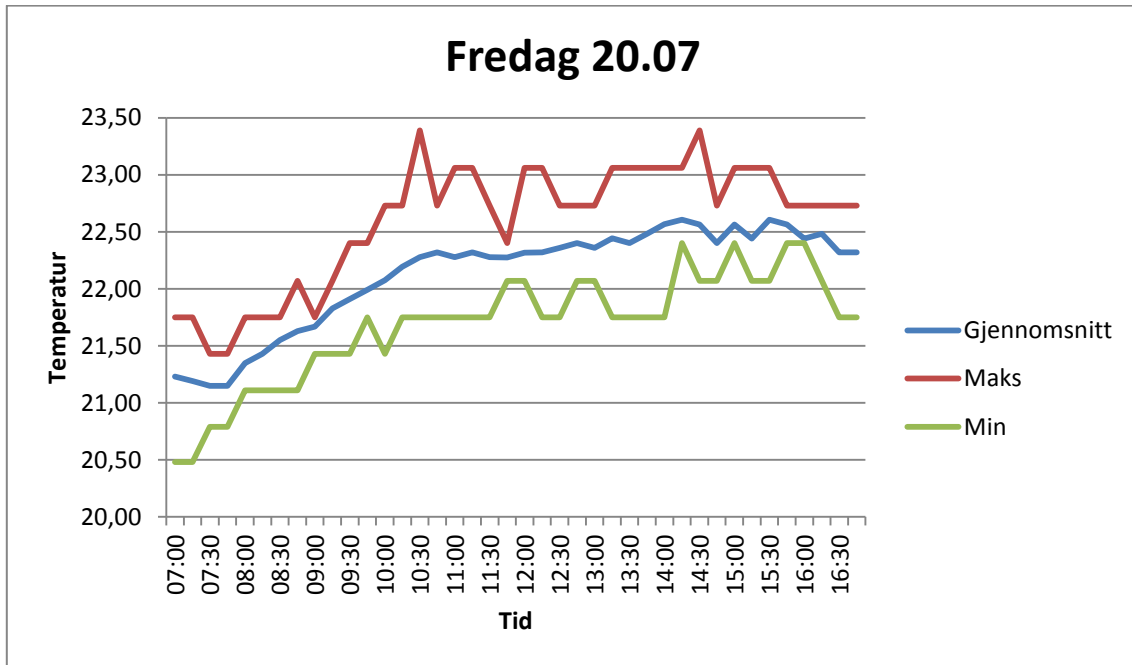
Figur 29 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 4

Tabell 24 Måling av CO₂-konsentrasjon i punkt 4

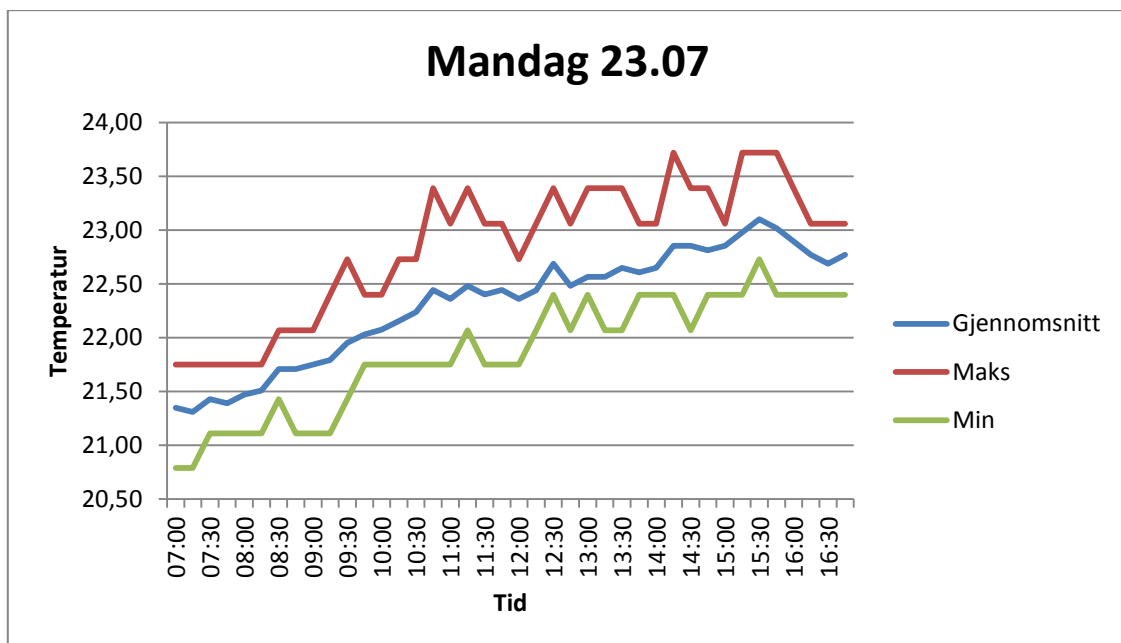
Punkt 4	Giver 07 [ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
11:07	636	607	29
11:09	631	563	68
11:11	621	543	78
11:12	616	546	70
11:14	618	547	71
11:16	616	561	55
11:18	615	558	57

9.4 Vedlegg 4

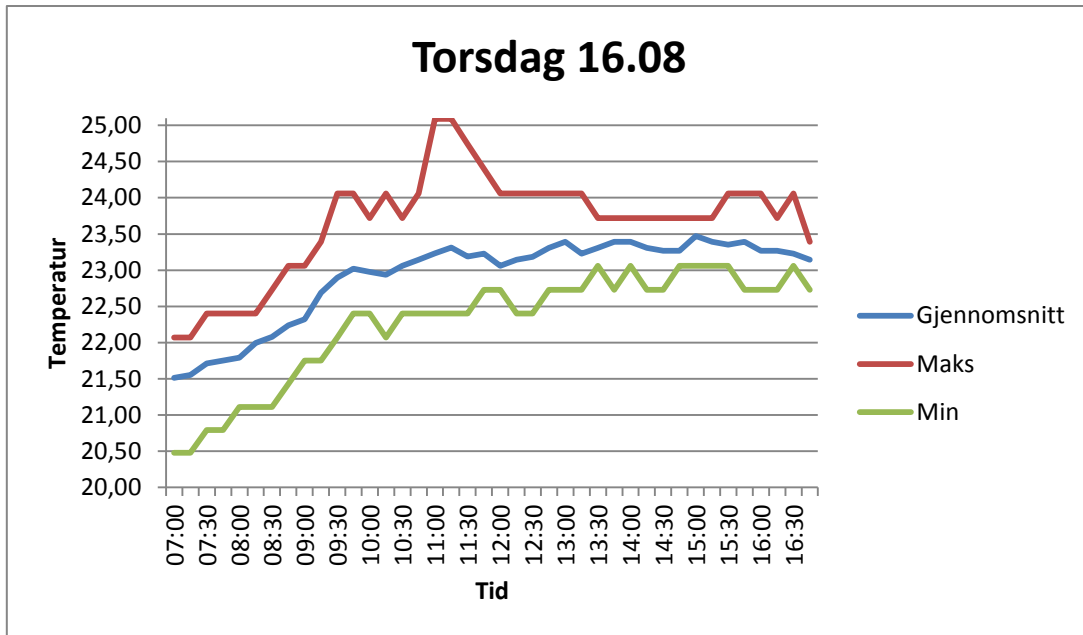
Måling av lufttemperatur i E3.



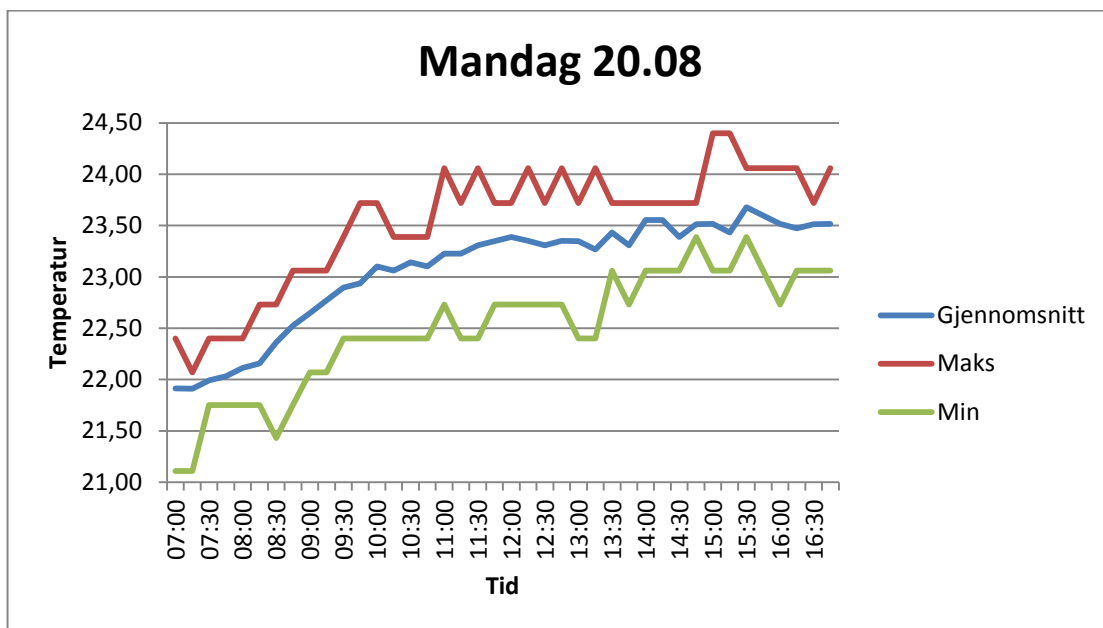
Figur 30 Måling av lufttemperatur fredag 20.07.12



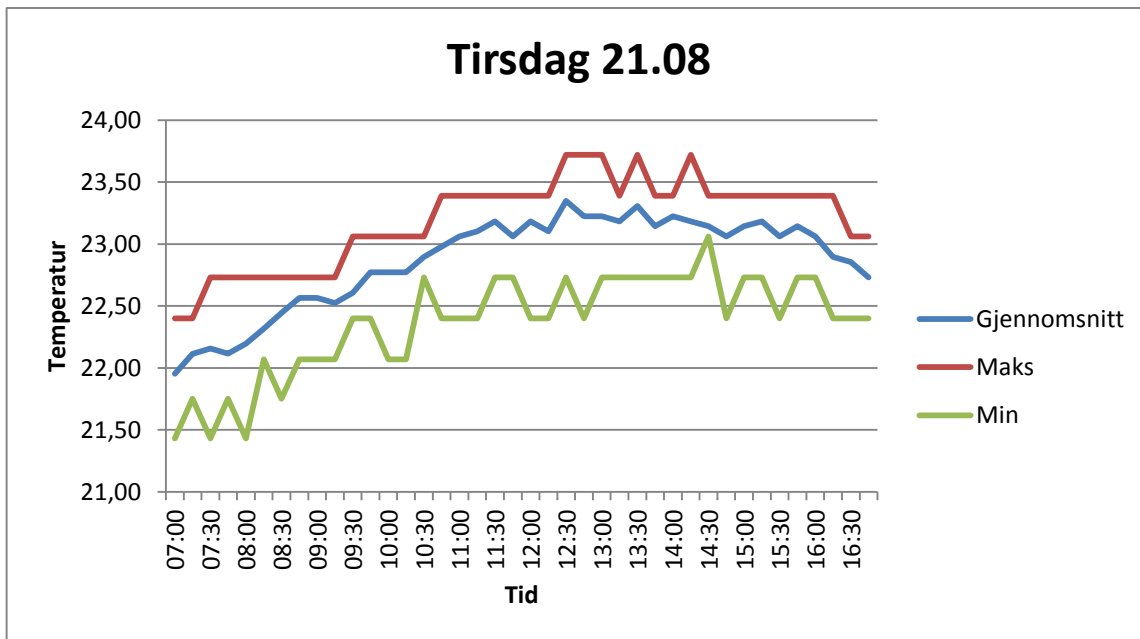
Figur 31 Måling av lufttemperatur mandag 23.07.12



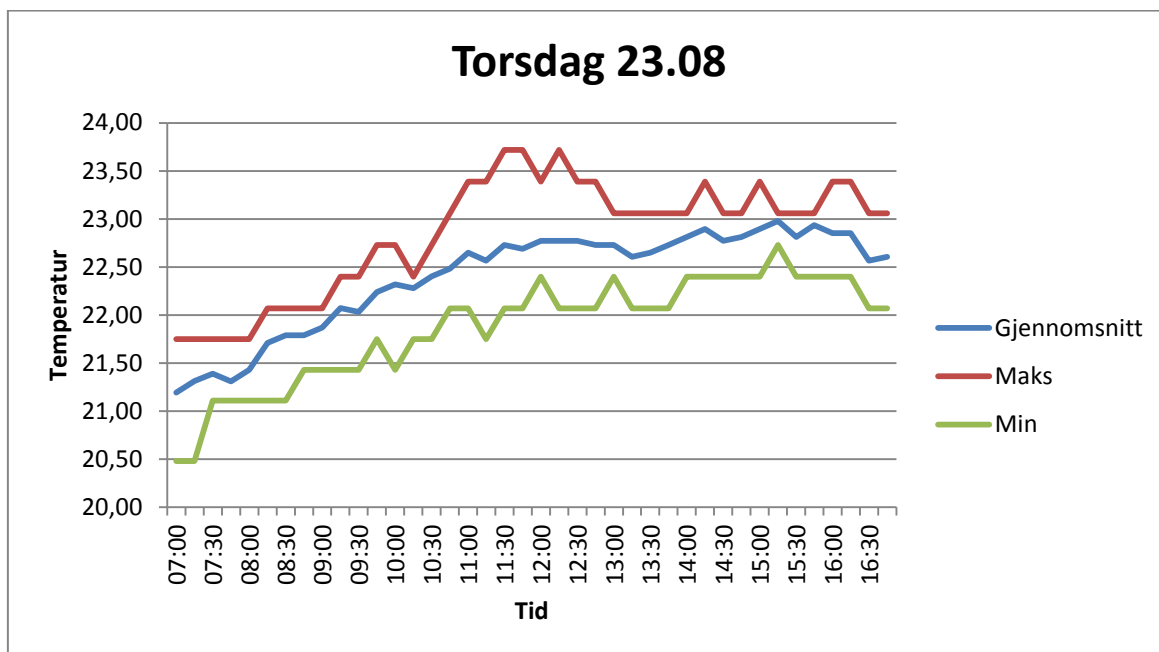
Figur 32 Måling av lufttemperatur, torsdag 16.08.12



