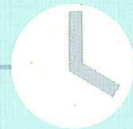
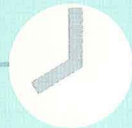


# Måling af termisk indeklima



SBI-ANVISNING 130 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1983



# Måling af termisk indeklima

OLE VALBJØRN



SBI-ANVISNING 130 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1983

### **SBI-anvisninger**

er egne eller andres forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse og drift af bygninger og byggesels.

### **SBI-publikationer**

Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Landbrugsbyggeri, Byplanlægning, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Særtryk og Nogrammer. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

### **SBI-abonnement**

Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

ISBN 87-563-0483-8.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 56,75 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 2.000.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Tegninger: Henrik Pedersen.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelse:

*SBI-anvisning 130: Måling af termisk indeklima. 1983.*

## Indhold

<b>Forord</b> .....	4
<b>Vurdering af det termiske indeklima</b> .....	5
<b>Forudsætninger for måling</b> .....	7
<b>Retningslinjer for måling</b> .....	10
Målingernes omfang .....	10
Måleinstrumenter .....	12
Referencetilstand .....	13
Rapportering .....	15
<b>Målemetoder og placering af målepunkter</b> .....	16
Registrering af lufttemperaturens variation .....	16
Lufttemperatur .....	16
Middelstrålingstemperatur .....	17
Strålingstemperatur-asymmetri .....	19
Lufthastighed .....	22
Luftfugtighed .....	24
Overfladetemperatur .....	24
<b>Måleinstrumenter</b> .....	26
Væsketermometer .....	27
Termograf .....	28
Termoelement eller modstandsføler .....	30
Globetermometer .....	31
Netradiometer .....	33
Røgampul .....	34
Varmetrådsanemometer .....	35
Psykrometer .....	36
Hårhygrometer, hårhygrograf .....	38
Lithiumchlorid-hygrometer .....	39
Overfladetemperaturmåler .....	40
Strålingsmåler .....	40
Komfortmåler .....	41
<b>Kort vejledning i måling af termisk indeklima</b> .....	42
Forklaring til rapportskema .....	42
Rapportskema .....	44
<b>Litteratur</b> .....	47

## Forord

Denne anvisning henvender sig til teknikere, der skal planlægge og udføre indeklimatemålinger. Formålet er at vejlede teknikerne ved valget af instrumenter og metoder til måling af de termiske indeklimateparametre.

Anvisningen kan anvendes ved målinger i boliger, undervisningslokaler, kontorer samt bygninger med let industri. Lokaler eller arbejdspladser med store varme- eller kuldepåvirkninger er ikke fuldt tilgodeset med de anbefalede målemetoder.

I anvisningen er der taget hensyn til, at resultaterne af målingerne skal kunne anvendes til en vurdering efter de kriterier, som er beskrevet i »Inomhusklima«, Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser (1). »Thermal environmental conditions for human occupancy«, ASHRAE Standard 55-81 (2) og »Moderate thermal environment«, ISO/DIS 7730 (3). Grundlaget er de »Nordiske retningslinjer for måling af termisk klima«, udarbejdet af Den nordiske ventilationsgruppe, der er de nordiske byggeforskningsinstitutters samarbejdsorgan på ventilationsområdet.

Statens Byggeforskningsinstitut,  
Afdelingen for indeklimateknik, januar 1983  
*Erik Christophersen*

## Vurdering af det termiske indeklimate

De målinger af det termiske indeklimate, som omtales i denne anvisning, har til formål at skabe talmæssig baggrund for en vurdering af den termiske virkning på mennesker. Vurderingen foretages dels af den generelle virkning, for eksempel om temperaturniveauet passer til aktivitet og påklædning, og dels af lokale påvirkninger, for eksempel om der er for stor temperaturforskel mellem hoved og ankler.

Selv om vurderingsmetoderne er forskellige, er det de samme fysiske parametre, der danner baggrund for vurderingerne, nemlig

- lufttemperaturen,
- strålingstemperaturen,
- lufthastigheden og
- luftfugtigheden.

Strålingstemperaturforholdene beskrives her ved middelstrålingstemperaturen og ved strålingstemperatur-asymmetrien.

Middelstrålingstemperaturen er den fælles, ensartede temperatur, som alle omgivende overflader skulle have for at give samme varmeudveksling til en person, som de aktuelle omgivelser med uensartede temperaturer giver.

Strålingstemperatur-asymmetrien er forskellen i strålingstemperatur på de to modstående sider af en lille plan flade. Strålingstemperaturen på den ene side af en lille plan flade er den fælles, ensartede temperatur, som de omgivende overflader skulle have for at give samme varmeudveksling, som de aktuelle omgivelser med uensartede temperaturer giver.

For at kunne vurdere de nævnte klimaparameters virkning er det nødvendigt at kende personernes aktivitet og påklædning samt vide, om de går, står eller sidder. Disse oplysninger kan i praksis kun angives med ret stor usikkerhed. Selv om vurderingsmetoderne er baseret på undersøgelser med mange personer, vil man komme ud for, at den enkelte persons

Indeklima-  
parametre

Aktivitet og  
påklædning

oplevelse af de termiske forhold kan afvige fra gennemsnittet.

Ved udformningen af denne vejledning i måling af det termiske indeklima er der taget et vist hensyn til de usikkerheder, som herved er antydte i forbindelse med vurderingen. Antallet af målepunkter er holdt så lavt som forsvarligt. Desuden er det anbefalet at middelstrålingstemperaturen og strålingstemperatur-asymmetrien normalt bestemmes i en højde af 1,1 m svarende til, at en person står op, selv om eksisterende normer endnu kun omtaler siddende stilling. Ved at måle i højden 1,1 m er der taget hensyn til begge arbejdsstillinger, idet man i langt de fleste situationer vil finde større asymmetri for stående end for siddende stilling.

Krav til de enkelte parametre

Traditionelt stilles der krav til lufttemperaturen og lufthastigheden, måske også til luftens relative fugtighed. Kun i sjældne tilfælde er middelstrålingstemperaturen eller strålingstemperatur-asymmetrien taget i betragtning på anden måde end ved at foreskrive velisolerede vinduer, eventuelt med solafskærmning. Arbejdstilsynets regler er på lignende måde opbygget med krav til enkeltparametrene.

Operativ temperatur

I litteraturlistens (1), (2) og (4) er omtalt en vurdering, der er baseret på den operative temperatur, dvs. en sammenvejet værdi af lufttemperatur og middelstrålingstemperatur. Denne vurdering er suppleret med krav til en maksimal temperaturforskel mellem hoved- og ankelhøjde og krav til lufthastighed, luftfugtighed og strålingstemperatur-asymmetri. Sammenhængen med aktivitet og påklædning indgår tillige i vurderingen.

PMV- og PPD-indeks

PMV-indeks (Predicted Mean Vote, forventet middelvotering) og PPD-indeks (Predicted Percentage of Dissatisfied, forventet procent utilfredse), (3) og (5), er andre udtryk for den sammenvejede værdi af lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, lufthastighed, aktivitet og påklædning. Også til disse skal som ovenfor knyttes en vurdering af temperaturforskellen mellem hoved- og ankelhøjde, af lufthastighedens lokale påvirkning (træk) og af strålingstemperatur-asymmetrien.

## Forudsætninger for måling

Indeklimamålinger udføres enten som en ren kontrolforanstaltning, som led i en klagesag eller som led i en afleveringsprøve for varme- og ventilationsanlæg.

Kontrolmålinger, klagesager

Målingerne bør udføres på en sådan måde, at de målte termiske indeklimaparametre både kan tjene til en vurdering af indeklimaet og til en sammenligning med de hygiejniske krav til de termiske indeklimaparametre. Der må endvidere redegøres for de omstændigheder, hvorunder målingerne er udført, dvs. for forhold, der kan have påvirket det termiske indeklima, således at en eventuel sammenhæng mellem klage, indeklima og påvirkninger kan afklares. Derved tilvejebringes det nødvendige grundlag for at kunne iværksætte foranstaltninger til bedring af indeklimaet.

Afleveringsprøver

Specielt for indeklimagninger i forbindelse med afleveringsprøver gælder, at de bør udføres i overensstemmelse med de aftaler, der foreligger mellem bygherre, rådgiver og entreprenører. Aftalerne kan for eksempel omfatte definition af opholdszoner, antal parametre, instrumenters nøjagtighed og bygningers og installationers referencetilstand.

Der bør for ethvert færdigt byggeri foreligge en godkendt afleveringsrapport for installationerne. For bygninger med ventilationsanlæg henvises til Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg (6) med hensyn til omfanget af afleveringsrapporten.

Målemetoder

Målemetoderne, der her anvises, kan bruges til en vurdering på grundlag af enkeltparametre, til en vurdering på grundlag af operativ temperatur samt – til en vis grad – til en vurdering på grundlag af PMV-indekset.

Med de anviste metoder kan man afgøre, om bestemte grænser er overskredet i et lokale, men metoderne er ikke tilstrækkelige til at beskrive forhold på et vilkårligt arbejdssted i lokalet eller redegøre for det forventede antal utilfredse (PPD-indekset).

De følgende retningslinjer kan anvendes ved målinger i boliger, undervisningslokaler, kontorer og bygninger med let industri. Det forudsættes, at varmekilderne er jævnt fordelt, så der ikke i opholdszonen, bortset fra arealer nær vinduesfacader med direkte solindstråling, forekommer områder, hvor lufttemperaturen eller middelstrålingstemperaturen afviger meget fra gennemsnittet. Er dette tilfældet, må indeklimaet beskrives særskilt for de opholds- eller arbejdspladser, der er afvigende. Men det er dog de samme parametre, som skal måles.

De målemetoder, der er beskrevet her i anvisningen, tager sigte på lokaler med både stående og siddende aktiviteter. Hvis der udelukkende er tale om lokaler med siddende aktiviteter, bør dette præciseres ved, at opholdszonens højde og målehøjderne nedsættes.

Inden målinger iværksættes, skal der foretages en vurdering eller eventuelt en beregning af visse forhold, for at unødvendige målinger kan undgås. For eksempel er det ikke nødvendigt at måle strålingstemperatur-asymmetri i et lokale, hvis temperaturen udenfor og i de tilstødende rum kun afviger lidt fra rumtemperaturen, og der ikke er kraftigt solindfald.

#### Måletidspunkter

I de fleste bygninger vil klimaet ændre sig både som følge af de varierende påvirkninger fra udeklimaet, dvs. temperatur, sol mv., og som følge af interne påvirkninger, for eksempel person- og belysningsvarme, uanset om bygningen og dens installationer er indrettet på at kompensere for sådanne varierende påvirkninger.

Målinger af indeklimaet bør derfor søges gentaget på forskellige tidspunkter, hvor der stilles forskellige krav til bygning og installationer, for eksempel i en varm, solrig periode, i en kold periode og i en overgangsperiode.

Undertiden er det muligt at simulere disse belastningstilfælde, især hvor der er tale om bygninger med mekaniske ventilationsanlæg. Man kan for eksempel ved at ændre indblæsningstemperaturen undersøge, om en lavere indblæsningstemperatur vil kunne forårsage træk. I et anlæg med variabel volumenstrøm kan man undersøge, om en større eller mindre volumenstrøm vil kunne forårsage træk. Strømningsforhold, der helt svarer til de aktuelle tilfælde, vil dog være vanskelige at opnå.

#### Lufttemperaturens variation

Er der store variationer i det daglige temperaturniveau er tidspunktet for indeklimamålingen væsentligt. Måske må der udføres flere målinger for at kunne beskrive en hel dags indeklima. For at vide dette, er det nødvendigt at registrere lufttemperaturens variation før selve målingen. Denne registrering vil endvidere vise, om temperaturniveauet afviger meget fra det ønskede område. Er afvigelsen mere end 2 °C, og kan temperaturen i lokalet justeres af brugerne, foreslås det at foretage en sådan justering, inden selve indeklimamålingen foretages.

