

NILU: OR 50/99
REFERANSE: E-99003
DATO: SEPTEMBER 1999
ISBN: 82-425-1114-4

Inneklimaundersøkelse på Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune

Bodil Innset

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.....	8
3.2.2.1 Målemetode.....	8
3.2.2.2 Partikkeltyper og mulige kilder	8
3.2.2.3 Mulige helseeffekter	9
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 Formaldehyd	10
3.2.4.1 Målemetode.....	10
3.2.4.2 Mulige kilder.....	10
3.2.4.3 Mulige helseeffekter	10
3.2.5 Karbondioksid (CO ₂)	11
3.2.5.1 Målemetode.....	11
3.2.5.2 Mulige kilder.....	11
3.2.5.3 Mulige helseeffekter	11
3.2.6 Karbonmonoksid (CO).....	11
3.2.6.1 Målemetode.....	11
3.2.6.2 Mulige kilder.....	11
3.2.6.3 Mulige helseeffekter	11
3.2.7 Nitrogendioksid (NO ₂).....	12
3.2.7.1 Målemetode.....	12
3.2.7.2 Mulige kilder.....	12
3.2.7.3 Mulige helseeffekter	12
3.2.8 Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet	12
3.2.9 Tilført uteluftmengde og luftskifte.....	14
3.2.9.1 Målemetode.....	15
4 Anbefalte faglige normer for inneklima	15
5 Resultater og diskusjon	16
5.1 Temperatur og relativ fuktighet	17
5.2 Tilført uteluftmengde og luftomsetning.....	20

5.3	Karbondioksid.....	21
5.4	Svevestøv.....	23
5.5	Avsatt støv.....	24
5.6	Flyktige organiske komponenter (VOC).....	25
5.7	Formaldehyd.....	25
5.8	Karbonmonoksid.....	26
5.9	Nitrogendioksid (NO ₂).....	26
6	Konklusjon.....	27
7	Referanser.....	27
	Vedlegg A Planskisse av Sten-Tærud skole.....	29
	Vedlegg B Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur (t_{1,i}) inne, relativ fuktighet (RH) inne og utetemperatur.....	33
	Vedlegg C Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur (t_{1,i}) og operativ temperatur.....	37
	Vedlegg D Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse.....	41
	Vedlegg E Grafisk presentasjon av måleresultatene for karbondioksid (CO₂) og karbonmonoksid (CO).....	45
	Vedlegg F Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC).....	49
	Vedlegg G Måleresultater for formaldehyd samt andre aldehyder og ketoner.....	53

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ga vinteren 1998/99 Skedsmo kommune tilbud om å gjennomføre en inneklimaundersøkelse i en av kommunens skoler for å demonstrere hvilke type målinger NILU kan tilby i forbindelse med kartlegging av inneklima. Skedsmo kommune takket ja til tilbudet og valgte Sten-Tærud skole som prøvested. Inneklimaundersøkelsen ble gjennomført 11.-18. januar 1999.

Sten-Tærud skole ble bygget i 1955 og har senere blitt utvidet i flere byggetrinn. Klasserom 8 ligger i en bygning fra første byggetrinn etter 1955, mens arbeidsværelset til lærerne ligger i det siste tilbygget som stod ferdig i 1996.

Målingene ble utført i to rom; i lærernes arbeidsrom i den nye fløyen og i klasserom 8 i den gamle fløyen. Måleprogrammet omfattet følgende parametere: Karbondioksid (CO_2), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, svevestøv ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC) og formaldehyd (HCHO). Det ble også utført målinger av tilført uteluftmengde og luftskifte.

Resultatene viser at lufttemperaturen i klasserom 8 var relativt konstant i hele måleperioden og lå innenfor det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20–22 °C). Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) har anbefalt et intervall for operativ temperatur for vinter på 20–24°C. Operativ temperatur for klasserommet varierte stort sett innenfor det anbefalte temperaturintervallet med unntak av en episode 15. januar. Resultatene for arbeidsrommet viser at lufttemperaturen lå i området 24–25 °C. Temperaturen i rommet bør senkes 3–4 °C for å komme ned til optimalt temperaturnivå for arbeidsrom. Resultatene for operativ temperatur lå i overkant av Folkehelsas anbefalte temperaturintervall for vinter.

Den vertikale temperaturredifferansen var i begge rommene mindre enn Folkehelsas anbefalte norm. Den relative fuktigheten lå i begge rommene stort sett i underkant av Folkehelsas anbefalte intervall for relativ fuktighet.

Målte CO_2 -konsentrasjoner i lærernes arbeidsrom lå i hele måleperioden godt under anbefalt faglig norm for CO_2 . Konsentrasjonene var i samme størrelsesorden som CO_2 -konsentrasjoner i uteluft. Dette indikerer at luftskiftet i arbeidsrommet var tilfredsstillende for den personbelastningen som var i rommet under måleperioden. Resultatene for klasserom 8 viser konsentrasjonsnivåer i undervisningstiden som ligger høyere enn anbefalt norm. Den maksimale CO_2 -konsentrasjonen på dagtid i måleperioden var 2 330 mg/m³ (1 278 ppm). I deler av måleperioden var elevtallet lavere enn normalt. Det er derfor rimelig å anta at CO_2 -konsentrasjonene i disse periodene ville ligget høyere ved normal personbelastning. Resultatene indikerer at luftskiftet i klasserommet ikke er tilfredsstillende.

Selv om målingene ikke ble utført på samme dag, viser måleresultatene av tilført uteluft og luftskifte god overensstemmelse i begge rommene. Resultatene viser at

tilført uteluftmengde i arbeidsrommet lå litt i overkant av kravspesifikasjonene for ventilasjonsanlegget. Tilført uteluftmengde i klasserom 8 var betydelig lavere enn anbefalt norm for elevrom. Dette viser at ventilasjonsanlegget i arbeidsrommet fungerer tilfredsstillende når det gjelder tilførsel av uteluft. I klasserommet er det behov for betydelig bedre luftskifte.

Målte svevestøvkonsentrasjoner lå i alle prøver godt under anbefalte normer. Konsentrasjonene målt i klasserom 8 lå generelt noe høyere enn i arbeidsrommet.

Støvprøven fra begge rom inneholdt en forholdsvis stor andel tekstil- og papirfibrer. Støvsammensetningen er typisk for det man finner i skolelokaler.

Målte VOC-konsentrasjoner var lave sammenlignet med TVOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. De fleste komponentene som er identifisert finner en vanligvis i slike lave konsentrasjoner innendørs. Komponentensammensetningen var med ett unntak lik det NILU vanligvis finner i boliger og kontorlokaler. Diklorbenzen finner en sjelden i luftprøver innendørs, selv om den er mye brukt som løsemiddel og avfettingsmiddel. VOC-målingene viser at det ikke er noen uvanlig store VOC-kilder innendørs verken i lærernes arbeidsrom eller i det utvalgte klasserommet.

Den målte formaldehydkonsentrasjonen i klasserom 8 lå langt under anbefalt faglig norm. Målte konsentrasjoner av aldehyder og ketoner var relativt lave i forhold til det man vanligvis måler i innemiljø.

Målte CO- og NO₂-konsentrasjoner lå langt under Folkehelsas anbefalte faglige normer for inneklima. Dette viser at rommene ikke er vesentlig belastede med forurensning fra trafikk og/eller forbrenning.

Inneklimaundersøkelse på Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ga vinteren 1998/99 Skedsmo kommune tilbud om å gjennomføre en inneklimaundersøkelse i en av kommunens skoler for å demonstrere hvilke type målinger NILU kan tilby i forbindelse med kartlegging av inneklima. Skedsmo kommune takket ja til tilbudet og valgte Sten-Tærud skole som prøvested. Inneklimaundersøkelsen ble gjennomført 11.-18. januar 1999.

2 Generelt om bygningene

Planskisser for Sten-Tærud skole er vist i vedlegg A. Sten-Tærud skole ble bygget i 1955, og har senere blitt utvidet i flere byggetrinn. Klasserom 8 ligger i en bygning fra første byggetrinn etter 1955, mens arbeidsværelset til lærerne ligger i det siste tilbygget som stod ferdig i 1996.

Lærernes arbeidsrom har balansert ventilasjonsanlegg som består av 7 tilluftskanaler. Klasserom 8 har mekanisk avtrekk med tilførsel av luft gjennom ventiler i vindusrammene på grunn av undertrykk i rommet. Fire avtrekksventiler er plassert i takhøyde på motsatte vegg av vindusveggen. Avtrekksventilene er tilknyttet en felles avtrekksvifte på loftet, som betjener 7-8 klasserom.

3 Måleprogram

3.1 Måleprogram og parametre

Målesteder. Målingene ble utført i to rom:

- 1) Arbeidsrom for lærerne i ny fløy
- 2) Klasserom 8 i gammel fløy

Måleperiode. Det ble utført målinger i to eller fire døgn i hvert rom. Prøvetakingstiden var forskjellig for de ulike parametrene.

Parametere: Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, svevestøv (PM₁₀/PM_{2,5}), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC) og formaldehyd. Det ble også utført målinger av tilført uteluftmengde og luftskifte.

Personell: NILU-personell rigget opp måleutstyret, mens vaktmesteren på Sten-Tærud skole 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, Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune.

Parametre	Målemetode	Prøvetakingstid	Antall prøver
Klimaparametere: Lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperatur-profil, utetemperatur, relativ fuktighet og lufthastighet	Diverse*	Kontinuerlig i 2 døgn pr. målepunkt (5 min. log)	-
Tilført uteluftmengde	Portabel lufthastighetsmåler TSI Velocicalc Plus	-	-
Luftskifte	Sporstoff / Gasskromatografi (GC)	**	-
CO ₂	IR absorpsjon	Kontinuerlig i 2 døgn pr. målepunkt (5 min. log)	-
CO	IR absorpsjon	Kontinuerlig i 2 døgn pr. målepunkt (5 min. log)	-
NO ₂	Impregnerte filtre / Spektrofotometri	2 uker	2
Svevestøv(PM ₁₀ /PM _{2,5})	Gravimetrisk metode	8 timer/16 timer	8
Avsatt støv	Lysmikroskopi	-	2
VOC	Tenaxrør / GC-MS	1 uke	2
Formaldehyd	Abs.rør / HPLC	2 timer	1

*) Se beskrivelse i avsnitt 3.2.8

**) P.g.a. tekniske problemer med den bærbare gasskromatografen, ble både injisering av sporstoff og prøvetaking av luftprøver i klasserommet foretatt med sprøyter. Sprøytene med luftprøver ble returnert til NILUs laboratorium for kjemisk analyse og beregning av luftskifte.

