

NILU: OR 56/2000

NILU: OR 56/2000
REFERANSE: O-100059
DATO: NOVEMBER 2000
ISBN: 82-425-1221-3

**Inneklimaundersøkelse i
kontor**
Transportøkonomisk institutt (TØI)

Bodil Innset og Rita Larsen

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Generelt om bygningene	5
3 Måleprogram	5
3.1 Måleprogram og parametre	5
3.2 Målemetoder, mulige kilder til forurensning og mulige helseeffekter.....	6
3.2.1 Svevestøv	6
3.2.1.1 Målemetode	6
3.2.1.2 Mulige kilder	7
3.2.1.3 Mulige helseeffekter	7
3.2.2 Avsatt støv	7
3.2.2.1 Målemetode	7
3.2.2.2 Partikkeltyper og mulige kilder	7
3.2.2.3 Mulige helseeffekter	8
3.2.3 Flyktige organiske forbindelser (VOC)	9
3.2.3.1 Målemetode	9
3.2.3.2 Mulige kilder	9
3.2.3.3 Mulige helseeffekter	9
3.2.4 Karbondioksid (CO ₂).....	10
3.2.4.1 Målemetode	10
3.2.4.2 Mulige kilder	10
3.2.4.3 Mulige helseeffekter	10
3.2.5 Karbonmonoksid (CO)	10
3.2.5.1 Målemetode	10
3.2.5.2 Mulige kilder	10
3.2.5.3 Mulige helseeffekter	10
3.2.6 Nitrogendioksid (NO ₂).....	11
3.2.6.1 Målemetode	11
3.2.6.2 Mulige kilder	11
3.2.6.3 Mulige helseeffekter	11
3.2.7 Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet (trekk)	11
3.2.7.1 Temperatur.....	11
3.2.7.2 Relativ fuktighet	12
3.2.7.3 Lufthastighet (trekk).....	13
4 Anbefalte faglige normer for inneklima	13
5 Resultater og diskusjon	14
5.1 Temperatur og relativ fuktighet.....	14
5.2 Karbondioksid	16
5.3 Svevestøv.....	17
5.4 Avsatt støv	18
5.5 Flyktige organiske komponenter (VOC)	18

5.6 Karbonmonoksid	18
5.7 Nitrogendioksid (NO ₂)	19
6 Konklusjon	19
7 Referanser	19
Vedlegg A Planskisse av 5. etasje i kontorlokalene til Transportøkonomisk instiutt (TØI).....	21
Vedlegg B Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur inne (t_{1,1}), relativ fuktighet inne (RH_{1,1}), relativ fuktighet ute (RH_{ute}) og utetemperatur (t_{ute})	25
Vedlegg C Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur (t_{1,1}) og operativ temperatur (t_{operativ}).....	31
Vedlegg D Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse (Δt)	37
Vedlegg E Grafisk presentasjon av måleresultatene for karbondioksid (CO₂) og karbonmonoksid (CO)	43
Vedlegg F Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC).....	47

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ble av Transportøkonomisk institutt (TØI) bedt om å utarbeide et måleprogram for å undersøke inneklimate i et kontor i deres lokaler på Helsefyr i Oslo. De ansatte på TØI har klaget på dårlig luft i kontorlokalene, og har bl.a. vært plaget av hodepine, tretthet/uopplagthet og irriterte slimhinner.

Målingene ble utført i kontor 509 i 5. etasje 11.-17. april 2000. Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO_2), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, lufthastighet (trekk), svevestøv ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO_2).

Resultatene av undersøkelsen viser at operativ temperatur i kontoret lå innenfor anbefalt norm. Lufttemperaturen i kontoret i arbeidstiden og om natten lå imidlertid over det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20–22 °C). Temperaturen i kontoret kan med fordel senkes 2–3°C. Dette vil også føre til at den relative fuktigheten i kontoret øker. De andre parametrene i undersøkelsen lå innenfor de anbefalte faglige normer for inneklimate.

Inneklimaundersøkelse i kontor

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ble av Transportøkonomisk institutt (TØI) bedt om å utarbeide et måleprogram for å undersøke inneklimaet i et kontor i deres lokaler på Helsfyr i Oslo. De ansatte på TØI har klaget på dårlig luft i kontorlokalene, og har bl.a. vært plaget av hodepine, tretthet/uopplagthet og irriterte slimhinner.

2 Generelt om bygningene

Grenseveien 7 består av 2 bygninger i henholdsvis 1 og 8 etasjer pluss kjeller. Totalt BTA oppgis å være 22.325 m². Byggene er oppført i 1987/88. Eiendommen ligger i et område regulert for industri og kontorer. Bygningen har utvendig asfalterte arealer samt noe betongheller.

Fasadene består hovedsakelig av teglstein bortsett fra sydfasaden som er en kombinasjon av tegl og glass. Bygningens innvendige flater har noe varierende materialbruk. Gulvene har hovedsakelig linoleum samt noe tepper i enkelte kontorlokaler. I inngangspartiet er det marmorfliser på gulvet. I taket er det hovedsakelig nedforede t-profilhimlinger og veggene er hovedsakelig en kombinasjon av malt strie på gipsplater og systemvegger i bøk/glass.

Alle brukerarealer har balansert ventilasjon. Tre ventilasjonsaggregater er installert i teknisk rom i 8.etasje. Aggregatene har tilluftsdel og fraluftsdel med varmegjenvinner, kjølebatteri og varmebatteri. Systemene betjener forskjellige etasjer og soner og det er av den grunn kanalmonteerte kjølebatterier. Distribusjonsnettet går vertikalt i sjakter med fordeling i hver etasje. Garasjeplan er ventilert med eget system.

3 Måleprogram

3.1 Måleprogram og parametre

Målested. Målingene ble utført i kontor 509 i kontorbyggets 5. etasje. Vedlegg A viser en planskisse av 5. etasje.

Måleperiode. Det ble utført målinger i seks døgn. Prøvetakingstiden var forskjellig for de ulike parametrene.

Parametre: Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, lufthastighet (trekk), svevestøv (PM₁₀/ PM_{2,5}), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO₂).

Personell: NILU-personell rigget opp måleutstyret, mens vaktmesteren på TØI hadde oppsyn med måleutstyret i måleperioden og utførte enkle operasjoner som skifte av filterholdere m.m.

Tabell 1 viser en oversikt over måleprogrammet.

Tabell 1: Måleprogram, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr i Oslo.

Parametre	Målemetode	Prøvetakingstid	Antall prøver
Klimaparametere: Lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperatur-differanse, relativ fuktighet, lufthastighet og utetemperatur	Diverse*	Kontinuerlig i 6 døgn (5 min. log)	-
CO ₂	IR-absorpsjon	Kontinuerlig i 6 døgn (5 min. log)	-
CO	IR-absorpsjon	Kontinuerlig i 6 døgn (5 min. log)	-
Svevestøv(PM ₁₀ /PM _{2,5})	Gravimetrisk metode	8 timer/16 timer (gjennomsnitt)	4
Avsatt støv	Lysmikroskopi	-	1
NO ₂	Impregnerte filtre / Spektrofotometri	6 døgn (gjennomsnitt)	2
VOC	Tenaxrør / GC-MS	6 døgn (gjennomsnitt)	2

*) Se beskrivelse i avsnitt 3.2.7

3.2 Målemetoder, mulige kilder til forurensning og mulige helseeffekter

3.2.1 Svevestøv

3.2.1.1 Målemetode

Målingene av svevestøv ble utført med en gravimetrisk metode som gir gjennomsnittlig svevestøvkonsentrasjon over prøvetakingsperioden. Det ble tatt både 8-timersprøver (i arbeidstiden om dagen) og 16-timersprøver (natt) i to døgn. På grunnlag av disse prøvene ble det beregnet et 24-timers middel i henhold til nye faglige normer for inneklime.

Målingene av svevestøvkonsentrasjonene ble utført med en prøvetaker som deler partiklene i to fraksjoner etter partikkelstørrelse (PM_{2,5} og PM_{10-2,5}) (Vitols og Larssen, 1988).

De to partikkelfraksjonene filtreres fra luften på hvert sitt filter, og vekten av dem bestemmes ved at filtrene veies under kontrollerte betingelser før og etter prøvetakingen. Partikkeltkonsentrasjonene beregnes så ved å dele vekten for hver fraksjon med det målte luftvolumet. Disse konsentrasjonene er typisk av størrelsesorden $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i inneluften i kontorlokaler og usikkerheten i målingene er $\pm 2-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2.1.2 Mulige kilder

Svevestøv består av partikler og fibre av organisk og/eller uorganisk materiale. Kildene til svevestøv i kontorlokaler kan være mange: bygningsmaterialer, innredninger, møbler, tekstiler, papir, renholdsprodukter, matvarer, mikroorganismer, uteluft med partikler fra bl.a. trafikk og industri, etc.

Hovedkilden til PM_{2,5} i et byområde er utslipp fra fyring, særlig med ved, eksosutslipp fra biler og langtransporterte luftforurensninger. Slitasje av veidekke på grunn av piggdekk og oppvirvling fra kjørebanen gir store mengder partikler med diameter mellom 2,5 µm og 10 µm på dager med bar og tørr kjørebane om vinteren. Det gir også et betydelig PM_{2,5}-bidrag.

3.2.1.3 Mulige helseeffekter

Svevestøv kan skade celler i alle deler av luftveiene, direkte ved toksisk påvirkning av cellene, indirekte ved å aktivere andre celler som lager toksiske stoffer i en forsvarsreaksjon eller ved å være bærere for allergener eller kreftfremkallende stoffer.