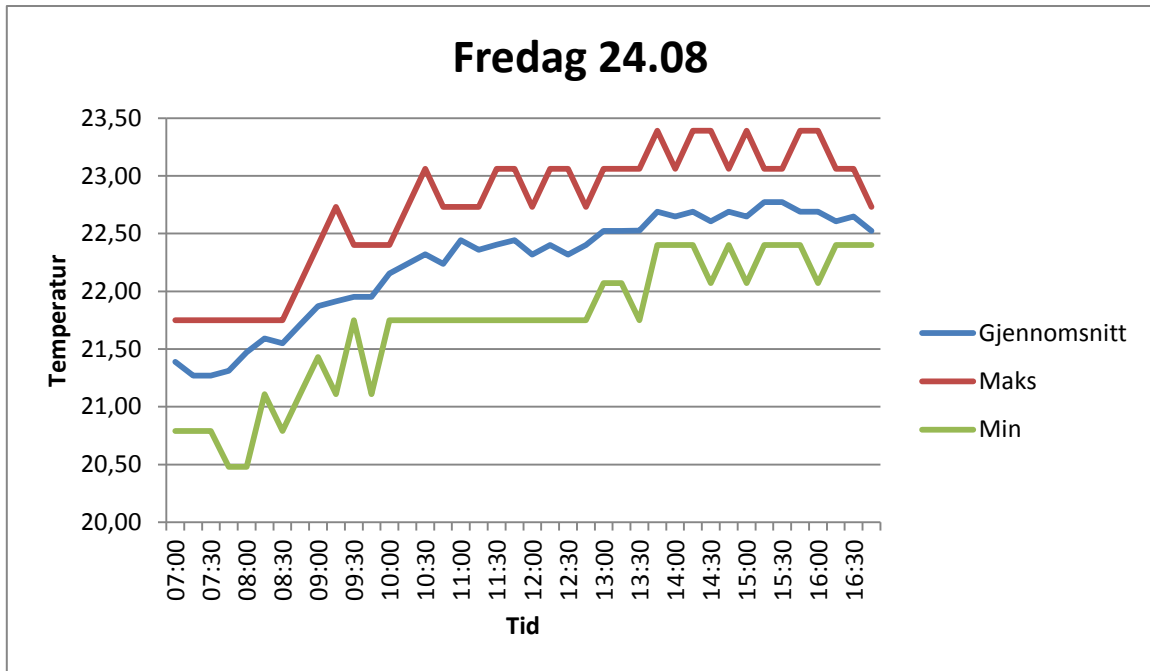
Figur 33 Måling av lufttemperatur, mandag 20.08.12



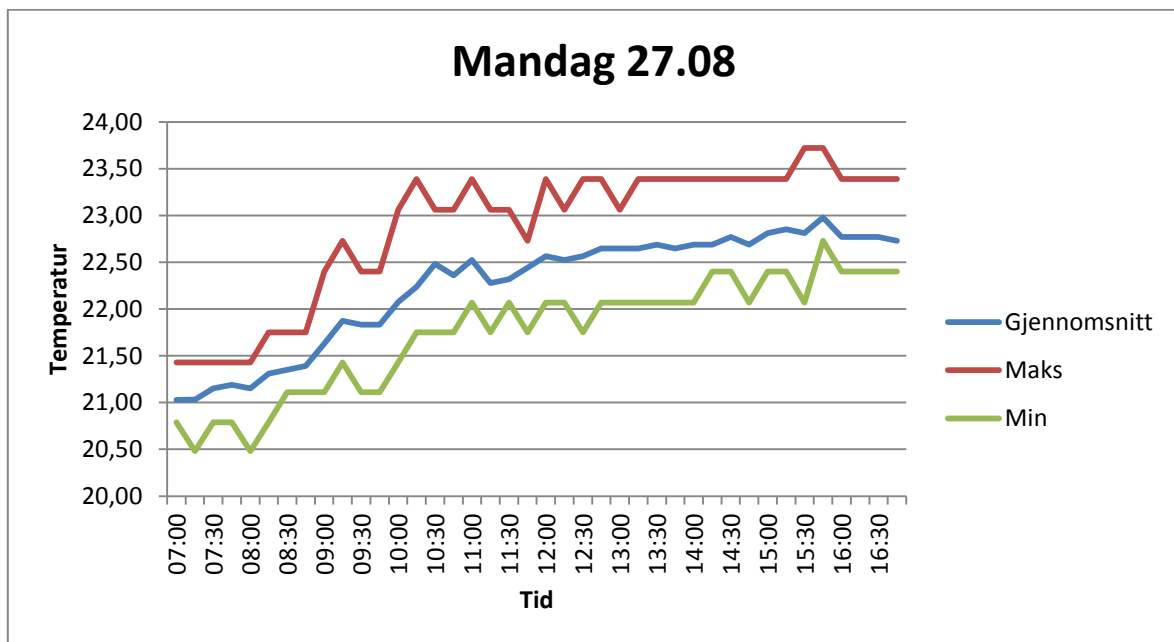
Figur 34 Måling av lufttemperatur, tirsdag 21.08.12



Figur 35 Måling av lufttemperatur, torsdag 23.08.12



Figur 36 Måling av lufttemperatur, fredag 24.08.12



Figur 37 Måling av lufttemperatur, mandag 27.08.12

9.5 Vedlegg 5

Resultater fra spørreundersøkelsen.

Tabell 25 Resultater fra 16.08, 09:30

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er helt akseptabelt	53						
Personer som synes inneluftkvaliteten er helt akseptabelt	35						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	0	4	10	3	0	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	12		53			35	

Tabell 26 Resultater fra 16.08, 13:30

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	53						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	65						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	1	3	10	2	1	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	12		59			29	

Tabell 27 Resultater fra 21.08, 10:00

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	54						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	54						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	0	4	7	2	0	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	8		54			38	

Tabell 28 Resultater fra 21.08, 13:30

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	73						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	40						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	0	3	8	3	1	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	13		74			13	

Tabell 29 Resultater fra 27.08, 10:00

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	53						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	47						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	2	5	8	4	0	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	10		53			37	

Tabell 30 Resultater fra 27.08, 13:30

Klassifisering basert på brukernes svar	Prosent 27.08 13:30						
Personer som synes termisk miljø er akseptabelt	44						
Personer som synes inneluftkvaliteten er akseptabelt	44						
Fordeling av stemmer på hvordan temperaturen oppfattes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	2	5	8	1	0	0
Fordeling av temperaturpreferanser	Kaldere		Uendret			Varmere	
	0		56			44	

Tabell 31 Tabell med resultat av spørreundersøkelsen

	16.08.12, 09:30	16.08.12, 13:30	21.08.12, 10:00	21.08.12, 13:30	22.08.12, 10:00	22.08.12, 13:30	27.08.12, 10:00	27.08.12, 13:30
Hett	0	0	0	0	0	0	0	0
Varmt	0	1	0	1	0	1	0	0
Litt Varmt	3	2	2	3	1	4	4	1
Nøytralt	10	10	7	8	6	8	8	8
Litt Kjølig	4	3	4	3	6	0	5	5
Kjølig	0	1	0	0	1	0	2	2
Kald	0	0	0	0	0	0	0	0
Helt akseptabel	9	9	7	11	7	8	10	7
Så vidt akseptabel	7	6	6	3	5	4	6	6
Ikke akseptabel	1	1	0	1	2	1	3	3
Helt uakseptabel	0	0	0	0	0	0	0	0
Høyere	6	5	5	2	6	1	7	7
Ingen endring	9	10	7	11	8	9	10	9
Lavere	2	2	1	2	0	3	2	0
Helt akseptabel	6	11	7	6	10	7	9	7
Så vidt akseptabel	10	5	6	8	3	4	10	8
Ikke akseptabel	1	1	0	1	1	2	0	1
Helt uakseptabel	0	0	0	0	0	0	0	0
Ubesvarte	2	5	0	3	1	3	2	0
Antall	19(2)	17(5)	13	15(3)	14(1)	13(3)	19(2)	16

9.6 Vedlegg 6

Målt lufthastighet, med utregnet verdi DR, etter formel 1.

Tabell 32 Måling av lufthastighet i punkt 1

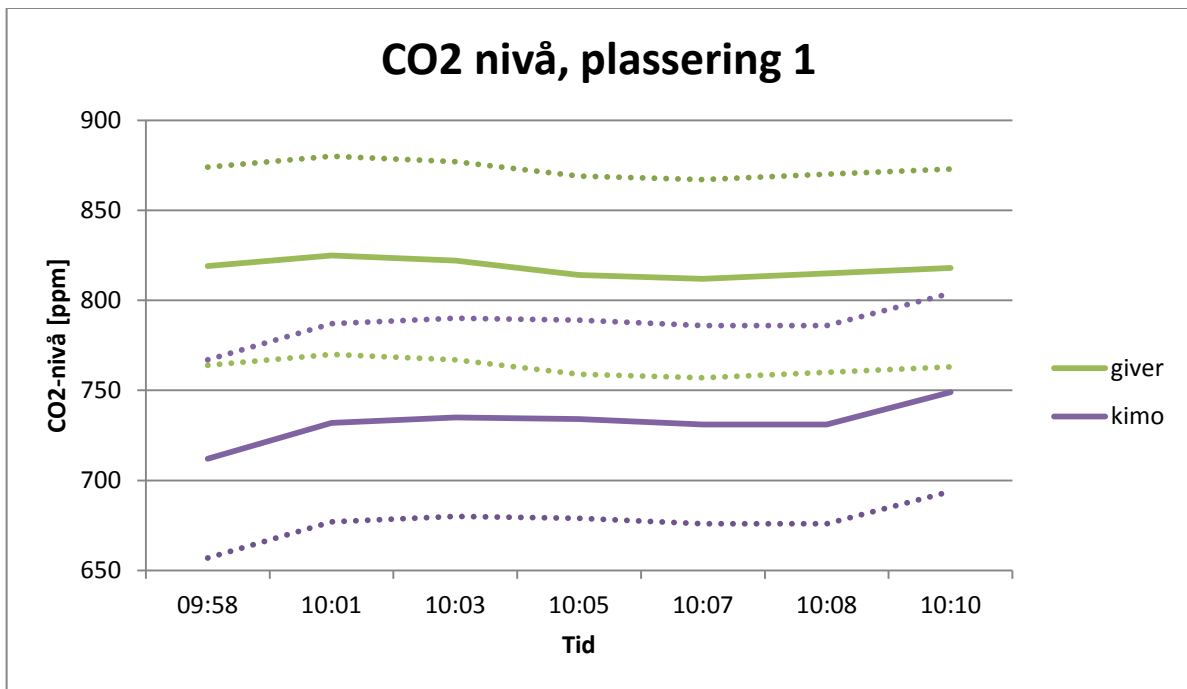
Punkt 2		
Høyde 0,1m	10:45 til 10:48	11:15 til 11:18
Snitthastighet [m/s]	0,09	0,07
Snittemperatur [°C]	21,50	21,59
DR [%]	7,52	4,40
Høyde 0,6m	10:35 til 10:38	11:05 til 11:08
Snitthastighet [m/s]	0,09	0,08
Snittemperatur [°C]	22,19	22,20
DR [%]	7,07	6,40

Tabell 33 Måling av lufthastighet i punkt 3

Punkt 3		
Høyde 0,1m	11:25 til 11:28	11:45 til 11:48
Snitthastighet [m/s]	0,10	0,05
Snittemperatur [°C]	22,14	22,30
DR [%]	8,02	0,00
Høyde 0,6m	11:35 til 11:38	11:55 til 11:58
Snitthastighet [m/s]	0,07	0,07
Snittemperatur [°C]	22,29	22,30
DR [%]	3,73	4,34

9.7 Vedlegg 7

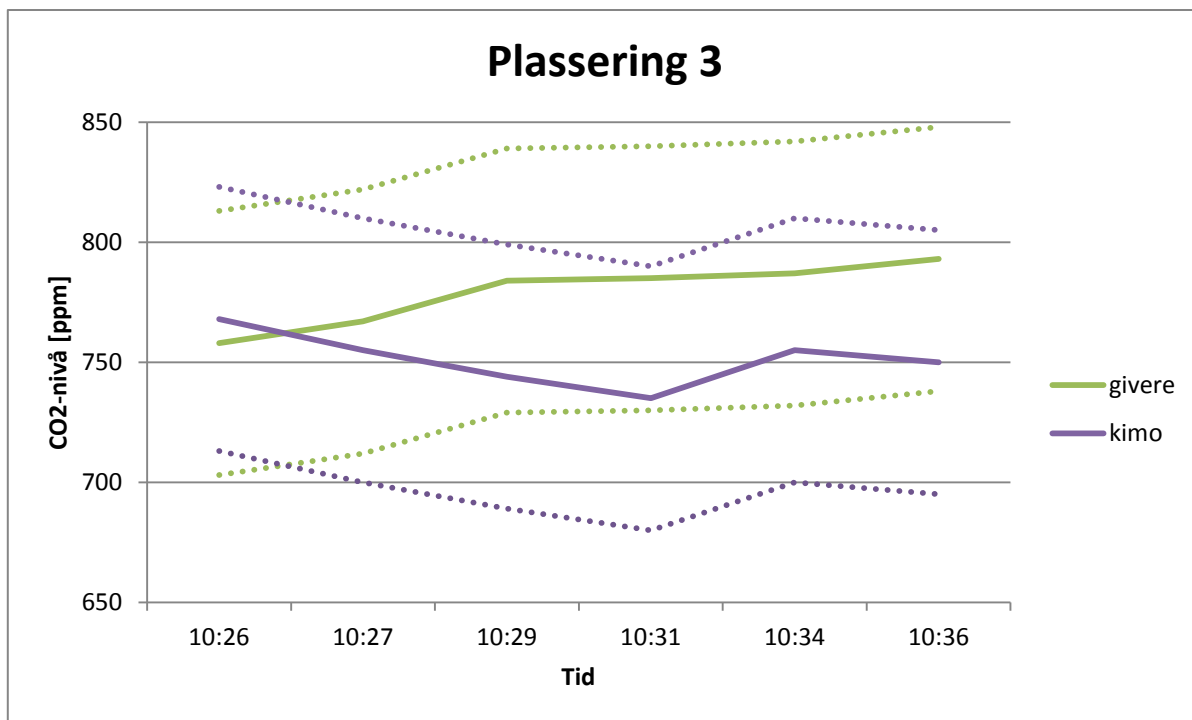
Alternativ plassering av CO₂-givere.