#### Udeklima

Både ved afleveringsprøver og ved behandling af klagesager må de udeklimafaktorer, der indvirker på det termiske indeklima, være registreret over en periode af 1-2 dage før målingerne samt på selve dagen for indeklimamålingen, for at man ved vurderingen af måleresultaterne kan tage hensyn hertil. For eksempel har varmeakkumuleringen i bygningsdelene indflydelse på, hvordan en varmebelastning vil influere på indeklimaet.

## Retningslinjer for måling

### Opholdszonen

Målinger af det termiske indeklima skal primært udføres, så de kan danne baggrund for en vurdering af de termiske forhold i en på forhånd defineret opholdszone. Opholdszonen er det område i lokalet, hvori nærmere angivne termiske og atmosfæriske betingelser skal være opfyldt. Denne zone regnes i anvisningen at ligge i en afstand af 0,6 m fra vinduer, ydervægge, skillevægge og opvarmnings- og ventilationsinstallationer. I højden regnes opholdszonen at gå 1,8 m over gulv.

### Målingernes omfang

### Nødvendige målinger

Målingerne skal give tidsmæssigt sammenhørende værdier for de termiske indeklimaparametre, der udøver en generel eller lokal termisk påvirkning. Målingerne skal mindst omfatte:

- lufttemperaturens variation over lokalets benyttelsestid, målt på et sted, der er repræsentativt for opholdszonen,
- højeste og laveste forekommende lufttemperatur,
- højeste og laveste middelstrålingstemperatur (med tilhørende lufttemperatur og middelhastighed),
- lufthastighedens middelværdi for de målepunkter, hvor den ligger over 0,15 m/s. Er fluktuationerne i lufthastighed større end  $\pm 0,05$  m/s, måles tillige den maksimale hastighed,
- luftfugtigheden (med tilhørende lufttemperatur).

### Supplerende oplysninger

Yderligere tre parametre kan antage værdier, der kan give anledning til lokalt termisk ubehag. Disse parametre bør kontrolleres ved måling eller beregning, og der bør i forbindelse med vurderingen redegøres for:

- maksimal strålingstemperatur-asymmetri (forskell i strålingstemperatur) 1,1 m over gulv i to modsatte vandrette retninger (mod vindue og mod bagvæg), dog kun i de tilfælde, hvor denne forskel overstiger 8 °C (målt eller beregnet),
- gulvets overfladetemperatur (minimum eller maksimum), i de tilfælde hvor den ligger henholdsvis under 19 °C eller over 26 °C,
- maksimal strålingstemperatur-asymmetri (forskell i strålingstemperatur) i lodret retning mod loft og mod gulv fra et målepunkt 1,1 m over gulvet, dog kun i de tilfælde, hvor denne forskel overstiger 5 °C (målt eller beregnet).

Når en kontrol af de sidstnævnte forhold er nødvendig, skyldes det, at de kan resultere i en asymmetrisk varmeafgivelse, for kolde eller for varme fødder eller for stor varmepåvirkning af hovedet. Det er dog i praksis sjældent, at klimaet er så uensartet, at der bliver behov for disse målinger. Men i lokaler med store vinduesarealer, med gulv- eller loftsvarme, eller med gulve eller lofter, der grænser op til særligt varme eller kolde rum, skal de nævnte målinger altid overvejes. Se i øvrigt kapitlet om målemetoder og placering af målepunkter.

Hvis opholdszonen kun anvendes til siddende aktiviteter (dvs. til ca. 1,3 m højde), måles strålingstemperatur-asymmetrien 0,6 m over gulv i stedet for 1,1 m over gulv.

De angivne grænser for, hvornår en måling af de nævnte parametre er ønskelig, er ikke nødvendigvis identiske med de grænseværdier, der bagefter skal bruges ved vurderingen af måleresultaterne, jf. side 19.

Såfremt middelstrålingstemperaturen eller strålingstemperatur-asymmetrien beregnes på grundlag af målinger af overfladetemperaturer og rumvinkler som anvist i (2) og (5), bør overfladetemperaturerne anføres i målerapporten.

Det nødvendige antal målepunkter og deres placering kan være forskellig fra lokale til lokale. En vejledning i at sikre, at resultaterne bliver repræsentative for opholdszonen, er givet i afsnittet side 16. Derudover bør punkterne fortrinsvis placeres på faste arbejdspladser.

Hvis den forudgående registrering af lufttemperaturen viser, at denne ændrer sig mindre end 2 °C i løbet af den daglige benyttelsestid, behøver måling af enkeltparametre kun

### Målepunkter

### Minimalt antal målinger

at ske 1 gang i dette tidsrum. Ændrer temperaturniveauet sig derimod mere end 2 °C i løbet af benyttelsestiden, foretages målinger ved både højeste og laveste niveau.

Hvis et ventilationsanlægs indblæsningstemperatur varierer i løbet af lokalets benyttelsestid, foretages en måling af lufthastighedens middelværdi ved den lavest forekommende indblæsningstemperatur. Overstiger denne værdi 0,15 m/s, noteres den for senere brug ved resultatvurderingen. En bestemmelse af den lavest forekommende indblæsningstemperatur kan ske ved registrering, eller man kan fremtvinge den ved at simulere behov for en lavere indblæsningstemperatur, for eksempel ved at ændre på rumtermostatens indstilling, således at minimumtermostaten for indblæsningsluftens temperatur overtager reguleringen. Ved afleveringsprøver foretages måling af lufthastighedens middelværdi ved den aftalte laveste indblæsningstemperatur.

Udvælgelse af lokaler

Målingerne foretages i lokaler, der er repræsentative for bygningens og installationernes udformning og brug. Men også arbejdets art må tages i betragtning ved udvælgelsen, ligesom placeringen af arbejdspladser, hvor der er blevet klaget over indeklimaet. På arbejdspladser bør udvælgelsen ske i samråd med sikkerhedsudvalget, der kan ligge inde med erfaringer, for eksempel fra spørgeskemaundersøgelser.

I aftaler om afleveringsprøver bør antallet af lokaler, hvor indeklimaet skal kontrolleres, præciseres. Målingen bør ske i lokaler, hvor installationernes ydelse ligger inden for de aftalte tolerancer.

#### Måleinstrumenter

Kalibrering

Måleinstrumenter skal være kalibrerede og vedligeholdte i overensstemmelse med fabrikantens angivelser. For instrumenter, der ikke, som for eksempel et kviksølvtermometer, er baseret på helt simple fysiske principper, bør der foreligge kalibreringsattester.

Nøjagtighed

Resultatet af en indeklimamåling er som andre måleresultater behæftet med en vis usikkerhed. Den totale usikkerhed er sammensat af selve måleusikkerheden på den enkelte parameter, usikkerheden vedrørende denne parameters variation samt repræsentativitet for opholdszonen. Usikkerheden

på målingen af den enkelte parameter er bestemt af instrumentfejl, aflæsningsfejl og metodefejl.

På baggrund af dette og de vurderingsmetoder, der er henviset til, accepteres følgende måleusikkerhed på de enkelte parametre:

Luftens temperatur	± 0,5 °C
Middelstrålingstemperatur	± 1 °C
Strålingstemperatur-asymmetri	± 1 °C
Overfladetemperatur	± 1 °C
Lufthastighed	± 0,05 m/s *)
Luftfugtighed (relativ fugtighed, RF)	± 5 pct. RF

Middelværdien for lufthastigheden bør fastlægges for mindst 3 minutters måling, eller hvis tidskonstanten er større end ca. 2 sekunder, da over mindst 100 gange tidskonstanten for føler og instrument.

Hvis der stilles særlige krav til tolerancerne for visse parametre, for eksempel af hensyn til en speciel produktionsproces, må valget af måleinstrumenter og -metoder afpasses derefter.

#### Referencetilstand

Ved enhver indeklimamåling bør der foreligge dokumentation ikke blot af selve målingen, men også af de omstændigheder, hvorunder målingen er foretaget. Herved får man mulighed for at vurdere, hvor ofte et termisk klima som det målte, vil forekomme, at udpege årsager til et utilfredsstillende klima, og at foreslå foranstaltninger til forbedring af forholdene. I forbindelse med afleveringsprøver viser denne dokumentation, om de aftalte forudsætninger for målingen var opfyldt. For bygninger med ventilationsanlæg henvises til den i Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg (6) omtalte referencetilstand.

\*) For at kunne angive den maksimale lufthastighed med denne nøjagtighed kræves en tidskonstant for føler og viserinstrument, der er mindre end 1 sekund. Den angivne måleusikkerhed gælder for en middellufthastighed under 0,25 m/s.



## Udeklima

Udeklimaet dokumenteres ved:

- udeluftens døgnmiddeltemperatur, eventuelt maksimum- og minimumtemperaturer,
- udeluftens fugtighed,
- antal soltimer pr. døgn,
- vindhastighed og -retning.

I de fleste tilfælde vil observationer fra en nærliggende meteorologisk station kunne anvendes. Det bør af hensyn til vurderingen af strålingstemperaturerne noteres, om solen skinner på vinduesfacaden i det lokale, hvori der måles.

## Varme- belastninger i bygningen

Varmebelastninger, der kan have indflydelse på de termiske forhold, bør dokumenteres ved:

- belysningseffekt og belysningens brugstid,
- antal personer og deres opholdstid,
- maskineffekt og maskinernes brugstid.

## Lokalernes og installationernes driftstilstand

Indstillingen af driftstilstanden for installationerne og de ændringer, der forekommer heri, bør så vidt muligt dokumenteres. Det kan betyde, at der for eksempel må registreres temperaturer, og i sjældnere tilfælde også volumenstrømme, i ventilationsanlæg. Det væsentlige er dog, at indstillingen er kendt, så tilstanden kan reproducere.

Dokumentation bør foreligge for:

- solafskærmningers anvendelse ved sol på vinduesfacaden,
- døres og vinduers brug,
- rumtermostaters og radiatorventilers indstilling,
- varme- og ventilationsanlægs indstilling, for eksempel blandekammertemperaturer,
- returluftandel.

Eventuelt dokumenteres:

- fremløbstemperaturer for vand til radiatorer eller
- ventilationsluftens indblæsningstemperaturer.

## Særlige bygnings- mæssige forhold

Hvis tilstødende lokalers brug kan have indflydelse på indeklimaet, må også sådanne lokalers anvendelse anføres. Er der for eksempel tale om målinger, der vedrører ventilationen i en bolig, og er flere etager tilsluttet samme ventilator, må armaturernes indstilling i de øvrige boliger noteres. Ved målinger i høje bygninger, hvor skorstenseffekten kan spille en rolle for ventilationsanlæggets funktion og for eventuelle trækgener, må det noteres, om dørene til bygningen har været åbne eller lukkede.

## Aktivitet og påkledning

Som grundlag for efterfølgende vurdering gives en beskrivelse af personernes påklædning og aktivitetsniveau (4).

## Rapportering

Måleresultaterne samles i en rapport, der skal indeholde:

- navn og adresse på den bygning, hvori der er målt,
- navn og adresse på rekvirenten (sag og sagsnr.),
- navn og adresse på det firma eller den institution, der har udført målingerne,
- dato og klokkeslæt for målingen,
- lokalets placering i bygningen,
- planskitse af lokalet med placering af målepunkterne,
- lufttemperaturens variation i benyttelsestiden,
- indeklimamålingens resultater,
- karakteristik af de anvendte instrumenter,
- referencetilstand for udeklima, varmebelastninger mv.