Svevestøvs finfraksjon (PM_{2,5}) inneholder partikler med diameter mindre enn 2,5 µm og omfatter derfor stort sett de "respirable" partiklene. Disse partiklene kan ved innånding komme helt ned til de nedre luftveiene og avsettes der.

Svevestøvs grovfraksjon (PM_{10-2,5}) inneholder partikler med diameter større enn 2,5 µm og mindre enn 10 µm. Dette er partikler som ved innånding avsettes i de øvre luftveiene (nese, svelg og bronkier).

Det er uavklart hvilke størrelsesfraksjoner av partikler som gir størst helseeffekt. Forskningsresultater tyder på at både store og små partikler er viktige for helseeffekter.

Mulige helsevirkninger av svevestøv er nedsatt lungefunksjon, økt frekvens av luftveissykdommer, økt sykkelighet og økt dødelighet.

3.2.2 Avsatt støv

3.2.2.1 Målemetode

Det ble tatt en prøve av avsatt støv fra kontoret. Partiklene ble identifisert i NILUs laboratorium v.h.a. lysmikroskopi. De fleste partikler over noen få mikrometer (1µm = 10⁻³ mm) lar seg bestemme på denne måten. Men metodens nøyaktighet avtar når partiklene blir mindre. Partikler under 1 µm er således vanskelig å identifisere i lysmikroskop.

3.2.2.2 Partikkeltyper og mulige kilder

Partikler vi vanligvis finner i innemiljøer som skoler, barnehager, kontorer og boliger er:

Hudcellefragmenter (fra menneskenes hud og deres klær).

Tekstilfibrer (fra menneskenes klær og fra diverse belegg og bekledninger i rommet).

Mineraler (hovedsakelig kvarts, kalsitt, feltspatt og salter som dras inn vha. fottøy).

Bygningsstøv (fra byggematerialer som tre, betong, fibermatter, gips, maling mm.).

Sot og aske (fra kjøretøyer og forbrenningsanlegg utendørs, og fra fyring og røyking innendørs).

Noe mer avhengig av årstidene kan vi også ha betydelige innslag av **botanisk relaterte støvpartikler** som diverse plantefragmenter, pollen, sporer og hyfer av sopp.

Også **insektfragmenter** kan forekomme i mer eller mindre grad, selv om disse partiklene ofte er betydelig større enn gjennomsnittet av de øvrige partiklene.

Vanlige støvpartikler har gjerne gjennomsnittlig diameter mellom ca. 1 µm (mikrometer) og 100 µm; men en finner selvsagt partikler som i størrelse avviker betydelig fra endeverdiene i denne skala. Således er sotpartikler gjerne mindre enn 1 µm, mens mange tekstilfibrer har lengder betydelig større enn 100 µm. Typer av tilstedeværende materialer og menneskelig aktivitet vil ha betydning for partikkelstørrelsesfordelingen.

Partikler mindre enn ca. 75 µm kaller vi svevestøv. Partikler over dette betegnes nedfallsstøv. Nedfallsstøv avsetter seg relativt hurtig, og nær kilden.

Finfraksjon (respirable partikler): Partikler med diameter under ca. 2,5 µm kan ved innånding komme ned i de nedre luftveiene og avsettes der.

Grovfraksjon: Partikler med diameter mellom 2,5 µm og 10 µm (PM_{2,5-10}), vil ved innånding avsettes i de øvre luftveiene (nese, svelg og bronkier).

3.2.2.3 Mulige helseeffekter

Avsatt støv kan forårsake nedsatt lungefunksjon, forverret bronkitt, astma og kronisk lungesykdom. Identifikasjon av asbest i avsatt støv indikerer at det kan være en asbestkilde i bygningen. Asbestfibre kan forårsake utvikling av ulike krefttyper.

Pollen og soppsporer kan gi allergiske reaksjoner hos noen personer. Hudirritasjoner kan videre oppstå i kontakt med syntetiske mineralullfibrer som glassfiber og steinull. I Statens Helsetilsyns normer heter det at syntetiske mineralullfibrer ikke bør forekomme i innemiljø, og at asbestfibrer ikke skal forekomme.

3.2.3 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

Organiske forbindelser kan grupperes etter hvor flyktige de er. Flyktige organiske forbindelser (volatile organic compounds, VOC) er definert som stoffer som har kokepunkt mellom en nedre grense på 50 til 100 °C og en øvre grense mellom 240 og 260 °C. De flyktige organiske forbindelsene som inngår i VOC-analysene omfatter en rekke forskjellige grupper av kjemiske komponenter som alifatiske og aromatiske hydrokarboner, terpener, ketoner, alkoholer, estere, aldehyder og diverse halogenerte forbindelser.

3.2.3.1 Målemetode

Prøvetakingen av flyktige organiske forbindelser med mellom 6 og 16 C-atomer i molekylet inklusiv de fleste løsemidler ble utført ved adsorpsjon av prøvegass på Tenax-rør. Alle analysene ble utført i NILUs laboratorium ved hjelp av en automatisert termodesorpsjonsenhet etterfulgt av gasskromatografi med masse-selektiv detektor (GC-MSD).

Det ble tatt en VOC-prøve i kontoret. Målingene av VOC hos TØI ble utført med passiv prøvetaking og prøvetakingstiden var 6 døgn.

3.2.3.2 Mulige kilder

De fleste påvisbare organiske forbindelser forekommer i høyere konsentrasjoner i inneluft enn i uteluft. Dette innebærer at de viktigste kildene for disse stoffene finnes innendørs selv om uteluften bidrar til totalmengden. Kildene innendørs kan grovt deles inn i stasjonære kilder som f.eks. avgassing fra bygningsmaterialer og variable kilder som er knyttet til menneskers aktivitet.

Kilden til VOC i kontorlokaler kan være avgassing fra bygningsmaterialer, lim, maling og forbruksprodukter, uteluft med avgasser fra bil- og båttrafikk og industri etc.

3.2.3.3 Mulige helseeffekter

Flyktige organiske forbindelser kan være årsaken til helseeffekter og komfortproblemer i innemiljøer i ikke-industrielle bygninger.

Flyktige organiske forbindelser kan gi irritasjonseffekter og lett inflammasjon i øyeslimhinner og luftveier, tørrhetsfølelser i hud og slimhinner og uvelbefinnende.

Blant de kjemiske forbindelsene som hyppig kan påvises i prøver fra inneluft kan man finne eksempler på stoffer som i høye luftkonsentrasjoner kan føre til mange typer helseskader. Effekten vil imidlertid for mange av disse stoffene først utløses etter langvarig eksponering for vesentlig høyere luftkonsentrasjoner enn man finner i inneluft.

Flyktige organiske forbindelser kan være kreftfremkallende, men ved de lave nivåene vi finner i inneluft vil risikoen for at denne eksponeringen skal bidra vesentlig til kreftutvikling være svært liten. Et unntak er benzen, som finnes i tobakksrøyk og bensindamp.

3.2.4 Karbondioksid (CO₂)

3.2.4.1 Målemetode

Karbondioksid ble målt kontinuerlig ved hjelp av IR-absorpsjon. Karbondioksidkonsentrasjonene ble lagret i en datalogger med en tidsoppløsning på 5 minutter. Da NILU kun har én karbondioksidmåler av denne typen, ble denne flyttet mellom målepunktene i måleperioden. Det ble gjennomført kontinuerlige CO₂-målinger i minimum 2 døgn i hvert målepunkt.

3.2.4.2 Mulige kilder

Karbondioksid (CO₂) er en fargeløs og luktfri gass. I fast form eksisterer den som "tørris". Ved 1 atm. forandres CO₂ direkte fra fast form til gassform (sublimerer).

Karbondioksid (CO₂) dannes ved forbrenning og produseres ved stoffskiftet i organismen, og finnes derfor i utåndingsluften.

3.2.4.3 Mulige helseeffekter

Ved de CO₂-nivåer som er registrert i inneluft (helt opp til 9 000 mg/m³) er det ikke registrert helseeffekter av CO₂. CO₂ har imidlertid vært brukt som generell hygienisk indikator på luftskifte for å hindre ubehagelig nivå av kroppslukt, idet studier i testkammer har vist at CO₂-konsentrasjonen kan korreleres til intensiteten av kroppslukt. Enkle CO₂-målinger gir således et bilde av luftskiftet i et rom hvor mennesker antas å være den dominerende forurensningskilden.

3.2.5 Karbonmonoksid (CO)

3.2.5.1 Målemetode

Karbonmonoksid (CO) ble målt med en analysator basert på IR-absorpsjon. Målingene er kontinuerlige og gir CO-konsentrasjoner som funksjon av tiden. Karbonmonoksidkonsentrasjonene ble lagret i en datalogger med en tidsoppløsning på 10 minutt.

3.2.5.2 Mulige kilder

Karbonmonoksid (CO) i luft stammer hovedsakelig fra ufullstendig forbrenning av organisk materiale. I innemiljø er det vanligvis enten tobakksrøyking eller forurensning fra trafikk i nærheten av bygningen som er CO-kildene. CO-konsentrasjonen er en god indikator på samlet forekomst av forurensninger fra forbrenningsprosesser (bl.a. trafikk).

3.2.5.3 Mulige helseeffekter

CO binder seg til hemoglobinet i røde blodlegemer og påvirker dermed oksygentransporten i blod og oksygentilførsel til vev. Personer med hjerte-/karlidelser er svært følsomme overfor CO-påvirkning.