Figur 38 Måling av CO₂-nivå i punkt 1

Tabell 34 Måling av CO₂-nivå i punkt 1

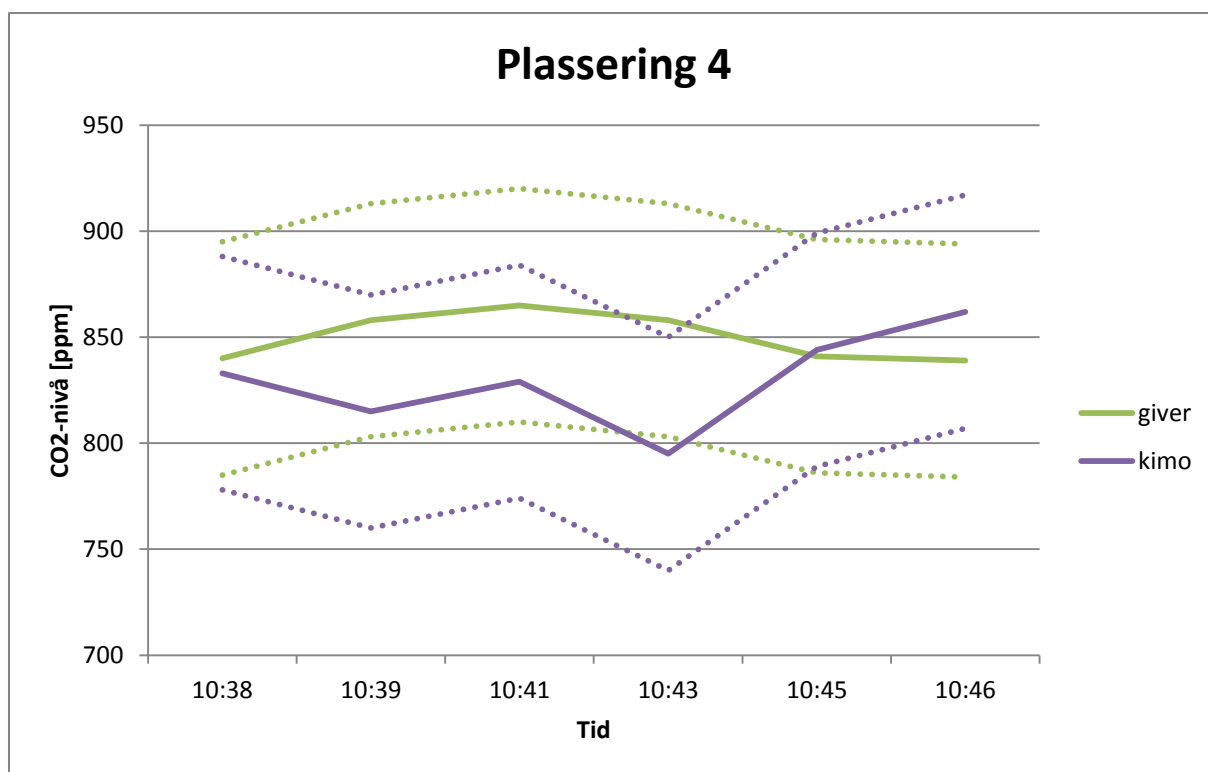
Punkt 1	Giver 04[ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
09:58	819	712	107
10:01	825	732	93
10:03	822	735	87
10:05	814	734	80
10:07	812	731	81
10:08	815	731	84
10:10	818	749	69



Figur 39 Måling av CO2-nivå i punkt 3

Tabell 35 Måling av CO2-nivået i punkt 3

Punkt 3	Giver 06 [ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:26	758	768	-10
10:27	767	755	12
10:29	784	744	40
10:31	785	735	50
10:34	787	755	32
10:36	793	750	43



Figur 40 Måling av CO2-nivå i punkt 4

Tabell 36 Måling av CO2-nivået i punkt 4

Punkt 4	Giver 07[ppm]	Kimo [ppm]	Differanse [ppm]
10:38	840	833	7
10:39	858	815	43
10:41	865	829	36
10:43	858	795	63
10:45	841	844	-3
10:46	839	862	-23

9.8 Vedlegg 8

Bilder av kontorlandskap og måleutstyr i E3.

9.8.1 Test av lufttemperatur



Figur 41 Test av lufttemperatur med måleutstyr fra TinyTag og Brüel&Kjær på eget kontor



Figur 42 Test av lufttemperatur med måleutstyr fra TinyTag og Brüel&Kjær på eget kontor

9.8.2 Test av termoelement



Figur 43 Forberedelse av loddeutstyr



Figur 44 Lodding av termoelement på lab



Figur 45 Test av termoelement i isvann

9.8.3 Måling av lufttemperatur og overflatetemperatur på betong i E3



Figur 46 Måling av lufttemperatur inn til plenumet



Figur 47 Plenumet



Figur 48 Datalogger fra Kimo, plassert i plenumet

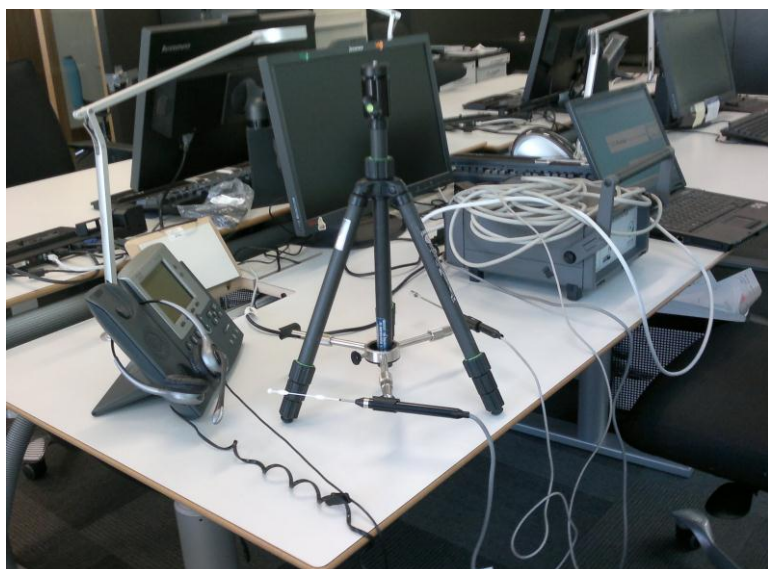


Figur 49 Termoelement plassert på overflaten til betongen i plenumet, 1



Figur 50 Termoelement plassert på overflaten til betongen i plenumet, 2

9.8.4 Plassering av lufttemperaturmåler fra Brüel&Kjær og TinyTag.



Figur 51 Måleutstyr fra Brüel&Kjær



Figur 52 Datalogger fra TinyTag plassert på et arkivskap i E3



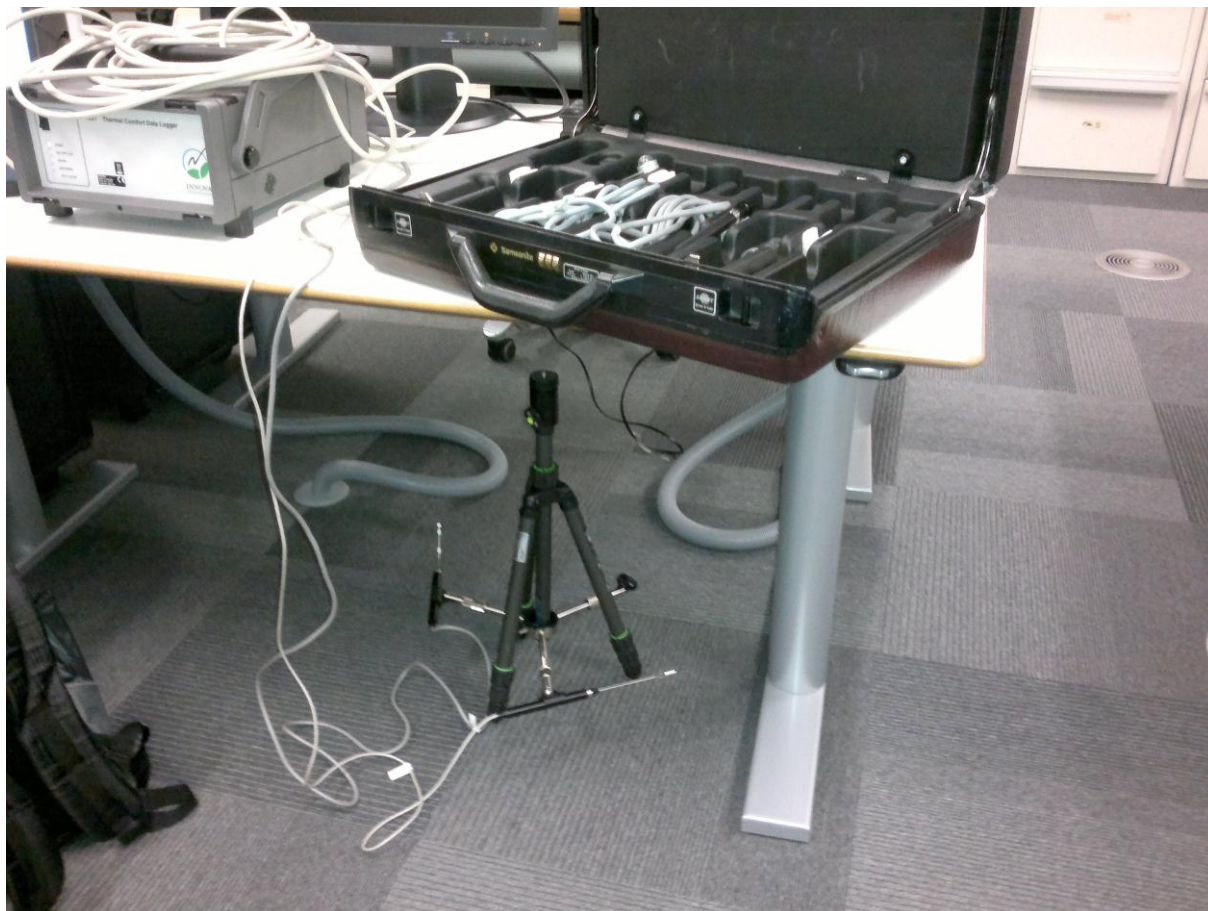
Figur 53 Datalogger fra TinyTag plassert på et arkivskap i E3

9.8.5 Måling av CO₂-konsentrasjon ved givere i kontorlandskap E3



Figur 54 Datalogger fra Kimo og giver fra Carlo Gavazzi

9.8.6 Måling av lufthastighet og lufttemperatur under skrivebord i E3



Figur 55 Måling av lufthastighet og lufttemperatur

9.9 Vedlegg 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16

Vedlegg 9, spørreundersøkelse

Vedlegg 10, datablad for lufttemperatur-transduser fra Brüel & Kjær

Vedlegg 11, datablad for lufthastighet-transduser fra Brüel & Kjær

Vedlegg 12, datablad for operativ temperatur-transduser fra Brüel & Kjær

Vedlegg 13, risikoanalyse

Vedlegg 14, datablad for Carlo Gavazzi-giver

Vedlegg 15, datablad for datalogger fra Kimo

Vedlegg 16, datablad for temperaturlogger fra TinyTag

Spørreundersøkelse

Denne spørreundersøkelsen er utformet ved hjelp av Norsk Standard og er ment som et hjelpemiddel til å evaluere inneklimaet i dette kontorlandskapet(E3). Du, som bruker av dette kontoret, vil bli spurt flere ganger, rundt kl.09:30 og 13:30, noen utvalgte dager nå i august, ved hjelp av de samme skalaer, om å evaluere termiske forhold.

Vennligst gjør dette nøyaktig, og vurder hver gang faktisk opplevelse i det øyeblikket du fyller ut skjemaet. Du er da i den stillingen at du kan uttrykke (mer) nøye endringene i den termiske tilstanden du opplever over en lengre periode og som du blir eksponert for.

Resultatene fra dette skjemaet vil bli sammenlignet med faktisk loggført temperatur (sommertemperaturer).

Vennligst unngå samarbeid med sidemannen.

Skjemaet fylles ut av deg som har så godt som satt sammenhengende på samme plass de siste 30 min.

Hvordan vil du plassere din opplevelse av temperaturen på denne skalaen?

<input type="checkbox"/>	Hett
<input type="checkbox"/>	Varmt
<input type="checkbox"/>	Litt Varmt
<input type="checkbox"/>	Nøytralt
<input type="checkbox"/>	Litt Kjølig
<input type="checkbox"/>	Kjølig
<input type="checkbox"/>	Kald

Hvordan oppfatter du temperaturen?

<input type="checkbox"/>	Helt akseptabel
<input type="checkbox"/>	Så vidt akseptabel
<input type="checkbox"/>	Ikke akseptabel
<input type="checkbox"/>	Helt uakseptabel

Hvordan ønsker du temperaturen?