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) på hvert

målested. 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. Partikkelkonsentrasjonene 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, 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 kjørebanelen gir store mengder partikler med diameter mellom $2,5 \mu\text{m}$ og $10 \mu\text{m}$ på dager med bar og tørr kjørebane om vinteren. Det gir også 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.

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

Svevestøvetts grovfraksjon ($PM_{10-2,5}$) inneholder partikler med diameter større enn $2,5 \mu\text{m}$ og mindre enn $10 \mu\text{m}$. 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 effekt. 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 hvert rom samt en støvprøve fra en filterpose i en tilluftskanal til rom C 616. Partiklene ble identifisert i NILUs laboratorium v.h.a. lysmikroskopi. De fleste partikler over noen få mikrometer ($1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ mm}$) lar seg bestemme på denne måten. Men metodens nøyaktighet avtar når partiklene blir mindre. Partikler under $1\mu\text{m}$ 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 røking 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. $1\mu\text{m}$ (mikrometer) og $100\mu\text{m}$; men en finner selvsagt partikler som i størrelse avviker betydelig fra endeverdiene i denne skala. Således er sotpartikler gjerne mindre enn $1\mu\text{m}$, mens mange tekstilfibrer har lengder betydelig større enn $100\mu\text{m}$. Typer av tilstedeværende materialer og menneskelig aktivitet vil ha betydning for partikkelstørrelsesfordelingen.

Partikler mindre enn ca. $75\mu\text{m}$ kaller vi svevestøv. Partikler over dette betegnes nedfallsstøv. Nedfallsstøv avsetter seg relativt hurtig, og nær kilden.

Finfraksjon (respirable partikler): Partikler med diameter under ca. $2,5\mu\text{m}$ 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 PM_{2,5} og PM₁₀ 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. Asbestfibrer 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 og 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 gaskromatografi med masseselektiv detektor (GC-MSD).

Det ble tatt en VOC-prøve i hvert rom. VOC-målingene på Sten-Tærud skole ble utført med passiv prøvetaker og prøvetakingstiden var ca 1 uke.

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 veitrafikk 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 Formaldehyd

Formaldehyd (HCHO) er en brennbar, fargeløs reaktiv gass som polymeriserer lett ved normal romtemperatur og trykk. Formaldehyd har en kraftig, stikkende lukt.

3.2.4.1 Målemetode

Prøvetakingen av formaldehyd ble utført med absorpsjonsrør impregnert med 2,4-dinitrofenylhydrazin. Aldehyder og ketoner reagerer til de respektive hydrazone, som vaskes ut av røret og analyseres med væskrokromatografi (HPLC).

Målingene av formaldehyd på Sten-Tærud skole ble utført med aktiv prøvetaking og prøvetakingstiden var ca. 2 timer.

3.2.4.2 Mulige kilder

Innendørs kilder er de viktigste for menneskelig eksponering av formaldehyd. En rekke produkter kan inneholde formaldehyd slik som harpiks, lim, isoleringsmateriale, sponplater, finer og tekstiler. Andre innendørskilder er røyking, dårlig fungerende ovner/peis og matlaging. En viktig utendørskilde er forbrenningsmotorer uten katalytisk etterbrenner.

3.2.4.3 Mulige helseeffekter

Det er betydelig variasjon i den individuelle følsomheten overfor formaldehyd. Klar økning i irritasjonssymptomer forekommer på nivåer over 0,1 mg/m³ hos friske individer. Ved konsentrasjoner over 1,2 mg/m³ kommer det til forsterkning av symptomer og effekter. Lungefunksjon er imidlertid ikke påvirket hos friske og astmatiske opp til 3,7 mg/m³ i for øvrig ren inneluft. Eksponering av formaldehyd kan medføre nesekreft ved høye celledskadende konsentrasjoner. Ubetydelig risiko ved lave konsentrasjoner.

3.2.5 Karbondioksid (CO₂)

3.2.5.1 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.

3.2.5.2 Mulige kilder

Karbondioksid (CO₂) er en fargeløs og luktfri gass som foreligger naturlig i atmosfæren i en konsentrasjon på ca. 400 ppm. I fast form eksisterer den som "tørris". Ved 1 atm. forandres CO₂ direkte fra fast form til gassform.

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

3.2.5.3 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.

3.2.6 Karbonmonoksid (CO)

3.2.6.1 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.

3.2.6.2 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).

3.2.6.3 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.

3.2.7 Nitrogendioksid (NO₂)

3.2.7.1 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 ved hjelp av spektrofotometri.

3.2.7.2 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 innemiljøproblem her i landet.

3.2.7.3 Mulige helseeffekter

Ved inhalasjon vil 80-90% av NO₂ absorberes. På grunn av den relativt lave vannløseligheten 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 mottakelighet 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

3.2.8 Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet

Temperatur og relativ fuktighet ble målt med kontinuerlig registrerende instrumenter i minimum 2 døgn i hvert rom, og måleresultatene ble presentert med en tidsoppløsning på 5 minutt.

Temperatur

Målemetode

Det ble utført målinger av lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperaturdifferanse og trekk innendørs samt utetemperatur. Temperaturene ble målt vha. elektroniske (digitale) temperaturmålere 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 eller det termiske klima.

Operativ temperatur er den temperaturen vi opplever omgivelsene har. Operativ temperatur kan noe forenklet sies å være middelverdien 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 varmluftsoppvarming
- manglende tilpassing av bekledning til aktivitet og termiske forhold
- varmeutvikling pga. for stor persontetthet i rommet

Mulige effekter på mennesker og materialer

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

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 mugglukt og forekomst av bl.a. akutte og kroniske luftveisinfeksjoner, 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.

Anbefalte normer

Under normale forhold har variasjoner i luftens fuktighet innenfor variasjonsområdet 20-60 % relativ fuktighet liten innflytelse på inneklimate. Optimal fuktighet i et rom ligger i området 35-45 %.

Luftfuktigheten i et rom kan variere mye. Vinterstid er som regel den relative luftfuktigheten innendørs lavere enn 35-40 %. Den relative luftfuktigheten i et rom bør imidlertid ikke overstige 45 % som gjennomsnitt over året.

Lufthastighet/trekk

Lufthastighet ble ikke målt i denne undersøkelsen på grunn av tekniske problemer med måleinstrumentet.

3.2.9 Tilført uteluftmengde og luftskifte

Tilført uteluftmengde og luftskifte er svært viktige indikatorer for vurdering av luftkvalitet. Tilført uteluftmengde i de enkelte rom måles i m³/t. Luftskifte bestemmes vanligvis indirekte ut fra målinger av lufthastighet i ventilasjonsanlegg. Reelt luftskifte kan være langt dårligere enn hva slike målinger indikerer. NILUs metode beregner reelt luftskifte direkte og påvirkes ikke av kortslutningseffekter, dårlig fordeling og andre bygningstekniske forhold.

3.2.9.1 Målemetode

Tilført uteluftmengde ble målt med en bærbar lufthastighetsmåler, TSI Velocicalc Plus.

NILUs metode for luftskiftemåling går ut på at man fordeler en sporgass jevnt i rommet og måler hvordan konsentrasjonen synker med tiden. Dermed kan man beregne hvert roms reelle luftskifte uavhengig av ventilasjonsanleggets konstruksjon. Resultater fra målingene vil også inkludere effekter som skyldes spesielle bygningstekniske forhold. Konsentrasjonsendringene måles ved hjelp av en gasskromatograf.

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 Folkehelsa på oppdrag fra Sosialdepartementet. Tabell 2 viser normene for komponentene målt i denne undersøkelsen.

Anbefalte faglige normer for inneklima angir maksimalverdier som ikke bør overskrides, mens den anbefalte verdien for tilført uteluftmengde i skoler angitt i Byggforskserien, er en verdi som bør etterstrebes og holdes konstant.

Tabell 2: *Anbefalte faglige normer for inneklima for utvalgte komponenter. Normene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.*

Midlingstid	30 min	1 time	8 timer	24 timer	Maks. verdi
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Folkehelse 1998)	-	-	-	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Total svevestøvmengde (PM _{2,5} + PM ₁₀) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
VOC	-	-	-	-	-
Formaldehyd	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	1 800 mg/m^3 ₂₎
CO	-	25 mg/m^3	10 mg/m^3	-	-
NO ₂	-	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-
Operativ temperatur	Anbefalt temperaturintervall vinter: 20-24°C, sommer: 23-26°C				
Vertikal temperaturredifferanse	-	-	-	-	3°C
Relativ fuktighet (RF)	Anbefalt variasjonsområde 20-60%				
Lufthastighet	-	-	-	-	0,15 m/s
Tilført uteluftmengde	20 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{t}$ ¹⁾				
Luftskifte	-				

1) Ventilasjon og inneklima i skoler. Byggeforskeren. Byggedetaljer 552.311. Oslo 1996.

2) 1800 mg/m^3 = 1000 ppm ved 20 °C

5 Resultater og diskusjon

Klasserom 8, som i dette skoleåret tilhørte klasse 6C, hadde få elever i deler av måleperioden da klassen var fordelt på to rom.

Da strømtilførsel til måleutstyret ble brutt på ettermiddagen fredag 15. januar gikk kun batteridrevne måleinstrumenter i helgen 16. - 17. januar (målinger av temperatur og relativ fuktighet).

5.1 Temperatur og relativ fuktighet

En grafisk fremstilling av resultatene av målingene av lufttemperatur ($t_{1,1}$) og relativ fuktighet (RH) inne, samt utetemperatur 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 temperaturredifferanse er vist grafisk i vedlegg D.

Tabell 3: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier på dagtid, om natta og på helgedager av lufttemperatur 1,1 m over gulvet ($t_{1,1}$), vertikal temperaturredifferanse ($\Delta t = t_{1,1} - t_{0,1}$) og relativ fuktighet (RH), Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune.