3.2.6 Nitrogendioksid (NO₂)

3.2.6.1 Målemetode

Prøvetaking av NO₂ ble utført med en passiv prøvetaker med et filter som var impregnert med kaliumjodid (KI). NO₂ ble absorbert på filteret og analysert i NILUs laboratorium v.h.a. spektrofotometri.

3.2.6.2 Mulige kilder

I Norge er NO₂-forurensning hovedsakelig et utendørsproblem forbundet med biltrafikk i by- og tettsteder. Konsentrasjonen varierer svært med årstid og med tid på døgnet. Konsentrasjonen av NO₂ innendørs i Norge reflekterer stort sett utekonsentrasjonen, men er mellom 20-60 % lavere pga reaksjoner med reaktive overflater som finnes i innemiljø (betong, tekstiler o.l.) I vanlige bygninger og boliger i Norge er det få kilder som gir betydelig utslipp av NO₂ i innelufta. Årsaken er at det stort sett ikke benyttes gass til matlaging eller oppvarming av vann. Bruk av gass til matlaging fører i mange land til høyere NO₂-konsentrasjoner innendørs enn utendørs. Tobakksrøyking er sannsynligvis den viktigste innendørskilden for NO₂ i Norge. NO₂ utgjør således ikke noe stort problem her i landet.

3.2.6.3 Mulige helseeffekter

Ved inhalasjon vil 80-90% av NO₂ absorberes. På grunn av den relativt lave vannløsligheten for NO₂ trenger mesteparten av gassen ned i de dypere lungeavsnitt og forårsaker hovedsakelig skade der. Ut fra epidemiologiske og kliniske studier er følgende helseeffekter påvist hos mennesker:

- Redusert lungefunksjon
- Øyeirritasjon
- Økt mottagelighet for infeksjoner
- Irritasjon og betennelsesreaksjoner i luftveiene
- Luftveissymptomer (hoste, økt slimproduksjon, piping i brystet)
- Sykdommer i luftveiene/økt antall legebesøk
- Akutt og kronisk bronkitt
- Astmaanfall
- Dødelighet

3.2.7 Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet (trekk)

Temperatur og relativ fuktighet ble målt med kontinuerlig registrerende instrumenter, og måleresultatene ble presentert med en tidsoppløsning på 5 minutt.

3.2.7.1 Temperatur

Målemetode

Det ble utført målinger av lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperaturdifferanse og trekk innendørs samt utetemperatur. Temperaturene ble målt vha. elektroniske (digitale) termistormålere som har termistor eller platina motstand som sensor.

Lufttemperatur, middelstrålingstemperatur (noe forenklet sagt lik midlere overflatetemperatur på omgivende flater) og lufthastighet (trekk) sammen med de personavhengige faktorene aktivitetsnivå, bekledning og oppholdstid i rommet er de viktigste faktorene for kroppens varmebalanse og det termiske klima.

Operativ temperatur er den temperaturen vi opplever omgivelsene har. Operativ temperatur kan noe forenklet sies å være middelveidien av lufttemperaturen og omgivelsenes midlere strålingstemperatur.

Temperaturdifferansen mellom hode og ankelhøyde er viktig å fastlegge. Internasjonale standarder har bestemt at denne skal måles i høyder 0,1 og 1,1 m over gulv.

Mulige årsaker til temperaturproblemer

- Manglende solavskjerming
- feil innstilte eller feilplasserte termostater eller manglende termostatstyring
- For lav installert varmeeffekt (f.eks. for få eller for svake ovner)
- For trege oppvarmingssystemer
- Kaldras fra store vindusflater
- Trekk fra utettheter (f.eks. rundt dører og vinduer)
- Strålingstap mot kalde flater (f.eks. dårlig isolerte vinduer eller vegger)
- For høy hastighet på tilført friskluft
- Uheldig plassering av friskluftventiler
- Ubehag pga. takvarme eller varmluftoppvarming
- Manglende tilpassing av bekledning til aktivitet og termiske forhold
- Varmeutvikling pga. for stor persontetthet i rommet

Mulige effekter på mennesker og materialer

Dersom innetemperaturen er for høy, blir man lettere trett og uopplagt. Noen opplever også øyeirritasjon.

3.2.7.2 Relativ fuktighet

Relativ fuktighet (RH) er et uttrykk for vanninnholdet i % av det som luften kan holde ved den aktuelle temperaturen. Mengden vann som luften kan oppta, synker med synkende temperatur. Senkes lufttemperaturen inne fra f.eks. 26 °C til 20 °C, kan RH øke fra 15-20 % til oppunder 40 %.

Målemetode

Målingene av relativ fuktighet ble utført med en kontinuerlig målemetode som ga % relativ fuktighet som funksjon av tiden. Relativ fuktighet ble målt med et instrument med tynn-film kapasitiv sensortype.

Årsaker til variasjoner i luftfuktigheten innendørs

Relativ fuktighet inne følger i store trekk luftfuktigheten i uteluft.

Relativ luftfuktighet inne gjennom hele døgnet avhenger av temperatur og luftfuktighet i uteluft, antall personer, bruk av fuktighetskilder (vått yttertøy, snø, paraplyer etc.), temperatur og ventilasjon i rommet.

Følelsen av "tørr luft" kan skyldes at luften har lavt vanninnhold, men svært ofte er det andre årsaker. Ofte er årsaken at inneluften er forurenset med støv og/eller gasser.

Mulige effekter på mennesker og materialer

Mennesker tolererer store variasjoner i luftfuktighet i seg selv uten at det oppleves ubehagelig. Høy luftfuktighet innendørs er imidlertid en klar risikofaktor for tilvekst av muggsopp og mikroorganismer og for økt avgassing (av f.eks. formaldehyd) fra bygningsmaterialer.

For høy luftfuktighet kan bidra til lukt, mugg, bygningsskader o.l. Det er påvist sammenheng mellom å bo i hus med høy fuktighet, fuktskader eller mugglukst og forekomst av bl.a. akutte og kroniske luftveisinfectionsjoner, allergiske reaksjoner, og utløsning av astma hos beboerne. Risikoen for vanlige luftveislidelser er i flere studier vist å være økt i hus med fuktproblemer sammenlignet med kontrollgruppen. Foreløpig er kunnskapene mangelfulle om årsakssammenhengen mellom fukt og helseeffekter.

Ekstremt lav luftfuktighet bør unngås av hensyn til problemer med statisk elektrisitet og uttørring av hud.

3.2.7.3 Lufthastighet (trekk)

Inneklimaet har betydning for kroppens varmebalanse. Viktige faktorer foruten romtemperatur er lufthastighet, relativ fuktighet, aktivitetsnivå og bekledding. Varmetapet øker med økende lufthastighet, som er den hastigheten luften beveger seg med i rommets oppholdssone. Luftbevegelse som gir sjenerende lokal avkjøling av kroppen kalles trekk. Jo høyere lufthastighet, desto høyere lufttemperatur kreves for å opprettholde varmebalansen i kroppen. "Kaldras", det vil si luft som kjøles ned på innsiden av vinduer, kan gi trekk langs gulvet.

Anbefalt norm for lufthastighet, gitt som middelhastighet over 3 minutter, er maksimum 0,15 m/s i oppholdssonen.

4 Anbefalte faglige normer for inneklima

Måleresultatene fra inneklimaundersøkelsen er sammenlignet med "Anbefalte faglige normer for inneklima" utgitt i november 1998 av en arbeidsgruppe fra Folkehelsen på oppdrag fra Sosialdepartementet. Tabell 2 viser normene for komponentene målt i denne undersøkelsen.

Tabell 2: Anbefalte faglige normer for inneklima for utvalgte komponenter.

Midlingstid	30 min	1 time	8 timer	24 timer	Maks. verdi
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Folkehelsa 1998)	-	-	-	20 µg/m ³	-
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	40 µg/m ³	-	-
Total svevestøvmengde (PM _{2,5} + PM ₁₀) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	90 µg/m ³	-	-
VOC	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	1 800 mg/m ³ ₂₎
CO	-	25 mg/m ³	10 mg/m ³	-	-
NO ₂	-	100 µg/m ³	-	-	-
Operativ temperatur	Anbefalt temperaturintervall vinter: 20-24°C, sommer: 23-26°C				
Vertikal temperaturdifferanse	-	-	-	-	maks 3°C pr. m
Relativ fuktighet (RF)	Anbefalt variasjonsområde 20-60%				
Lufthastighet	-	-	-	-	0,15 m/s

1) Ventilasjon og inneklima i skoler. Byggforskserien. Byggdetaljer 552.311. Oslo 1996.

2) 1800 mg/m³ = 1000 ppm ved 20 °C.

Folkehelsas "Anbefalte faglige normer for inneklima" inneholder ikke norm for lufttemperatur. Oppfattelse av "behagelig temperatur" er personavhengig, men en lufttemperatur i arbeidsrom på 20-22 °C oppfattes oftest som optimalt.

5 Resultater og diskusjon

5.1 Temperatur og relativ fuktighet

En grafisk fremstilling av resultatene av målingene av lufttemperatur ($t_{1,1}$) og relativ fuktighet ($RH_{1,1}$) inne, relativ fuktighet ute (RH_{ute}) og utetemperatur (t_{ute}) er vist i Vedlegg B. Vedlegg C viser en grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur inne. Resultatene av målingene av vertikal temperaturdifferanse er vist grafisk i Vedlegg D.