<input type="checkbox"/>	Høyere
<input type="checkbox"/>	Ingen endring
<input type="checkbox"/>	Lavere

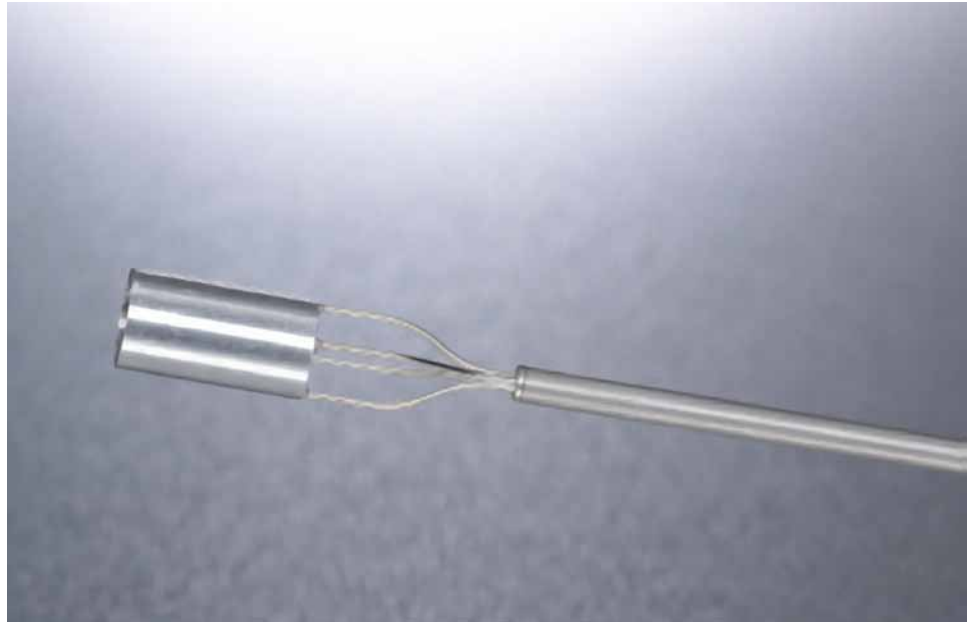
Hvordan oppfatter du luftkvaliteten?

<input type="checkbox"/>	Helt akseptabel
<input type="checkbox"/>	Så vidt akseptabel
<input type="checkbox"/>	Ikke akseptabel
<input type="checkbox"/>	Helt uakseptabel

Transducer for measurement of air temperature

INNOVA MM0034 Transducer

- Measurements are stable and accurate
- Robust design
- Reacts quickly to temperature changes
- Shielding against thermal radiation
- Complies with ISO7726
- Uses extension cables without loss of accuracy



The MM0034 measures the air temperature with minimal thermal radiation interference from hot or cold objects.

Air temperature is one of the six parameters required to evaluate the thermal environment, according to ISO7730.

The measurement principle provides accurate measurement results, which are both stable and traceable.

The transducer can be used with the following instruments: Innova 1221 Thermal Comfort Data Logger, Innova 1303 Multipoint Sampler and Doser and Innova 1309 Multipoint Sampler.

Transducer Design

To provide stable and accurate results requires a stable transducer and signal processing system. To fulfil this, a Pt100 resistor sensor is used in this transducer.

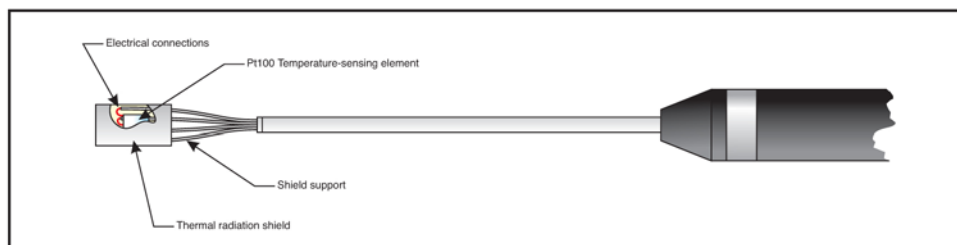
The sensor is surrounded by an open ended aluminium-foil cylinder. This is highly polished to reduce the thermal radiation interference from any hot or cold bodies in close proximity to the transducer. The cylinder, with its open ends, enables a free flow of air to come in contact with the sensor.

By choosing a Pt100 sensor and a 4-wire connection, it is possible to connect the transducer via an extension cable without a loss of accuracy.

Application areas:

- Measures actual air temperature
- Provides input for thermal comfort evaluations

Pt100 Sensor



This is a resistor sensor (resistance of 100Ω at 0°C) made of platinum, which provides excellent stability and accuracy.

The actual sensors chosen for this transducer provide results within a narrow tolerance range. This enables the transducer to be moved around and connected to other instruments without requiring any pre-measurement adjustments to be made.

Although the transducer will operate without ever requiring recalibration, it should be checked regularly for possible physical damage, which may impair its functionality.

Technical Specifications

Air Temperature Transducer

Measurement Range:

-20 to 50°C (-4 to 122°F)

Response Time:

20s to 50% of step change, 50s to 90% in still air

Accuracy:

5 to 40°C range: ±0.2°C

(41 to 104°F range: ±0.4°F)

-20 to 50°C range: ±0.5°C

(-4 to 122°F range: ±0.9°F)

Electrical Output:

A Pt100 signal in a 4-wire connection

Integral Connection Cable:

Length 2.5m; connected to associated equipment via a 4-pin DIN plug JP0404

Weight

Approx. 125g (including cable)

Dimensions

Length: 240mm

CE	COMPLIANCE WITH STANDARDS: CE-mark indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive.
Safety	EN 61010-1 (1993) & IEC 1010-1 (1990): Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use.
EMC Emission	EN 50081-1 (1992) : Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.
EMC Immunity	EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment. Note: The above is guaranteed using accessories listed in this datasheet only.
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: 5 to 40°C (41 to 104°F) Storage Temperature: -25 to +70°C (-13 to 158°F)
Humidity	IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 40°C).
Mechanical	IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20m/s ² , 10-500 Hz. IEC 68-2-27: Shock: 1000 m/s ² . IEC 68-2-29: Bump: 1000 bumps at 250m/s ² .

Ordering Information

MM0034 Air Temperature Transducer

Optional Accessories

1221 Thermal Comfort Data Logger

1303 Multipoint Sampler and Doser

1309 Multipoint Sampler

DH0492 Tripod Mounting Adaptor for

3 Transducers

UA1347 Tripod Mounting Adaptor for

4 Transducers

KE0357 Transducer Carrying Case

UA0803 Tripod

UA1348

Tripod Extension Rods (3)

UA0588

Transducer Mounting Adaptor

WL0690

Extension Cable (std. length 6m)

WL0690/y

Extension Cable (definable length up to 100m; y is length in meters)

LumaSense Technologies

Temperature and Gas Sensing Solutions

Americas and Australia

Sales & Service

Santa Clara, CA

Ph: +1 800 631 0176

Fax: +1 408 727 1677

Europe, Middle East, Africa

Sales & Service

Frankfurt, Germany

Ph: +49 69 97373 0

Fax: +49 69 97373 167

India

Sales & Support Center

Mumbai, India

Ph: +91 22 67419203

Fax: +91 22 67419201

China

Sales & Support Center

Shanghai, China

Ph: +86 133 1182 7766

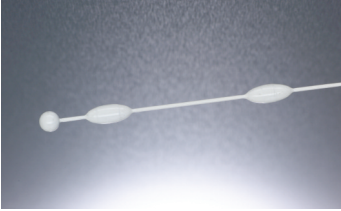
Fax: +86 21 5039 8096

info@lumasenseinc.com

LumaSense Technologies, Inc., reserves the right to change the information in this publication at any time.

www.lumasenseinc.com

©2011 LumaSense Technologies. All rights reserved.
Rev. B July 2011



Uses:

- Measures air velocity for indoor climate measurements
- Measures air velocity fluctuations (turbulence intensity)
- Measurements used to evaluate Draught Risk for Thermal Comfort

Features:

- Robust design for field use
- Accurate and traceable results
- Omnidirectional measurements
- Reacts quickly to changes in air velocity
- Stable measurements
- Complies with ISO7726

Introduction

The Air Velocity Transducer MM0038 is based on the constant temperature difference anemometer principle.

The transducer is designed to measure air velocities in indoor climates. Therefore, the transducer's measurement range concentrates on the lower velocities. Here, the transducer reacts very quickly to changes in the air velocities (fluctuations) and provides very stable and accurate results, according to ISO7730.

Because of the nature of the air flow in indoor climates, the transducer measures omnidirectional air velocities.

Measurement Principle

Air velocity is measured as a function of heat loss from a heated body, by measuring the power input required to maintain a constant temperature between two sensor elements.

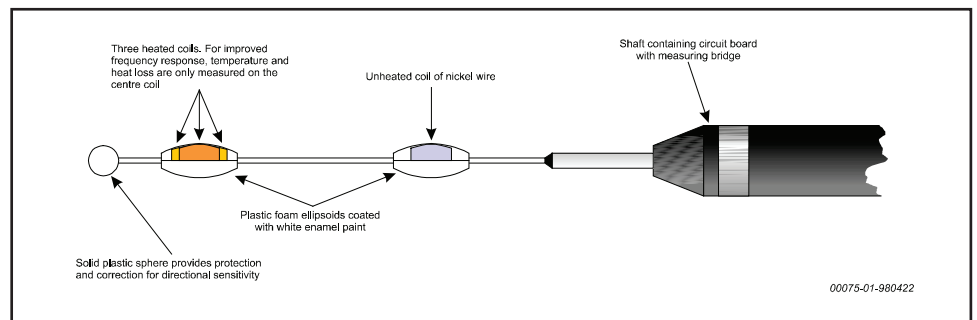
Heat loss is, however, also a function of the temperature and direction of air-flow and the radiative exchange with the surroundings.

The errors associated with these effects are eliminated through the design and construction of this transducer.

Two sensor elements, one of which is heated electrically, are housed in two plastic foam ellipsoids on a single shaft. The heated sensor contains three heated coils. Temperature and heat loss is measured on the middle one. This provides a better frequency response.

The eccentricity of the ellipsoids and the length of the heating coils are optimized to give the smallest possible variation in directional sensitivity. The controlled electrical heating maintains a constant temperature difference of 15°C (27°F), independent of the ambient temperature, between the two sensors.

The smallish sphere at the end of the shaft prevents errors occurring if the air-flow is parallel to the shaft.



Specifications – INNOVA MM0038

AIR VELOCITY TRANSDUCER:

Measurement Range:
0 to 10m/s (0 to 2000ft/minute)

Response Time:
<0.2s to 90% of step change

Accuracy:
 $v_a < 1\text{m/s}$: $\pm(0.05v_a + 0.05)\text{m/s}$ for any flow direction greater than 15° from rear of transducer axis
 $1 < v_a < 10\text{m/s}$: typically better than $\pm 0.1v_a$ m/s perpendicular to transducer axis and typically better than $\pm 0.25v_a$ m/s for flow directions more than 15° from rear of transducer axis
(Displayed reading will drop 2% when a standard 6m extension cable is used)

Integral Connection Cable:
Length 2.5m; connected to associated equipment via a 6-pin DIN plug

WEIGHT:
Approx. 150g (including cable)

DIMENSIONS:
Length: 250mm



COMPLIANCE WITH STANDARDS

CE-mark indicates compliance with EMC Directive and Low Voltage Directive.

Safety	EN 61010-1 (1993) & IEC 1010-1 (1990): Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use.
EMC Emission	EN 50081-1 (1992) : Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.
EMC Immunity	EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment. Note: The above is guaranteed using accessories listed in this Product Data sheet only.
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: 5 to 40°C (41 to 104°F). Storage Temperature: -25 to +70°C (-13 to 158°F).
Humidity	IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 40°C).
Mechanical	IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20m/s ² , 10-500 Hz. IEC 68-2-27: Shock: 1000 m/s ² . IEC 68-2-29: Bump: 1000 bumps at 250m/s ² .

Ordering Information

MM0038 Air Velocity Transducer

Optional Accessories

Type 1221	Thermal Comfort Data Logger with UA1276	KE0357	Transducer Carrying Case
	Thermal Comfort Module	UA0803	Tripod
DH0492	Tripod Mounting Adaptor for 3 Transducers	UA1348	Tripod Extension Rods (3)
UA1347	Tripod Mounting Adaptor for 4 Transducers	UA0588	Transducer Mounting Adaptor
		WL0693	Extension Cable (std. length 6m)
		WL0693/y	Extension Cable (definable length up to 20m; y is length in meters)

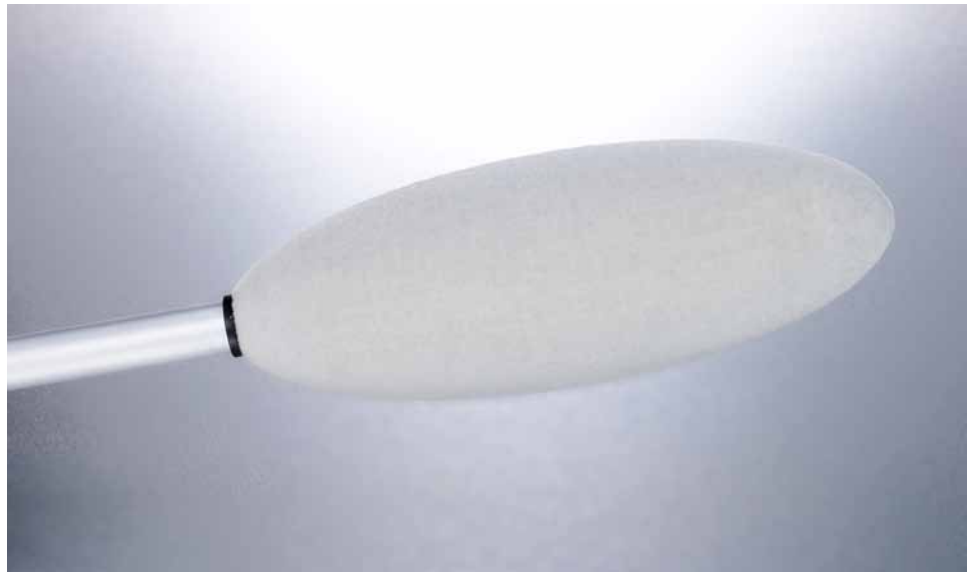
LumaSense Technologies reserves the right to change specifications and accessories without notice.

LumaSense Technologies™ is a Trademark of LumaSense Technologies, Inc. ©2007 LumaSense Technologies, Inc. All rights reserved.

Transducer for evaluation of temperatures on the human body

INNOVA MM0060 Transducer

- Complies with ISO7726
- Same ratio between heat loss via convection and radiation as the human body
- Same angle factor to its surroundings as the human body
- Absorbs the same proportion of long- and short- wave radiation as the human body
- Handy size



The MM0060 Operative Temperature Transducer from LumaSense Technologies enables you to evaluate the effect that objects/surfaces of varying temperatures have on the body. Normally, the amount of heat given off by a human body through radiation is approximately the same as the amount of heat given off by convection. Therefore, a simple air temperature measurement is a bad indication of the thermal environment. Operative temperature takes both radiation and convection into account and is therefore a much better indicator. Many of the standards used today recommend measuring the operative temperature.