Til rapporteringen kan eventuelt anvendes skemaer som dem, der er vist bagest i denne anvisning. Skemaerne forhandles af SBI i A4-blokke à 50 blade.

## Målemetoder og placering af målepunkter

Dette kapitel giver en vejledning i, hvorledes de enkelte indeklimaparametre måles, og hvor det er mest hensigtsmæssigt at foretage målingerne. Men der kan ikke angives nogen endegyldig placering, der sikrer, at de mest afvigende eller mest repræsentative værdier findes.

Ved målinger, der har til hensigt at redegøre for indeklimaet på en eller flere specificerede arbejdspladser, bør målepunkterne naturligvis anbringes på disse arbejdspladser. I det følgende er det forudsat, at der i den definerede opholdszone kan forekomme arbejdspladser overalt.

### Registrering af lufttemperaturens variation

Registreringen af lufttemperaturens variation foretages et repræsentativt sted i lokalets opholdszone, normalt midt i lokalet, og i en højde mellem 0,6 og 1,1 m over gulvet. Registreringen indledes 1-2 dage inden de egentlige målinger og skal blandt andet danne grundlag for det endelige valg af tidspunkter for målingernes gennemførelse.

### Lufttemperatur

#### Målepunkter

Der måles i et begrænset antal punkter, hvor man erfaringsmæssigt har de højeste og laveste temperaturer i opholdszonen og den største temperaturforskel i lodret retning.

I små lokaler findes de største afvigelser fra det gennemsnitlige niveau i områderne langs vinduesfacade og bagvæg. I store lokaler kan også findes afvigelser fra gennemsnittet i rummets midte eller i områder, der er selvstændigt temperaturreguleret, for eksempel med zoneregulering.

Baseret på erfaringer fra feltmålinger i større og mindre lokaler er i figur 1 vist en række eksempler på hensigtsmæssige placeringer af målepunkter. I de fleste tilfælde vil man med de viste placeringer have sikkerhed for, at lufttempera-

#### Målehøjder

turens maksimale og minimale værdier måles med en nøjagtighed på 0,5-1 °C.

Hvis en opholdszone anvendes til stående aktiviteter eller til en kombination af stående og siddende aktiviteter, måles lufttemperaturen (som anført i figur 1):

- i højderne 0,1 og 1,7 m over gulv
- og tillige i højden 1,1 m over gulv, hvor også middelstrålingstemperaturen måles.

Hvis en opholdszone anvendes udelukkende til siddende aktiviteter, måles lufttemperaturen:

- i højderne 0,1 og 1,1 m over gulv
- og tillige i højden 0,6 m over gulv, hvor også middelstrålingstemperaturen måles.

### Middelstrålingstemperatur

#### Målepunkter

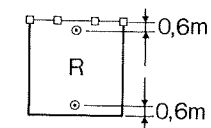
Middelstrålingstemperaturen varierer erfaringsmæssigt ikke i store spring fra sted til sted i lokaler, hvor der, bortset fra radiatorer og vinduer med solindfald, ikke findes koncentrerede varmekilder. I sådanne lokaler kan strålingstemperaturforholdene beskrives med få målinger.

Ved vinduesfacaden vil man finde den laveste eller den højeste middelstrålingstemperatur, afhængigt af om det er koldt udenfor, eller om der er solskin eller kraftig diffus solstråling. Det foreslås derfor, at man normalt måler i mindst to punkter, heraf det ene nær ved vinduesfacaden og det andet nær ved bagvæggen.

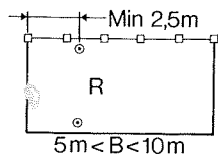
I de fleste lokaler vil middelstrålingstemperaturen være meget nær lufttemperaturen. En undtagelse er lokaler, hvor der er direkte solindfald, kraftig varmeafgivelse fra belysning, lokaler med meget store vinduesarealer eller lokaler hvor der er intermitterende opvarmning, for eksempel lokaler med nat- eller weekend-sænkning af temperaturen.

I lokaler uden disse specielle forhold kan man ofte undlade at måle middelstrålingstemperaturen ved bagvæggen og i stedet beregne den som middelværdien af den registrerede lufttemperatur over døgnet.

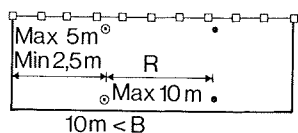
Har et lokale kraftig elektrisk belysning eller er det forsynet med loftsvarme eller køleloft, foreslås det at måle middelstrålingstemperaturen midt under den varmeste eller koldeste del af loftet i stedet for nær bagvæggen.



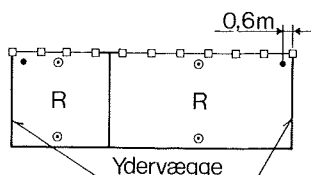
Smalt lokale med 3 indervægge og 1 vinduesfacade: Målepunkterne placeres ud for vinduesmidte for at få den størst mulige vinkel til de kolde eller varme vinduesflader.



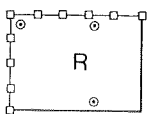
Middelbredt lokale med 3 indervægge og 1 vinduesfacade: Målepunkterne placeres mindst 2,5 m fra endevæg, hvorved vinklen til de kolde eller varme vinduesflader bliver næsten maksimal.



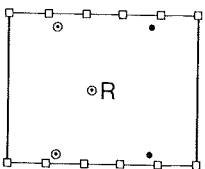
Bredt lokale med 3 indervægge og 1 vinduesfacade: De maksimale afstande på 5 m og 10 m giver en rimelig dækning af rummet. Er lokalet opdelt i zoner med individuel styring af temperaturen, placeres målepunkterne midt i disse zoner. I lokaler, der er mere end 20 m brede må der indlægges yderligere målepunkter.



Lokale med 2 indervægge, 1 ydervæg og 1 vinduesfacade: De ovennævnte målepunkter suppleres med målinger i hjørnet mellem ydervæg og vinduesfacade.



Lokale med 2 sammenstødende vinduesfacader: Målepunkter placeres ved den vinduesfacade, hvor de mest afvigende forhold forekommer. Det vil sige, at der om vinteren måles ved den facade, som har den mindste solindstråling, om sommeren ved den facade, der har den største solindstråling. I tvivlstilfælde måles i hjørnet mellem facaderne.



Dybt lokale med 2 modstående vinduesfacader: Der måles i midten af lokalet. Er lokalet zoneopdelt med individuel temperaturstyring, placeres målepunkterne midt i disse zoner.

- Måling af lufttemperaturen og lufthastighedens middelværdi i højden 0,1 m og 1,7 m over gulv.
- Måling af middelstrålingstemperaturen, lufttemperaturen og luftens middelhastighed 1,1 m over gulv samt lufttemperaturen og luftens middelhastighed 0,1 m og 1,7 m over gulv.
- R Registrering af lufttemperaturens variation i en højde mellem 0,6 og 1,1 m over gulv.

Figur 1. Eksempler på placering af målepunkter i lokaler med jævnt fordelt varmebelastning, til måling af lufttemperatur, middelstrålingstemperatur og lufthastighed. Punkternes placering i vandret plan fremgår af plantegningerne af lokalerne. Målehøjder er angivet i signaturforklaringen. (I lokaler med udelukkende siddende aktiviteter måles lufttemperaturen og lufthastighedens middelværdi i højden 0,1 og 1,1 m over gulv. Middelstrålingstemperaturen og den sammenhørende lufttemperatur og lufthastighed måles 0,6 m over gulv).

## Beregning

Middelstrålingstemperaturen kan beregnes på grundlag af globetemperatur, lufttemperaturen og lufthastigheden. Ved en lufthastighed på ca. 0,2 m/s er globetemperaturen lig med middelværdien af lufttemperaturen og middelstrålingstemperaturen. Se nærmere om globetemperaturen side 31.

Middelstrålingstemperaturen kan også beregnes ud fra overfladernes temperaturer og rumvinklerne til overfladerne som beskrevet i litteraturlistens (2) og (5).

## Operativ temperatur

Den operative temperatur er en sammenvejede værdi af lufttemperatur og middelstrålingstemperatur. Den er udtryk for den fælles ensartede temperatur, der vil give samme varmeudveksling til en person ved stråling og konvektion, som de aktuelle forhold med uensartede temperaturer giver. Den operative temperatur er anvendt som vurderingskriterium i (1) og (2). Den beregnes således:

$$t_o = A t_l + (1 - A) t_m$$

hvor

$t_o$  er den operative temperatur, °C

$A$  er 0,5 for  $v \leq 0,2$  m/s

og 0,6 for  $v = 0,2 - 0,6$  m/s

$t_l$  er lufttemperaturen, °C

$t_m$  er middelstrålingstemperaturen, °C.

I et termisk klima svarende til komfortområdet for siddende eller stående aktiviteter og med lufthastigheder i området 0,1-0,4 m/s viser globetermometret den operative temperatur med en usikkerhed, der er mindre end  $\pm 0,5$  °C. Den operative temperatur måles eller beregnes i de samme målepunkter som middelstrålingstemperaturen, hvis målingerne skal anvendes til vurdering alene efter (1) og (2).

## Strålingstemperatur-asymmetri

### Vandret asymmetri

Har man mistanke om, at forskellen i strålingstemperatur målt vandret mod vindue og mod bagvæg fra samme målepunkt er større end ca. 8 °C, bør denne forskel måles eller beregnes. Forsøg har vist, at en forskel på 10 °C forårsaget af kolde flader kan give anledning til ubehag ved få timers stillesiddende arbejde. Forskellen kaldes vandret strålingstemperatur-asymmetri. Den er defineret side 5. Målingen (eller beregningen) udføres normalt 1,1 m over gulv, hvorved der

både er taget hensyn til stående og siddende aktiviteter, idet strålingstemperatur-asymmetrien til kolde vinduer normalt vil være større i højden 1,1 end i højden 0,6 m over gulv, fordi vinduesbrystningen er bedre isolerende end glasfladen.

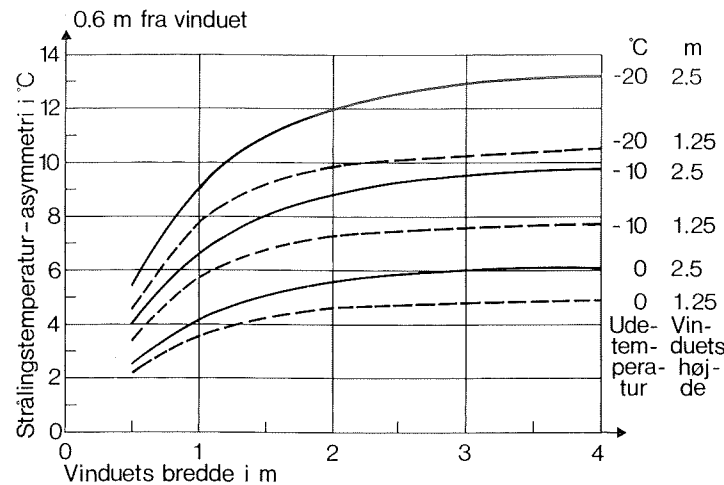
Hvis opholdszonen udelukkende anvendes til siddende aktiviteter, måles strålingstemperatur-asymmetrien 0,6 m over gulv.

Kolde vinduer

Ved lave udetemperaturer kan man i lokaler med store vinduesflader komme op på forskelle i strålingstemperatur på 8-10 °C, se figur 2. Varmekilder under vinduerne, indblæsning af varm luft op langs vinduerne, gardiner samt direkte eller diffus solindstråling formindsker dog forskellene.