Tabell 3: *Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier i arbeidstiden av lufttemperatur ($t_{1,1}$), vertikal temperaturdifferanse (Δt) og relativ fuktighet (RH) i kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr, Oslo.*

Målested	Måleperiode	Minimumsverdi i måleperioden			Maksimumsverdi i måleperioden			Gjennomsnittsverdi i måleperioden		
		$t_{1,1}$	Δt	RH _{1,1}	$t_{1,1}$	Δt	RH _{1,1}	$t_{1,1}$	Δt	RH _{1,1}
		°C	°C	%	°C	°C	%	°C	°C	%
Kontor 509	11/04/00 – 17/04/00	21,5	-0,1	18,9	24,1	1,8	25,5	23,2	0,5	21,4

Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av lufttemperatur ($t_{1,1}$), vertikal temperaturdifferanse (Δt) og relativ fuktighet (RH_{1,1}) er vist i Tabell 3. Tabell 4 og Tabell 5 viser tilsvarende verdier for henholdsvis operativ temperatur og utetemperatur. Det ble ikke målt utetemperatur ved kontorlokalene i måleperioden. Utetemperaturene i Tabell 5 er fra meteorologistasjonen på Valle Hovin i Oslo. Tabell 6 viser minimums- maksimums- og gjennomsnittsverdier av lufthastighet i kontor 509 i måleperioden.

Tabell 4: *Minimums-, maksimums- og gjennomsnittsverdier av operativ temperatur i arbeidstiden, om natten og i helgen i kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr, Oslo. Enhet: °C.*

Målested	Tidsrom	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
Kontor 509	Arbeidstid	21,6	24,2	23,2
	Natt	21,6	23,8	22,7
	Helg	19,9	22,4	21,0

Tabell 5: *Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av utetemperatur (t_{ute}) og relativ fuktighet (RH_{ute}) i arbeidstiden, om natten og i helgen på meteorologistasjonen til Etat for miljørettet helsevern, Oslo kommune på Valle Hovin i Oslo.*

Målested	Tidsrom	Minimumsverdi i måleperioden		Maksimumsverdi i måleperioden		Gjennomsnittsverdi i måleperioden	
		t_{ute}	RH _{ute}	t_{ute}	RH _{ute}	t_{ute}	RH _{ute}
		°C	%	°C	%	°C	%
Kontor 509							
	Arbeidstiden	2,8	44	9,6	87	6,4	68
	Natt	2,5	43	9,2	91	4,9	74
	Helg	-0,2	53	8,3	95	3,6	83

Tabell 6: *Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av lufthastighet(trekk) i arbeidstiden, om natten og på helgedager i kontor 509, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsefy, Oslo. Enhet: m/s.*

Måleperiode	Tidsrom	Minimumsverdier i måleperioden	Maksimumsverdier i måleperioden	Gjennomsnittsverdier i måleperioden
11.04.00 - 17.04.00	Arbeidstid	-0.01	0.14	0.09
"	Natt	0.00	0.15	0.09
"	Helg	0.05	0.14	0.09

Resultatene viser at lufttemperaturen i kontoret var relativt konstant i hele måleperioden og lå stort sett i området 22-24 °C i arbeidstida og om natten, det vil si høyere enn det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20-22 °C). I helgen lå lufttemperaturen stort sett i området 20-22 °C. Den høyeste temperaturen ble målt 12. april kl. 1335 og 1440 og var 24,1 °C. Operativ temperatur i kontoret varierte stort sett innenfor Folkehelsas anbefalte temperaturintervall for vinter på 20-24 °C med unntak av tidsrommet 12. april kl. 1245-1515.

Den vertikale temperaturdifferansen i kontoret var mindre enn Folkehelsas anbefalte norm på 3 °C .

Den relative fuktigheten i kontoret i arbeidstida lå innenfor av Folkehelsas anbefalte intervall for relativ fuktighet på 20-60 % med unntak av to tidsrom; 12. april kl. 1440-1555 og 14. april kl. 1200-1225 hvor den relative fuktigheten var lavere enn 20 %. Om natten lå den relative fuktigheten innenfor normen med unntak av tidsrommet 12. april kl. 1600-13. april kl. 0135.

Målte maksimumsverdier av lufthastigheten var på størrelse med anbefalt norm. Siden måleresultatene er 5-minuttersverdier, kan det ha forekommet luft-hastigheter høyere enn normen (maksimum 0,15 m/s middelhastighet over 3- minutter i oppholdssonen) i måleperioden.

5.2 Karbondioksid

En grafisk fremstilling av resultatene av de kontinuerlige målingene av karbondioksid (CO₂) er vist i vedlegg E, mens gjennomsnitts-, maksimums- og minimumsverdier er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Målte middelkonsentrasjoner av karbondioksid (CO_2) i kontor i arbeidstiden, om natten og i helgen, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr, Oslo. Enhet: mg/m^3 .

Målested	Måleperiode	Tidsrom	Minimums-konsentrasjon i måleperioden	Maksimums-konsentrasjon i måleperioden	Gjennomsnittskonsentrasjon i måleperioden
Kontor 509	11.04.00-17.04.00	Arbeidstiden	701	1634	899
	"	Natt	665	1076	693
	"	Helg	702	762	712

Målte CO_2 -konsentrasjoner i kontoret viser som forventet noe forhøyede verdier i arbeidstiden, men konsentrasjonene lå i hele måleperioden godt under anbefalt faglig norm for CO_2 på $1800 mg/m^3$.

5.3 Svevestøv

Analyseresultatene av svevestøv er vist i Tabell 8. I "Faglige normer for inneklima" fra 1998 er anbefalt norm for finfraksjon $20 \mu g/m^3$ (24 timers midlingstid). I Helsedirektoratets "Normer for inneluftkvalitet" fra 1991 er anbefalt norm for finfraksjon $40 \mu g/m^3$ (8 timers midlingstid), mens anbefalt norm for total svevestøvmengde er $90 \mu g/m^3$ (8 timers midlingstid).

Tabell 8: Gjennomsnittlige svevestøvkonsentrasjoner i innelufta i kontor. Enhet: $\mu g/m^3$.

Prøve		Dag	Natt	Døgn	Dag	Natt	Døgn
Tid		10.04.00 0900-1500	10.04.00 - 11.04.00 1500-0800	10.04.00- 11.04.00 0900-0800	11.04.00- 0800-1500	11.04.00 12.04.00 1500-0800	11.04.00- 12.04.00 0800-0800
Kontor 509	Finfraksjon ^a	14,8	4,7	7,3	12,7	6,4	8,2
	Grovfraksjon ^b	10,6	0,7	3,3	7,5	3,4	4,6
	Totalt ^c	25,4	5,4	10,6	20,2	9,8	12,8

a Partikler med diameter mindre enn $2,5 \mu m$.

b Partikler med diameter mellom $2,5 \mu m$ og $10 \mu m$.

c Summen av konsentrasjonene av fin- og grovfraksjon.

Målte svevestøvkonsentrasjoner lå i alle prøver godt under anbefalte normer.

Den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen av finfraksjon ble målt i kontoret 11.-12. april og var $8,2 \mu g/m^3$, mens den høyeste totalkonsentrasjonen (6-timers middel) var $25,4 \mu g/m^3$ i arbeidstiden 10. april.

5.4 Avsatt støv

Resultatene fra den kvalitative analysen av avsatt støv er vist i Tabell 9.

Det avsatte støvet ble skrapet sammen fra lister, hyller, skap samt vinduspuster. Støvet kan være dels "nyprodusert" og dels resirkulert (gammelt) støv.

Tabell 9: Resultater fra mikroskopering av avsatt støv fra kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr, Oslo.

Prøvetakingssted	Dato	Identifiserte partikkeltyper	Mulige kilder
Kontor 509	11.04.2000	Tekstilfibrer Hud	Klær, gardiner, møbler Mennesker

Det var for lite avsatt støv i kontoret til å få en representativ prøve. De partiklene som kunne observeres i lysmikroskopet var kun tekstilfibrer og hudpartikler.

5.5 Flyktige organiske komponenter (VOC)

Resultatene av målingene av enkeltkomponenter av VOC er gitt i Vedlegg F, mens måleresultatene for totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC) er vist i Tabell 10.

Tabell 10: Målte gjennomsnittskonsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i innelufta i kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsfyr, Oslo. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målested	Tidsrom	Konsentrasjon av TVOC
Kontor 509	11.04.00, kl 0830 - 17.04.00, kl 1230	101

Målte VOC-konsentrasjoner var lave og i samme størrelsesorden som TVOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. De fleste komponentene som er identifisert finner en vanligvis i slike lave konsentrasjoner innendørs. VOC-målingene viser at det ikke er noen uvanlig store VOC-kilder i kontoret.

5.6 Karbonmonoksid

Grafisk fremstilling av målte CO-konsentrasjoner (5-minutters middel) som funksjon av tiden er vist i Vedlegg E. Målte middelkonsentrasjoner av CO er vist i Tabell 11.

Tabell 11: Målte middelkonsentrasjoner av CO i kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI), Helsefy, Oslo. Enhet: mg/m³.

Målested	Måleperiode	Maksimal timesmiddel i løpet av døgnet		Maksimal timesmiddel i arbeidstida kl 0800-1600	Maksimalt 8-timersmiddel i arbeidstida kl 0800-1600
		Arbeidsdager	Helgedager		
Kontor 509	11.04.00–17.04.00	0	0	0	0

Det ble ikke funnet målbare konsentrasjoner av karbonmonoksid (CO) i kontoret.

5.7 Nitrogendioksid (NO₂)

Resultatene av målingene av nitrogendioksid er vist i Tabell 12.

Tabell 12: Målte gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrogendioksid (NO₂) i kontor, Transportøkonomisk institutt (TØI). Enhet: µg/m³.