Operative temperature (°C) is defined as the uniform temperature of a radiantly black enclosure in which an occupant would exchange the same amount of heat by radiation and convection as in an actual non-uniform environment.

The transducer is designed for use with INNOVA instruments: 1221, 1303 and 1309.

Transducer Design

Four major factors were taken into consideration during the design of this transducer: size, shape, color and orientation.

Size

The size of the transducer ensures that the ratio between heat loss by radiation and by convection is similar to that of the human body. The human body has an effective radiation area of only 0.7 times its surface area (due to the insides of the arms and legs radiating against the body). If the transducer had the same surface area as the human body, its simple shape would lose 1.4 times more heat by radiation than a human body.

However, the convection heat loss per unit surface area increases as the size of an object is reduced. By reducing the size of the transducer, the mean

radiant temperature and air temperature have the same weighted influence on the transducer as on a person.

Shape

The shape of the transducer is determined by the need to obtain the same angle factor to the individual room enclosures as for a human being. This has been achieved by using an ellipsoid shape.

Application areas:

- Measures Operative Temperature
- Provides input for thermal comfort evaluations

Color

The transducer's color and emission coefficient have been chosen so that the longwave radiation absorbed by the transducer is the same as that of both a naked and a dressed person. It is not possible to simulate people in both dark and light colored clothing for short-wave radiation. The grey color chosen simulates both naked people and people dressed in light colored clothing.

Orientation

People do not maintain the same posture. For this reason, the transducer has three settings: vertical, 30° from the vertical, and horizontal, which represent the body in the standing, sitting and lying positions respectively.

Cable Connections

The integral cable supplied with the transducer is fitted with a standard 4-pin DIN plug. When the transducer is used with an Thermal Comfort Data Logger, it is normally plugged into the Temperature socket, but it can in fact be

used in any socket designed to receive temperature information. Electrically, the transducer is equivalent to a Pt100 resistor in a four-wire configuration.

This means that extension cables can be used without a loss of accuracy.

Evaluation of Thermal Comfort

The temperature value from this transducer (to) enables you to evaluate the thermal comfort and calculate PMV values according to ISO7730. PMV values are calculated using humidity, air velocity, Clo. and Met. rates without having to measure the mean radiant temperature (tr) (which is often a difficult parameter to obtain).

Evaluation of Heat Loss

When you evaluate the energy consumption of a building, you must measure the temperature difference between the indoor and outdoor environments. The operative temperature is commonly used to provide the indoor temperature.

Technical Specifications

Specifications

Measurement Range and Accuracy: 5 to 40°C range ±0.3°C (41 to 104°F range ±0.5°F)

-20 to 50°C range ±0.5°C (-4 to 122°F range ±0.9°F)

Electrical Output: A Pt100 signal in a 4-wire connection

Response Time: 1 min. to 50% of step change, 10min. to 90% in still air

Integral Connection Cable: Length 3m; connected to associated equipment via a 4-pin DIN plug

Weight
230g (8oz.)

Dimensions
Length: 160mm (6.3in) excluding handle
Diameter: 54mm (2.1in)

CE	COMPLIANCE WITH STANDARDS: CE-mark indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive.
Safety	EN 61010-1 (1993) & IEC 1010-1 (1990): Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use.
EMC Emission	EN 50081-1 (1992) : Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.
EMC Immunity	EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment. Note: The above is guaranteed using accessories listed in this datasheet only.
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: 5 to 40°C (41 to 104°F) Storage Temperature: -25 to +70°C (-13 to 158°F)
Humidity	IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 40°C).
Mechanical	IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20m/s ² , 10-500 Hz. IEC 68-2-27: Shock: 1000 m/s ² . IEC 68-2-29: Bump: 1000 bumps at 250m/s ² .

Ordering Information

MM0060 Operative Temperature Transducer

Optional Accessories

1221 Thermal Comfort Data Logger
1303 Multipoint Sampler and Doser
1309 Multipoint Sampler

DH0492	Tripod Mounting Adaptor for 3 Transducers	WL0690	Extension Cable
UA1347	Tripod Mounting Adaptor for 4 Transducers	WL0690/y	Extension Cable (definable length up to 100m; y is length in meters)
KE0357	Transducer Carrying Case		
UA0803	Tripod		
UA1348	ripod Extension Rods (3)		
UA0588	Transducer Mounting Adaptor		

LumaSense Technologies

Temperature and Gas Sensing Solutions

Americas and Australia Sales & Service
Santa Clara, CA
Ph: +1 800 631 0176
Fax: +1 408 727 1677

Europe, Middle East, Africa Sales & Service
Frankfurt, Germany
Ph: +49 69 97373 0
Fax: +49 69 97373 167

India Sales & Support Center
Mumbai, India
Ph: +91 22 67419203
Fax: +91 22 67419201

China Sales & Support Center
Shanghai, China
Ph: +86 133 1182 7766
Fax: +86 21 5039 8096

info@lumasenseinc.com

www.lumasenseinc.com

LumaSense Technologies, Inc., reserves the right to change the information in this publication at any time.

©2011 LumaSense Technologies. All rights reserved.
Rev. B July 2011

Risikovurderingsrapport

Sparebank 1 SMN

Prosjekttittel	29 - Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner
Prosjektleder	Lucy Kongevold Fjermeros
Enhet	NTNU
HMS-koordinator	Jørgen Løfaldli
Linjeleder	Olav Bolland
Plassering	Sparebank 1 SMN
Romnummer	Kontorlandskap E3
Riggansvarlig	Lucy Kongevold Fjermeros
Risikovurdering utført av	Lucy Kongevold Fjermeros

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	2
2	ORGANISERING.....	2
3	RISIKOSTYRING AV PROSJEKTET	2
4	TEGNINGER, FOTO, BESKRIVELSER AV FORSØKSOPPSETT	3
5	EVAKUERING FRA FORSØKSOPPSETNINGEN.....	3
6	VARSLING.....	3
6.1	Før forsøkskjøring.....	3
7	VURDERING AV TEKNISK SIKKERHET	3
7.1	Fareidentifikasjon, HAZOP.....	3
7.2	Brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff og gass	4
7.3	Trykkpåkjent utstyr	4
7.4	Påvirkning av ytre miljø (utslipp til luft/vann, støy, temperatur, rystelser, lukt)	4
7.5	Stråling.....	4
7.6	Bruk og behandling av kjemikalier	4
7.7	El sikkerhet (behov for å avvike fra gjeldende forskrifter og normer).....	4
7.8	Prosedyre HAZOP	4
7.9	Drifts og nødstopps prosedyre	4
7.10	Opplæring av operatører	4
7.11	Tekniske modifikasjoner	4
7.12	Personlig verneutstyr.....	4
7.13	Generelt	4
7.14	Sikkerhetsutrustning.....	5
7.15	Spesielle tiltak.....	5
8	TALLFESTING AV RESTRISIKO – RISIKOMATRISSE	5
9	KONKLUSJON	5
10	LOVER FORSKRIFTER OG PÅLEGG SOM GJELDER.....	5
11	DOKUMENTASJON.....	6
12	VEILEDNING TIL RAPPORTMAL.....	6
•	VEDLEGG A HAZOP MAL.....	1
•	VEDLEGG B PRØVESERTIFIKAT FOR LOKAL TRYKKTESTING.....	1
•	VEDLEGG F HAZOP MAL PROSEDYRE	1
•	VEDLEGG G FORSØKSPROSEDYRE	1
•	VEDLEGG H OPPLÆRINGSPLAN FOR OPERATØRER	2
13	VEDLEGG I SKJEMA FOR SIKKER JOBB ANALYSE.....	3
14	VEDLEGG J APPARATURKORT UNITCARD.....	5
15	VEDLEGG K FORSØK PÅGÅR KORT	6

1 INNLEDNING

Kandidaten skal gi en vurdering av hvordan systemet har fungert og nå fungerer i praksis med hensyn til arbeidsmiljø og inneklima samt energibruk og miljøpåvirkning i Sparebank 1 kvartalet.

2 ORGANISERING

Rolle	NTNU	
Lab Ansvarlig:	Rasmus Høseggen	
Linjeleder:	Olav Bolland	
HMS ansvarlig:	Olav Bolland	
HMS koordinator	Rasmus Høseggen	
HMS koordinator	Erik Langørgen	
Romansvarlig:	Lucy Kongevold Fjermeros	
Prosjekt leder:	Rasmus Høseggen	
Ansvarlig riggooperatører:	Lucy Kongevold Fjermeros	

3 RISIKOSTYRING AV PROSJEKTET

Hovedaktiviteter risikostyring	Nødvendige tiltak, dokumentasjon	DTG
Prosjekt initiering	Prosjekt initiering mal	24.04.12
Veiledningsmøte	Skjema for Veiledningsmøte med pre-risikovurdering	20.07.12
Innledende risikovurdering	Fareidentifikasjon – HAZID Skjema grovanalyse	23.08.12
Vurdering av teknisk sikkerhet	Prosess-HAZOP Tekniske dokumentasjoner	23.08.12
Vurdering av operasjonell sikkerhet	Prosedyre-HAZOP Opplæringsplan for operatører	23.08.12
Sluttvurdering, kvalitetssikring	Uavhengig kontroll Utstedelse av apparaturkort Utstedelse av forsøk pågå kort	23.08.12

4 TEGNINGER, FOTO, BESKRIVELSER AV FORSØKSOPPSETT



5 EVAKUERING FRA FORSØKSOPPSETNINGEN

Evakuering skjer på signal fra alarmklokker, brannalarm.

Evakuering fra rigg området foregår igjennom merkede nødutganger til møteplass utenfor sparebankbygget.

Aksjon på rigg ved evakuering: Lar stå slik den er stilt opp, trenger ikke å slå av noe.

6 VARSLING

6.1 Før forsøkskjøring

Varsler i henhold til feltskjema og leverer dette til instituttkontoret.

7 VURDERING AV TEKNISK SIKKERHET

7.1 Fareidentifikasjon, HAZOP

Vurdering: Hazlop-mal er gjennomgått og ingen punkter på lista er noe som er relevant for feltarbeidet i denne oppgaven.

7.2 Brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff og gass

Inneholder forsøkene brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff

NEI	JA. Eksplosjonsverndokument utarbeides og eller dokumentert trykktest, (kap 7.3)
-----	--

7.3 Trykkpåkjent utstyr

Inneholder forsøksoppsetningen trykkpåkjent utstyr:

NEI	JA Utstyret trykktestes i henhold til norm og dokumenteres
-----	--

7.4 Påvirkning av ytre miljø (utslipp til luft/vann, støy, temperatur, rystelser, lukt)

NEI	JA
-----	----

7.5 Stråling

NEI	JA, Strålekilden skal gjennomgå en egen risikovurdering
-----	---

7.6 Bruk og behandling av kjemikalier

NEI	JA, Bruken risikovurderes
-----	---------------------------

7.7 El sikkerhet (behov for å avvike fra gjeldende forskrifter og normer)

NEI	JA, El sikkerhet gjennomgås å risikovurderes
-----	--

7.8 Prosedyre HAZOP

Vurdering: Meget forenklet prosedyre, misforståelser eller feil vil ikke føre til farlige situasjoner.

7.9 Drifts og nødstopps prosedyre

Nødstopps prosedyre: Sørge for at stikkontakten er let tilgjengelig og trekke ut denne

7.10 Opplæring av operatører

Vedlegg: Opplæringsplan for operatører

7.11 Tekniske modifikasjoner

- Tekniske modifikasjoner som kan gjøres av Operatør: Alle.
- Andre typer målinger som for eksempel utendørsmålinger utløser krav om ny risikovurdering.

7.12 Personlig verneutstyr

- Ikke behov

7.13 Generelt

- Forsøksoppsetningen merkes med prosjektet og kontaktperson.
- *Ledninger holdes borte fra gulvet, og muligheten for å dra ut kontakten til datalogger reduseres.*

7.14 Sikkerhetsutrustning

- Ikke behov

7.15 Spesielle tiltak

- Følger rutine for feltoppdrag

8 TALLFESTING AV RESTRISIKO – RISIKOMATRISSE

Risikomatriksen vil gi en visualisering og en samlet oversikt over aktivitetens risikoforhold slik at ledelse og brukere får et mest mulig komplett bilde av risikoforhold.

IDnr	Aktivitet-hendelse	Frekv-Sans	Kons	RV
1	Reise til/fra NTNU og Sparebankbygget	1	E	E1
2	Snublefare i utstyret	1	C	C1

Vurdering restrisiko: *Deltakerne foretar en helhetsvurdering for å avgjøre om gjenværende risiko ved aktiviteten/prosessen er akseptabel. Avsperring og kjøring utenom arbeidstid*

9 KONKLUSJON

Riggen er bygget til god laboratorium praksis (GLP).

Hvilke tekniske endringer eller endringer av driftsparametere vil kreve ny risikovurdering.

Forsøket foregår fra 1. juli til 1. september. Apparatorkortets gyldighet, 3 mnd.

10 LOVER FORSKRIFTER OG PÅLEGG SOM GJELDER

Se <http://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/index.html>

- Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr (1929)
- Arbeidsmiljøloven
- Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid (HMS Internkontrollforskrift)
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid og drift av elektriske anlegg (FSE 2006)
- Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF 2006)
- Forskrift om utstyr og sikkerhetssystem til bruk i eksplosjonsfarlig område NEK 420
- Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen
- Forskrift om Håndtering av eksplosjonsfarlig stoff
- Forskrift om bruk av arbeidsutstyr.
- Forskrift om Arbeidsplasser og arbeidslokaler
- Forskrift om Bruk av personlig verneutstyr på arbeidsplassen
- Forskrift om Helse og sikkerhet i eksplosjonsfarlige atmosfærer
- Forskrift om Høytrykksspyling
- Forskrift om Maskiner
- Forskrift om Sikkerhetsskiltning og signalgivning på arbeidsplassen
- Forskrift om Stillaser, stiger og arbeid på tak m.m.