Målested		Måleperiode	Minimum			Maksimum			Gjennomsnitt		
			$t_{1,1}$ °C	Δt °C	RH %	$t_{1,1}$ °C	Δt °C	RH %	$t_{1,1}$ °C	Δt °C	RH %
Arbeidsrom	Dag	11.01, 1118 - 11.01, 1558	24,4	0,6	11,0	25,1	1,5	12,5	24,8	1,3	11,6
	Natt	11.01, 1603 - 12.01, 0758	23,8	1,2	10,5	24,7	2,0	11,8	24,3	1,5	11,1
	Dag	12.01, 0803 - 12.01, 1558	24,0	0,6	9,4	24,7	1,5	11,8	24,4	1,2	10,1
	Natt	12.01, 1603 - 13.01, 0758	23,7	1,0	9,0	24,7	2,4	11,1	23,9	1,7	9,6
	Dag	13.01, 0803 - 13.01, 1448	20,1	0,1	9,8	24,6	2,3	15,9	23,5	1,6	11,4
	Helg*	16.01, 0804 - 18.01, 0759	20,7	-	20,7	23,5	-	26,1	23,0	-	23,2
Klasse-rom 8	Dag	13.01, 1453 - 13.01, 1548	20,3	0,4	13,9	20,9	1,2	15,1	20,4	0,5	14,6
	Natt	13.01, 1603 - 14.01, 0758	19,9	-0,1	13,1	21,1	1,6	19,8	20,2	0,6	14,2
	Dag	14.01, 0803 - 14.01, 1558	20,3	0,3	13,9	21,7	2,0	22,7	21,0	1,2	16,1
	Natt	14.01, 1603 - 15.01, 0758	19,5	-0,1	12,7	21,2	1,5	20,9	20,0	0,4	13,9
	Dag	15.01, 0803 - 15.01, 1558	16,8	0,3	13,2	23,9	4,5	24,1	20,8	1,9	16,4
	Natt	15.01, 1603 - 16.01, 0338	20,2	0,3	13,9	20,5	1,1	16,4	20,3	0,6	14,6
	Helg	16.01, 0343 - 18.01, 0758	20,3	0,2	16,4	22,4	1,6	32,1	21,1	0,7	21,7
	Dag	18.01, 0803 - 18.01, 1558	20,2	0,3	23,8	24,3	3,4	32,9	22,1	1,2	26,8
	Natt	18.01, 1603 - 18.01, 2358	21,6	0,5	23,0	21,6	0,6	24,3	21,6	0,5	23,6

Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av lufttemperatur 1,1 m over gulvet ($t_{1,1}$), vertikal temperaturredifferanse (Δt) og relativ fuktighet (RH) er vist i Tabell 3. Tabell 4 og Tabell 5 viser tilsvarende verdier for henholdsvis operativ temperatur og utetemperatur.

Tabell 4: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier på dagtid, om natta og på helgedager av operativ temperatur, Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune.

Målested		Måleperiode	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
			$t_{operativ}$	$t_{operativ}$	$t_{operativ}$
			°C	°C	°C
Arbeidsrom	Dag	11.01, 1118 - 11.01, 1558	24,7	25,1	25,0
	Natt	11.01, 1603 - 12.01, 0758	24,0	24,7	24,1
	Dag	12.01, 0803 - 12.01, 1558	24,3	24,7	24,6
	Natt	12.01, 1603 - 13.01, 0758	23,6	24,7	24,0
	Dag	13.01, 0803 - 13.01, 1448	20,9	24,7	23,5
Klasse-rom 8	Dag	13.01, 1453 - 13.01, 1548	20,5	20,9	20,7
	Natt	13.01, 1603 - 14.01, 0758	20,1	21,3	20,4
	Dag	14.01, 0803 - 14.01, 1558	20,5	21,7	21,2
	Natt	14.01, 1603 - 15.01, 0758	20,1	21,7	20,3
	Dag	15.01, 0803 - 15.01, 1558	17,1	30,5	21,8
	Natt	15.01, 1603 - 16.01, 0338	20,5	20,9	20,6
	Helg	16.01, 0343 - 18.01, 0758	20,9	22,8	21,3
	Dag	18.01, 0803 - 18.01, 1558	20,5	25,5	22,5
	Natt	18.01, 1603 - 18.01, 2358	21,7	21,7	21,7

Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av utetemperatur (t_{ute}) på dagtid i måleperioden er vist i Tabell 6. Det ble ikke målt utetemperatur helgedagene 16.-17. januar, da temperaturføleren utendørs på grunn av en misforståelse ble tatt inn ved skoleslutt fredag 15. januar.

Tabell 5: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av utetemperatur på dagtid og om natta, Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune.

Målested		Måleperiode	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
			t_{ute} °C	t_{ute} °C	t_{ute} °C
Utenfor arbeidsrom	Dag	11.01, 1118 - 11.01, 1558	-7,4	-4,2	-5,9
	Natt	11.01, 1603 - 12.01, 0758	-9,2	-6,7	-7,5
	Dag	12.01, 0803 - 12.01, 1558	-9,6	-8,5	-9,1
	Natt	12.01, 1603 - 13.01, 0758	-11,7	-8,8	-9,9
	Dag	13.01, 0803 - 13.01, 1448	-9,2	-2,0	-8,1
Utenfor klasserom 8	Dag	13.01, 1453 - 13.01, 1548	-9,6	-8,5	-8,8
	Natt	13.01, 1603 - 14.01, 0758	-9,9	-8,5	-9,2
	Dag	14.01, 0803 - 14.01, 1558	-9,2	-7,1	-8,2
	Natt	14.01, 1603 - 15.01, 0758	-10,3	-8,5	-9,5
	Dag	15.01, 0803 - 15.01, 1558	-8,5	-1,0	-4,1
	Natt	15.01, 1603 - 16.01, 0338	-	-	-

Tabell 6: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av utetemperatur (t_{ute}) på dagtid i måleperioden.

Målested	Måleperiode	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
		t_{ute} °C	t_{ute} °C	t_{ute} °C
Utenfor arbeidsrom	11.01.99, kl 1118 - 13.01.99, kl 1448	-9,6	-2,0	-7,7
Utenfor klasserom 8	13.01.99, kl 1453 - 18.01.99, kl 0758	-9,9	-1,0	-7,0

Resultatene viser at lufttemperaturen i klasserom 8 var relativt konstant i hele måleperioden og lå innenfor det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt i arbeidsrom (20–22 °C). En episode om morgenen 15. januar viser et fall i temperatur til ca. 17 °C ca. kl. 0930 og deretter stigning til ca. 24 °C ca. kl. 1100 før temperaturen igjen var tilbake i optimalt område ca. kl. 1230. Dette skyldes sannsynligvis en lengre utluftingsperiode (ca. en halv time) tidlig på dagen etterfulgt av rask oppvarming ved hjelp av radiatorer. Operativ temperatur for klasserommet varierte stort sett innenfor Folkehelsas anbefalte temperaturintervall for vinter på 20-24 °C med unntak av episoden 15 januar.

Resultatene for arbeidsrommet viser at lufttemperaturen lå i området 24-25 °C. Temperaturen i rommet bør senkes 3-4 °C for å komme ned til optimalt temperaturnivå for arbeidsrom. Temperaturen i arbeidsrommet var høy også om natta til tross for at det var relativt kaldt utendørs. Natttemperaturen bør derfor også senkes. Temperaturreguleringen i arbeidsrommet må generelt bli bedre. Resultatene for operativ temperatur lå i overkant av Folkehelsas anbefalte temperaturintervall for vinter på 20-24 °C.

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

Den relative fuktigheten lå i begge rommene stort sett i underkant av Folkehelsas anbefalte intervall for relativ fuktighet på 20-60 %. Arbeidsrommet hadde som forventet på bakgrunn av de relativt høye temperaturene lavest relativ fuktighet.

5.2 Tilført uteluftmengde og luftomsetning

Resultatene fra målingene av tilført uteluftmengde er vist i Tabell 7 og Tabell 8 for henholdsvis arbeidsrommet og klasserom 8. Arbeidsrommet har et balansert ventilasjonsanlegg med 7 tilluftskanaler. Målingene ble utført på tre av syv tilluftsventiler. Målingene i arbeidsrommet ble utført både ved normal kapasitet og ved maksimal kapasitet på ventilasjonsanlegget. Klasserommet har ikke mekanisk ventilasjonsanlegg, men rommet har fire avtrekksventiler. Målingene i klasserommet ble utført på avtrekksventilene.

Tabell 9 viser resultatene for luftskiftmålingene.

Tabell 7: *Tilført uteluftmengde i arbeidsrom for lærerne (areal 104 m²), 11. januar 1999 kl 0950, Sten-Tærud skole.*

Kapasitet ventilasjonsanlegg	Målested	Tilført friskluftmengde m ³ /t	Tilført friskluftmengde m ³ /m ² /t
Normal	Bås 3	138	10,6
	Bås 4	142	
	Bås 7	193	
	Hele rommet (7 båser)	1104	
Maksimal	Bås 3	286	18,2
	Bås 4	242	
	Bås 7	285	
	Hele rommet (7 båser)	1897	

Tabell 8: *Luftmengder i avtrekk i klasserom 8 (areal 69 m²), 11. januar 1999 kl 1100, Sten-Tærud skole.*

Kapasitet avtrekk	Målested	Luftmengde i avtrekk m ³ /t	Luftmengde i avtrekk m ³ /m ² /t
Normal	Avtrekkventil 1	105	6,1
	Avtrekkventil 2	94	
	Avtrekkventil 3	105	
	Avtrekkventil 4	118	
	Hele rommet	422	

Selv om målingene ikke ble utført på samme dag viser resultatene av tilført uteluft og luftskifte god overensstemmelse i begge rommene. Skedsmo kommunes konsulenter har utarbeidet egne kravspesifikasjoner for ventilasjonsanlegg for alle typer personalrom som er 12 m³/m²/t. Resultatene viser at tilført uteluftmengde i arbeidsrommet lå litt i overkant av spesifikasjonene. Tilført uteluftmengde i klasserom 8 var betydelig lavere enn anbefalt norm for eleverom på 20 m³/m²/t. Dette viser at ventilasjonsanlegget i arbeidsrommet fungerer tilfredsstillende når det gjelder tilførsel av uteluft. I klasserommet er det behov for betydelig bedre luftskifte.

Tabell 9: *Målt luftskifte, Sten-Tærud skole. Enhet: luftskifte/time*

Målested	Dato	Målt luftskifte/time*	Luftmengde m ³ /m ² /t
Arbeidsrom	19.01.1999	4,8	13,4
Klasserom 8	19.01.1999	1,9	6,3

*) Luftomsetning målt i oppholdssone

5.3 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 10.

Tabell 10: Målte konsentrasjoner av karbondioksid (CO₂) på dagtid, om natta og på helgedager i måleperioden, Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune. Enhet: mg/m³.

Målested		Måleperiode	Minimums-konsentrasjon		Maksimums-konsentrasjon		Gjennomsnittskonsentrasjon	
			CO ₂		CO ₂		CO ₂	
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Arbeidsrom	Dag	11.01.99, kl 0916 - 11.01.99, kl 1551	374	674	628	1132	436	786
	Natt	11.01.99, kl 1601 - 12.01.99, kl 0751	405	730	471	850	367	662
	Dag	12.01.99, kl 0801 - 12.01.99, kl 1551	358	646	491	885	399	719
	Natt	12.01.99, kl 1601 - 13.01.99, kl 0751	352	636	436	787	361	652
	Dag	13.01.99, kl 0801 - 13.01.99, kl 1331	364	657	448	815	386	698
	Helg*	16.01.99, kl 0804 - 18.01.99, kl 0759	330	602	433	789	339	618
Klasse-rom 8	Dag	13.01.99, kl 1357 - 13.01.99, kl 1557	398	728	616	1123	477	870
	Natt	13.01.99, kl 1602 - 14.01.99, kl 0757	338	619	717	1310	383	701
	Dag	14.01.99, kl 0802 - 14.01.99, kl 1557	363	664	1278	2330	640	1168
	Natt	14.01.99, kl 1602 - 15.01.99, kl 0757	329	602	872	1591	347	635
	Dag	15.01.99, kl 0802 - 15.01.99, kl 1557	352	640	1156	2093	634	1158
	Natt	15.01.99, kl 1602 - 16.01.99, kl 0242	333	609	410	750	351	641
	Helg	-	-	-	-	-	-	-

* Målt med et annet Q-track instrument.