Målested	Måleperiode	Gjennomsnittskonsentrasjon av NO ₂
Inne, kontor 509	11.04.00 -17.04.00	36
Ute, vegg	11.04.00 -17.04.00	22

Resultatene viser at NO₂-konsentrasjonen lå langt under anbefalt norm på 100 µg/m³ som timesmiddel. Imidlertid er NO₂-konsentrasjonen midlet over 1 uke slik at det kan ha forekommet episoder i måleperioden med timesmiddel høyere enn anbefalt norm. Det er likevel rimelig å anta at kontoret ikke er vesentlig belastet med forurensning fra trafikk og/eller forbrenning.

6 Konklusjon

Resultatene av undersøkelsen viser at operativ temperatur i kontoret lå innenfor anbefalt norm. Lufttemperaturen i kontoret i arbeidstiden og om natten lå imidlertid over det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20–22 °C). Temperaturen i kontoret kan med fordel senkes 2-3°C. Dette vil også føre til at den relative fuktigheten i kontoret øker. De andre parametrene i undersøkelsen lå innenfor de anbefalte faglige normer for inneklimate.

7 Referanser

Folkehelse (1998) Anbefalte faglige normer for inneklimate. Rapport fra en arbeidsgruppe nedsatt av Folkehelse på oppdrag fra Sosial- og helsedepartementet. Oslo.

Helsedirektoratet (1991) Normer for inneluftkvalitet. Oslo (Rundskriv nr. IK-39/91).

Larssen, S. og Hagen, L.O. (1998) Luftkvalitet i norske byer. Utvikling-årsaker-tiltak-framtid. Kjeller (NILU OR 69/98).

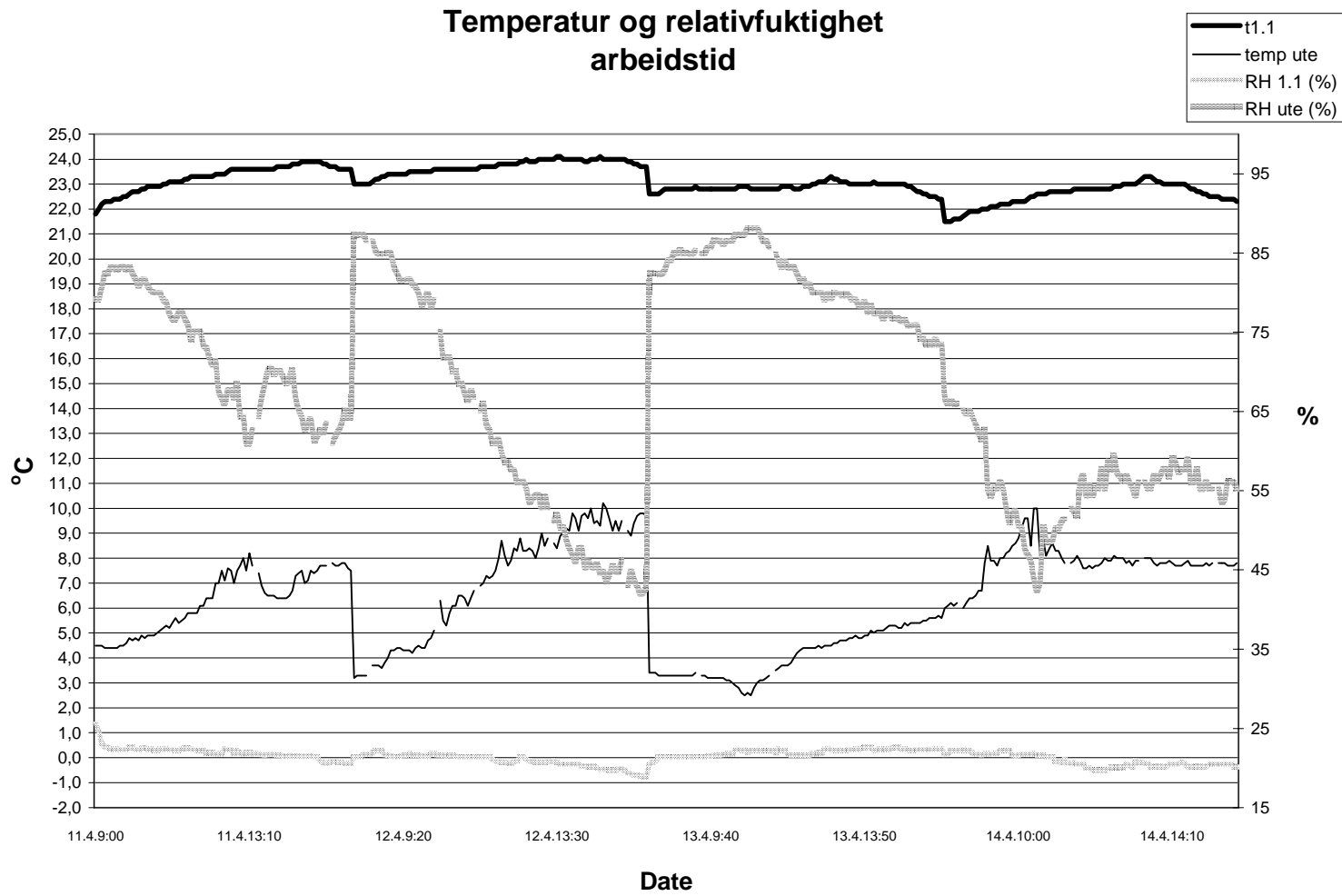
Vitols, V. og Larssen, S. (1986) Comparisons of two-filter and dichotomous samplers. Lillestrøm.

Vedlegg A

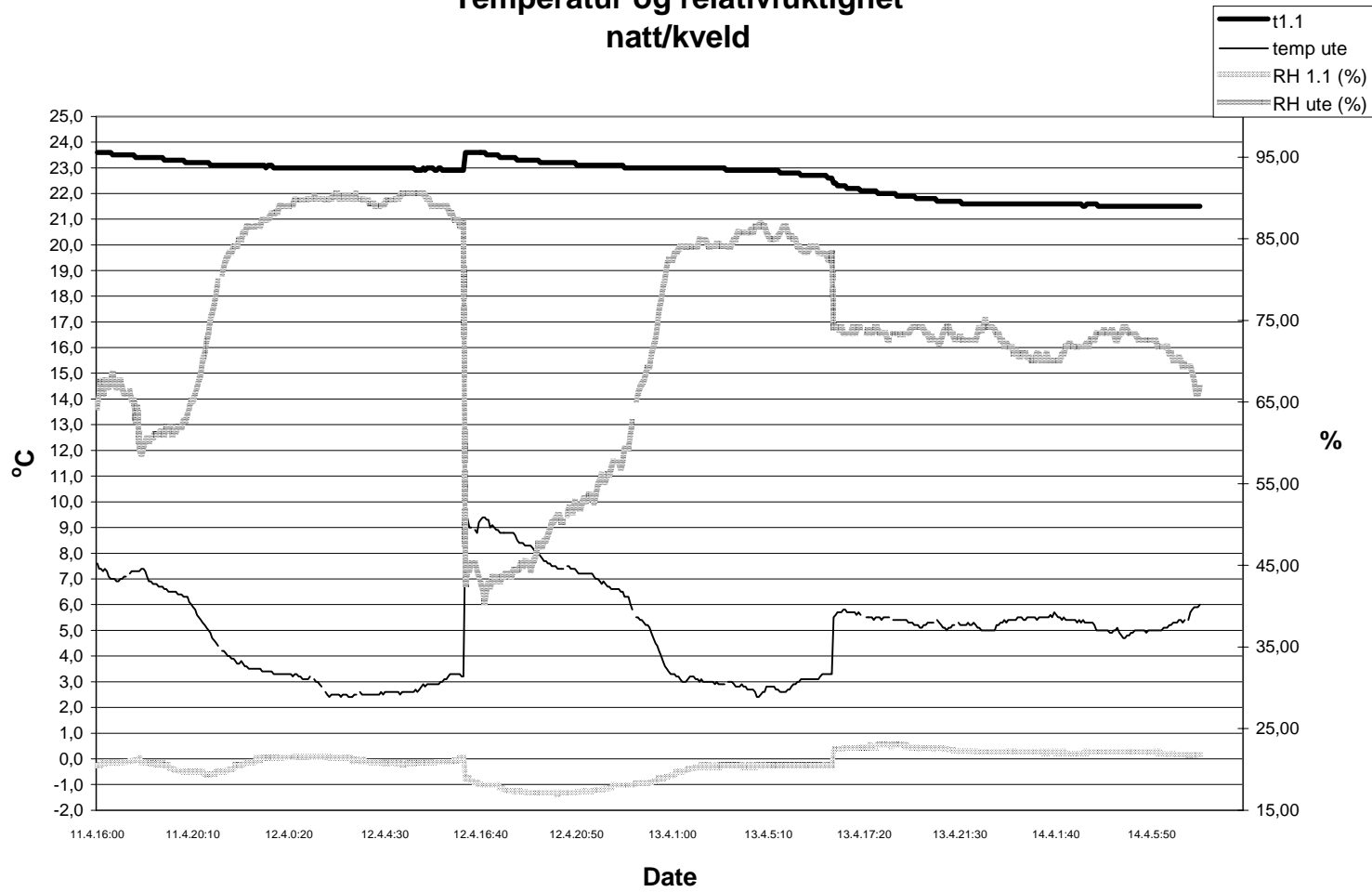
Planskisse av 5. etasje i kontorlokalene til Transportøkonomisk instiutt (TØI)