- Forskrift om Sveising, termisk skjæring, termisk sprøyting, kullbuemeisling, lodding og sliping (varmt arbeid)
- Forskrift om Tekniske innretninger
- Forskrift om Tungt og ensformig arbeid
- Forskrift om Vern mot eksponering for kjemikalier på arbeidsplassen (Kjemikalieforskriften)
- Forskrift om Vern mot kunstig optisk stråling på arbeidsplassen
- Forskrift om Vern mot mekaniske vibrasjoner
- Forskrift om Vern mot støy på arbeidsplassen

Veiledninger fra arbeidstilsynet

se: <http://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/veiledninger.html>

11 DOKUMENTASJON

- Tegninger, foto, beskrivelser av forsøksoppsetningen
- Hazop_mal
- Sertifikat for trykkpåkjent utstyr
- Håndtering avfall i NTNU
- Sikker bruk av LASERE, retningslinje
- HAZOP_MAL_Prosedyre
- Forsøksprosedyre
- Opplæringsplan for operatører
- Skjema for sikker jobb analyse, (SJA)
- Apparatorkortet
- Forsøk pågår kort

12 VEILEDNING TIL RAPPORTMAL

Kap 7 Vurdering av teknisk sikkerhet

Sikre at design av apparatur er optimalisert i forhold til teknisk sikkerhet.

Identifisere risikoforhold knyttet til valgt design, og eventuelt å initiere re-design for å sikre at størst mulig andel av risiko elimineres gjennom teknisk sikkerhet.

Punktene skal beskrive hva forsøksoppsetningen faktisk er i stand til å tåle og aksept for utslipp.

7.1 Fareidentifikasjon, HAZOP

Forsøksoppsetningen deles inn i noder: (eks *Motorenhet, pumpeenhet, kjøleenhet.*)

Ved hjelp av ledeord identifiseres årsak, konsekvens og sikkerhetstiltak. Konkluderes det med at tiltak er nødvendig anbefales disse på bakgrunn av dette. Tiltakene lukkes når de er utført og Hazop sluttføres.

(eks *"No flow"*, årsak: *rør er deformert*, konsekvens: *pumpe går varm*, sikkerhetsforanstaltning: *måling av flow med kobling opp mot nødstop* eller *hvis konsekvensen ikke er kritisk benyttes manuell overvåkning og punktet legges inn i den operasjonelle prosedyren.*)

7.2 Brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff.

I henhold til Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen

Brannfarlig stoff: Fast, flytende eller gassformig stoff, stoffblanding, samt stoff som forekommer i kombinasjoner av slike tilstander, som i kraft av sitt flammepunkt, kontakt med andre stoffer, trykk, temperatur eller andre kjemiske egenskaper representerer en fare for brann.

Reaksjonsfarlig stoff: Fast, flytende, eller gassformig stoff, stoffblanding, samt stoff som forekommer i kombinasjoner av slike tilstander, som ved kontakt med vann, ved sitt trykk, temperatur eller andre kjemiske forhold, representerer en fare for farlig reaksjon, eksplosjon eller utslipp av farlig gass, damp, støv eller tåke.

Trykksatt stoff: Annet fast, flytende eller gassformig stoff eller stoffblanding enn brann- eller reaksjonsfarlig stoff, som er under trykk, og som derved kan representere en fare ved ukontrollert utslipp.

Nærmere kriterier for klassifisering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff er fastsatt i vedlegg 1 i veiledningen til forskriften "Brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff"

<http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2009/Veiledning/Generell%20veiledning.pdf>

http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2010/Tema/Temaveiledning_bruk_av_farlig_stoff_Del_1.pdf

Rigg og areal skal gjennomgås med hensyn på vurdering av Ex sone

- Sone 0: Alltid eksplosiv atmosfære, for eksempel inne i tanker med gass, brennbar væske.
- Sone 1: Primær sone, tidvis eksplosiv atmosfære for eksempel et fyllerapparat
- Sone 2: Sekundært utslippssted, kan få eksplosiv atmosfære ved uhell, for eksempel ved flenser, ventiler og koblingspunkt

7.4 Påvirkning av ytre miljø

Med forurensning forstås: tilførsel av fast stoff, væske eller gass til luft, vann eller i grunnen støy og rystelser påvirkning av temperaturen som er eller kan være til skade eller ulempe for miljøet.

Regelverk: <http://www.lovdatabasen.no/all/hl-19810313-006.html#6>

NTNU retningslinjer for avfall se: <http://www.ntnu.no/hms/retningslinjer/HMSR18B.pdf>

7.5 Stråling

Stråling defineres som

Ioniserende stråling: Elektromagnetisk stråling (i strålevernssammenheng med bølgelengde <100 nm) eller hurtige atomære partikler (f.eks alfa- og beta-partikler) som har evne til å ionisere atomer eller molekyler

Ikke-ioniserende stråling: Elektromagnetisk stråling (bølgelengde >100 nm), og ultralyd₁, som har liten eller ingen evne til å ionisere.

Strålekilder: Alle ioniserende og sterke ikke-ioniserende strålekilder.

Ioniserende strålekilder: Kilder som avgir ioniserende stråling, f.eks alle typer radioaktive kilder, røntgenapparater, elektronmikroskop

Sterke ikke-ioniserende strålekilder: Kilder som avgir sterk ikke-ioniserende stråling som

kan skade helse og/eller ytre miljø, f.eks laser klasse 3B og 4, MR₂-systemer, UVC₃-kilder, kraftige IR-kilder₄

¹ Ultralyd er akustisk stråling ("lyd") over det hørbare frekvensområdet (>20 kHz). I strålevernforskriften er ultralyd omtalt sammen med elektromagnetisk ikke-ioniserende stråling.

² MR (eg. NMR) - kjernemagnetisk resonans, metode som nyttes til å «avbilde» indre strukturer i ulike materialer.

³ UVC er elektromagnetisk stråling i bølgelengdeområdet 100-280 nm.

⁴ IR er elektromagnetisk stråling i bølgelengdeområdet 700 nm – 1 mm.

For hver laser skal det finnes en informasjonsperm(HMSRV3404B) som skal inneholde:

- Generell informasjon
- Navn på instrumentansvarlig og stedfortreder, og lokal strålevernskoordinator
- Sentrale data om apparaturen
- Instrumentspesifikk dokumentasjon
- Referanser til (evt kopier av) datablader, strålevernbestemmelser, o.l.
- Vurderinger av risikomomenter
- Instruks for brukere
- Instruks for praktisk bruk; oppstart, drift, avstenging, sikkerhetsforholdsregler, loggføring, avlåsning, evt. bruk av strålingsmåler, osv.
- Nødprosedyrer

Se ellers retningslinjen til NTNU for laser: <http://www.ntnu.no/hms/retningslinjer/HMSR34B.pdf>

7.6 Bruk og behandling av kjemikalier.

Her forstås kjemikalier som grunnstoff som kan utgjøre en fare for arbeidstakers sikkerhet og helse.

Se ellers: <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20010430-0443.html>

Sikkerhetsdatablar skal være i forøkenes HMS perm og kjemikaliene registrert i Stoffkartoteket.

Kap 8 Vurdering av operasjonell sikkerhet

Sikrer at etablerte prosedyrer dekker alle identifiserte risikoforhold som må håndteres gjennom operasjonelle barrierer og at operatører og teknisk utførende har tilstrekkelig kompetanse.

8.1 Prosedyre Hazop

Prosedyre-HAZOP gjennomføres som en systematisk gjennomgang av den aktuelle prosedyren ved hjelp av fastlagt HAZOP-metodikk og definerte ledeord. Prosedyren brytes ned i enkeltstående arbeidsoperasjoner (noder) og analyseres ved hjelp av ledeordene for å avdekke mulige avvik, uklarheter eller kilder til mangelfull gjennomføring og feil.

8.2 Drifts og nødstopps prosedyrer

Utarbeides for alle forsøksoppsetninger.

Driftsprosedyren skal stegvis beskrive gjennomføringen av et forsøk, inndelt i oppstart, under drift og avslutning. Prosedyren skal beskrive forutsetninger og tilstand for start, driftsparametere med hvor store avvik som tillates før forsøket avbrytes og hvilken tilstand riggen skal forlates.

Nødstoppsprosedyre beskriver hvordan en nødstopps skal skje, (utført av uinnvidde), hva som skjer, (strøm/gass tilførsel) og hvilke hendelser som skal aktivere nødstopps, (brannalarm, lekkasje).

Kap 9 Risikomatrixe Tallfesting av restrisiko

For å synliggjøre samlet risiko, jevnfør skjema for risikovurdering, plottes hver enkelt aktivitets verdi for sannsynlighet og konsekvens inn i risikomatrixen. Bruk aktivitetens IDnr.

Eksempel: Hvis aktivitet med IDnr. 1 har fått en risikoverdi D3 (sannsynlighet 3 x konsekvens D) settes aktivitetens IDnr i risikomatrixens felt for 3D. Slik settes alle aktivitetenes risikoverdier (IDnr) inn i risikomatrixen.

I risikomatrixen er ulike grader av risiko merket med rød, gul eller grønn. Når en aktivitets risiko havner på rød (= uakseptabel risiko), skal risikoreducerende tiltak gjennomføres. Ny vurdering gjennomføres etter at tiltak er iverksatt for å se om risikoverdien er kommet ned på akseptabelt nivå.

KONSEKVENNS	Svært alvorlig	E1	E2	E3	E4	E5
	Alvorlig	D1	D2	D3	D4	D5
	Moderat	C1	C2	C3	C4	C5
	Liten	B1	B2	B3	B4	B5
	Svært liten	A1	A2	A3	A4	A5
		Svært liten	Liten	Middels	Stor	Svært Stor
		SANSYNLIGHET				

Prinsipp over akseptkriterium. Forklaring av fargene som er brukt i risikomatrixen.

Farge	Beskrivelse
Rød	Uakseptabel risiko. Tiltak skal gjennomføres for å redusere risikoen.
Gul	Vurderingsområde. Tiltak skal vurderes.
Grønn	Akseptabel risiko. Tiltak kan vurderes ut fra andre hensyn.

Vedlegg til Risikovurderingsrapport

Sparebank 1 SMN

Prosjekttittel	29 - Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner
Prosjektleder	Lucy Kongevold Fjermeros
Enhet	NTNU
HMS-koordinator	Erik Langørgen
Linjeleder	Olav Bolland
Plassering	Sparebank 1 SMN
Romnummer	Kontorlandskap E3
Riggansvarlig	Lucy Kongevold Fjermeros

INNHALDSFORTEGNELSE

- VEDLEGG A HAZOP MAL..... 1
- VEDLEGG B PRØVESERTIFIKAT FOR LOKAL TRYKKTESTING..... 1
- VEDLEGG F HAZOP MAL PROSEDYRE 1
- VEDLEGG G FORSØKSPROSEDYRE 1
- VEDLEGG H OPPLÆRINGSPLAN FOR OPERATØRER 2
- VEDLEGG I SKJEMA FOR SIKKER JOBB ANALYSE..... 3
- VEDLEGG J APPARATURKORT UNITCARD..... 5
- VEDLEGG K FORSØK PÅGÅR KORT 6

• VEDLEGG A HAZOP MAL

Project:							Page
Hazlop-mal er gjennomgått og ingen punkter på lista er noe som er relevant for feltarbeidet i denne oppgaven.							
Ref	Guideword	Causes	Consequences	Safeguards	Recommendations	Action	Date/Sign
	No flow						
	Reverse flow						
	More flow						
	Less flow						
	More level						
	Less level						
	More pressure						
	Less pressure						
	More temperature						
	Less temperature						
	More viscosity						
	Less viscosity						
	Composition Change						
	Contamination						
	Relief						
	Instrumentation						
	Sampling						
	Corrosion/erosion						
	Service failure						
	Abnormal operation						
	Maintenance						
	Ignition						
	Spare equipment						
	Safety						

• **VEDLEGG B PRØVESERTIFIKAT FOR LOKAL TRYKKTESTING**

Trykktesten skal utføres i følge NS-EN 13445 del 5 (Inspeksjon og prøving).
Se også prosedyre for trykktesting gjeldende for VATL lab

Trykkpåkjent utstyr:

Benyttes i rigg:

Design trykk for utstyr:bara

Maksimum tillatt trykk:bara
(i.e. burst pressure om kjent)

Maksimum driftstrykk i denne rigg:bara

Prøvetrykket skal fastlegges i følge standarden og med hensyn til maksimum tillatt trykk.

Prøvetrykk:bara (..... x maksimum driftstrykk)
I følge standard

Test medium: _____

Temperatur: _____ °C

Start: Tid: _____

Trykk: _____ bara

Slutt: Tid: _____

Trykk: _____ bara

Eventuelle repetisjoner fra atm. trykk til maksimum prøvetrykk:.....

Test trykket, dato for testing og maksimum tillatt driftstrykk skal markeres på
(skilt eller innslått)

Sted og dato

Signatur

- **VEDLEGG F HAZOP MAL PROSEDYRE**

Project: Node: 1							Page
Hazop-mal er gjennomgått og ingen punkter på lista er noe som er relevant for feltarbeidet i denne oppgaven.							
Ref #	Guideword	Causes	Consequences	Safeguards	Recommendations	Action	Date Sign
	Uklar	Prosedyre er laget for ambisiøs eller preget av forvirring					
	Trinn på feil plass	Prosedyren vil lede til at handlinger blir gjennomført i feil mønster/rekkefølge					
	Feil handling	Prosedyrens handling er feil spesifisert					
	Uriktig informasjon	Informasjon som er gitt i forkant av handling er feil spesifisert					
	Trinn utelatt	Manglende trinn, eller trinn krever for mye av operatør					
	Trinn mislykket	Trinn har stor sannsynlighet for å mislykkes					
	Påvirkning og effekter fra andre	Prosedyrens prestasjoner vil trolig bli påvirket av andre kilder					

• **VEDLEGG G FORSØKSPROSEDYRE**

Experiment, name, number: 29 - Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner	Date/ Sign
Project Leader: Lucy Kongevold Fjermeros	
Experiment Leader: Lucy Kongevold Fjermeros	
Operator, Duties: Rasmus Høseggen	

	Conditions for the experiment:	Completed
	Experiments should be run in normal working hours, 08:00-17:00 during winter time and 08.00-17.00 during summer time.	
	An early warning is given according to the lab rules, and accepted by authorized personnel - Feltprosedyre	
	Preparations	Carried out
	Post the "Experiment in progress" sign.	
	Plassere ut utstyret rett og stille inn rett logge tidspunkt	
	During the experiment	
	Måleriggen skal stå i fred	
	End of experiment	
	Rydde sammen og pakke ned utstyret	
	Remove all obstructions/barriers/signs around the experiment.	
	Tidy up and return all tools and equipment.	
	Tidy and cleanup work areas.	
	Return equipment and systems back to their normal operation settings (fire alarm)	
	To reflect on before the next experiment and experience useful for others	
	Was the experiment completed as planned and on scheduled in professional terms?	
	Was the competence which was needed for security and completion of the experiment available to you?	
	Do you have any information/ knowledge from the experiment that you should document and share with fellow colleagues?	

• **VEDLEGG H OPPLÆRINGSPLAN FOR OPERATØRER**

Experiment, name, number: 29 - Evaluering av inneklima og energibruk i nytt bankbygg med avansert og fremtidsrettede klimatekniske installasjoner	Date/ Sign
Project Leader: Lucy Kongevold Fjermeros	
Experiment Leader: Lucy Kongevold Fjermeros	
Operator Rasmus Høseggen	

	Kjennskap til EPT LAB generelt	
	Lab - adgang -rutiner/regler -arbeidstid	
	Kjenner til evakueringsprosedyrer	
	Aktivitetskalender	
	Bli kjent med bygget	
	Kjennskap til forsøkene	
	Prosedyrer for forsøkene	
	Nødstop	

Operatør

Dato _____

Signert _____

Prosjekt ansvarlig

Dato _____

Signert _____

13 VEDLEGG I SKJEMA FOR SIKKER JOBB ANALYSE

SJA tittel:	
Dato:	Sted:
Kryss av for utfylt sjekkliste:	<input type="checkbox"/>

Deltakere:		
SJA-ansvarlig:		

Arbeidsbeskrivelse: (Hva og hvordan?)
Risiko forbundet med arbeidet:
Beskyttelse/sikring: (tiltaksplan, se neste side)
Konklusjon/kommentar:

Anbefaling/godkjenning:	Dato/Signatur:	Anbefaling/godkjenning:	Dato/Signatur:
SJA-ansvarlig:		Områdeansvarlig:	
Ansvarlig for utføring:		Annen (stilling):	

HMS aspekt	Ja	Nei	Ikke aktuelt	Kommentar / tiltak	Ansv.
Dokumentasjon, erfaring, kompetanse					
Kjent arbeidsoperasjon?					
Kjennskap til erfaringer/uønskede hendelser fra tilsvarende operasjoner?					
Nødvendig personell?					
Kommunikasjon og koordinering					
Mulig konflikt med andre operasjoner?					
Håndtering av en evt. hendelse (alarm, evakuering)?					
Behov for ekstra vakt?					
Arbeidsstedet					
Uvante arbeidsstillinger?					
Arbeid i tanker, kummer el.lignende?					
Arbeid i grøfter eller sjakter?					
Rent og ryddig?					
Verneutstyr ut over det personlige?					
Vær, vind, sikt, belysning, ventilasjon?					
Bruk av stillaser/lift/seler/stropper?					
Arbeid i høyden?					
Ioniserende stråling?					
Rømningsveier OK?					
Kjemiske farer					
Bruk av helseskadelige/giftige/etsende kjemikalier?					
Bruk av brannfarlige eller eksplosjonsfarlige kjemikalier?					
Må kjemikaliene godkjennes?					
Biologisk materiale?					
Støv/asbest?					
Mekaniske farer					
Stabilitet/styrke/spenning?					
Klem/kutt/slag?					
Støy/trykk/temperatur?					
Behandling av avfall?					
Behov for spesialverktøy?					
Elektriske farer					
Strøm/spenning/over 1000V?					
Støt/krypstrøm?					
Tap av strømtilførsel?					
Området					
Behov for befarings?					
Merking/skilting/avsperring?					
Miljømessige konsekvenser?					
Sentrale fysiske sikkerhetssystemer					
Arbeid på sikkerhetssystemer?					
Frakobling av sikkerhetssystemer?					
Annet					

14 VEDLEGG J APPARATURKORT UNITCARD

Apparatur/unit

Dette kortet SKAL henges godt synlig på apparaturen! *This card MUST be posted on a visible place on the unit!*

Faglig Ansvarlig (Scientific Responsible) Rasmus Høseggen	Telefon mobil/privat (Phone no. mobile/private) 90560061
Apparaturansvarlig (Unit Responsible) Lucy Kongevold Fjermeros	Telefon mobil/privat (Phone no. mobile/private) 97066973
Sikkerhetsrisikoer (Safety hazards) Ingen	
Sikkerhetsregler (Safety rule) Ingen	
Nødstop prosedyre (Emergency shutdown) Ingen	

Her finner du (Here you will find):

Prosedyrer (Procedures)
Bruksanvisning (Users manual)

Nærmeste (nearest)

Brannslukningsapparat (fire extinguisher)	I kontorlandskapet
Førstehjelpsskap (first aid cabinet)	I gangen

NTNU
Institutt for energi og prosessteknikk

Dato

Signert

15 VEDLEGG K FORSØK PÅGÅR KORT

Forsøk pågår! Experiment in progress!

Dette kort skal settes opp før forsøk kan påbegynnes This card has to be posted before an experiment can start

Ansvarlig / Responsible Lucy Kongevold Fjermeros	Telefon jobb/mobil/hjemme 97066973
Operatører/Operators Lucy Kongevold Fjermeros	Forsøksperiode/Experiment time(start – slutt) 1. juli til 31. august
Prosjektleder Lucy Kongevold Fjermeros	Prosjekt Evaluering av inneklime i nytt banklokale
Kort beskrivelse av forsøket og relaterte farer Short description of the experiment and related hazards Måling av lufttemperatur, lufthastighet og CO2-nivå med ufarlig utstyr.	

NTNU
 Institutt for energi og prosessteknikk

Dato

Signert

Environmental Sensors CO₂, Relative Humidity / Temperature Transmitters

CARLO GAVAZZI



- CO₂ / RH / T measurement in one device
- RH output with plug-in module
- Analogue or switching output
- Modern design
- Optional display
- Easiest installation
- Long term stability
- Room transmitter
- Wall mounting
- CE, RoHS

Product Description

CGESC02xxW type set new standards in CO₂ measurements for HVAC. The transmitters resp. switches combine CO₂, relative humidity (RH) and temperature (T) measurement in one modern and userfriendly housing.

The basic CGESC02TW version for CO₂ and T can be easily extended with a RH plug-in module. The CO₂ measurement is based on the infrared principle. A patented auto-calibration procedure compensates for

the aging of the infrared source and ensures outstanding long term stability. This sensor provides analogue outputs (in V or mA). The optional display indicates sequentially the actual measuring data.

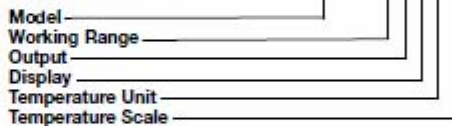
As one more option a switching output with adjustable switching point and hysteresis is available. A wide variety of models ensures an optimal adjustment for customised requirements.

Approvals



Ordering Key

CGESC02TW 2 V T04



Type Selection

Model (only with switching output)	Output	Display (not for model CGESC02W)	Temp. Scale (not for model CGESC02W)
CGESC02W CO ₂	not for model CGESC02W	Nil Without Display	T04 0...50
Model	V 0-10V	D With Display	
CGESC02TW CO ₂ +T	A 4-20mA (only for CGESC02TW)	Temp. Unit (not for model CGESC02W)	
CGESC02THW CO ₂ +T+RH	only for model CGESC02W	Nil °C	
Working Range	S Switching output	F °F	
2 0...2000ppm			
5 0...5000ppm			

General Data

Supply voltage SELV	24VAC ±20% 15-35VDC SELV = Safety Extra Low Voltage	Temperature range	0...90%RH (non condensing) / -5...55°C/23...131°F 0...90% RH (non condensing) / -20...60°C/-4...140°F
Power requirement	<3W	Working temperature range	
Warm up time	<5min	Storage temperature range	
Electromagnetic compatibility	EN 61000-6-3 EN61326-1+A1+A2:05.2002 EN 61000-6-1		



Technical Data

CO ₂	
Measurement principle	Non-Dispersive Infrared Technology (NDIR)
Sensor	Dual Source Infrared System
Working range	0...2000ppm 0...5000ppm
Accuracy @ 20°C/68°F and 1013mbar	0...2000ppm < ± (50ppm +2% of measuring value) 0...5000ppm < ± (50ppm +3% of measuring value)
Response time τ63	<90s
Temperature dependence	typ. 2ppm CO ₂ / °C
Long term stability	typ. 20ppm / year
Sample rate	ca. 0.5min

Output Data

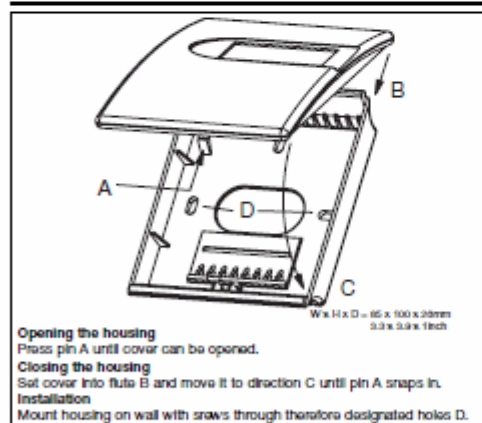
ANALOGUE OUTPUT	
0...2000/5000ppm/ 0-10V 0...100%RH/0...50°C/ 32...122°F	4-20mA R _i <500Ω
SWITCHING OUTPUT	
Max. switching voltage	50VAC / 60VDC
Max. switching load	1A @ 50VAC 1A @ 30VDC
Min. switching load	1mA @ 5VDC

RELATIVE HUMIDITY	
Measurement principle	Capacitive
Sensor element	HC103
Working range	10...90% RH
Accuracy @ 20°C/68°F	±3% RH (30...70%RH) ±5% (10...90%RH)
TEMPERATURE	
Accuracy @ 20°C/68°F	±0.3°C (±0.54°F) version with current output 4-20mA: ±0.7°C (±1.26°F)

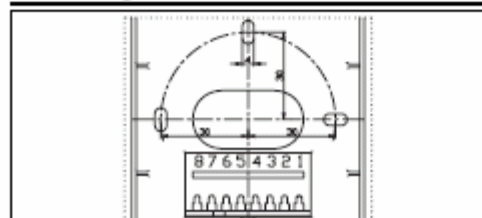
Mechanical Data

Housing	PC Polycarbonate
Electrical connection	screw terminals max. 1.5mm ² (AWG 16)
Switching output Contact material	Ag+Au clad
Protection Degree	IP20
Housing colour	Cover: RAL 9003 (white) Back: RAL 7035 (light grey)
Display	LC display: alternating CO ₂ (ppm) / T (°C or °F) / RH (% RH)

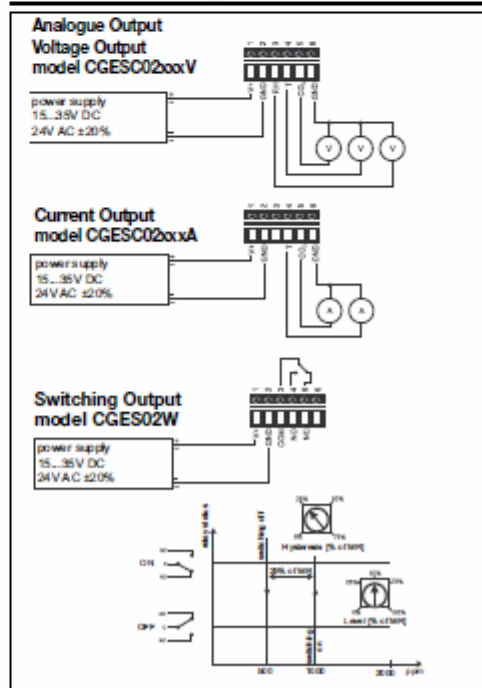
Dimensions



Mounting holes



Connection Diagram





Levereras med Kalibreringscertifikat

Nyhet!