Målte CO₂-konsentrasjoner i lærernes arbeidsrom viser som forventet noe forhøyede verdier i arbeidstiden, men konsentrasjonene lå i hele måleperioden godt under anbefalt faglig norm for CO₂ på 1800 mg/m³. Konsentrasjonene var i samme størrelsesorden som CO₂-konsentrasjoner i uteluft. Dette indikerer at luftskiftet i arbeidsrommet var tilfredsstillende for den personbelastningen som var i rommet under måleperioden.

Resultatene for klasserom 8 viser konsentrasjonsnivåer i undervisningstiden som ligger høyere enn anbefalt norm. Dette stemmer godt overens med resultatene for inntak av uteluft. Resultatene viser at CO₂-konsentrasjonen reduseres ved lufting og/eller redusert personbelastning i friminutter og stiger igjen ved personbelastning i rommet. Den maksimale CO₂-konsentrasjonen på dagtid i måleperioden var 2330 mg/m³ (1278 ppm) 14. januar.

I deler av måleperioden var elevtallet lavere enn normalt. Det er derfor rimelig å anta at CO₂-konsentrasjonene ved normal personbelastning i disse periodene ville

ligget høyere enn måleresultatene viser. Resultatene indikerer at luftskiftet i klasserommet ikke er tilfredsstillende.

5.4 Svevestøv

Analyseresultatene av svevestøv er vist i Tabell 11. I "Faglige normer for inneklimate" (november 1998) som er utarbeidet av en arbeidsgruppe ved Folkehelse med mandat fra Sosial- og Helsedepartementet, er anbefalt norm for finfraksjon $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 timers midlingstid). I Helsedirektoratets "Normer for inneluftkvalitet" fra 1991 er anbefalt norm for finfraksjon $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 timers midlingstid), mens anbefalt norm for total svevestøvmengde er $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 timers midlingstid).

Tabell 11: Gjennomsnittlige svevestøvkonsentrasjoner i innelufta på Sten-Tærud skole. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Prøve		Natt	Dag	Døgn	Natt	Dag	Døgn
Tid		11.01.99 - 12.01.99 1430-0745	12.01.99 0745-1540	11.01.99 - 12.01.99 1430-1540	12.01.99 - 13.01.99 1545-0713	13.01.99 0723-1432	12.01.99 - 13.01.99 1545-1432
Arbeids- rom	Fin- fraksjon ^a	1,9	2,1	4,0	1,1	3,8	4,9
	Grov- fraksjon ^b	1,7	3,9	5,6	1,7	4,5*	6,2
	Totalt ^c	3,6	6,0	9,6	2,8	8,3	11,1
Prøve		Natt	Dag	Døgn	Natt	Dag	Døgn
Tid		13.01.99 - 14.01.99 1453-0738	14.01.99 0745-1537	13.01.99 - 14.01.99 1453-1537	14.01.99 - 15.01.99 1539-0805	15.01.99 0807-1536	14.01.99 - 15.01.99 1539-1536
Klasse- rom 8	Fin- fraksjon ^a	6,0	5,4	11,4	2,4	7,8	10,2
	Grov- fraksjon ^b	4,6	18,1	22,7	2,3	16,8	19,1
	Totalt ^c	10,6	23,5	34,1	4,7	24,6	29,3

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

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

c Summen av konsentrasjonene av fin- og grovfraksjon.

*) Filter ødelagt.

Målte svevestøvkonsentrasjoner lå i alle prøver godt under anbefalte normer. Konsentrasjonene målt i klasserom 8 lå generelt noe høyere enn i arbeidsrommet.

Den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen av finfraksjon ble målt i klasserom 8 13.-14. januar 1999 og var $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens den høyeste totalkonsentrasjonen (8-timers middel) var $24,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i klasserom 8 i arbeidstiden 15. januar 1999.

5.5 Avsatt støv

Resultatene fra den kvalitative analysen av avsatt støv ved hjelp av lysmikroskopi er vist i Tabell 12.

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

Tabell 12: Resultater fra mikroskopering av avsatt støv, Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune

Prøvetakingssted	Identifiserte partikkeltyper	Mulige kilder
Arbeidsrom	Tekstilfibrer (stor andel)	Klær, møbler, gardiner
	Papirfibrer (stor andel)	Div. rekvisita (printerpapir, bøker o.a.)
	Hudrester	Mennesker
	Mineraler - kvarts - gips	Sand fra skotøy Byggemateriale(hovedsakelig veggplater)
	Pollen	Blomsterstøv utenfra
	Mel	Mat
	Sot (litt)	Trafikk, forbrenning, røking
	Glassfibrer	Byggematerialer
Klasserom 8	Tekstilfibrer (stor andel)	Klær, møbler, gardiner
	Papirfibrer (stor andel)	Div. rekvisita (printerpapir, bøker o.a.)
	Hudrester	Mennesker
	Mineraler: - kvarts - gips	Sand fra skotøy Byggemateriale(hovedsakelig veggplater)
	Pollen	Blomsterstøv utenfra
	Mel	Mat
	Sot (større andel)	Trafikk, forbrenning, røking
	Glassfibrer	Byggematerialer

Støvprøven fra begge rom inneholdt en forholdsvis stor andel tekstil- og papirfibrer. Støvsammensetningen er typisk for det man finner i skolelokaler.

På grunn av uhell på laboratoriet ble det meste av støvprøven fra klasserom 8 tapt, slik at den ikke fikk samme grundige undersøkelse som prøven fra arbeidsrommet. En screening-undersøkelse tyder imidlertid på at prøven ikke var vesentlig forskjellig fra denne. Prøven fra klasserommet inneholdt mer sot som

sannsynligvis skyldes at prøven også inneholdt avtørking av ventil for utgående luft.

5.6 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 13.

Tabell 13: Målte gjennomsnittskonsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i innelufta på Sten-Tærud skole. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målested	Tidsrom	Konsentrasjon av TVOC $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arbeidsrom	11.01.-19.01.1999	62,4
Klasserom 8	11.01.-19.01.1999	96,3

Målte VOC-konsentrasjoner var lave sammenlignet med TVOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. De fleste komponentene som er identifisert finner en vanligvis i slike lave konsentrasjoner innendørs. Komponentensammensetningen var med ett unntak lik det NILU vanligvis finner i boliger og kontorlokaler. Diklorbenzen finner en sjelden i luftprøver innendørs, selv om den er mye brukt som løsemiddel og avfettingsmiddel.

VOC-målingene viser at det ikke er noen uvanlig store VOC-kilder innendørs verken i lærernes arbeidsrom eller i det utvalgte klasserommet.

5.7 Formaldehyd

Resultatene av målingen av formaldehyd er vist i Tabell 14. Vedlegg G viser komponentsammensetningen av aldehyder og ketoner i prøven.

Tabell 14: Målte gjennomsnittskonsentrasjoner av formaldehyd i innelufta på Sten-Tærud skole. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målested	Tidsrom	Konsentrasjon av formaldehyd $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arbeidsrom	-	-
Klasserom 8	19.01.1999 0746 - 1008	8,0*

*) Prøvens midlingstid var ca. 2,5 timer.

Den målte formaldehydkonsentrasjonen i klasserom 8 lå langt under anbefalt faglig norm på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 30 minutters middel. Imidlertid er

formaldehydkonsentrasjonen midlet over 2,5 timer slik at det kan ha forekommet episoder i måleperioden med 30 minutters middel høyere enn anbefalt norm, selv om dette er lite sannsynlig.

Målte konsentrasjoner av aldehyder og ketoner var relativt lave i forhold til det man vanligvis måler i innemiljø.

5.8 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 15.

Tabell 15: Målte middelkonsentrasjoner av CO på Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune. Enhet: mg/m³.

Målested	Måleperiode	Maksimal timesmiddel i løpet av døgnet				Maksimal timesmiddel på dagtid kl 0800-1600		Maksimalt 8-timersmiddel på dagtid kl 0800-1600	
		Arbeids dager		Helge dager		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³				
Arbeidsrom	11.01.-17.01.1999	1,0	1,2	0	0	1,0	1,2	0,9	1,1
Klasserom 8	13.01.-15.01.1999	0	-	-	-	0	0	0	0

I "Anbefalte faglige normer for inneklimate" er anbefalt norm for CO 25 mg/m³ med 1 times midlingstid og 10 mg/m³ med 8-timers midlingstid.

Målte CO-konsentrasjoner lå langt de anbefalte normene.

5.9 Nitrogendioksid (NO₂)

Resultatene av målingene av nitrogendioksid er vist i Tabell 16.

Tabell 16: Målte gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrogendioksid (NO₂), Sten-Tærud skole. Enhet: µg/m³.

Målested	Tidsrom	Gjennomsnittskonsentrasjon av NO ₂
Arbeidsrom	11.01.99 -19.01.99	20
Klasserom 8	11.01.99 -19.01.99	31

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 rommene ikke er vesentlig belastede med forurensning fra trafikk og/eller forbrenning.

6 Konklusjon

Temperaturen i arbeidsrommet til lærerne lå over anbefalt norm.

Målte CO₂-konsentrasjoner i lærernes arbeidsrom lå i hele måleperioden godt under anbefalt faglig norm for CO₂ i innemiljø, mens CO₂-nivået i klasserommet lå høyere enn anbefalt norm i deler av undervisningstiden.

Måleresultatene for tilført uteluftmengde viser at det i arbeidsrommet til lærerne tilføres en uteluftmengde som ligger litt i overkant av kravspesifikasjonen for ventilasjonsanlegget. Tilført uteluftmengde i klasserom 8 var langt mindre enn anbefalt friskluftmengde for skoler.

De andre parametrene i undersøkelsen tilfredsstilte anbefalte faglige normer for inneklime.

Følgende tiltak anbefales:

- Temperaturen i arbeidsrommet bør senkes 3-4 °C.
- Lufterutinene i klasserom 8 bør forbedres.
- Tilført uteluftmengde i klasserom 8 bør økes.

7 Referanser

Folkehelsa (1998) Anbefalte faglige normer for inneklime. Rapport fra en arbeidsgruppe nedsatt av Folkehelsa 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) Luftkvaliteten i norske byer. Utvikling, årsaker, tiltak, framtid. Kjeller (NILU OR 69/98).

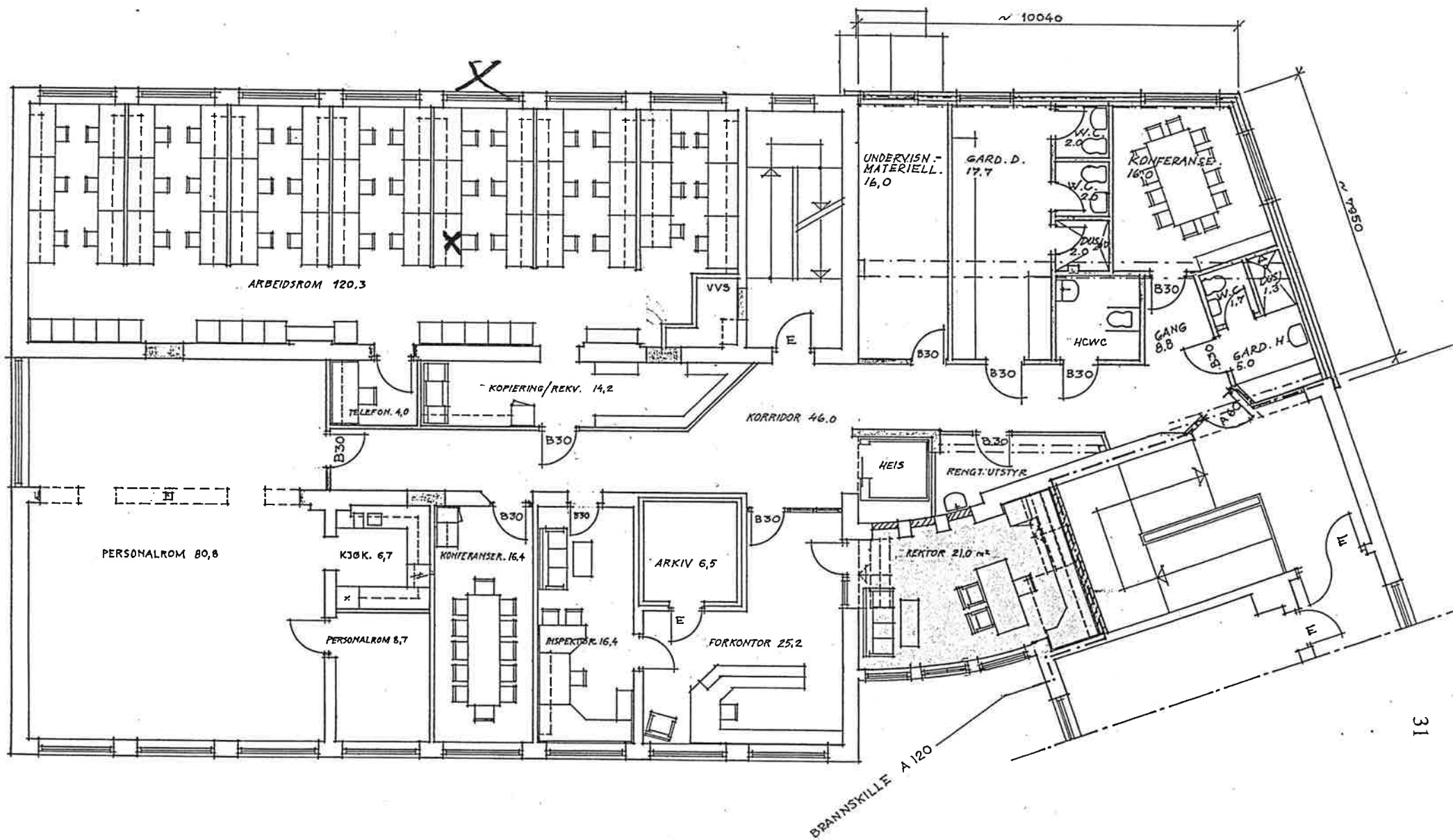
Vitols, V. og Larssen, S. (1986) Comparisons of two-filter and dichotomous samplers. Lillestrøm, NILU.

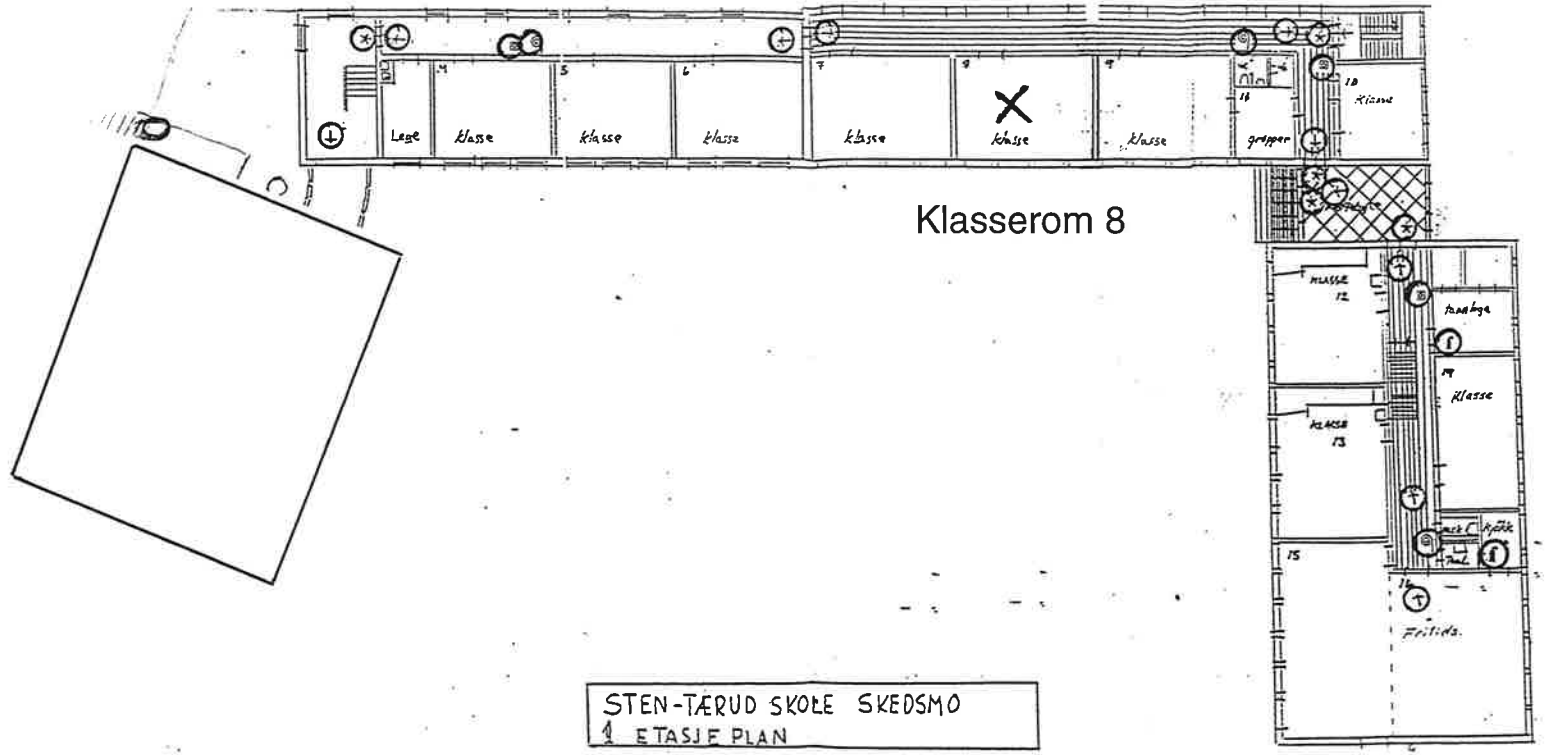
Vedlegg A

Planskisser av Sten-Tærud skole

Siste byggetrinn på Sten-Tærud skole (1996)

Arbeidsrom for lærere





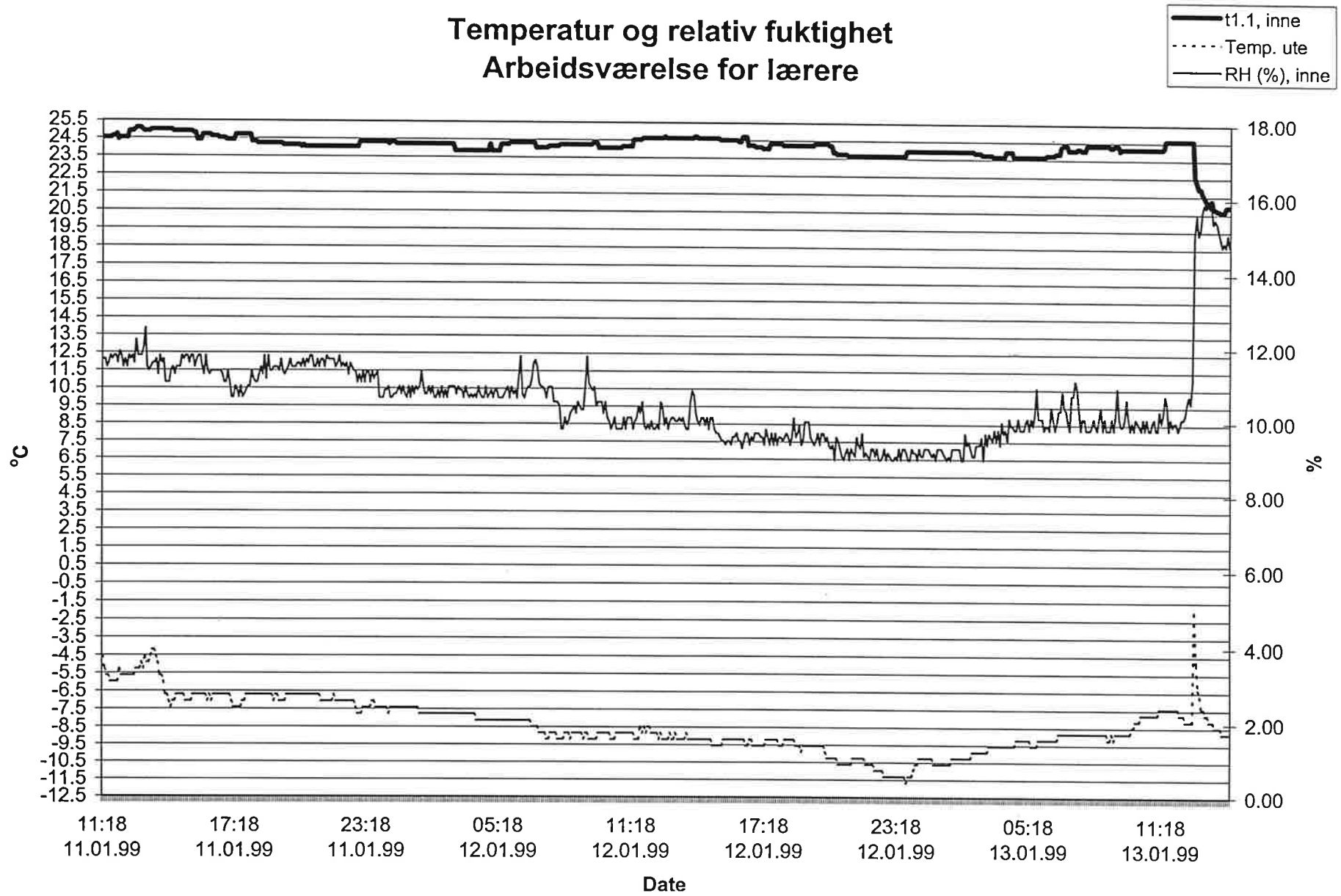
STEN-TÆRUD SKOLE SKEDSMO
1. ETASJE PLAN

Klasserom 8

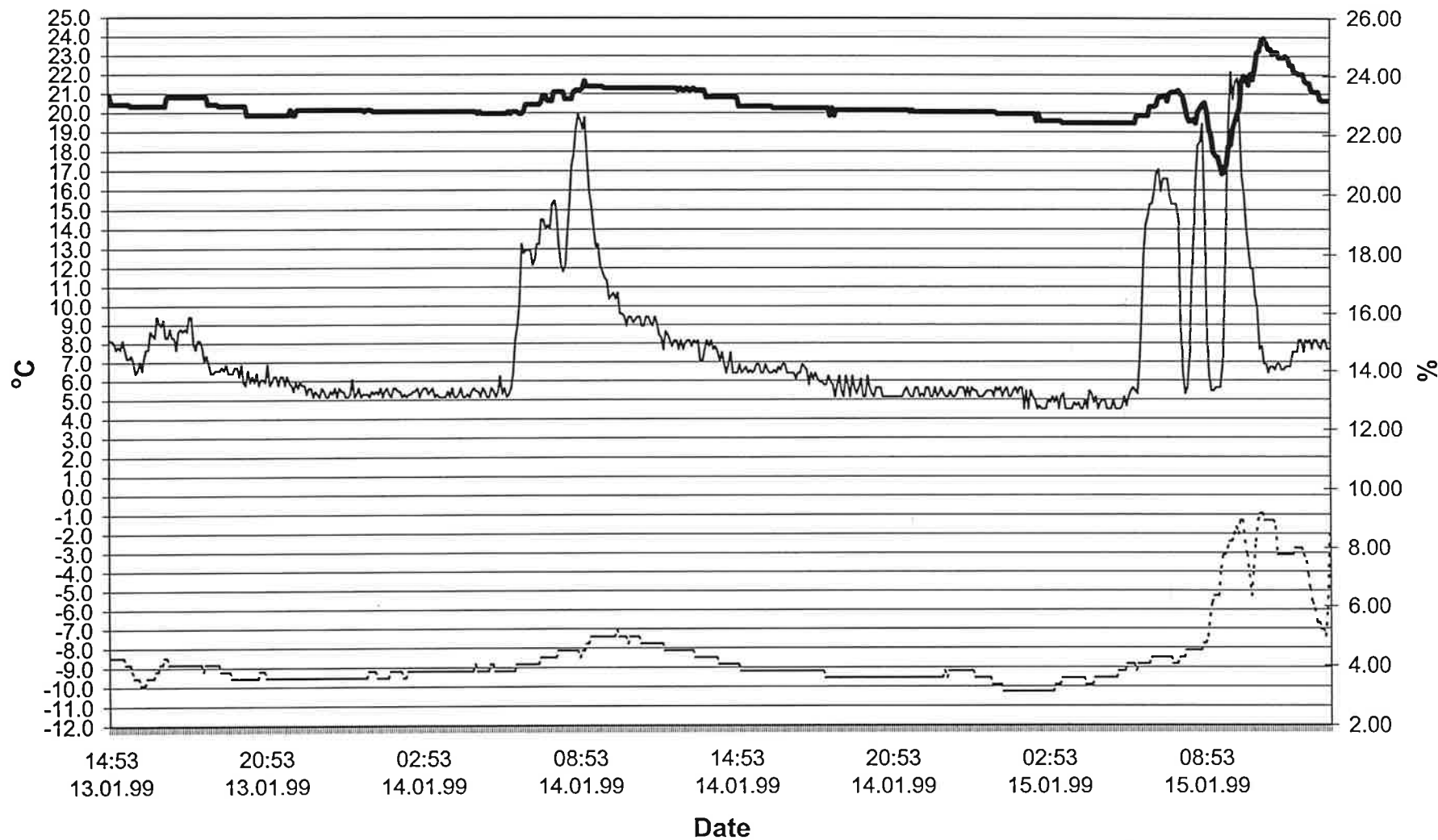
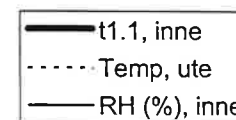
Vedlegg B

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

Temperatur og relativ fuktighet Arbeidsværelse for lærere



Temperatur og relativfuktighet Klasserom 8

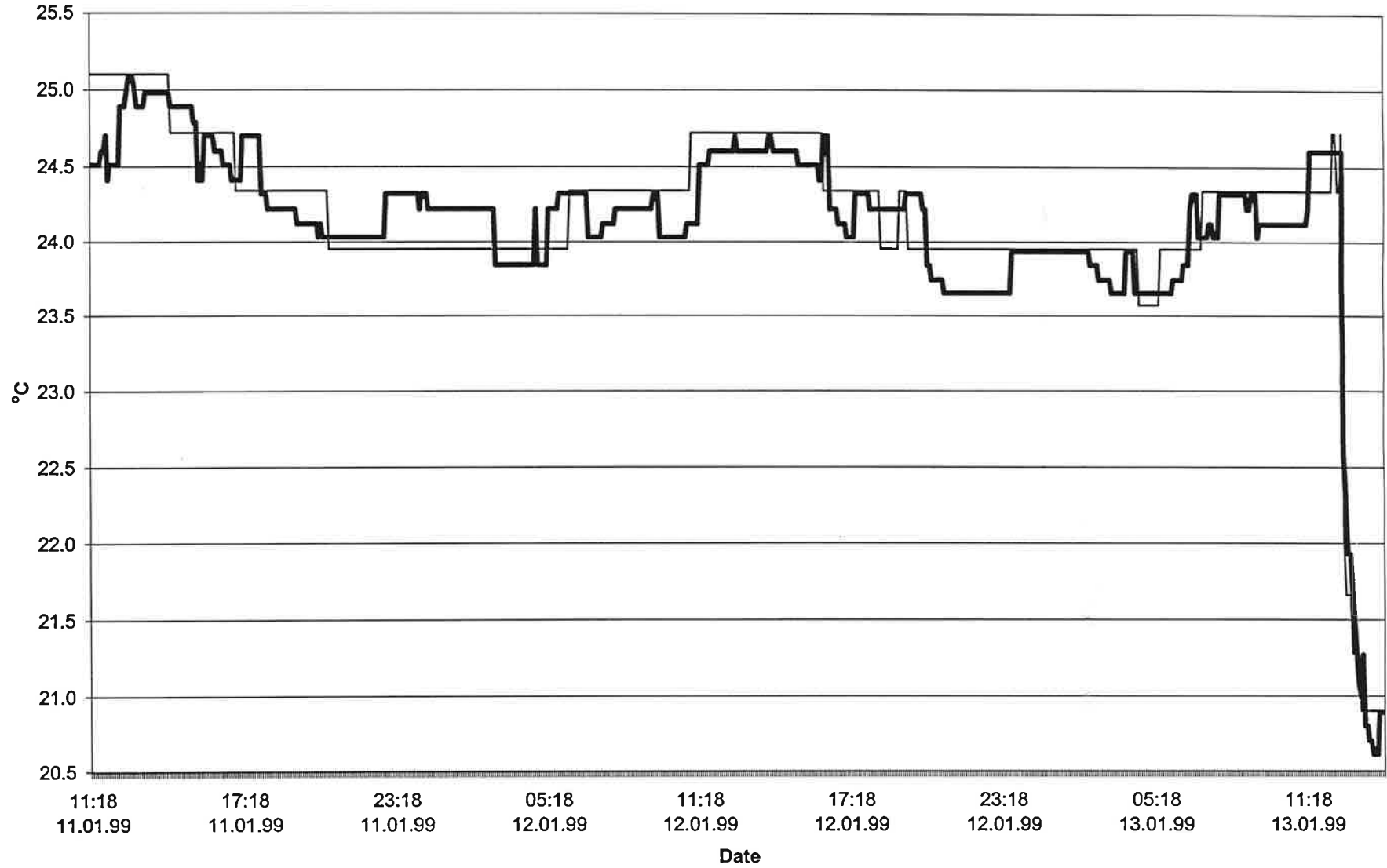


Vedlegg C

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

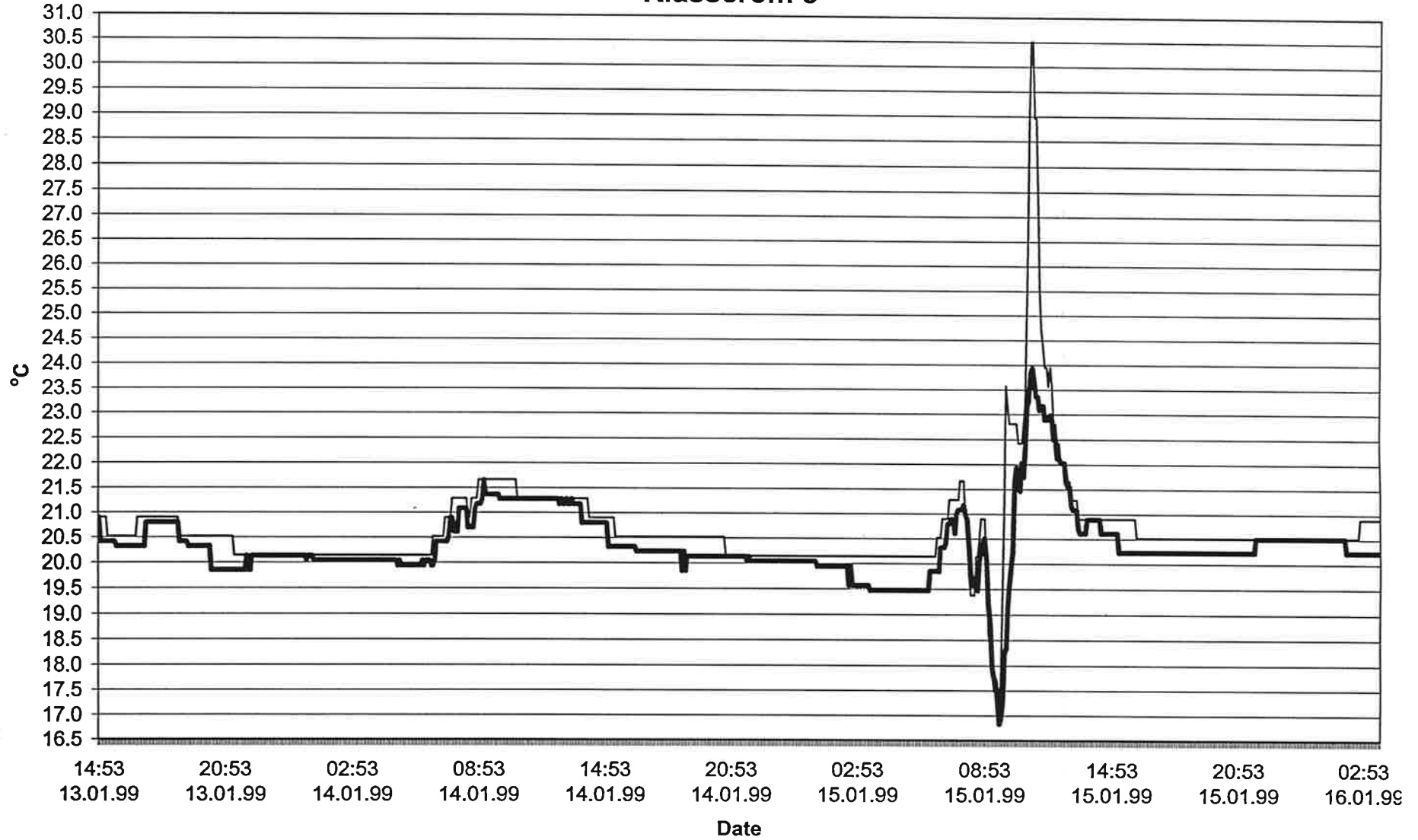
Lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur Arbeidsværelse for lærere

t1.1, inne
Globe, inne



Lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur Klasserom 8

— $t_{1,1}$, inne
— Globe, inne



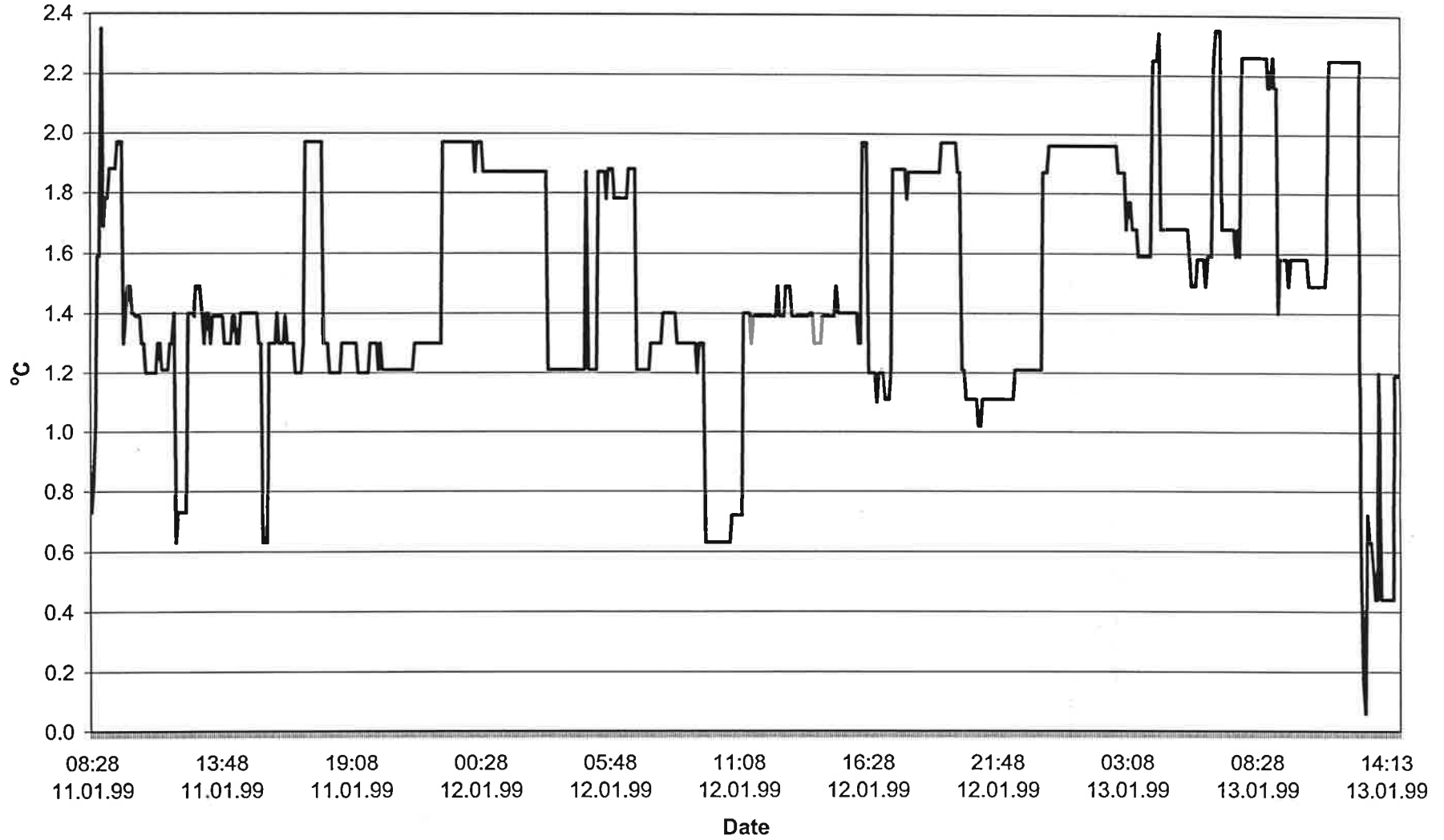
Vedlegg D

Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse

$$(\Delta t = t_{1,1} - t_{0,1})$$

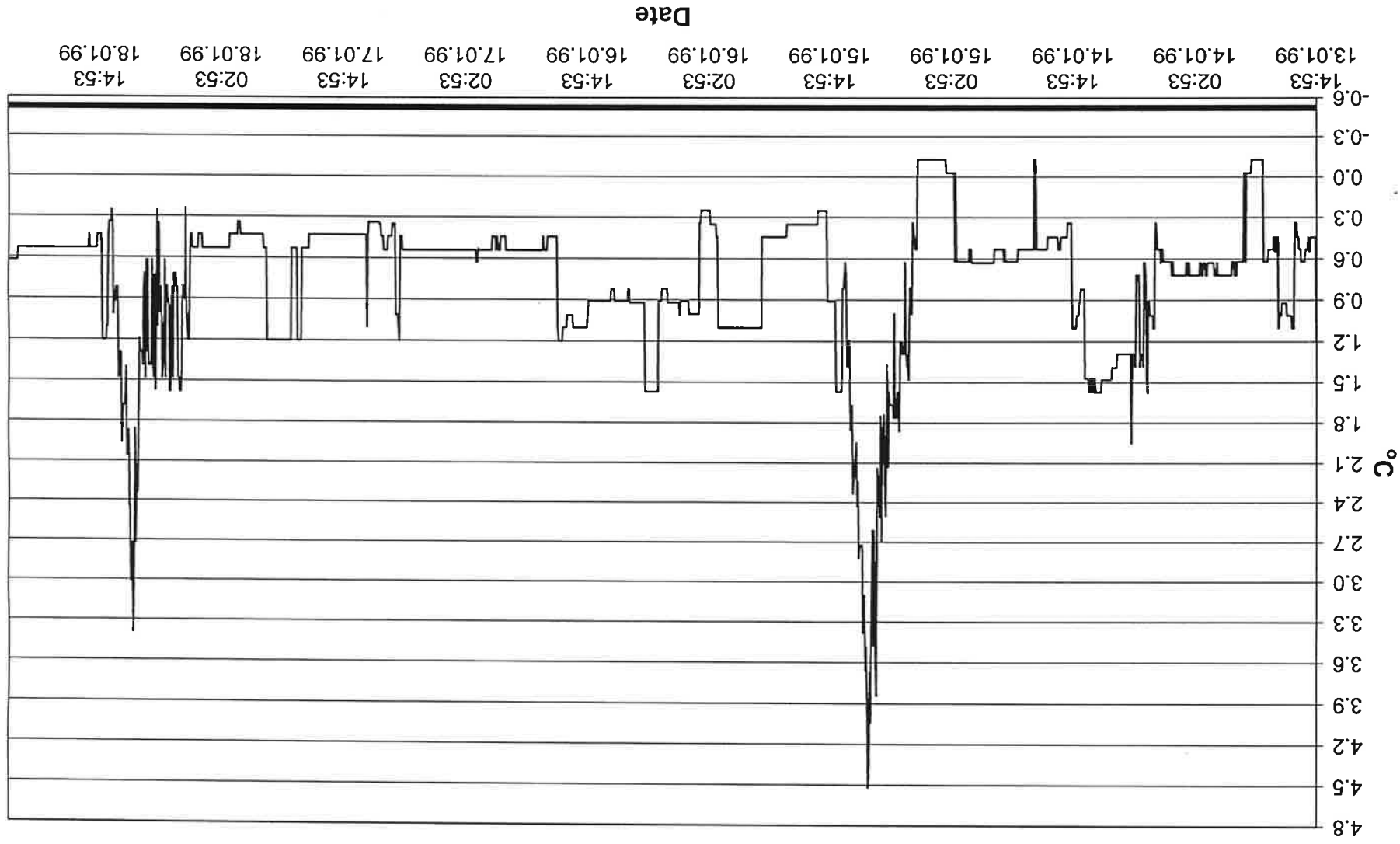
Vertikal temperatur profil
Arbeidsværelse - lærere

— Delta t



— Delta t

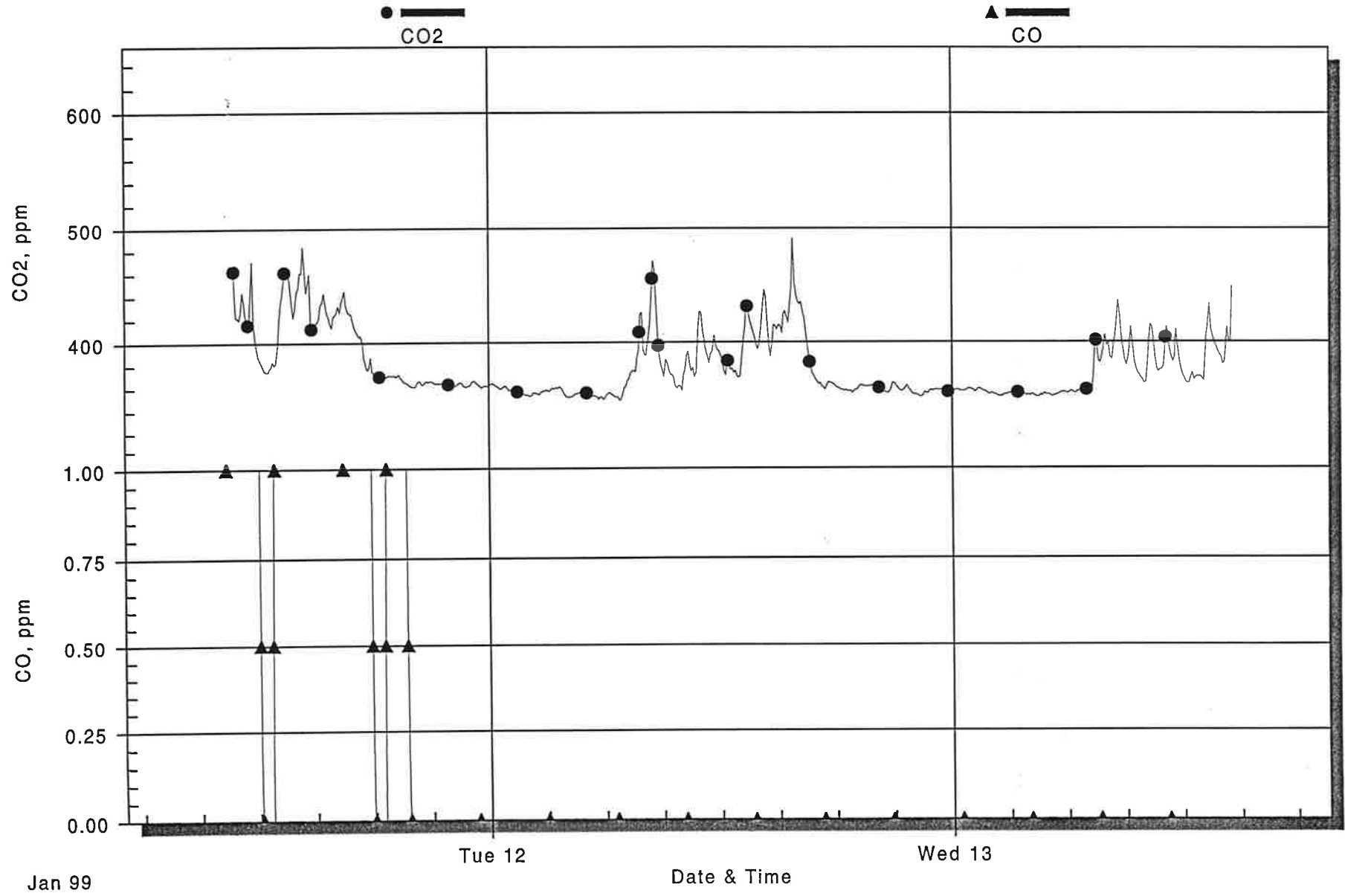
Vertikal temperatur profil Klasserom 8



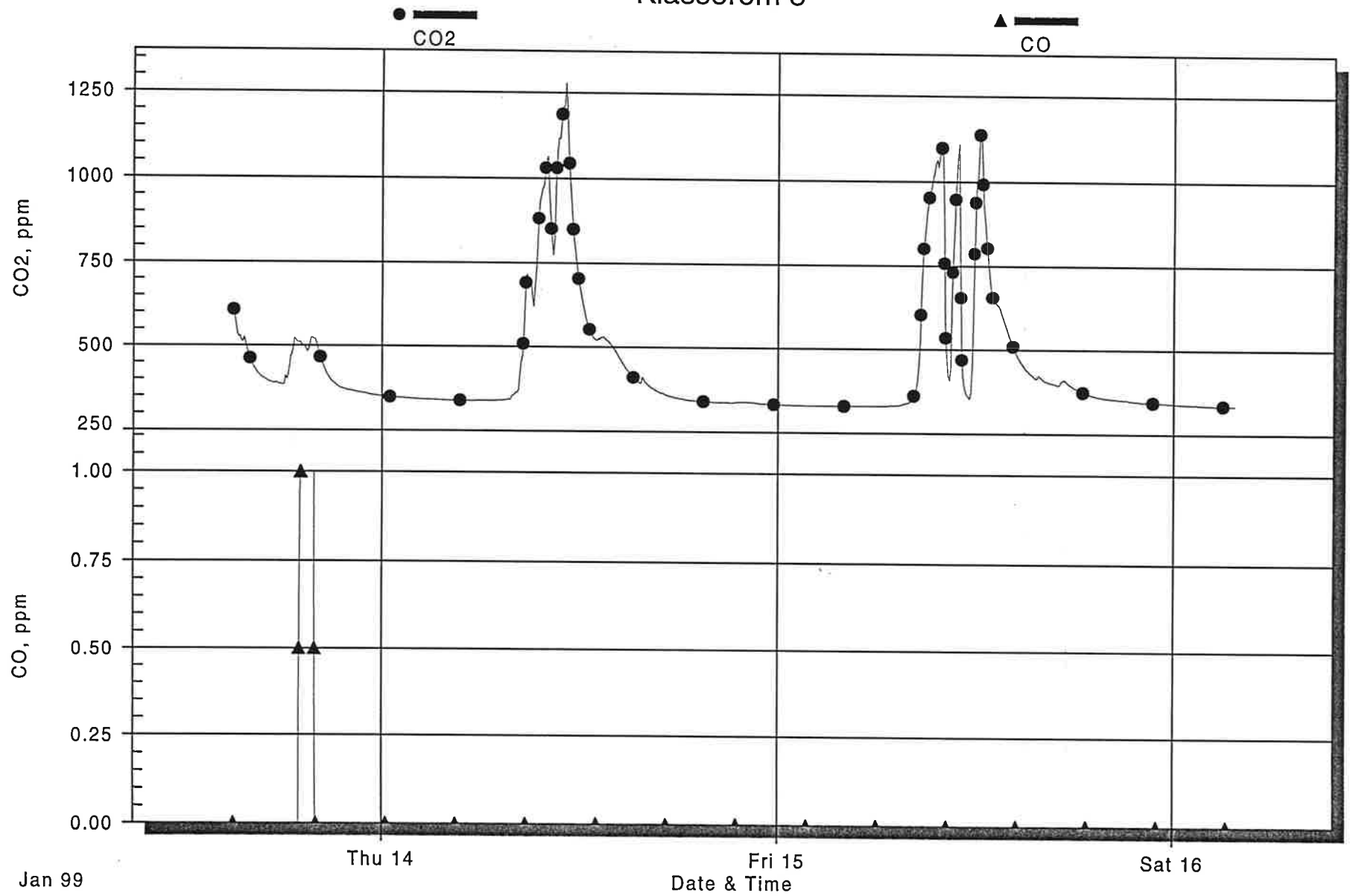
Vedlegg E

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

Sten-Tærud skole
Arbeidsrom for lærere



Sten-Tærud skole Klasserom 8



Vedlegg F

Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC)

Vedlegg G

Måleresultater for formaldehyd samt andre aldehyder og ketoner

Aldehydes/ketones-analysis results



55

Enclosure to report number:

Customer: Skedsmo Kommune

Station: Sten Tærud Skole

NILU-Sample number: A99/156

Lillestrøm 09.07.99

Date: 19.01.99

Sampling start (hours): 0746-1008

Sample volume (liters) 352

MAX FLOW EXCEEDED

Compound	Conc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Remarks	Relative amounts (%)
Methanal (formaldehyde)	7,99		34,0
Ethanal (acetaldehyde)	3,70		15,7
Propanone	5,53		23,5
Propenal (acrolein)	0,11	S/N<10	0,5
Propanal	0,58		2,5
3-Buten-2-one (methylvinylketone)	0,64	S/N<10	2,7
Butanone (methyl ethylketone)	0,56	S/N<10	2,4
2-Methylpropenal (methacrolein)	<0.07		-
Butanal+isobutanal	0,68		2,9
Benzencarbaldehyde	0,63	S/N<10	2,7
Pentanal	0,50	S/N<10	2,1
Ethandial	0,30	S/N<10	1,3
Hexanal	1,95		8,3
2-Oxopropanal (methylglyoxal)	0,36		1,5
Sum:	23,53		100,0

S/N<10: Signal/noise ratio is <10/1. The result is not accredited.

<: Below detection limit with signal/noise ratio 3/1.

Intf: The compound is likely identified. It is not quantified due to interference.

Blank10%-33%: The blank level is in the range 10% to 33%. The result is not accredited.

To-high-blank: The blank level is >33%.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORT NR. OR 50/99	ISBN 82-425-1114-4 ISSN 0807-7185	
DATO 8/9-99	ANSV. SIGN <i>[Signature]</i>	ANT. SIDER 55	PRIS NOK 90,-
TITTEL Inneklimaundersøkelse på Sten-Tærud skole, Skedsmo kommune		PROSJEKTLEDER Bodil Innset	
		NILU PROSJEKT NR. E-99003	
FORFATTER(E) Bodil Innset		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAAGSGIVERS REF. Thor Eriksen	
OPPDRAAGSGIVER Skedsmo kommune Undervisningssektoren Postboks 313 2001 Lillestrøm			
STIKKORD Inneklima	Luftkvalitet	Skolelokaler	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) utførte 11.-18. januar 1999 en inneklimaundersøkelse på Sten-Tærud skole for Skedsmo kommune. Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO ₂), karbonmonoksid (CO), svevestøv (PM ₁₀ /PM _{2,5}), avsatt støv, flyktige organiske komponenter (VOC), formaldehyd, temperatur og relativ fuktighet. Det ble også utført målinger av tilført uteluftmengde og luftskifte. Resultatene av undersøkelsen viser at temperaturen i arbeidsrommet bør senkes 3-4 °C. I klasserom 8 bør luf rutinene forbedres og tilført uteluftmengde økes.			
TITLE Investigation of indoor environment, Sten-Tærud skole, Skedsmo.			
ABSTRACT			

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