Vedlegg B

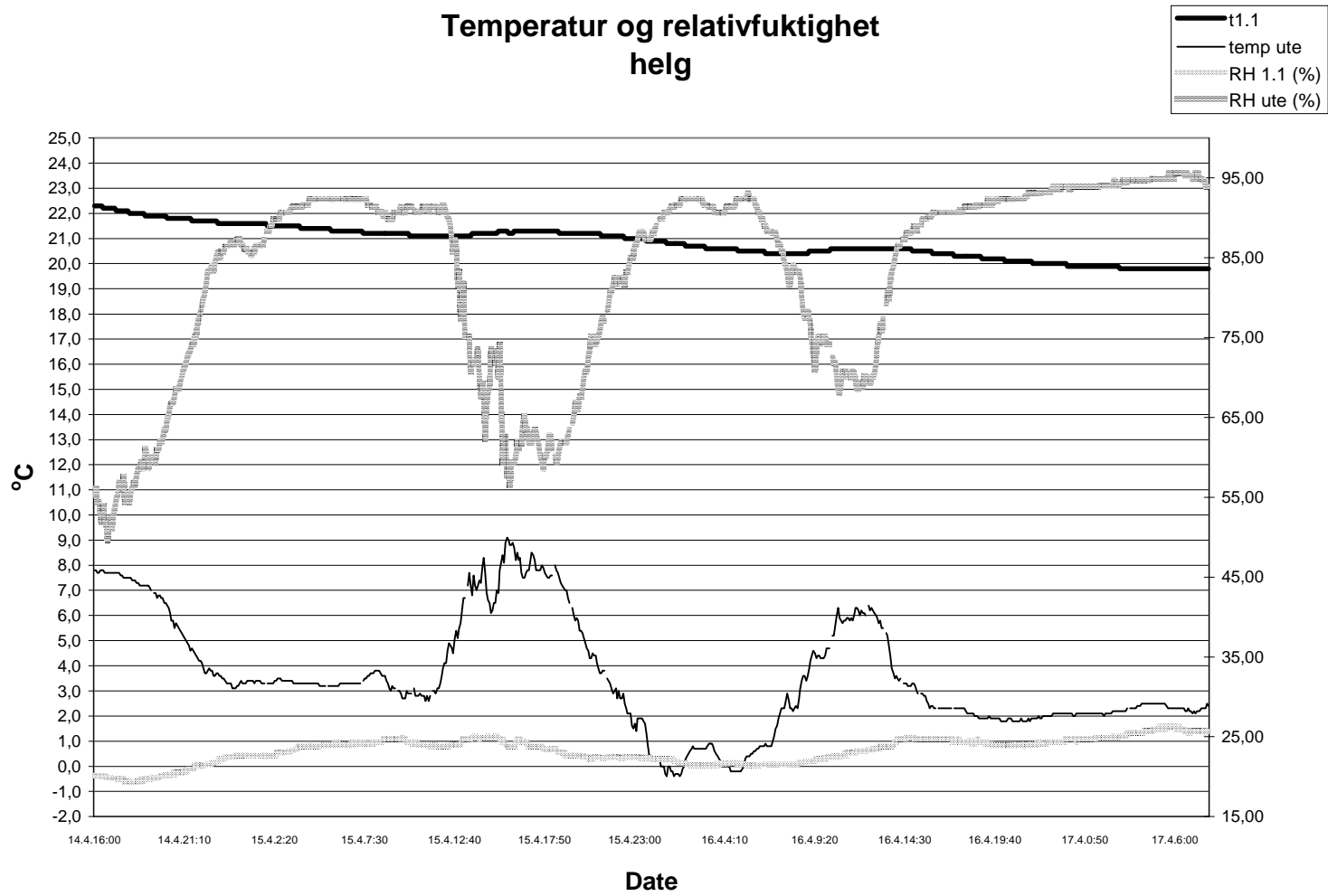
**Grafisk presentasjon av måleresultatene for
lufttemperatur inne ($t_{1,1}$), relativ fuktighet inne
($RH_{1,1}$), relativ fuktighet ute (RH_{ute}) og
utetemperatur (t_{ute})**