AQ 200

Luftkvalitetsmätare

CO₂ / CO / Temperatur / Fukt



Fördelar

- Koldioxid och temperatur
- Smidig navigering med joystick
- Stor och tydlig grafisk display
- Menyerna på svenska
- Lagrar 8.000 mätvärden
- Visning av upp till 6 mätvärden samtidigt
- Trådlös kommunikation mellan instrument och givare/ PC

Anslutningar



Löstagbara plugin-mätmoduler



Enkelt att bygga ut instrumentet för mätning av fler parametrar

Trådlös kommunikation



Instrument / PC
Instrument / Givare

Smart-Pro system



Givarna identifieras automatiskt när de ansluts till instrumentet

Instrumentet

AQ 200 - CO₂/temperatur + Ström- & spänningsmodul



Termoelementmodul - 4 kanaler



Klimatmätning - Fukt / Temperatur / Lufttryck



CO / temperatur

fr n 0 till 1.000 ppm / fr n -20 C till +80 C

CO₂ / temperatur

fr n 0 till 5.000 ppm / fr n -20 C till +80 C

CO₂ / temperatur / fukt

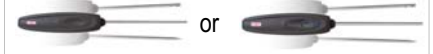
0 till 5.000 ppm / -20 C till +80 C / 0 till 100 %RH

Tillval



Temperaturgivare, trådlös eller med kabel

Tillval



Funktioner



Luftkvalitet

Klimatmätning

- Valbara enheter
- Min- max- och hold-funktion
- Logger



Luftkvalitetsgivare

CO / temperatur
CO₂ / temperatur
CO₂ / temperatur / fukt

- Akustiskt larm, två gränsvärden
- Valbara enheter
- Min- max- och hold-funktion
- Logger



Temperatur

Modul för termoelement

- Dynamisk delta T
- Valbara enheter
- Min- max- och hold-funktion
- 4-kanals logger för termoelement K, J och T

Temperatur

- Dynamisk delta T
- Valbara enheter
- Min- max- och hold-funktion
- Logger

Ström- och spänningsmodul

- Valbara mätområden
- Min- max- och hold-funktion
- Logger

PC-program Datalogger 10

- Lagring av flera parametrar samtidigt
- Manuell eller automatisk lagring
- Minne: Lagrar 8.000 mätvärden eller 50 mätserier
- Utskrift av kundanpassade rapporter
- Hantering av instrumentpool med uppföljning av kalibreringsintervall
- Diagram och tabellfunktion
- Trådlöst eller trådbundet gränssnitt



Tekniska data

Sensorer

Luftkvalitetsgivare

CO₂: NDIR infraröd sensor (Icke-dispersiv infraröd NDIR)

CO: Elektrokemisk sensor

Temperatur: Pt100 klass A

Fukt: Kapacitiv fuktsensor

Klimatmätning

Fukt: Kapacitiv fuktsensor

Temperatur: Halvledare temperatursensor

Luftryck: kapacitiv sensor

Termoelementgivare: type K, J och T klass 1

Pt100 Smart-Pro givare: Pt100 klass 1/3 DIN

AQ200 Anslutningar

Uppifrån:

2 mini-DIN anslutningar för Smart-Pro givare

Från sidan:

1 USB port, endast för KIMO-kabel

1 anslutning för nätaggreat

Löstagbara mätmoduler

Modul för termoelement:

Anslutningar: 4 ingångar för standardkontakter mini-flatstift, typ K, J eller T, klass 1 (enl norm IEC 584-3)

Ström- och spänningsmodul:

Anslutningar: 2 stiftkontakter

Display

Grafisk display 128x128 pixlar

Mått 50 x 54 mm

Blå bakgrundsbelysning

Visning av 6 mätvärden samtidigt

Hölje

Stötsäker ABS-plast

IP54

Knappsats

Metallöverdragna

5 knappar

1 joystick

EMC

Elektromagnetiskt skyddad enligt

norm NF EN61326-1

Batteri

4 alkaliska batterier 1,5V LR6

Driftsmiljö

Neutral gas

Driftstemperatur

Från -20 till +80°C

Auto-off

Ställbart från 0 till 120 min

Vikt

340g

Språk

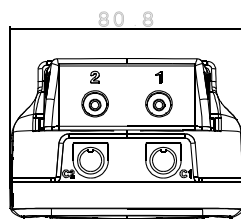
Svenska

Engelska

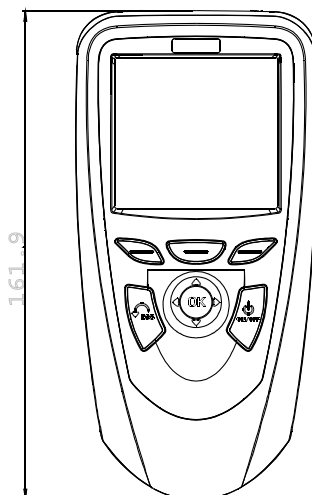
+ ytterligare tredje språk för nedladdning

Mått

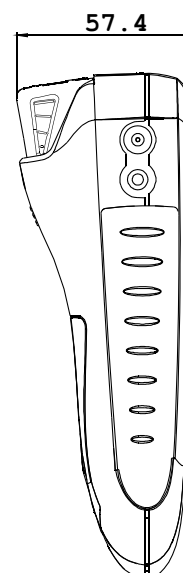
• Ovanifrån










• Framifrån



• Från sidan



Mätspecifikation

	Enheter	Mätområde	Noggrannhet*	Upplösning	
Ström / spänning					
	V, mA	från 0 till 2,5 V från 0 till 10 V från 0 till 4/20 mA	±1mV ±10mV ±0.01mA	0.001 V 0.01 V 0.01 mA	
Termoelement (Se även datablad på givare)					
	°C, °F	K: från -200 till 1300°C J: från -100 till 750°C T: från -200 till 400°C	±1,1°C eller ±0,4% av mätv.*** ±0,8°C eller ±0,4% av mätv.*** ±0,5°C eller ±0,4% av mätv.***	0.1 °C 0.1 °C 0.1 °C	
Klimat					
	Fukt	%RH	från 5 till 95%RH	Noggrannhet** (Repeterbarhet, linjäritet, hysteres): ±1,8%RH (från 15°C till 25°C) Osäkerhet vid tillverkning: ±0,88 %RH Temperaturberoende: ±0.04 x (T-20)%RH (om T<15°C eller T>25°C)	0.1 %RH
	Temperatur	°C, °F	från -20 till +80°C	±0.4% av mätv. ±0.3°C	0.01 °C
	Luftryck	hPa	från 800 till 1,100 hPa	±3 hPa	1 hPa
CO / temperatur					
	Temperatur	°C, °F	från -20 till +80°C	±0.4% av mätv. ±0.3°C	0.01 °C
	CO	ppm	från 0 till 100 ppm från 101 till 1.000 ppm	±5ppm ±3% av mätv. ±5ppm	0.1 ppm 1 ppm
CO₂ / temperatur					
	Temperatur	°C, °F	från -20 till +80°C	±0.4% av mätv. ±0.3°C	0.01 °C
	CO ₂	ppm	från 0 till 5.000 ppm	±3% av mätv. eller ±50ppm***	1 ppm
CO₂ / temperatur / fukt					
	Temperatur	°C, °F	från -20 till +80°C	±0.4% av mätv. ±0.3°C	0.01 °C
	CO ₂	ppm	från 0 till 5.000 ppm	±3% av mätv. eller ±50ppm***	1 ppm
	Fukt	%RH	från 5 till 95%RH	Se Klimatmätning	0.1 %RH
Pt100 Smart-Pro eller trådlösa givare (Se även datablad på givare)					
		°C, °F	från -50 till 250°C (Beroende på modell)	±0,3% av mätv. ±0.25°C (Beroende på modell)	0.01 °C

*Ovanstående noggrannhet garanteras under förutsättning att eventuell korrektion i kalibreringsdokument tillämpas.

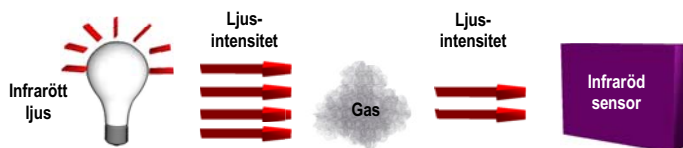
** Beräknad enl standard NF X 15-113 och Charter 2000/2001 HygrometerS, GAL (Guaranteed Noggrannhet Limit) med täckningsfaktor 2 är ±2,88%RH mellan 18-28°C i området 5-95%RH. Sensorns drift är mindre än 1%RH/år.

***Noggrannheten är angiven i °C/ppm och i procent av mätvärdet. Största värdet gäller.

Mätprincip

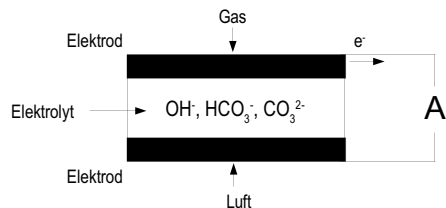
NDIR - Non dispersive infrared absorbance

En gas absorberar ljus med en specifik våglängd. En del av intensiteten, emitterad av IR-ljuskällan, absorberas av gasen (luften). Intensiteten som passerar gasen registreras av en IR-sensor. Mängden ljus som uppmäts av IR-sensorn är inverterat proportionell mot CO₂-koncentrationen.



Elektrokemisk sensor

En elektrokemisk cell består av ett hölje, 2 elektroder, anslutningsledningar och en elektrolyt. Kolmonoxid oxideras till CO₂ på den ena elektroden medan syret förbrukas från den andra elektroden. Strömmen som genereras mellan elektroderna är proportionell mot CO-koncentrationen.



Levereras med...

- Ingår
- Tillval

Beskrivning	AQ 200
Ström / spänning	●
Mätmodul för 4 x termoelement	
Mätmodul för klimat (temp, fukt, lufttryck)	
CO ₂ / temperatur	●
CO / temperatur	
CO ₂ / temperatur / fukt	
Temperaturgivare termoelement K, J och T	
Smart-Pro Pt100-givare	
Trådlös Pt100-givare	
8 uppladdningsbara batterier med laddare	
Kabel för ström/spänning	●
Kalibreringscertifikat	●
Väska	●







Stort urval av temperaturgivare (Se även datablad på givare):

- Luftgivare
- Ytgivare
- Insticksgivare
- Livsmedelsgivare
- Insticksgivare



Tillbehör (Se även datablad på givare)

PC-program	KPIJ 20 – 50 – 100 – 200 - 600	RTS
PC-program Datalogger 10, för analys och presentation av mätdata, trådlös eller trådbunden kommunikation 	Strömtänger, flera modeller, med 2 m kabel 	Teleskopisk förlängning för givare, 1 m, toppen kan vinklas 90° 
CE 200	GST	ADS
Skyddsfodral med axelrem	Värmeledande silikonpasta för temperaturgivare 	Nättaggregat för spänningsmatning 230 Vac
CTC-P		
Anslutningskabel för mätning av ström och spänning, längd 2 m		

Garanti och service

Instrumentet omfattas av 2 års fabriksgaranti. Kimo utför kalibrering, justering, reparation och service av alla Kimo-instrument, för att säkerställa hög kvalitet och pålitliga mätresultat. Som kund kan du vara säker på att alltid få god service även efter köp. Reservdelar och tillbehör finns tillgängliga minst 10 år efter köp.

www.kimo.se

Återförsäljare:

Kimo Instrument Sverige AB
Stigbergsliden 5
414 63 Göteborg

Tel 031-13 49 80
Fax 031-13 80 25
info@kimo.se • www.kimo.se

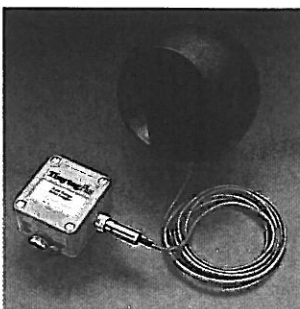
Tinytag Plus

Intabs Tinytag Plus är en liten och kraftfull datalogger. Den har utöver funktionerna hos Tinytag Ultra (se föregående sida) ytterligare finesser.

Den rejäla kapslingen kan sänkas ner i vätska i upp till 10 timmar. Detta gör Tinytag Plus mycket användbar för mätning i tuffa och fuktiga miljöer t.ex. utomhus.

Intabs Tinytag Plus är dessutom skapad för mätning i transporter där stötar och vibrationer är vanliga.

Tinytag Plus finns även i en variant med **12 bitars upplösning**. Detta gör den till den **noggrannaste** Tiny-Loggern som finns på marknaden.



har bl.a. följande finesser:

- över 16000 mätvärden kan lagras
- start med magnet/tidsinställd fördröjd start/direkt start
- 3 "stoppval"
- utbytbart batteri via servicekit
- 2 programmerbara larm
- larmindikation via den röda lysdioden
- tömning under tiden som mätning pågår
- min-/max- eller normalvärden kan lagras
- utbytbara temperaturgivare på varianterna för externa givare
- Storlek 82mm * 52mm * 34mm
- robust kapsling som tål 10 timmar i vatten

Tillämpningar:

Transporter

Utomhus

Tillverkning

Forskning

Motorer

Kyl- och frysutrymmen

Lager

Medicinska

Skolor, Daghem

Ouppvärmda lokaler t.ex. slott, kyrkor

Nedkylning uppvärmning av livsmedel

Specifikation

12 bitars Dataloggers	Mätområde	Upplösning	Mätosäkerhet	Artikelnummer
Temp G	-40 till +85°C	0,05°C vid +20°C	0,45°C vid +20°C	H-15
Temp G för extern giv. *1	-40 till +125°C	0,15°C vid -30°C	0,8°C vid -30°C	H-18
		0,15°C vid +120°C	1,0°C vid +120°C	
8 bitars Dataloggers	Mätområde	Upplösning	Mätosäkerhet	Artikelnummer
Temp G	-40 till +85°C	0,4°C vid +20°C	0,6°C vid +20°C	G-15
Temp G för extern giv. *1	-40 till +125°C	1°C vid -30°C	1,3°C vid -30°C	G-18
		3,4°C vid +120°C	4,0°C vid +120°C	
Temp H	-30 till +50°C	0,4°C vid -30°C	0,7°C vid -30°C	G-14
Temp H för extern giv. *1	-30 till +50°C	0,3°C vid +20°C	0,5°C vid +20°C	TGP-0073
Relativ luftfuktighet (RH) *	0 till 100%	0,5% och bättre	3% vid +25°C	G-8
PT100 för extern PT100-giv. *1	-50 till +300°C	1,7°C vid +150°C	2,7°C vid 150°C	G-20
PT1000 för extern PT1000-giv. *1	-200 till +100°C	1,6°C vid -50°C	2,4°C vid -50°C	G-26
Stöt	0-5g	0,02g	5%	G-31
Stöt	0-100g	0,4g	5%	G-32
Vibration	0-50m/s	0,2mm/s	10%	G-33
Regrmängd	0-25mm/intervall	0,1mm	0,1mm/intervall	G-34
Lövfuktighetsmätare	0-100 enheter		2 enheter	G-35
2 kanalgig: Temp RH + H *	-30 till +50°C/0 till 100%	se 8 bitars Temp H samt RH ovan		TGP-1500
2 kanalgig: Temp H + G för 1 extern giv.*1	-30 till +50°C/-40 till +125°C	se 8 bitars Temp H samt G ovan		TGP-1510
2 kanalgig: Temp H + H för 1 extern giv.*1	-30 till +50°C	se 8 bitars Temp H ovan		TGP-1515
2 kanalgig: Temp G för 2 externa giv.*1	-40 till +125°C	se 8 bitars Temp G ovan		TGP-1520

*1 Givare tillkommer, se sid 12.

*Temperaturområde för RH -20 till +85°C.

Mätosäkerhet och upplösning varierar med mätområdet.

Den gedigna kapslingen har gjort modellen mycket populär.

16 000 mätvärden kan lagras. Detta ger över 5 månaders mätning vid 15 minuters intervall.

Loggern kan startas ute i fält med en magnet.



Kan det bli robustare?