Solstråling

Solstråling på og gennem vinduerne vil bevirke en strålingstemperatur-asymmetri i sommerperioden. På arbejdspladser i direkte sol vil middelstrålingstemperaturen som regel altid være for høj, så det alene af den grund kan tilrådes at anvende solafskærmning. Der vil dog trods afskærmning være en varmebelastning fra de solopvarmede områder



Figur 2. Strålingstemperatur-asymmetrien (forskul i strålingstemperatur) i retning mod bagvæg og i retning mod vindue med to lag glas som funktion af vinduesbredden. Kurverne viser strålingstemperatur-asymmetrien ved seks kombinationer af udetemperatur og vindueshøjde. De er beregnet i et punkt ud for vinduets midtpunkt og 0,6 m inden for vinduet. Det er forudsat, at rummets begrænsningsflader - med undtagelse af vinduet - har samme temperatur som rumluften.

Lodret asymmetri

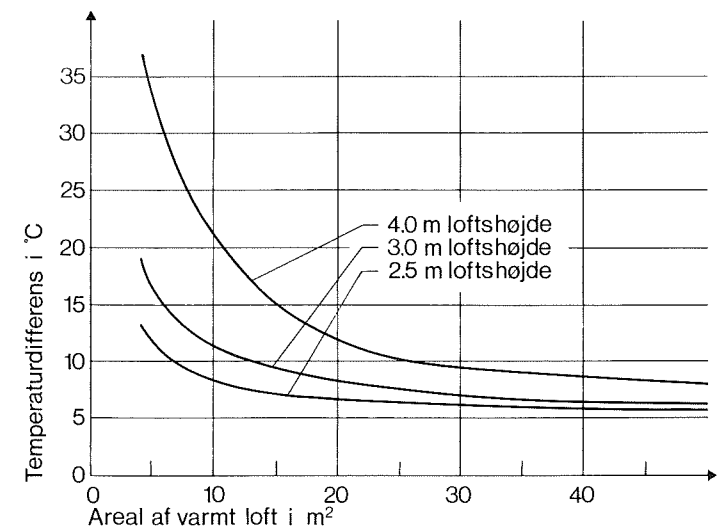
(vinduer og afskærmning), men strålingstemperatur-asymmetrien i retning mod det varme vinduesparti og i retning mod bagvæggen vil dog sjældent være generende stor.

Ved brug af loftsvarme eller særlig kraftig loftsbelysning kan loftets temperatur komme op på værdier, der foruden at give høj middelstrålingstemperatur også forårsager for stor varmepåvirkning især af hovedet. Et udtryk for denne varmestråling fås ved at måle eller beregne strålingstemperaturen i retning mod loftet.

Har man mistanke om, at forskellen i strålingstemperatur målt lodret mod loft og mod gulv fra samme målepunkt er større end ca. 5 °C, bør denne forskel måles eller beregnes.

Varmt loft

Figur 3 illustrerer, hvordan en givet lodret strålingstemperatur-asymmetri (5 °C) er bestemt af temperaturdifferensen mellem varmt loft og gulv, det varme lofts areal og lokalets loftshøjde. Kurverne er beregnet ud fra et målepunkt 1,1 m over gulv. I et lokale med arbejde i siddende stilling benyttes målehøjden 0,6 m over gulv, og figurens kurver angiver her den aktuelle loftshøjde + 0,5 m.



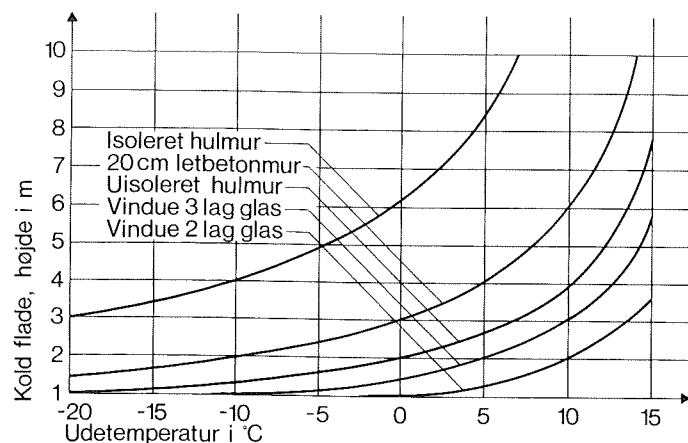
Figur 3. Sammenhørende værdier for temperaturdifferens mellem varmt loft og de øvrige overflader og det varme lofts areal, der giver en lodret strålingstemperatur-asymmetri på 5 °C målt 1,1 m over gulv. Kurverne viser sammenhørende værdier ved tre forskellige loftshøjder. Det er forudsat, at gulv og vægge har samme temperatur.

Strålingstemperaturen kan, som det er vist i (1) og (2) beregnes på grundlag af loftets overfladetemperatur. Måling af loftstemperatur er beskrevet i følgende afsnit om overfladetemperatur.

### Lufthastighed

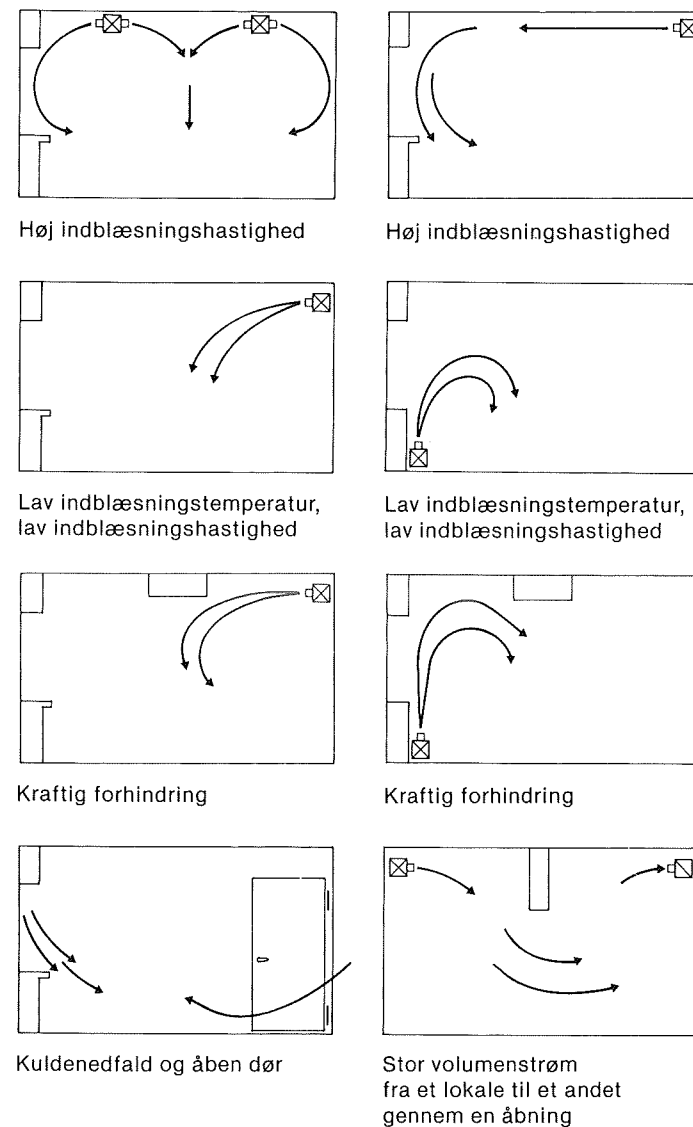
Normalt vil lufthastigheden indendørs ligge under 0,15 m/s. I ikke mekanisk ventilerede lokaler vil lufthastigheder over 0,15 m/s som regel kun forekomme, hvor der er utætheder mod det fri eller mod tilstødende lokaler. For store lufthastigheder kan også forekomme, hvor der er kuldene-fald langs vinduerne eller hvor ydervæggene er høje, idet hastigheden i kuldene-faldet afhænger både af den kolde flades temperatur og dens højde. Figur 4 viser eksempler på, hvor generende kuldene-fald kan forekomme.

I mekanisk ventilerede lokaler kan indblæsningsluften bewirke lufthastigheder over 0,15 m/s i opholdszonen. Risiko-



Figur 4. Sammenhørende værdier for højde af en kold flade i en ydervæg og udetemperatur, der giver et kuldene-fald med en hastighed på 0,25 m/s ved den kolde flades underkant. Ved opholdszonen, dvs. i en afstand fra den kolde flade, kan lufthastigheden normalt forventes at være aftaget til ca. 0,15 m/s. Kurverne viser sammenhørende værdier for fem forskellige slags ydervægsflader. Der er regnet med en K-værdi på 0,6 W/m<sup>2</sup> °C for isoleret hulmur. Det er forudsat, at rumluftens temperatur er 20 °C.

en herfor vil især være bestemt af forskellen mellem indblæsningstemperaturen og rumluftens temperatur, indblæsningsretningen og -hastigheden, og af, om den indblæste luft rammer forhindringer, se figur 5.



Figur 5. Eksempler på situationer, hvor lufthastigheden ofte vil overstige 0,15 m/s i opholdszonen.

Høje lufthastigheder kan forekomme lokalt, og da de er den hyppigste årsag til klager over indeklimaet i mekanisk ventilerede lokaler, er det tilrådeligt at undersøge lokalets luftbevægelser, for eksempel ved hjælp af røg.

Man må især koncentrere sig om:

- kuldenedfald,
- utætheder samt åbninger til tilstødende rum og
- indblæsningsluftens indtrængning i opholdszonen.

Hvis et lokale har to zoner med hver sin temperaturregulering og indstilling, kan luften strømme fra den ene zone til den anden, idet luften i den øverste del af lokalet vil bevæge sig fra den varme zone mod den kolde zone, og modsat i den nederste. Det kan resultere i for store lufthastigheder.

Udsugningsåbningernes placering har normalt kun ringe indflydelse på luftbevægelserne i rummet.

Kritiske steder bør som nævnt undersøges nærmere med røg, således at man kan følge kuldenedfald, indblæsningsluft og andre luftbevægelser ind til grænsen af opholdszonen. Lufthastigheden måles og noteres i de punkter, hvor middelhastigheden ligger over 0,15 m/s. Luftstrømningerne på faste arbejdspladser foreslås altid undersøgt med røg, og i øvrigt bør lufthastighedens middelværdi altid måles i samtlige punkter, hvor også lufttemperaturen måles, se figur 1.

### **Luffugtighed**

Luftens relative fugtighed måles i et af de målepunkter, hvor også luftens temperatur måles. Ønskes den relative fugtighed angivet ved en bestemt temperatur, foretages en omregning ved hjælp af et Mollierdiagram. Luftens vandindhold og vanddamptrykket kan samtidig aflæses af diagrammet.

### **Overfladetemperatur**

Gulvets overfladetemperatur måles for at kontrollere, om varmeledningen fra person til gulv er for lille eller for stor. Gulve over opvarmede rum er koldest langs ydervæggene, hvor der kan være kuldebroer, og varmest på midten. For terrændæk kan der (når der da ikke er gulvopvarmning) kun blive tale om at afsøge minimumstemperaturen, som normalt vil findes langs ydervæggene. Lavest målte gulvtempe-

### **Strålingsforhold**

ratur under 19 °C, alternativt højest målte gulvtemperatur over 26 °C noteres.

Beregning af middelstrålingstemperaturen og strålingstemperatur-asymmetrien i et målepunkt kan udføres, når temperaturen af alle de overflader, der er synlige fra punktet, kendes. De synlige flader inddeles i arealer, der hver har næsten samme temperatur. Det kan være væggene, gulvet, vinduesarealet eller loftet. Hvis der for eksempel er tvivl om, hvorvidt loftets overfladetemperatur er ens over det hele, foreslås det at måle overfladetemperaturen i lige store felter og finde middelværdien.

Til beregningen bruges endvidere rumvinklerne fra målepunktet til de enkelte flader. I (2) og (5) er der gjort rede for, hvordan beregningen foretages.

# Måleinstrumenter

I det følgende er givet en kortfattet beskrivelse af en række praktisk anvendelige instrumenter til indeklimate målinger. Der findes dog andre brugbare instrumenter end dem, der er beskrevet eller afbildet her. Se (7), (8) og (9).

Der er i omtalen af instrumenterne lagt vægt på at frem-

## Oversigt over de beskrevne instrumenter til indeklimate målinger

Instrument	Indeklimaparameter	Side
<b>Væsketermometer</b>	Lufttemperatur	27
<b>Termograf (Termohydrograf)</b>	Lufttemperatur	28
<b>Termoelement</b>	Lufttemperatur	30
<b>Modstandsføler</b>	Lufttemperatur	30
<b>Globetermometer</b>	Globetemperatur Middelstrålingstemperatur Strålingstemperatur-asymmetri	31
<b>Netradiometer</b>	Strålingstemperatur-asymmetri	33
<b>Røgampul</b>	Luftens bevægelsesretning Lufthastighed (til orientering)	34
<b>Varmetrådsanemometer</b>	Lufthastighed	35
<b>Psykrometer</b>	Luftfugtighed (Lufttemperatur)	36
<b>Hårhygrometer</b>	Luftfugtighed	38
<b>Hårhydrograf (Termohydrograf)</b>	Luftfugtighed	38
<b>Lithiumchlorid-hygrometer</b>	Luftfugtighed	39
<b>Overfladetemperaturmåler</b>	Overfladetemperatur	40
<b>Strålingsmåler</b>	Overfladetemperatur	40
<b>Komfortmåler</b>	Samlet virkning	41

hæve de forhold, der ved anvendelsen og vedligeholdelsen må anses for væsentlige for at opnå de angivne målenøjagtigheder. For de enkelte fabrikater er som regel i en brugsanvisning angivet, hvorledes instrumenterne skal behandles. Sådanne anvisninger forudsættes naturligvis fulgt.

De nævnte instrumenter kan anvendes til målinger, der skal danne grundlag for bedømmelse af, om indeklimaet kan give anledning til diskomfort. Hvor der stilles specielt strenge krav vedrørende enkeltparametre, må man vurdere et instruments egnethed ud fra dets specifikationer, for eksempel undersøge, om det er i stand til at reagere så hurtigt, som det kræves, dvs. har en tilstrækkelig lille tidskonstant. Som eksempel kan nævnes, at en termograf er 10-15 minutter om at indstille sig efter en temperaturændring, hvilket vil sige, at man ved hurtige ændringer af lufttemperaturen ikke på et sådant instrument får registreret maksimum- eller minimumtemperaturer.

## Væsketermometer

Anvendelse

Væsketermometeret er det enkleste instrument til måling af lufttemperatur.

Udstyr

Væsketermometer og strålingsbeskyttelse.

Måling

Ved målinger, hvor strålingstemperaturen forventes at afvige fra lufttemperaturen, skal føleren strålingsbeskyttes med et 50-100 mm langt aluminiumsrør, ca. 50 mm i diameter. Uden strålingsbeskyttelse kan man risikere en fejlvisning på ca. 25 pct. af forskellen mellem luft- og middelstrålingstemperaturerne. Termometre med ca. 6 mm følerdiameter aflæses tidligst efter ca. 10 minutter ved de lufthastigheder, som normalt forekommer i opholds- og arbejdsrum. I direkte sol bør kun anvendes aspirationstermometer, der har en indstillingstid på 1-2 minutter. Aspirationstermometeret er strålingsbeskyttet.

Inden brugen undersøges, om termometerets skala er intakt og fastholdt i rette stilling. Termometre bør kontrolleres med et kalibreret termometer en gang årligt. Termometre med kalibreringsattest er normal markedsvare.

Nøjagtighed

Nøjagtigheden afhænger af den valgte type. Til indeklimate målinger anbefales termometre med en nøjagtighed på mindst  $\pm 0,2$  °C.

## Termograf

Anvendelse

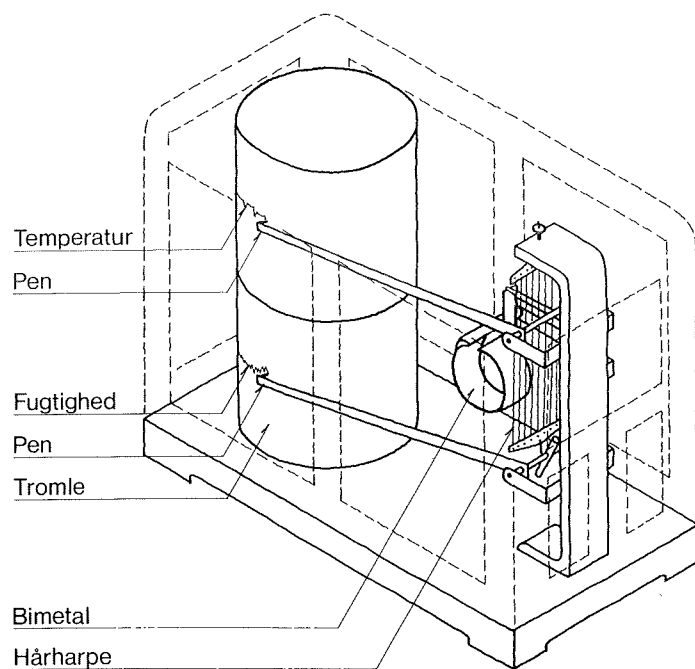
Termografen er et instrument til måling og kontinuerlig afbildning af lufttemperatur.

Udstyr

Termograf og diagrampapir samt spritpenne (eller registreringsblæk, rensenål og trækpapir).

Beskrivelse

Termografen registrerer luftens temperaturer med en bimetalføler. Føleren aktiverer en pen, der tegner en kurve på et diagramblad, der er fastspændt på en langsomt roterende tromle. Se termohygrografen i figur 6.



Figur 6. Termohygrografen registrerer både luftens temperatur og dens relative fugtighed. Temperaturen registreres via en pen, som aktiveres af en bimetalføler, der ændrer form ved ændringer i lufttemperaturen. Fugtigheden registreres via en pen, der er ophængt i en hårharpe. Hårene ændrer længde ved ændringer i fugtigheden. Pennene tegner på en langsomt roterende tromle med registreringspapir.

Måling

Termografen skal være kalibreret, og før hver måling foretages en kontrol af justeringen i konstante temperaturomgivelser.

Der findes flere forskellige fabrikater af termografer, og de fås til flere forskellige måleområder. Diagrampapiret skal være beregnet til den pågældende termograf.

Diagrampapiret skal ligge an mod tromlens nederste kant, og termografen må om nødvendigt afskærmes mod ydre forstyrrende påvirkninger, som for eksempel solstråling. Luften skal dog stadig kunne bevæge sig frit omkring føleren. Tromlens omdrejningshastighed skal tilpasses det tidsrum, hvorover man vil måle, det kan være et døgn, en uge eller en måned.

Dag, tidspunkt, lokale og placering i lokalet samt højden over gulvet angives på diagrammet.

De instrumenter, som anvendes udendørs i den kolde årstid, skal også tilses udendørs. Flytter man et instrument fra kulde til varme, kondenserer luftens fugt i urværket, som, når instrumentet atter flyttes ud, kan gå i stå, hvis vandet fryser.

Når der skiftes pen, bør man justere instrumentet og eventuelt omkalibrere. Fabrikationsnøjagtigheden på penne kan betyde, at man, når der skiftes pen, får en afvigelse op til ca.  $\pm 0,5$  °C.

Der bør under målingen foretages kontrol af, at instrumentet virkelig skriver, og at tidsangivelsen er korrekt.

Nøjagtighed

Instrumentet bør kalibreres inden for det temperaturområde, hvori det skal fungere.

En termografs fejlvisning er i henhold til katalogangivelser ca.  $\pm 1$  pct. af måleområdet. Hertil kommer aflæsningsnøjagtigheden, som skønnes at være ca.  $\pm 0,2$  °C. Da instrumentet er op til 10 minutter om at indstille sig efter en temperaturændring, kan der yderligere tilkomme fejl, når temperaturen varierer hurtigt.

Hvis pennetrykket mod papiret er for stort, hindres pennens frie bevægelse, og også dette kan forårsage fejlvisninger.

Transport

Termografen må transporteres forsigtigt og de mekaniske forbindelser fra føler til skrivearm skal være aflastede under transport. Efter transporten bør instrumentet altid justeres.



### Termoelement eller modstandsføler

Anvendelse	Termoelement eller modstandsføler anvendes til måling eller kontinuerlig registrering af lufttemperatur eller overfladetemperatur.
Udstyr	Termoelement eller modstandsføler med potentiometer-skriver, datalogger, digital- eller viserinstrument samt eventuelt registreringspapir.
Beskrivelse	Termoelementer er baseret på, at den kontaktspænding, der opstår, når to forskellige metaller berører hinanden, er temperaturafhængig. Holdes termoelementets ene loddested på en konstant kendt temperatur, referencen, er spændingsforskellen over loddestederne et udtryk for temperaturen ved det andet loddested. Modstandstermometre er baseret på, at den elektriske modstand i et materiale ændres med omgivelsens temperatur. Føleren kan være en metaltråd eller en termistor, og temperaturmålingen udføres ved i instrumentet at måle ændringen af følelementets elektriske modstand.
Måling	Termoelementet og temperaturkompensationsenheden (referencen) skal passe sammen. Termoelementer tilsluttet samme registreringsudstyr bør stamme fra samme fabrikationsserie, hvilket kan kontrolleres ved kalibrering. Kompensationsenheden skal være kalibreret, eventuelt justeret. Hvis der registreres mange temperaturer af næsten samme størrelse på den samme skriver, foreslås det at bruge flere kompensationsenheder, således at registreringerne ikke falder oven i hinanden. Potentiometerskriveren skal have nået stabil arbejdstemperatur, før registreringen kan anvendes. Termoelementets modstand må ikke overskride en given maksimal værdi, som bestemmes af indgangsforstærkeren. Hvis denne værdi overskrides, vil skriveren ikke nå at indstille sig - den »kryber«. Termoelementets loddesteder og 50-100 mm af tilledningerne skal strålingsbeskyttes, for eksempel med et aluminiumshylster med en diameter på 50 mm. Undlades beskyttelsen, kan der opstå målefejl på op til 10 pct. af forskellen mellem lufttemperatur og middelstrålingstemperatur. Ved måling af overfladetemperatur skal mindst 50-100 mm af termoelementets tilledninger være i kontakt med overfladen. For modstandsfølere er det vigtigt, at tilledningernes over-

gangsmodstand ved samlingerne er lille. Spændingskildens nøjagtighed og stabilitet skal være i overensstemmelse med givne forskrifter.

Nøjagtighed	Nøjagtigheden på målinger med termoelementer eller modstandsfølere kan blive $\pm 0,2$ °C, hvis udstyret er udvalgt og kalibreret til den pågældende måleopgave.
-------------	--

### Globetermometer

Anvendelse	Globetermometret er et instrument til måling af globetemperatur, som kan benyttes til bestemmelse af middelstrålingstemperatur og eventuelt af strålingstemperatur-asymmetri.
Udstyr	Globetermometer (standard-udførelsen har en kuglediameter på 15,2 cm), strålingsbeskyttet termometer, anemometer samt nomogrammer eller beregningsformel.
Beskrivelse	Et standard-globetermometer består af et termometer, hvis føler er placeret i centrum af en hul, matsort kugle. Den målte temperatur kaldes globetemperaturen. Den kan anvendes til beregning af middelstrålingstemperaturen, når også lufttemperatur og lufthastighed er kendt. Globetemperaturen kan med god tilnærmelse bruges som mål for den operative temperatur, når lufthastigheden ligger i området 0,1-0,4 m/s. Ved lufthastigheder på ca. 0,2 m/s kan globetemperaturen regnes at være middelværdien af lufttemperatur og middelstrålingstemperatur. Hvis lufttemperaturen for eksempel er 20 °C og globetemperaturen 22 °C, vil middelstrålingstemperaturen være 24 °C. Middelstrålingstemperaturen kan (når der anvendes standard-globetermometer) beregnes af formlen:

$$t_m = t_g + 2,2 (t_g - t_l) \sqrt{v}$$

hvor

$t_m$  = middelstrålingstemperatur, °C

$t_g$  = globetemperatur, °C

$t_l$  = lufttemperatur, °C

$v$  = lufthastighed, m/s.

For et globetermometer, hvis diameter afviger fra de standardiserede 15,2 cm, beregnes middelstrålingstemperaturen i stedet efter formlen

$$t_m = t_g + 2,2 \cdot k (t_g - t_l) \sqrt{v}$$

hvor

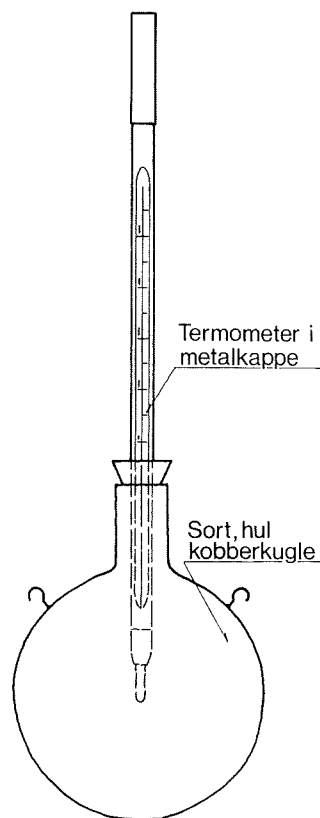
$$k = \left( \frac{0,15}{d} \right)^{0,4}$$

$d$  = den afvigende diameter, målt i m.

I litteraturlistens (6) er vist nomogrammer til beregning af middelstrålingstemperaturen. Ved køb af globetermometre bør også nomogrammer rekvireres.

## Måling

Globetermometret og det strålingsbeskyttede termometer anbringes på målestedet. Efter en passende indstillingstid (ca. 20 minutter for standard-udførelsen) aflæses både globetermometer og termometer. Samtidig måles lufthastighe-



Figur 7. Globetermometret, der anvendes til bestemmelse af middelstrålingstemperatur og operativ temperatur, består af en matsort, hul kugle og et termometer, hvis føler er placeret i kuglens centrum.

den (middelværdi). Ved hjælp af globetemperatur, lufttemperatur og lufthastighed kan man dernæst efter nomogram eller formel finde middelstrålingstemperaturen.

Ønskes strålingstemperatur-asymmetrien bestemt, kan der anvendes to globetermometre, der er afskærmet fra hinanden med en blank reflekterende plade. Pladen tillader kun varmestråling i én retning og virker som spejl. Middelstrålingstemperaturen beregnes for hver globe for sig, og forskellen angiver asymmetrien.

Fejlen på en sådan måling kan ikke umiddelbart fastslås, men en fejl vil altid føre til en mindre asymmetri, bl.a. fordi et globetermometer optager større stråling fra siderne end en lille plan flade (se netradiometer).

Et standard-globetermometer måler kun middelstrålingstemperaturen som personer føler den, når der ikke forekommer for store mængder kortbølget varmestråling som for eksempel i direkte sollys. Måling af middelstrålingstemperaturen ved hjælp af globetermometret giver en bedre beskrivelse af stråling i forhold til en siddende person end til en stående person. Det skyldes globetermometrets kugleform.

## Nøjagtighed

Variationer i lufttemperatur, lufthastighed eller middelstrålingstemperatur vil give målingen en vis usikkerhed. Usikkerheden vil væsentligst stamme fra hastighedsmålingen, der derfor må søges gjort så nøjagtig som muligt.

Hvis de anvendte termometre har en nøjagtighed, der er mindre end  $\pm 0,2$  °C, og hvis usikkerheden på lufthastighedsmålingen er mindre end  $\pm 0,05$  m/s, vil den beregnede middelstrålingstemperatur have en usikkerhed på ca.  $\pm 1$  °C. Det forudsætter dog, at forskellen mellem luft- og middelstrålingstemperatur er mindre end ca. 10 °C, hvilket den normalt er i boliger, undervisningslokaler, kontorer og bygninger med let industri.

## Netradiometer

### Anvendelse

Netradiometret er et elektrisk instrument, som anvendes ved bestemmelse af strålingstemperatur-asymmetri.

### Udstyr

Netradiometer og strålingsbeskyttet termometer.

### Beskrivelse

Netradiometret består af en varmestrømsmåler indbygget mellem to plane flader, der er sorte på de synlige sider. Den resulterende varmestrøm giver et mål for forskellen i strå-

lingsudveksling mellem hver af de to flader og deres omgivelser. De to flader er udadtil beskyttet af polyethylenfolie for at mindske lufthastighedens indflydelse på målingen.

Strålingstemperatur-asymmetrien beregnes af formlen (tilnærmet):

$$\Delta t_s = \frac{P \cdot 10^8}{23(t_n + 273)^3}$$

hvor

$\Delta t_s$  er strålingstemperatur-asymmetrien °C

$P$  er den målte varmestrøm W/m<sup>2</sup> °C

$t_n$  er netradiometrets temperatur °C. Den kan regnes at svare til den omgivende lufts temperatur.

Nøjagtighed

Nøjagtigheden kan regnes at være ca. ±1 °C.

Instrumenter til måling af strålingstemperatur er under udvikling bl.a. på Danmarks tekniske Højskole og i et dansk instrumentfirma.

### Røgampul

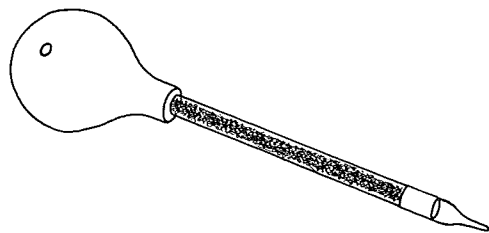
Anvendelse

Røgampullen anvendes til at bestemme luftens bevægelsesretning, samt til orienterende måling af lufthastighedens størrelse i lokaler med stabil luftstrømning ved lav hastighed.

Udstyr  
Beskrivelse og måling

Røgampul, stopur og metermål.

En orienterende måling udføres ved at lade en røgampul afgive en lille koncentreret røgmængde. Røgens bevægelsesretning observeres, og tiden for røgens bevægelse over en strækning på 0,5-1 m måles med et stopur. Metoden kan anvendes, hvor luftstrømmen har en konstant retning og er nogenlunde stabil. Den bør kun bruges til orienterende målin-



Figur 8. Røgampul til at frembringe en koncentreret røgmængde, der kan vise luftens hastighed og bevægelsesretning.

Nøjagtighed

ger. Metoden kan anvendes i hastighedsområdet 0,1-0,5 m/s. Der kan opnås et udtryk for middelhastigheden over få sekunder. Målingen kan dog gentages flere gange i en 3 minutters periode.

Ved konstant luftstrøm kan opnås en nøjagtighed på middelhastigheden på ca. ±0,05 m/s.

### Varmetrådsanemometer

Anvendelse

Varmetrådsanemometret er et elektrisk instrument til måling af lufthastighed.

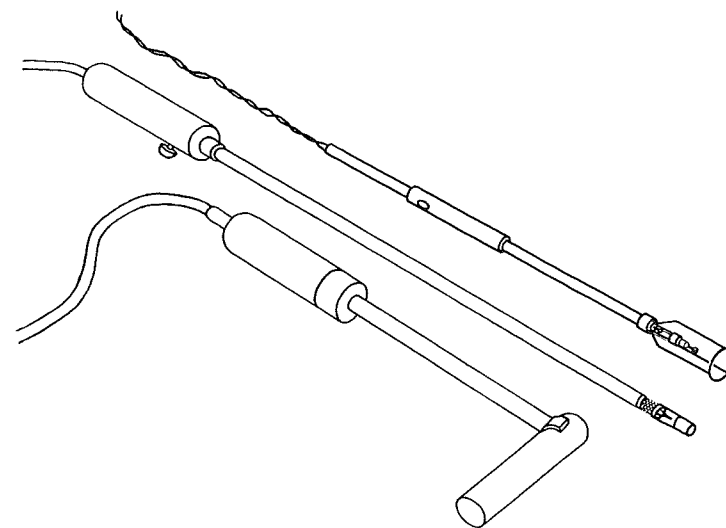
Udstyr

Anemometer og røgampul samt eventuelt en enhed til kontinuerlig registrering.

Beskrivelse

Princippet er baseret på måling af afkølingen af instrumentets føler, der er en modstand i et elektrisk kredsløb. Da afkølingen er afhængig af både hastighed og lufttemperatur, skal man vide, i hvilket temperaturområde instrumentet kan arbejde, og kende eventuelle korrektioner for afvigelser fra den temperatur, instrumentet er kalibreret ved.

Ved lave lufthastigheder (0-0,2 m/s) bevirker egenkonvektionen omkring det opvarmede følerelement, at målingen



Figur 9. Følere til varmetrådsanemometre. Den nederste føler er udpræget retningsbestemt og derfor normalt ikke egnet til måling af hastigheder i rumluft.

## Måling

bliver usikker. Der findes dog instrumenter, der kompenserer for denne egenkonvektion.

Spændingskildens konstans er vigtig. I batteridrevne instrumenter bør derfor anvendes kviksølvbatterier, og batterifunktionen skal hyppigt kontrolleres.

Hvis føleren er støvet, vil afkølingsforholdene ændres, og den skal derfor holdes ren. Rensemethode og rensmiddel bør vælges efter fabrikantens vejledning.

De fleste anemometre er retningsbestemte. Man må derfor kende luftbevægelsens retning, som for eksempel fastlægges ved hjælp af en røgampul.

Lufthastigheder i området 0–0,3 m/s er ofte ret svingende. Det er derfor næppe muligt at angive lufthastigheden som en konstant værdi, men mere rimeligt at angive middelværdien og den maksimale værdi, eller angive det område, hvori instrumentet viser, at hastigheden varierer. Middelværdien skal måles over en periode på 3 minutter eller 100 gange følerens tidskonstant, hvis den er over ca. 2 sekunder. En stor tidskonstant letter aflæsning af middelhastigheden, men tidskonstanten bør være under 1 sekund såfremt lufthastighedens maksimale værdi skal findes. Det er en fordel at koble instrumentet til en skrivende enhed.

## Nøjagtighed

Nøjagtigheden afhænger af instrumenttypen. I området 0–0,2 m/s vil usikkerheden være  $\pm 25$  pct. for instrumenter, som ikke kompenserer for egenkonvektionen. Ved hyppig og omhyggelig kalibrering kan instrumenterne ved større lufthastigheder regnes at have en nøjagtighed på  $\pm 10$  pct.

## Psykrometer

### Anvendelse

Psykrometret anvendes ved bestemmelse af luftfugtighed. Aspirationspsykrometret er også velegnet til måling af lufttemperatur, idet føleren er strålingsbeskyttet.

### Udstyr

Aspirationspsykrometer eller slyngpsykrometer, destilleret vand samt psykrometerdiagram eller Mollierdiagram.

### Beskrivelse

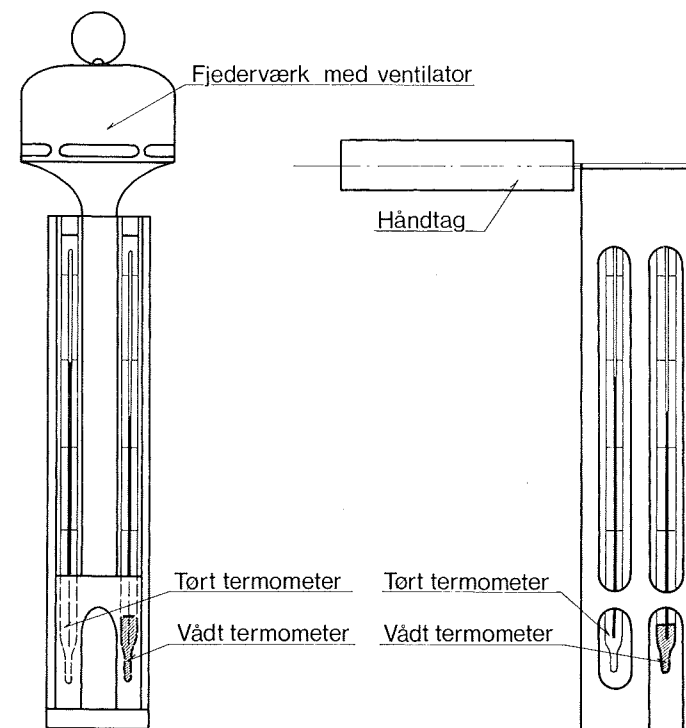
Aspirationspsykrometret måler to temperaturer, den tørre temperatur, dvs. luftens temperatur, og den våde temperatur, dvs. den temperatur der kan aflæses af et termometer, hvis føler er omgivet af en befugtet bomuldsstrømpe. En ventilator trækker luften forbi de to følere.

Slyngpsykrometret har ikke ventilator, men ventilator-

## Måling

virkingen fremkommer ved, at psykrometret roteres omkring håndtaget, hvorved luften stryger forbi følerne. Det tager fra 2 til 10 minutter for termometrene at nå ligevægts-tilstanden, der kan konstateres indtrådt, når visningen på det våde termometer er blevet konstant.

Til befugtningen af bomuldsstrømpen skal altid anvendes destilleret vand, idet ikke-destilleret vand vil bevirke tilkalkning og afsætning af salte, der med tiden vil medføre en



Figur 10.

Til venstre: Aspirationspsykrometret til bestemmelse af luftens relative fugtighed. Når forskellen mellem den tørre og den våde temperatur er målt på de to termometre, aflæses den tilhørende relative fugtighed på et psykrometerdiagram eller et Mollierdiagram. Den fjederdrevne ventilator foroven sikrer, at luften passerer følerne med en ganske bestemt hastighed.

Til højre: Slyngpsykrometret bruges ligeledes til bestemmelse af luftens relative fugtighed. Luftens passage forbi følerne sker ved, at hele psykrometret – som en skrulle – drejes omkring håndtagets akse.

damptryksænkning omkring det våde termometer og dermed en fejlvisning.

Instrumentet skal holdes på afstand af krop og udåndingsluft for ikke at forstyrre målingerne.

Ved hjælp af de to målte temperaturer kan luftens relative fugtighed aflæses på et psykrometerdiagram.

Et psykrometer kan også bruges, selv om den våde temperatur ligger under 0 °C, men man bør da anvende et særligt psykrometerdiagram, der er beregnet til dette temperaturområde, og man skal være sikker på, at vandet på det våde termometer er frosset helt igennem, før aflæsninger foretages.

Aspirationspsykrometret er strålingsbeskyttet og kan derfor anbefales til måling af lufttemperaturer, hvor der er en afvigende strålingstemperatur. Indstillingstiden er væsentligt kortere end for almindelige termometre.

Slyngpsykrometret giver den samme hurtige måling af lufttemperaturen, men er mere afhængigt af strålingen. Inden opfugtning af det våde termometer bør det altid kontrolleres, at de to termometre har samme visning.

Luftens relative fugtighed kan med psykrometer måles med en absolut nøjagtighed på  $\pm 3$  pct. op til omkring 90 pct. RF. Over denne værdi øges usikkerheden på grund af den lille forskel, der da vil være mellem de to målte temperaturer, og usikkerheden vil næsten altid give sig udslag i, at man aflæser en for høj fugtighed. Måling med et aspirationspsykrometer er nøjagtigere end med et slyngpsykrometer.

#### Hårhygrometer, hårhygrograf

Hårhygrometret og hårhygrografen er instrumenter til måling af luftfugtighed.

Hygrometer eller hygrograf med diagrampapir.

Følerne i hygrometre og hygrografer er normalt hår, der ændrer længde ved ændringer i luftens fugtighed. Længdeændringen overføres til en viser eller – i hygrografer – til en pen. Pennen tegner en kurve på et diagrampapir, der er fastspændt på en langsomt roterende tromle.

Alle fugtighedsmålere, der er baseret på længdeændringer

i organiske materialer, skal regenereres, dvs. opfugtes til 100 pct. ca. 1 gang månedligt, da funktionen ellers forstyrres. Til regenereringen skal anvendes destilleret vand, og hårene skal holdes rene.

For at opnå god målenøjagtighed skal instrumentet kalibreres hyppigt, og dette gælder især for hygrografer, se figur 6. Når der skiftes pen, skal instrumentet justeres påny. Papiret skal placeres korrekt og ligge an mod den nederste kant på skrivetromlen.

Under transport skal hårharpen være aflastet. Det tilrådes altid at kontrollere visningen efter transport.

Ved omhyggelig pasning, herunder hyppig regenerering, kan måleusikkerheden under normale klimaforhold regnes at være mindre end  $\pm 5$  pct. RF.

#### Lithiumchlorid-hygrometer

Lithiumchlorid-hygrometret er et elektrisk instrument til måling af luftfugtighed eller dugpunktstemperatur.

Hygrometer.

Instrumentet er i princippet et termometer, hvis føler er omgivet af en glasfibervæge, som er fugtet med en opløsning af lithiumchlorid. For hvert vanddamptryk vil der være en ligevægtstemperatur, ved hvilken saltopløsningen hverken optager eller afgiver fugtighed til luften. Den fugtige væge påtrykkes en vekselspænding, der opvarmer føleren til ligevægtstemperaturen nås.

Instrumentet skal anvendes i overensstemmelse med brugsanvisningen, der som regel fastsætter grænser for luft-hastigheden forbi føleren og visse krav til strømkilden.

Generelt kan instrumentet måle og angive dugpunkt og relativ fugtighed i temperaturområdet fra  $-30$  °C til  $+50$  °C ved relativ fugtighed mellem 15 og 100 pct. Fejlvisning kan opstå ved støvaf sætning på føleren og ved anvendelse i chlorholdig luft.

Instrumentet bør kalibreres ved hjælp af et psykrometer 1 gang månedligt. I tilfælde af fejlvisning udvaskes føleren i destilleret vand, og ny lithiumchlorid tilsættes, hvorefter kalibreringen gentages.

Måleusikkerheden vil normalt være højst  $\pm 5$  pct. RF.

Nøjagtighed

Anvendelse

Udstyr  
Beskrivelse

Måling

Nøjagtighed

Anvendelse

Udstyr  
Beskrivelse

Måling

Nøjagtighed

### Overfladetemperaturmåler

Anvendelse	Overfladetemperaturmåleren er et elektrisk instrument til måling af overfladetemperatur.
Udstyr	Overfladetemperaturmåler.
Beskrivelse	Instrumentets føler kan i princippet være et termoelement, og man måler temperaturforskellen mellem målestedet (føleren) og en kendt, fastholdt temperatur. Eller instrumentets føler kan være en temperaturnafhængig modstand, der er indbygget i en Wheatstone målebro.
Måling	Under målingen må man sikre sig, at føleren har god kontakt til måleoverfladen, og at den del af overfladen (ofte kun 1 målepunkt), der måles på, er repræsentativ for hele overfladens temperatur. Anvendes et termoelement som føler, skal 50–100 mm af tilledningerne have kontakt med overfladen for at undgå, at varmen ledes bort fra målepunktet til den omgivende luft gennem tilledningerne. Der må ikke bruges vand for at skabe bedre kontakt til overfladen, da fordampningen vil sænke overfladetemperaturen. Kalibrering (eller kontrol af instrumentet) bør udføres ved at måle på en overflade med kendt temperatur og ikke ved at måle i luft.
Nøjagtighed	Måleusikkerheden afhænger af overfladens struktur, men kan regnes at ligge under $\pm 1$ °C, når der anvendes et kalibreret instrument, der er tilpasset det rumtemperaturområde, der måles i. Instrumenter, hvor der kompenseres for modstandsændringen, således at der ingen strøm går ved målingen, er nøjagtigere end instrumenter, hvor modstandsændringen og den dermed forbundne ændring i strømmen i målekredsen udtrykker temperaturændringen.

### Strålingsmåler

Anvendelse	Strålingsmåleren er et elektrisk instrument til måling af overfladetemperatur.
Udstyr	Strålingsmåler.
Beskrivelse og måling	Instrumentet er baseret på, at den langbølgede, infrarøde stråling mellem en føler (NTC modstand) og et begrænset område af en overflade er afhængig af temperaturforskellen

mellem føler og overflade. Instrumentet »ser« som regel kun et område inden for en rumvinkel på 1–2 °. Instrumentets egentemperatur skal være stabiliseret, inden måling foretages.

Nøjagtighed Ved normale rumtemperaturer kan overfladetemperaturen måles med en nøjagtighed på  $\pm 1$  °C.

### Komfortmåler

Anvendelse	Instrumentet kan måle den samlede virkning af de termiske indeklimaparametre på personer med givet aktivitetsniveau og påklædning.
Udstyr	Komfortmåler.
Beskrivelse	PMV-indekset (Predicted Mean Vote) udtrykker den forventede termiske bedømmelse, som et stort antal personer ville afgive, forudsat, at de havde samme aktivitetsniveau og påklædning (3), (5). PPD-indekset (Predicted Percentage of Dissatisfied) udtrykker, hvor mange der ud af et stort antal personer ville være utilfredse med et givet termisk klima, forudsat samme aktivitetsniveau og påklædning. Et integreret måleinstrument til registrering af disse to værdier er udviklet på Danmarks tekniske Højskole og bygger på Fangers komfortligning (5). Instrumentet er beskrevet i (10). Følerens form og størrelse er valgt således, at forholdet mellem varmeafgivelserne ved konvektion og stråling bliver det samme som for et menneske, og således, at vinkelforholdet i de forskellige retninger er sammenligneligt med vinkelforholdene for en person.
Måling	Instrumentet indstilles forud for målingen på de aktuelle værdier for aktivitetsniveau, påklædning og vanddamptryk og måler herefter den samlede virkning af lufttemperaturen, middelstrålingstemperaturen og lufthastigheden. Visningen angiver direkte PMV- eller PPD-indekset. Størrelsen af de målte indekser afhænger i høj grad af de indstillede værdier. Instrumentet kan tillige benyttes til at måle den operative temperatur, der er den sammenvejede værdi af luft- og middelstrålingstemperaturerne. Denne temperatur kan dog som tidligere beskrevet også måles med et globetermometer.

## Kort vejledning i måling af termisk indeklima

### Forklaring til rapportskema

#### Målepunkternes placering

En plan af lokalet og opholdszonen skitseres. Hvis intet andet er anført, medregnes til opholdszonen hele arealet undtagen de yderste 0,6 m langs vægge, fast inventar og lignende. Målepunkterne placeres, hvor opholdszonens koldeste og varmeste steder forventes at være, dvs. nær vinduesfacader, ved bagvæg og eventuelt midt i lokalet, i øvrigt fortrinsvis ved faste arbejdspladser. Målingerne udføres normalt i højderne 0,1, 1,1 og 1,7 m over gulv. Hvor der udelukkende er tale om siddende aktiviteter måles i højderne 0,1, 0,6 og 1,1 m over gulv.

Arbejdspladser, døre, vinduer, indblæsningsarmaturer og radiatorer indtegnes ved signaturer. Alle målepunkter tildeles et nummer, hvortil måleresultaterne henføres.

#### Lufttemperatu- rens variation

1-2 dage forud for målingerne samt på selve måledagen registreres lufttemperaturens variation et repræsentativt sted, normalt midt i lokalet i en højde mellem 0,6 og 1,1 m over gulv. Registreringen optegnes i et diagram med døgn og timer som abscisse.

#### Måling af indeklima

Der foretages som hovedregel én måling af indeklimaparametrene i lokalets daglige benyttelsestid. Hvis den registrerede lufttemperatur ændrer sig mere end 2 °C i benyttelsestiden, måles dog både, når den højeste og den laveste lufttemperatur forekommer (ses af den eller de foregående dages registreringer). Den daglige benyttelsestid og tidspunktet for måling af indeklimaparametrene noteres ved diagrammet.

Samtlige målte værdier noteres på skemaets side 2 (og resultater overføres til side 1).

#### Lufttemperatur

Lufttemperaturen måles normalt i højderne 0,1 og 1,7 m over gulv, samt i højden 1,1 m over gulv, hvor middelstrå-

lingstemperaturen måles. Er der udelukkende tale om siddende aktiviteter måles i højderne 0,1 og 1,1 m over gulv samt i højden 0,6 m over gulv, hvor middelstrålingstemperaturen måles. Maksimum- og minimumtemperatur angives med målepunktets nummer og højden over gulv.

#### Lodret tempe- raturforskel

Største lodrette temperaturforskel i opholdszonen angives med målepunktets nummer og målehøjderne, der normalt er 0,1 og 1,7 m over gulv. Benyttes opholdszonen udelukkende til siddende aktiviteter måles i højderne 0,1 og 1,1 m over gulv.

#### Middelstrålings- temperatur

Middelstrålingstemperaturen angives i højden 1,1 m over gulv; ved udelukkende siddende aktiviteter dog i højden 0,6 m over gulv. Der angives maksimum- og minimumværdier, som normalt vil forekomme ved særligt varme eller kolde overflader. Lufttemperatur og hastighed måles samtidigt i de samme punkter. Det angives om middelstrålingstemperaturen er beregnet på grundlag af globetemperaturen eller overfladetemperaturer.

#### Lufthastighed

Lufthastighedens middelværdi måles i samtlige temperaturmålepunkter. Desuden undersøges strømningerne med røg ved faste arbejdspladser og de steder, hvor kuldenedfald eller luft fra indblæsningsarmaturer, vinduer eller døre trænger ind i opholdszonen. Kun værdier over 0,15 m/s noteres. Målepunkter og højder angives. Indtegn eventuelle strømninger på en bilagt skitse. (Indblæsningsstemperaturen angives, når der er indblæsningsanlæg - se under installations driftstilstand). Lufthastighedens middelværdi måles over en periode på 3 minutter eller 100 gange følerens tidskonstant, hvis denne er over 2 sekunder.

#### Luftfugtighed

Den relative fugtighed måles og angives sammen med lufttemperaturen i et af de målepunkter, hvor lufttemperaturen måles.

#### Strålingstempe- ratur-asymmetri

Strålingstemperatur-asymmetri måles eller beregnes, såfremt den i vandret retning vurderes til 8 °C eller derover og i lodret retning vurderes til 5 °C eller derover. Så stor strålingstemperatur-asymmetri er usædvanlig, men kan dog forekomme ved store vinduesflader og samtidig lave ude-temperaturer, eller når loftvarme er i brug. Vurdering og beregning skal normalt ske i forhold til et målepunkt 1,1 m over gulv, men i lokaler for udelukkende siddende aktiviteter bruges højden 0,6 m over gulv.

# RAPPORTSKEMA FOR INDEKLIMAMÅLING

Sag: \_\_\_\_\_ Sagsnr.: \_\_\_\_\_ Dato: \_\_\_\_\_  
Bygning: \_\_\_\_\_ Måling udført af: \_\_\_\_\_  
Lokale: \_\_\_\_\_ Kontaktperson: \_\_\_\_\_ Tlf.: \_\_\_\_\_

### Skitse af lokale med opholdszone og målepunkters placering

□ = \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ m

Signaturer:

- R Lufttemperatur-variation
- Lufttemperatur
- Middelstrålingstemperatur (alternativt globetemperatur), lufttemperatur og lufthastighed (middelværdi)
- ⊖ Strålingstemperatur-asymmetri
- ⊖ Lufthastighed, middelværdi
- A Arbejdsplads
- ▣ Radiator/konvektor
- Indblæsningsåbning

### Lufttemperaturens variation i 1-3 døgn

°C



Lokalets daglige benyttelsestid:

Tidspunkt for indeklimatemålingen/  
indeklimatemålingerne:

Kl.:

Dato:

Målinger	Resultat	Måle-punkt, nr.	Måle-højde, m	Supplerende målinger	Resultat	Måle-punkt, nr.	Måle-højde, m
Lufttemperatur				Vandret strålingstemperatur-asymmetri			
Maksimum	°C			□ vurderet < 8°C			
Minimum	°C			□ beregnet	°C		
Lodret temperaturforskjel				□ målt	°C		
Maksimum	°C			Lodret strålingstemperatur-asymmetri			
Middelstrålingstemperatur*)				□ vurderet < 5°C			
Maksimum	°C			□ beregnet	°C		
ved: lufttemperatur	°C			□ målt	°C		
og: lufthastighed	m/s			Gulvets overfladetemperatur			
Minimum	°C			□ vurderet 19-26°C			
ved: lufttemperatur	°C			□ målt < 19°C	°C		
og: lufthastighed	m/s			□ målt > 26°C	°C		
Lufthastighed				<b>Bemærkninger</b> (aktivitet, påklædning m.m.):			
Middelværdier/evt. maks. værdi	/ m/s						
(kun værdier > 0,15 m/s)	/ m/s						
	/ m/s						
	/ m/s						
	/ m/s						
	/ m/s						
Luftfugtighed							
Relativ fugtighed	%			*) Ved vurdering efter operativ temperatur angives evt. globetempera- tur i stedet for middelstrålingstemperatur.			
ved: lufttemperatur	°C						

Udeklima	Dato:	Dato:	Dato:	Installationernes driftstilstand under målingerne
Udetemperatur				Varmeanlæg i brug <input type="checkbox"/>
Maksimum	°C	°C	°C	Natsenkning eller weekend-senkning uden for brugstiden <input type="checkbox"/>
Middel	°C	°C	°C	Manuel/automatisk regulering i lokalet <input type="checkbox"/>
Minimum	°C	°C	°C	Indstilling: _____
Relativ luftfugtighed, middel				
Antal soltimer				
Vindhastighed/retning				
<b>Varmebelastninger i bygningen</b>	x	Antal timer	Supplerende oplysninger	Ventilationsanlæg i brug <input type="checkbox"/>
Belysning			Antal: Watt:	Natdrift eller weekend-drift uden for brugstiden <input type="checkbox"/>
Personer			Antal: Watt:	Indblæsningsanlæg: 1/2 hastighed <input type="checkbox"/> 1/2 hastighed <input type="checkbox"/>
Maskiner			Antal: Watt:	Returluft <input type="checkbox"/> Andel: _____%
Øvrige varmekilder			Watt:	Indblæsningsstemperatur: _____
Sol på vinduesfacade i lokalet			Solafskærmning i brug <input type="checkbox"/>	Rumtermostat-indstilling: _____
Vinduer åbne				Udsugningsanlæg 1/2 hastighed <input type="checkbox"/> 1/2 hastighed <input type="checkbox"/>
Døre åbne				

### Samtlige målte værdier

Måle-punkt nr.	Lufttemperatur i højderne				Middelstrålings-temperatur/Globetemperatur i højden (0,6) m		Lufthastighedens middelværdi i højderne				Andre målte værdier fx strålingstemperatur-asymmetri, overfladetemperatur, luft-hastighed	
	0,1 m	(0,6) m	1,1 m	1,7 m	0,6 m	1,1 m	0,1 m	(0,6) m	1,1 m	1,7 m		

### Instrumenter

Lufttemperatur – registrering – måling	
Middelstrålingstemperatur/ operativ temperatur	
Strålingstemperatur-asymmetri	
Lufthastighed	Tidskonstant:
Luftfugtighed	
Ovefladetemperatur	

### Bemærkninger



Overflade-  
temperatur

Gulvets overfladetemperatur måles, såfremt den er uden for intervallet 19–26 °C. Det vil den kunne være i vintertiden i lokaler med dårligt isolerede terrændæk, gulve over uopvarmede rum eller det fri, samt hele året i lokaler med gulvvarme eller med gulve over særligt varme rum, for eksempel kedelrum.

Personers  
aktivitet og  
påklædning

Personers aktivitet og påklædning beskrives som grundlag for en senere vurdering af eventuelle klager.

Udeklima

Udeklimaet angives for eksempel ved observationer fra en nærliggende meteorologisk station for de samme 2–3 døgn, hvori lufttemperaturens variation i lokalet registreres.

Varmebelastning  
i lokalet

Varmebelastninger, som kan påvirke indeklimaet, angives i det omfang, der er nødvendigt for at karakterisere lokalets brugstilstand. Herunder angives tillige, i hvilket omfang vinduer og døre er åbne.

Installationernes  
driftstilstand

Der angives data, som beskriver installationernes indstilling og anvendelse under målingerne (installationernes referencetilstand).

Indblæsningstemperaturens variationer skal eventuelt registreres. I alle tilfælde bør indblæsningstemperaturen måles og noteres samtidig med lufthastighederne i lokalet.

Instrumenter

De anvendte måleinstrumenter skal kunne identificeres, det vil sige, at der gives oplysning om type og nummer samt om seneste kalibreringsdato.

Rapportskemaerne forhandles af SBI i A4-blokke à 50 blade.

## Litteratur

- (1) Inomhusklimaet, NKB-rapport 40, Nordisk komité for bygningsbestemmelser, Stockholm 1980.
- (2) ASHRAE Standard 55-81, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 1981.
- (3) ISO/DIS 7730, Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and the PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
- (4) Termisk Klima, Arbejdstilsynet informerer, Arbejdstilsynet, København 1980.
- (5) Thermal Comfort, Fanger, P.O., Mc Graw Hill Book Company, New York 1973.
- (6) Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, DS 447, Teknisk Forlag, København 1981.
- (7) Termisk og atmosfærisk indeklima, Jonassen, N. (red), Polyteknisk Forlag, København 1970.
- (8) Ventilationstekniske målinger, Christophersen, Erik, SBI-anvisning 102, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm 1976.
- (9) ISO/DIS 7726, Thermal Environments-Specifications relating to the appliances and methods for measuring the physical characteristics of the environment.
- (10) Measurements of Thermal Comfort and Discomfort, Madsen, T. L., Indoor Climate, p. 591, Danish Building Research Institute, Copenhagen 1979.

Anvisningen vejleder i valg af instrumenter og metoder til at måle de termiske indeklimaparametre. Den henvender sig til de teknikere i det rådgivende ingeniørfirma, bedriftssundhedstjenesten og sikkerhedsorganisationen, som skal planlægge og udføre indeklimamålinger. I anvisningen er vist et rapportskema, som forhandles af SBI i blokke à 50 eksemplarer.