Temperatur og relativfuktighet natt/kveld



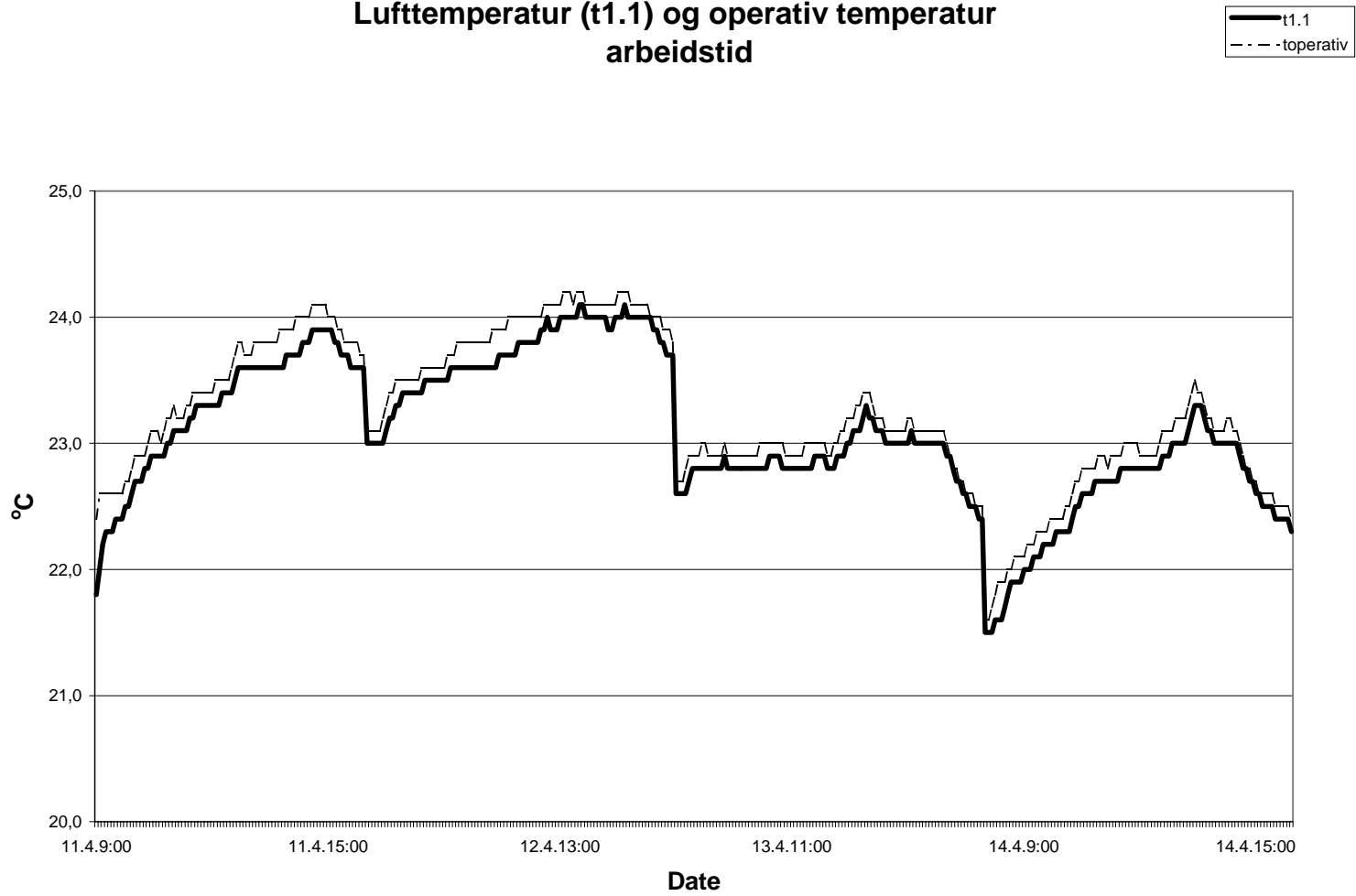
Temperatur og relativfuktighet helg



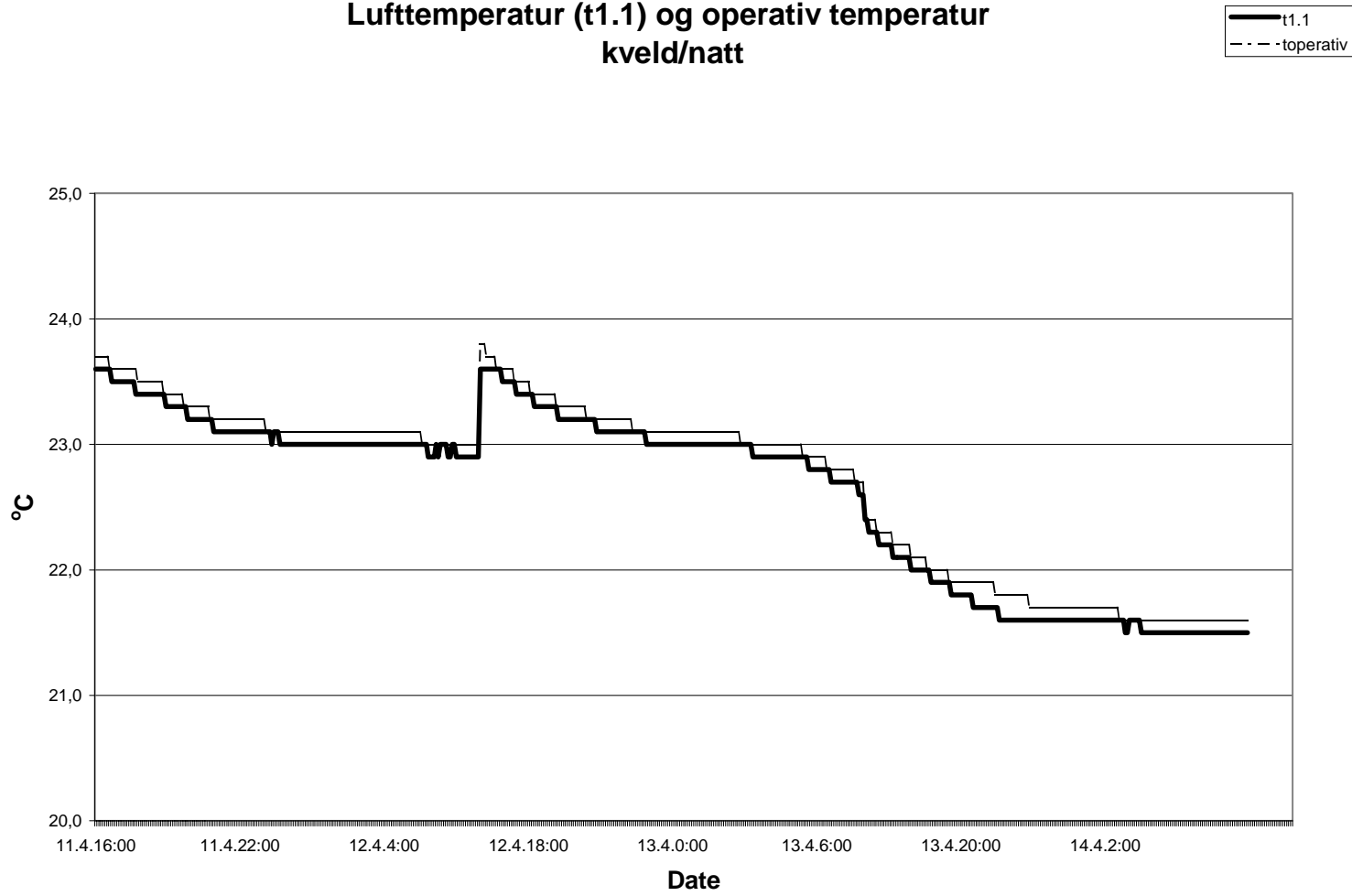
Vedlegg C

Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur (t_{operativ})

Lufttemperatur (t1.1) og operativ temperatur arbeidstid

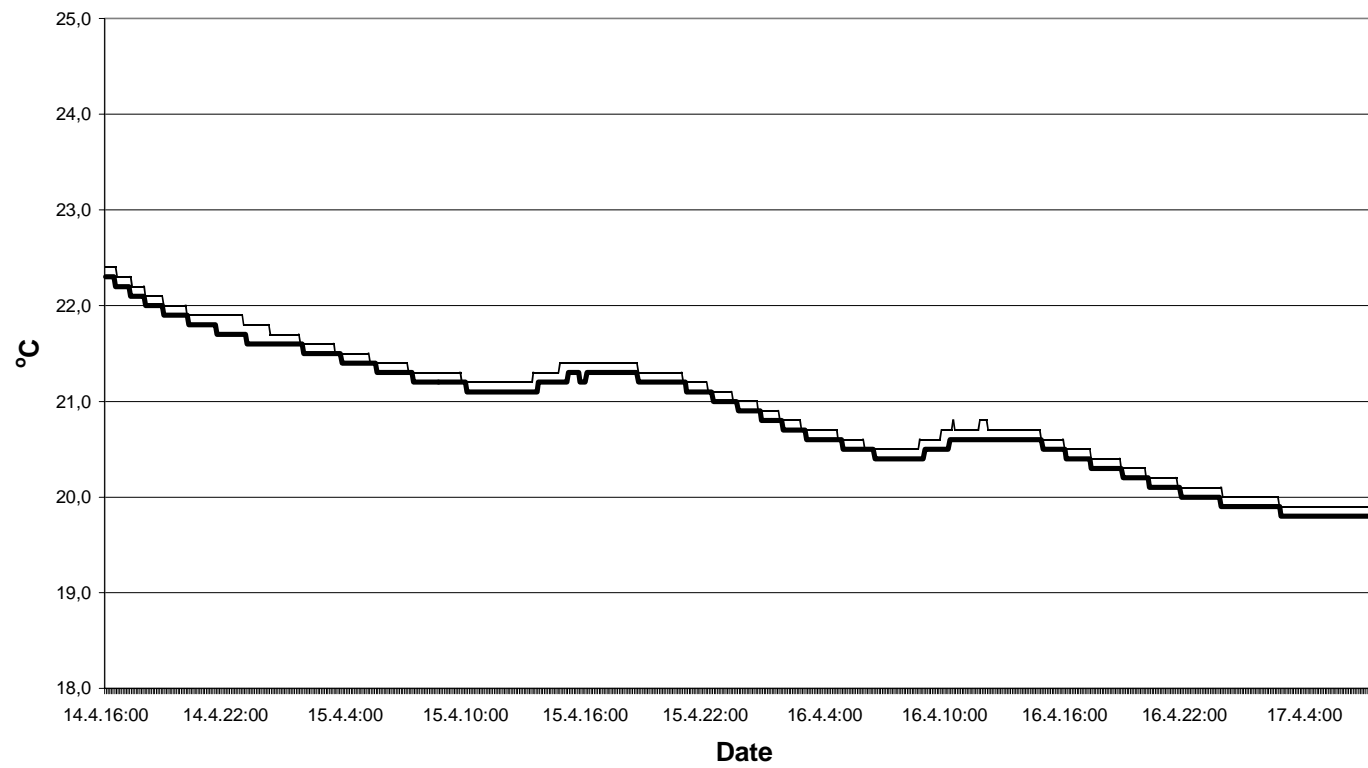


Lufttemperatur (t1.1) og operativ temperatur kveld/natt



Lufttemperatur (t1.1) og operativ temperatur helg

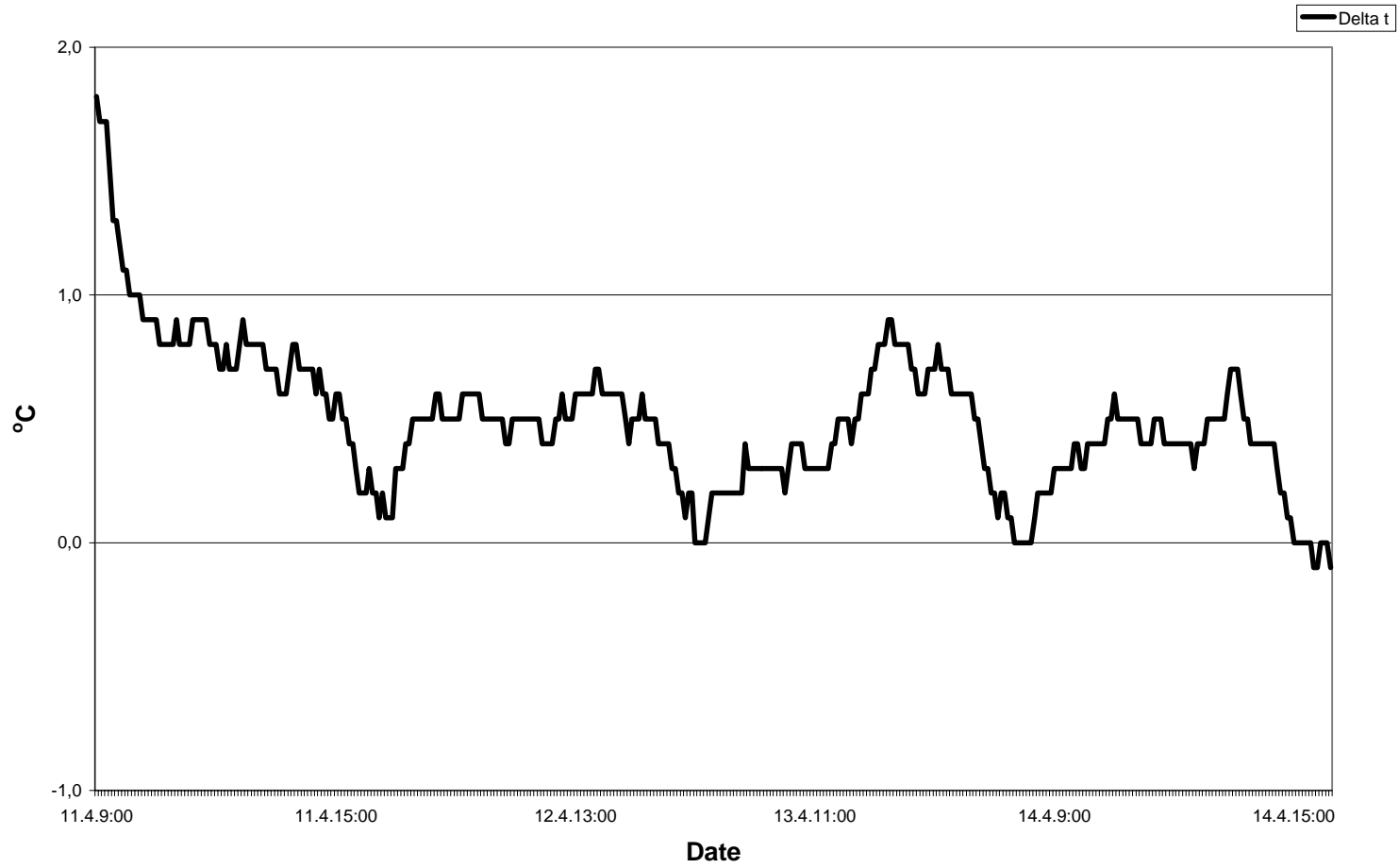
— t1.1
- - - toperativ

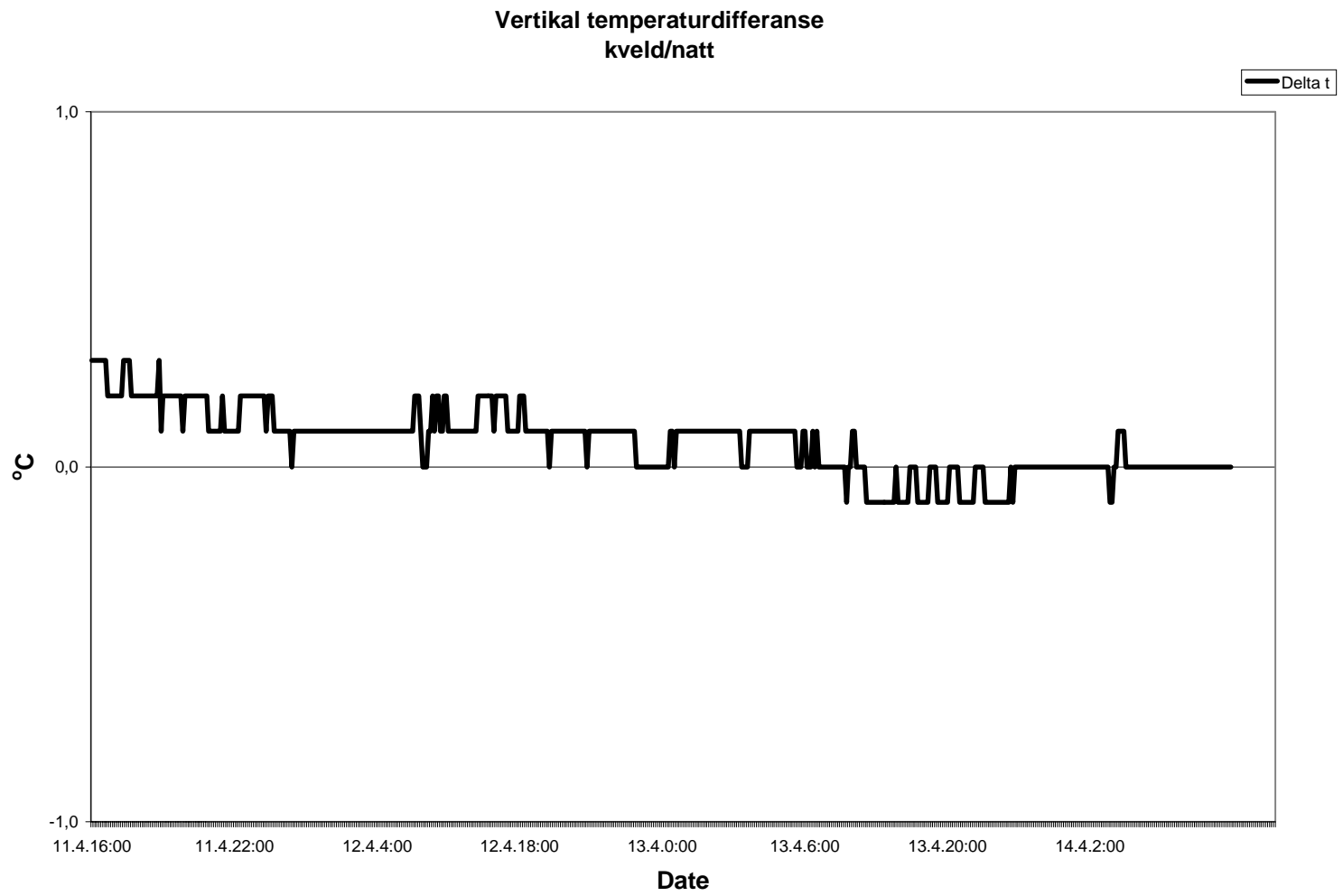


Vedlegg D

Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse (Δt)

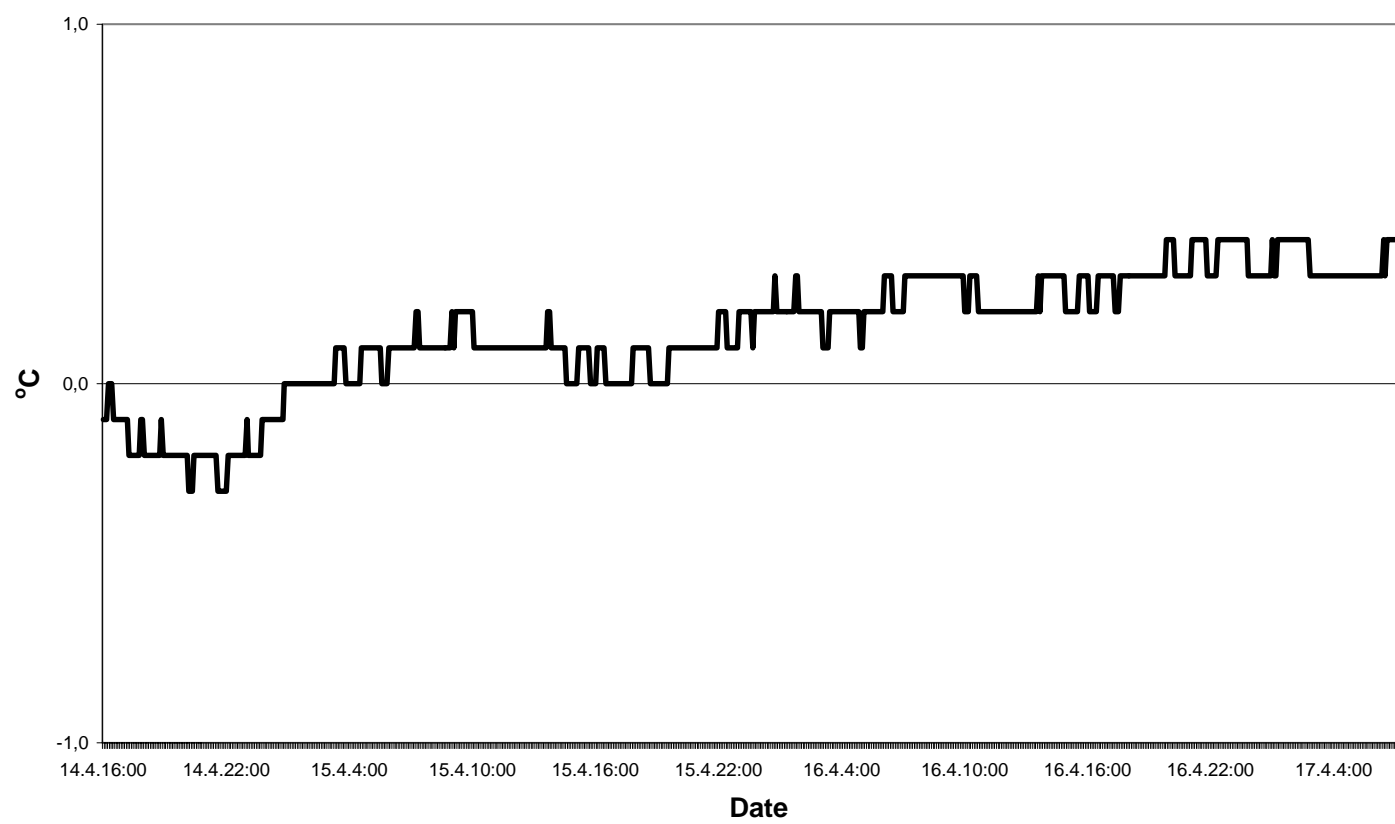
Vertikal temperaturdifferanse Arbeidstid





Vertikal temperaturdifferanse helg

— Delta t



Vedlegg E

Grafisk presentasjon av måleresultatene for karbondioksid (CO₂) og karbonmonoksid (CO)

Vedlegg F

Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC)



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORT NR. OR 56/2000	ISBN 82-425-1221-3 ISSN 0807-7185	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 50	PRIS NOK 75,-
TITTEL Inneklimaundersøkelse i kontor Transportøkonomisk institutt (TØI)		PROSJEKTLEDER Bodil Innset	
		NILU PROSJEKT NR. O-100059	
FORFATTER(E) Bodil Innset og Rita Larsen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Astrid Abelvik	
OPPDRAGSGIVER Transportøkonomisk institutt (TØI) Postboks 6110 Helsefyr 0602 Oslo Att.: Astrid Abelvik			
STIKKORD Inneklima	Luftkvalitet	Kontorlokaler	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) utførte 11. -17. april 2000 en inneklimaundersøkelse i et kontor i kontorlokalene til Transportøkonomisk institutt (TØI) på Helsefyr i Oslo. Målingene ble utført i kontor 509 i 5. etasje. Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO ₂), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, lufthastighet (trekk), svevestøv (PM ₁₀ /PM _{2,5}), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO ₂). Resultatene av undersøkelsen viser at operativ temperatur i kontoret lå innenfor anbefalt norm. Lufttemperaturen i kontoret i arbeidstiden og om natten lå imidlertid over det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20–22 °C). Temperaturen i kontoret kan med fordel senkes 2-3°C. Dette vil også føre til at relativ fuktighet i kontoret øker. De andre parametrene i undersøkelsen lå innenfor de anbefalte faglige normer for inneklima.			
TITLE Investigation of indoor air, Institute of Transport Economics, Oslo			
ABSTRACT			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres