



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R45:1973

TEKNISKA HOGSKOLAN I BORNE
SEKTIONEN FOR VYG- OCH VAERDEN
BIBLIOTEKET

Kontrollteknik för installationer — en etappredovisning

**Folke Wancke, Bengt E. Erikson,
Anders Svensson**

Byggforskningen

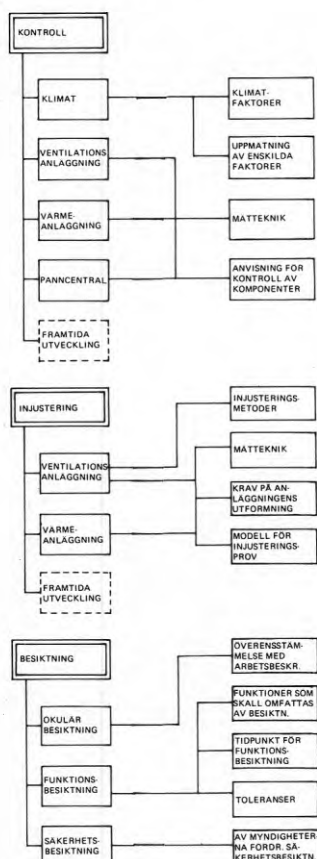
Kontrollteknik för installationer – en etappredovisning

Folke Wancke, Bengt E. Erikson,
Anders Svensson samt Björn Eldh och
N. Anders Lindén

"Kontrollteknik för installationer" är en undersökning vid Statens institut för byggnadsforskning med syfte att sammanställa regler för kontroll, injustering och besiktning av installationer. Föreliggande rapport redovisar tio artiklar om kontroll:

- Kontrollteknik för installationer
- Instrument för mätning av lufthastigheter
- Regler för kalibrering av mätinstrument för lufthastigheter och flöden
- Instrument för mätning av tryck i ventilationsanläggningar
- Luftflödesmätning
- Metoder för luftflödesmätning
- Hur bra är våra till- och från-luftsdon?
- RIL 80. Finska anvisningar för täthetsprovningar av ventilationskanaler
- Givare för mätning av termiskt klimat
- Rumsluftens temperatur – en fältmätningmetod för bostäder.

Sex av artiklarna har tidigare publicerats i tidskrifter.



Instrument för mätning av lufthastigheter

Artikeln redovisar en inventering av instrument för mätning av lufthastigheter i ventilationssystem. För en del av dessa instrument har funktionen kontrollerats.

Det finns ett stort sortiment av anemometrar att välja bland. Att finna en som är lämplig för ett visst behov och som har en acceptabel noggrannhet är dock inte så lätt. Stickprovundersökningarna har visat avvikelser på långt över 10 %, i vissa fall 40 %. Instrumenten, i varje fall varmtråsanemometrarna måste behandlas individuellt. Man kan aldrig lita på att två instrument av samma typ har samma kalibreringskurva.

De provade instrumentens mätnoggrannhet kan dock anses acceptabla under förutsättning att de kalibrerats noga. Instrumenten var nämligen mycket beständiga mot åldring och transport, varför kalibreringskurvorna torde vara giltiga åtminstone i 6 månader.

Regler för kalibrering av mätinstrument för lufthastigheter och flöden

Mätinstrument måste kalibreras. Nordiska ventilationsgruppen, som är de nordiska byggforskningsinstitutens samlingsgrupp för kontroll, injustering och besiktning av ventilationsanläggningar, har utarbetat regler för kalibrering av instrument för mätning av lufthastigheter och luftflöden, som kan användas vid avtal om injustering och besiktning av ventilationsanläggningar.

Reglerna är av administrativ karaktär. De säger inte något om det tekniska underlaget, vare sig för själva kalibreringsanläggningen eller för begränsningen vid användningen av de kalibrerade instrumenten. De här framlagda reglerna kommer att revideras senast den 1 januari 1975.

Instrument för mätning av tryck i ventilationsanläggningar

Artikeln redovisar en inventering och funktionskontroll av instrument för uppmätning av låga tryck. Huvudsyftet har varit att finna en manometer, lämpad att mäta små tryckdifferenser under fältmässiga förhållanden.

Bygghforskningen Sammanfattningar

R45:1973

Nyckelord:

ventilationsanläggningar, kontrollteknik, mätmetoder, mätinstrument

Denna rapport hänför sig till projekt 271 vid Statens institut för byggnadsforskning. Projektet drivs med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

UDK 697.9.001.41
621.646
53.083
SfB (57)
ISBN 91-540-2160-X

Sammanfattning av:

Wancke, F, Erikson B. E, Svensson A, 1973, *Kontrollteknik för installationer – en etappredovisning*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R45:1973, 71 s., ill. 18 kr.

Distribution:

Svensk Byggtjänst,
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60.
Grupp: installation

Det är ganska lätt att finna manometrar som är "fältmässiga". Att finna manometrar som också är noggranna är svårare. En vätskemanometer, som både är lätt att hantera och läsa av och som har god noggrannhet vid låga tryck, kostar minst 1 200 kr. Elektromekaniska tryckgivare är betydligt dyrare och torde knappast kunna klassas som fältmässiga för rutinmätningar.

Önskar man god mätnoggrannhet måste varje manometer kalibreras för sig. Det har nämligen visat sig att spridningen kan vara påtaglig även mellan manometrar av samma typ.

Luftflödesmätning

Inom projektet har problemen med att mäta luftflöden och lufthastigheter ägnats stor uppmärksamhet. Anledningen till detta är de stora svårigheter som är förknippade med dessa mätningar samt den stora betydelse ventilationsanläggningens funktion har på bl.a. inomhusklimatet. I denna artikel ges vissa synpunkter som framkommit under utredningsarbetet och skissas förslag till åtgärder för att i möjligaste mån komma tillrätta med problemen. De kriterier som projekteringen baseras på behandlas inte och ej heller drift- och skötselproblemen.

Flera av de inblandade parterna i byggprocessen bör åläggas ett bestämt ansvar för olika detaljer. Då finns det möjligheter att med rimlig insats eliminera en rad orsaker till problemen i samband med mätning av luftflöden.

Metoder för luftflödesmätning

Artikeln redovisar en inventering av instrument och mätmetoder för bestämning av luftflöden i ventilations-system och beskriver de olika instrumentens och mätmetodernas tillförlitlighet. Möjligheterna att mäta och inreglera en anläggning skapas vid projekteringen. Inregleringen baseras på mätteknik. Konstruktören har ansvaret för att de mättekniska kraven blir tillgodosedda och måste därför ha insikt om de mätmetoder som skall komma till användning på de olika anläggningsdelarna. Att standardiserade mätmetoder saknas kan vara en förklaring till att konstruktörerna idag inte planerar för mätningen i nödvändig utsträckning.

En korrekt mätning och injustering förutsätter att bl.a. följande handlingar finns tillgängliga:

1. Lista över gällande dimensionseringsdata, såsom fläktvarvtal, tryckuppsättning, totalluftsflöde, luftkvalitet m.m. samt uppgifter på de

konditioner som ska upprätthållas i de olika utrymmena.

2. Ritning över systemet som anger placering av spjäll, galler, filter, värmväxlare och andra i systemet ingående komponenter.
3. Förteckning över de aktuella mätställena angivande mätmetod, mätpunkter, mätinstrument o.d.

Hur bra är våra till- och frånluftsdon?

Avsikten med proven har varit att undersöka, hur stora skillnader i tryckfall, som kan förekomma mellan ventilationsdon av samma typ, beroende på tillverkningstoleranser och inställningsanordning. Vidare ges några data som visar hur tillverkningstoleranser och inställningsanordning påverkar ljudalstringen vid ett par inställningar hos några av frånluftsdonen.

Provingarna visar hur viktigt det är att alla tillverkare redovisar data och egenskaper för sina don på ett enhetligt standardiserat sätt, baserat på fastställda provningsregler. Härigenom kan projektören säkrare jämföra och välja don på basis av katalogdata, vilket idag, som framgår av resultaten, kan vara något av ett lotteri. I vissa fall avviker provresultaten markant från tillverkarens redovisning, vilket antyder att mätningarna kan ha gjorts på olika grunder. Provingarna visar också exempel på betydande avvikelser mellan olika exemplar av samma donotyp.

Faktorer som påverkar spridningen är själva donets utformning och stabilitet, dess inställning och infästning. Vissa typer var föredömligt stabila, hade exakta inställningsanordningar och var försedda med tätningar mot anslutningsstos medan andra uppvisade brister i flera av dessa avseenden. I ett fall var det ytterst tveksamt om man i praktiken hade möjlighet att effektivt täta mellan don och anslutning. Provingarna har utförts i laboratorium och inställningen av donet har varit mycket exakt. I praktiken kan man inte räkna med samma noggrannhet.

Tillverkarna borde ägna mätproblemet större uppmärksamhet och ange hur mätning skall göras under fältmässiga förhållanden. Om lämpliga metoder saknas bör detta påpekas så att projektören kan förbereda annat mätningförfarande.

RIL 80. Finska anvisningar för täthetsprovningar av ventilationskanaler

I Sverige var det till för något år sedan inte ovanligt att kommunerna krävde hundraprocentig kontroll av kanaltätheten. I SBN-67 rekommenderar man att

system som inte fordrar obligatorisk täthetskontroll lämpligen täthetsprovats genom stickprovskontroll. I vilken omfattning och på vilket sätt denna kontroll skall ske finns inte angivet. Vanligast är att konsulten kommer överens med byggherren om hur många procent av anläggningen som skall provas och skriver in detta i sina programhandlingar. Hur man skall förfara vid val av komponenter i anläggningen är som regel ej angivet.

RIL 80 är att anse som ett diskussionsinlägg i avsikt att på nordisk basis gemensamt lösa frågorna kring täthetsprovningarna. Man har försökt att på matematisk väg ge svar på hur man bör gå till väga i enskilda fall.

Givare för mätning av termiskt klimat

När man skall mäta det termiska strålningsklimatet i fält synes det tillräckligt att mäta den operativa temperaturen. Hittills tillgängliga mätinstrument har för stor tidskonstant eller är svåra att transportera. Artikeln beskriver en ny givare som provats vid byggforskningsinstitutet. Det är en enda glob, som mäter strålningsasymmetrin i ett rum. Globen är okomplicerad och lätt att tillverka. Den har liten tidskonstant, 1 minut. När klimatet skall kartläggas så måste man förutom den operativa temperaturen även utföra andra temperaturmätningar. En registrerande mottagardel kan därför bli nödvändig. Då får man mätresultaten automatiskt registrerade, något som i efterhand kan visa sig mycket värdefullt.

Rumsluftens temperatur — en fältmätningssätt för bostäder

Artikeln behandlar en praktiskt användbar metod att med minsta möjliga antal mätpunkter (6 st i ett bostadsrum med en yta ≤ 40 m²) bestämma ett rums temperaturprofil.

Undersökningen har utförts i flerfamiljshus byggda 1968 och senare. De typer av värme- och ventilationsanläggningar som varit representerade vid undersökningarna är F-, FT- och FTV-system.

På en matematisk modell för uppskattning av lufttemperaturen i ett rums vistelsezon ställs kraven:

- Litet antal mätpunkter
- Enkla beräkningar
- Litet fel

Kraven drar åt olika håll. Av de många modeller som stått till buds är det den linjära som bäst uppfyller dessa punkter. 6 mätpunkter ger ett medelfel på ca 0,3°C. Ytterligare mätpunkter innebär ingen nämnvärd minskning av felet.

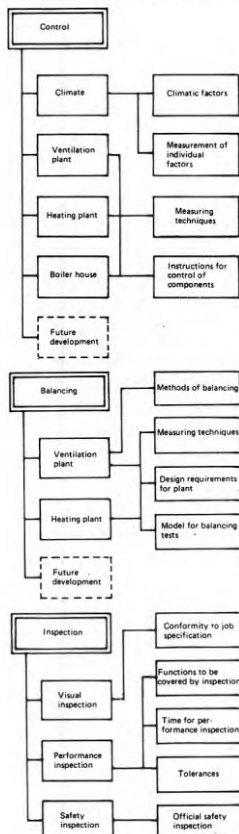
Control technique for engineering services - phase report

Folke Wancke, Bengt E. Erikson,
Anders Svensson & Björn Eldh and
N. Anders Lindén

The National Swedish Institute for Building Research has conducted a study of control techniques for engineering services with a view to establishing rules for control, balancing and inspection of the same. The present report deals with ten articles published on the subject of control:

- Control techniques for engineering services
- Instruments for measurement of air velocity
- Rules for calibration of instruments used for measuring air velocity and air flow
- Instruments for measurement of pressure in ventilation services
- Measurement of air flows
- Methods for measurement of air flows
- Study of the efficiency of our supply air inlets and exhaust air outlets
- RIL 80. Finnish recommendations for testing the level of airtightness in ventilation ducts.
- Devices for measurement of thermal climate
- Temperature of room air - field measurement method for application in residential premises.

Six of these articles are previously published in the trade press.



Instruments for measurement of air velocity

The article describes an inventory which was made of instrumentation available for measurement of air velocities in ventilation systems. The performance of some of these instruments was also studied.

The market offers a wide choice of anemometers but it is nevertheless no easy task to find one which satisfies given requirements and which attains an acceptable degree of accuracy. Spot checks have revealed deviations far in excess of 10 % and in some cases as much as 40 %. The instruments, or at any rate the hot-wire anemometers, must be dealt with individually. We can never rely on two instruments of the same type to have the same calibration curve. The accuracy of the instruments tested can however be regarded as being acceptable on condition that they are calibrated meticulously. The instruments proved extremely resistant to aging and to the trials of transportation, and their calibration curves should therefore hold good for at least six months.

Rules for calibration of instruments used for measuring air velocity and air flow

Instruments used for measuring must be calibrated. The Nordic Ventilation Committee, which is a joint committee set up by the building research institutes in the Nordic countries for control, balancing and inspection of ventilation systems, has drawn up rules for calibration of instruments used to measure air velocity and air flow. These rules can be applied in connection with specification of adjustment and inspection routines on contracts.

The rules are of an administrative nature. They give no indication of the technical background, neither with regard to the actual calibration nor with regard to restriction of the use of instruments already calibrated. These rules are to have been revised by January 1st 1975 at the latest.

Instruments for measurement of pressure in ventilation systems

The article describes an inventory which was made of instruments used for recording low pressure and performance checks made on these. The main purpose of the inventory was to find a manometer suitable for measure-

National Swedish Building Research Summaries

R45:1973

Key words:

ventilation services, control technique, measuring methods, measuring instruments.

This report refers to project 271, National Swedish Institute for Building Research.

UDC 697.9.001.41
621.646
53.038
SfB (57)
ISBN 91-540-2160-X

Summary of:

Wancke, F, Erikson B.E, Svensson A, 1973, *Kontrollteknik för installationer - en etappredovisning*. Control technique for engineering services - phase report. (National Swedish Institute for Building Research) Stockholm. Report R45:1973, 71 p., ill. Sw.Kr. 18.

Distribution:
Svensk Byggtjänst,
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden.

ment of small differences in pressure under field conditions.

It is fairly easy to find manometers which are suitable for field use. It is however considerably more difficult to find manometers which are also accurate. A manometer employing liquid is both easy to handle and easy to take readings from. An instrument of this type offers a good degree of accuracy at low pressures, but costs at least Sw.Kr. 1 200. Electromechanical pressure gauges are much more expensive and can hardly be classified as suitable for routine field measurements.

To achieve a good degree of accuracy each manometer must be individually calibrated. It has been found that there can be a fairly large measure of dispersion even among manometers of the same type.

Measurement of air flow

Problems involved in measuring air flow and air velocity have been given special attention in this project, the reason being the great difficulties encountered in carrying out measurement of this type and the importance of a ventilation system's performance to the indoor climate. This article comments on some points which emerged in the course of the studies and contains a draft version of measures which would best enable us to come to grips with the problems on hand. The criteria used for design purposes are not discussed, nor are problems concerning operation and maintenance.

Several of the parties involved in the building process should be given a definite responsibility for certain details. This would make it possible to eliminate a number of causes of problems occurring in connection with measurement of air flow at low cost.

Methods for measurement of air flow

This article describes an inventory of instruments and methods used for measuring air flow in ventilation systems and indicates the reliability of the different methods and instrumentation. Adjustment of systems is based upon measurement techniques. The designer is responsible for ensuring that the requirements referring to measurement techniques are fulfilled and must therefore be familiar with the measurement techniques to be used in the different parts of the system. The lack of standardized methods may be one reason why designers of today do not make sufficient provision for measurement routines.

Correct measurement and adjustment in a system requires the following documents:

1. List of design data relevant to system in question; e.g. speed of fans, range of pressures, total air

flow, air quality etc. plus details of the conditions governing the various parts of the system.

2. Plan of the system indicating positions of dampers, grilles, filters, heat exchangers and other components forming part of the system.
3. List of measurement locations specifying method of measurement, measuring points instrumentation etc.

Efficiency of our supply air inlets and exhaust air outlets

The purpose of the tests was to investigate the differences in pressure drops which may occur between ventilation devices of the same type according to manufacturing tolerances and adjustment. Data are also provided on how manufacturing tolerances and balancing influence the generation of noise; these data are based on a couple of settings in a number of exhaust air outlets.

The tests showed how important it is for all manufacturers to publish data on their products and to specify their properties in a uniform and standardized manner based on approved rules for testing. This permits a designer to make more reliable comparisons and to choose inlet and outlet devices on the basis of catalogue data. Today the situation resembles a game of chance as the results show. In certain cases the results of tests differ markedly from the data provided by the manufacturer thus indicating that measurements may have been carried out according to differing principles. Tests also exhibit examples of considerable deviations among different items of the same type.

Factors affecting dispersion are the design and stability of the device itself, balancing and manner of fixing. Some types exhibited excellent stability, could be set with great precision and were fitted with seals while others revealed defects in several respects. In one case it was extremely doubtful whether it would be at all possible in practice seal the gap between device and surroundings efficiently. Experiments have been conducted in a laboratory and the device could be set with a high degree of precision. We cannot expect the same degree of accuracy in practice.

Manufacturers should pay more attention to the problem of measuring and should indicate how measurements should be carried out under field conditions. In the absence of suitable methods, the designer should be informed to permit him to make provisions for a different measurement procedure.

RIL 80. Finnish recommendations for testing the level of airtightness in ventilation ducts

Until a year or so ago it was not uncommon for local authorities in Sweden to demand a 100 % check on the sealing of all ventilation ducts. The SBN 67

(Swedish Building Norm) recommends that systems which does not involve compulsory checks on seals should be subjected to spot checks to test the airtightness. No indication is however given of the extent to which and how such checks should be conducted. The commonest arrangement is for the consulting engineer to establish with the client the proportion of the system to be tested and to specify this in the design documents. As a rule no indication is given as to procedure for choice of components for a system.

RIL 80 may be regarded as a contribution to discussion in the hope of being able to solve mutual problems concerning seal at pan-Nordic level. Attempts have been made to find answers by mathematical means to the question of the procedure to be selected in each individual case.

Gauges for recording of thermal climate

In investigating the thermal radiation climate in the field it would seem sufficient to measure the operative temperature. The instruments available today either have too large a time constant or are difficult to move. This article describes a new gauge which has been tested by the institute for building research. It consists of a single bulb which measures the symmetry of radiation in a room. The bulb is a simple device and easy to manufacture. It has a small time constant, one minute. In investigating climate it is necessary in addition to measuring the operative temperature also to carry out other types of temperature measurement. A recording receiver device may therefore be a must. This permits automatic recording of measurement results, something which may prove extremely valuable later on.

Temperature of room air — field measurement method for application in residential premises

The article deals with a method for establishing the temperature of a room using the smallest possible number of measuring points (6 in a room with an area of ≤ 40 m²). The study was conducted in blocks of flats erected in 1968 and later. Exhaust, Exhaust-supply and warm air heating ventilation systems were represented. The requirements applied for a mathematical model for assessment of air temperature in a occupied zone of a room were:

- small number of measuring points
- simple calculations
- low level of error

The requirements pull in different directions. Of all the many models which were available the linear would seem best capable of satisfying them. Six measuring points result in a mean error of 0,3°C. Other measuring points cause no notable decrease in the error.

Rapport R45:1973

KONTROLLTEKNIK FÖR INSTALLATIONER -
EN ETAPPREDOVISNING

CONTROL TECHNIQUE FOR ENGINEERING SERVICES -
PHASE REPORT

av Folke Wancke, Bengt E Erikson och Anders Svensson
samt Björn Eldh och N Anders Lindén

Denna rapport avser projekt 271 vid Statens institut för byggnadsforskning. Projektet drivs med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2160-X

Rotobekman AB, Stockholm 1973

INNEHÅLL

KONTROLLTEKNIK FÖR INSTALLATIONER - EN PROJEKTREDOVISNING	5
Av Folke Wancke	
INSTRUMENT FÖR MÄTNING AV LUFTHASTIGHETER	8
Av Anders Svensson. Särtryck ur VVS·1·1972	
REGLER FÖR KALIBRERING AV MÄTINSTRUMENT FÖR LUFTHASTIGHETER OCH FLÖDEN.	14
Av Anders Svensson. Särtryck ur VVS·1·1973	
INSTRUMENT FÖR MÄTNING AV TRYCK I VENTILATIONSANLÄGGNINGAR.	16
Av Anders Lindén	
LUFTFLÖDESMÄTNING	26
Av Folke Wancke. Särtryck ur VVS·10·1972	
METODER FÖR LUFTFLÖDESMÄTNING	29
Av Anders Svensson. Särtryck ur VVS·10·1972	
HUR BRA ÄR VÅRA TILL- OCH FRÅNLUFTSDON?	38
Av Folke Wancke och Anders Svensson	
RIL 80. FINSKA ANVISNINGAR FÖR TÄTHETSPROVNINGAR AV VENTILATIONSANLÄGGNINGAR	51
Av Bengt E Eriksson. Särtryck ur Skorstensfejarmästaren·2·1972	
GIVARE FÖR MÄTNING AV TERMISKT KLIMAT	59
Av Bengt E Eriksson. Särtryck ur VVS·11·1971	
RUMSLUFTENS TEMPERATUR - EN FÄLTMÄTNINGSMETOD FÖR BOSTÄDER.	63
Av Björn Eldh och Bengt E Eriksson	

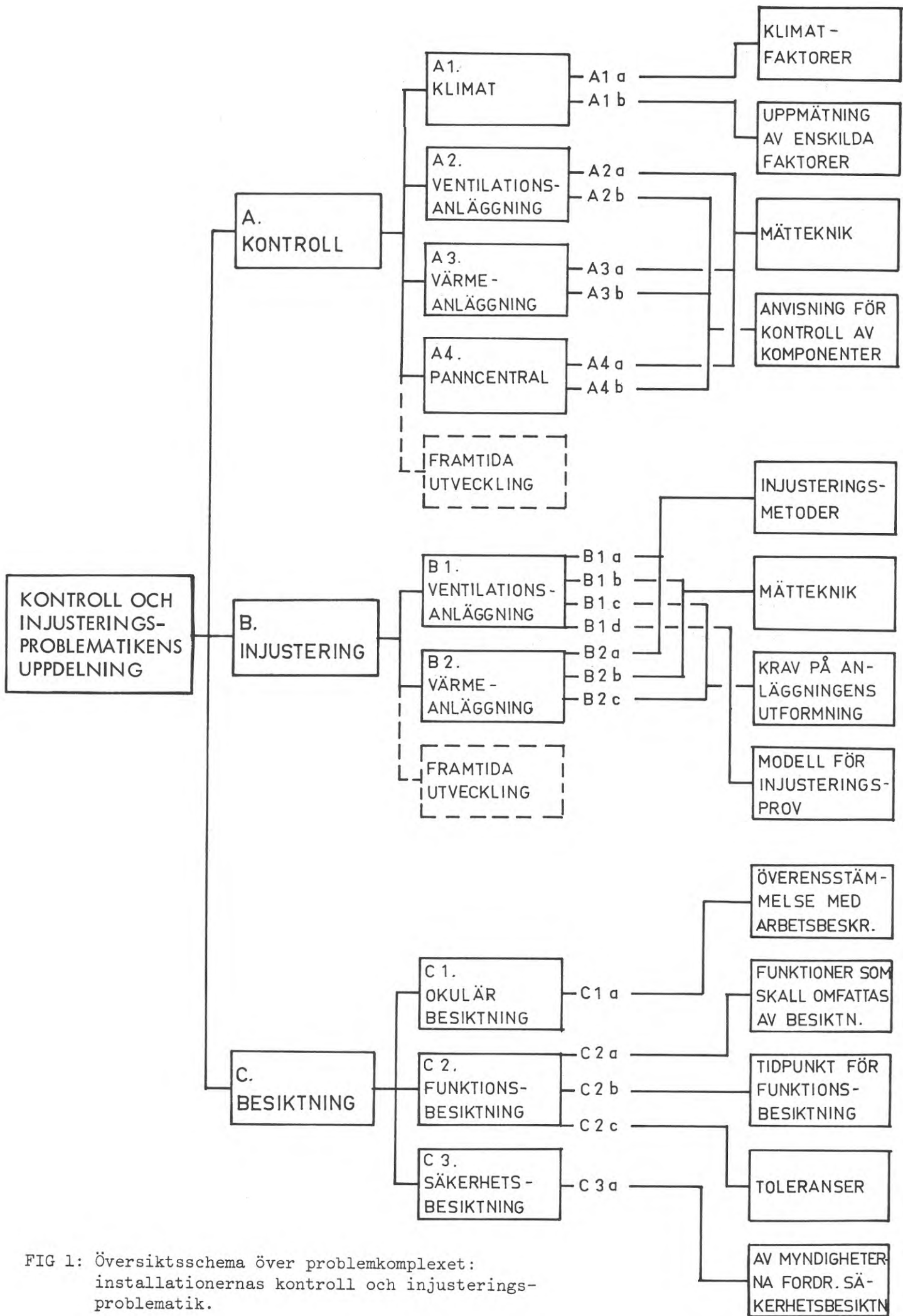


FIG 1: Översiktsschema över problemkomplexet: installationernas kontroll och injusterings-problematik.

KONTROLLTEKNIK FÖR INSTALLATIONER - EN PROJEKTBEKRIVNING

Folke Wancke

"Kontrollteknik för installationer" är namnet på en större undersökning inom klimatområdet vid Statens institut för byggnadsforskning. Undersökningen har som målsättning att i nära samarbete med marknadens olika parter sammanställa regler för kontroll, injustering och besiktning av installationer, i första hand inriktat på värme- och ventilationssystemen. De regler som utarbetas bör vara så väl underbyggda att de kan ligga till grund för enhetliga rekommendationer, eventuellt normer, som kan accepteras av marknadens olika parter.

Bakgrunden till att byggforskningsinstitutet satsat på att försöka lösa kontrollproblematiken är att denna i dag måste anses som en av installationsbranschens allvarligaste olösta frågor. Ett flertal kontakter med såväl konsulter, entreprenörer och tillverkare som myndigheter har visat att osäkerheten i många fall är stor när det gäller mätningar och kontroller av installationssystem. Det finns på den svenska marknaden en del företag och institutioner representerande skilda intreseriktningar inom installationssektorn, som lagt ned omfattande arbete på att komma tillrätta med dessa problem och även uppnått goda resultat. Svårigheterna är väl här att området är så stort att ett enskilt företag som regel av ekonomiska skäl ej kan ge sig i kast med något annat än enstaka delar av hela problemkomplexet. Vidare stannar resultaten i vissa fall inom den enskilda firman och kommer ej den övriga branschen tillgodo. Trots dessa insatser kan man säkert utan att göra sig skyldig till någon större överdrift påstå att vi idag i en hel del fall saknar möjlighet att på ett riktigt sätt mäta eller kontrollera funktionen av en installation eller del därav. Det kan t ex gälla att justera in enskilda luftflöden i en ventilationsanläggning så att varje rum erhåller rätt luftflöde eller att vid en besiktning kunna avgöra om inneklimatet verkligen stämmer överens med byggherrens önskemål vilka legat till grund för projekteringen.

Följderna av dessa brister kan vi bl a se i de allt oftare förekommande klagomålen på inomhusklimatet i nya byggnader, klagomål av typen "det är för varmt - det drar" etc. Men det är inte bara klagomålsfrekvensen som ökar - i takt med att installationerna blir alltmer omfattande och komplicerade stiger även installationernas andel i de totala kostnaderna. Detta gäller såväl anläggnings- som driftkostnaderna. Sett mot denna bakgrund är det naturligt om mer än en byggherre ställer sig frågan varför han skall investera stora summor i en ventilationsanläggning som i praktiken inte uppfyller de ställda kraven. I detta resonemang bör man observera att även byggfel ofta ger upphov till klagomål på inomhusklimatet. Så kan t ex slarv med isolering eller bristande tätning mellan olika byggelement orsaka såväl låga inomhustemperaturer som drag även om installationerna fungerar såsom man avsett.

Utländska erfarenheter

Problemen är inte någonting som är speciellt för Sverige, kontakter med en rad andra länder har visat att det på de flesta ställen råder motsvarande förhållanden som i Sverige. Detta har bl a lett till att det inom ramen för CIB (Counseil International du Batiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation) bildats en arbetsgrupp, Nordiska ventilationsgruppen, i vilken institutet medverkar och som skall syssla med frågor som berör mätningar och kontroller av olika slag på installationer.

Projekt vid SIB

Inom byggforskningsinstitutet behandlas de relaterade problemen inom projektet "Kontrollteknik för installationer". I fig 1 visas ett översiktligt schema över projektet. Problemlösningen har delats upp i tre delar som kallats kontroll, injustering och besiktning och inom varje grupp en vidare uppdelning i undergrupper enligt figur.

Gruppen Kontroll tar upp de olika mätningar och funktionskontroller som kan bli aktuella för enskilda komponenter eller samlingar av komponenter i installationssystem. Den första underavdelningen behandlar inomhusklimatet, dels vilka faktorer som skall ingå i detta begrepp, dels hur de olika faktorerna skall mätas upp. Här ingår bl a frågor som var i ett rum olika faktorer skall mätas, vilka typer av mätinstrument som är lämpliga med hänsyn till erforderlig mätnoggrannhet, kalibreringar med dithörande frågor etc. De övriga underavdelningarna omfattar enskilda installationssystem - ventilations-systemet, värmesystemet och panncentralen. Vidare har antytts möjligheten att, när resurser finns, utöka med ytterligare installationer (kyla, el osv). För vart och ett av de uppräknade systemen krävs kännedom om mättekniken, dvs hur olika faktorer som t ex tryck, flöde, hastighet och temperatur skall mätas. Nästa steg är att ta fram metoder att kontrollera de olika ingående komponenterna, dvs att applicera mättekniken på de olika delar som ingår i ett installationssystem. Sammanfattningsvis kan denna första del sägas utgöra en "bank" av metoder för kontroll av olika delar i ett installationssystem och en genomgång av lämpliga typer av mätinstrument med angivande av bl a användningsområde, noggrannhet, kalibrering osv. Denna "bank" utgör grunden för det fortsatta arbetet. Det är härifrån man skall hämta erforderliga mätmetoder osv vid arbete med de följande delarna injustering och besiktning.

Den andra huvudgruppen behandlar injustering - för ventilations-systemet att balansera anläggningen så att varje luftdon får de luftflöden som projektören avsett och på värmesidan att varje enskild värmare får ett vattenflöde som överensstämmer med den projekterade värmeavgivningen. I första hand tas de olika metoderna för injustering upp samt den mätteknik som respektive metod kräver (denna hämtas ur "metodbanken" i gruppen Kontroll). Varje injusteringsmetod ställer dessutom speciella

krav på anläggningens utförande. I alltför många fall ägnas vid projekteringen ingen eller ringa tanke på hur den färdiga anläggningen skall justeras in. Detta kan medföra att man i vissa fall redan på projekteringsstadiet omöjliggör en riktig injustering av installationerna genom olämplig utformning av anläggningen. Det har visat sig att många klagomål över dåligt inomhusklimat just beror på bristfällig injustering.

Den tredje huvudgruppen tar upp besiktningen. Den har delats upp i tre underavdelningar: okulärbesiktning, funktionsbesiktning och säkerhetsbesiktning. Okulärbesiktningen avser att kontrollera att anläggningen stämmer överens med ritningar och arbetsbeskrivning i vad avser komponentval, storlekar, dimensioner, material och utförande. Den andra underavdelningen, funktionsbesiktningen, avser att klarlägga om installationerna verkligen uppfyller de krav som legat till grund för projekteringen. T ex om inomhusklimatet är det man önskat eller om det vid vissa tidpunkter blir alltför varmt och kanske vid andra alltför kallt. I detta sammanhang måste man bestämma vilka funktioner som skall tas med vid en besiktning. Under vilken årstid och vid vilka väderleksbetingelser skall funktionsbesiktningen ske, måste man vänta till byggfukten är borta osv. Den kanske viktigaste frågan i detta sammanhang är toleranserna, dvs när skall en anläggning godkännas och när skall den underkännas.

Den tredje undergruppen, säkerhetsbesiktningen, tar upp sådana besiktningar som myndigheterna kräver av säkerhetsskäl, det kan t ex vara tryckkärl, brandskyddsfrågor osv. Dessa för respektive myndighet så pass speciella besiktningar lämnas tills vidare därhän av byggforskningen.

När man i dag besiktigar installationer händer det många gånger att huvudvikten läggs vid okulärbesiktningen under det att funktionsbesiktningen klaras av relativt summariskt. Detta gör att man i vissa fall inte upptäcker att anläggningen inte fungerar tillfredsställande förrän klagomålen kommer. I detta skede är det oftast betydligt svårare och mera kostsamt att komma tillrätta med felaktigheterna än om felen upptäckts i ett tidigt skede. En mera systematisk funktionsbesiktning skulle även ge beställaren större säkerhet att han verkligen får det han betalar för.

En viktig del i den skisserade undersökningen är att samla och sammanställa resultat av genomförda, pågående och planerade undersökningar på detta område. Vidare att ta fram olika praxis som tillämpas ute på fältet. Avsikten är att skapa en bild av hela problemkomplexet, dels för att kunna avgöra på vilka delar det fortsatta arbetet i första hand skall inriktas, dels för att undvika dubbelarbete. I övrigt har arbetet nu i huvudsak varit koncentrerat till huvudgruppen Kontroll.

Civilingenjör Anders Svensson
Statens Institut för Byggnadsforskning

Statens institut för byggnadsforskning
Särtryck ur VVS · 1 · 1972

Instrument för mätning av lufthastigheter

Inom projektgruppen "Kontrollteknik för installationer" vid Statens institut för byggnadsforskning pågår ett arbete med avsikt att göra en inventering av i marknaden förekommande instrument för uppmätning av lufthastigheter och luftflöden inom ett ventilationssystem samt en kontroll av funktionen för en del av dessa instrument. I denna artikel redovisas några olika data för lufthastighetsinstrumenten.

Inledning

Nya byggnader utförs i allt större omfattning med dyra och komplicerade luftbehandlingsanläggningar. Många anläggningar kommer, som bekant, aldrig att fungera tillfredsställande. Orsakerna till detta kan vara många. Av erfarenhet vet man dock att mätinstrumenten kan vara en bidragande orsak till felaktig inställning av systemen.

I allt större omfattning kommer man sannolikt att få anledning att specificera de funktioner som krävs av den färdiga anläggningen. Dessa funktionsdata kommer exempelvis att anges som max.temperatur i vistelsezon, max. lufthastighet i vistelsezon etc och de så specificerade data är avsedda att ligga till grund för avtal och garantivillkor mellan byggherre och ventilationsentreprenör.

För närvarande råder det dock stor osäkerhet om hur mätningarna av dessa funktionsdata skall genomföras. Inom projektgruppen "Kontrollteknik för installationer" vid SIB har man emellertid börjat analysera de problem som finns när det gäller mätning av olika klimatfaktorer.

De faktorer, som är aktuella, när det gäller mätning av rumsklimat är

- lufttemperaturer (inkl vertikala och horisontala temp gradienter)
- strålningstemperaturer
- yttemperaturer
- lufthastigheter
- luftomsättning

Vidare kan nämnas faktorer som

- relativ fuktighet
- ljudnivå
- belysningsstyrka

Som ett led i detta arbete har en inventering av i marknaden förekommande instrument för uppmätning av lufthastigheter och luftflöden gjorts. Dessutom har en del av dessa instrument utsatts för en ganska ingående funktionskontroll. I denna artikel redovisas endast data för lufthastighetsinstrumenten.

Mätmetoder

Instrument för mätning av lufthastigheter kan i ventilationssammanhang indelas i fyra grupper.

- varmtrådsanemometrar
- vinghjulsanemometrar
- statiska anemometrar (velometrar)
- pitotrör med manometer

Det kan här tilläggas att luftens rörelsehastighet även kan bestämmas på annat sätt:

- t ex med rökpistol, stoppur och måttstock
- samt med hjälp av katatermometer.

Varmtrådsanemometer

Varmtrådsanemometern använder luftens avkylning av en uppvärmd tråd, som uttryck för hastigheten. Mätningarna bygger i princip på att man mäter motståndändringen i tråden. Vidare användes en princip där temperaturen på den uppvärmda tråden mätes med termoelement

och där referenstemperaturen är luftens temperatur.

Vinghjulsanemometer

Här användes varvtalet för en propeller som uttryck för hastigheten. Propellern kan stå i förbindelse med ett räkneverk, som visar den genomströmmande luftens vägsträcka under den tid mätningen har pågått. Det finns anemometrar med och utan inbyggt kopplingsur. Propellern kan också driva en generator, vars alstrade spänning påverkar ett visarinstrument, som då visar genomströmningshastigheten.

Statisk anemometer

I en statisk anemometer (velometer) leds en del av luftströmmen genom instrumentet, i vilket det sitter en fjäderbelastad tunga i förbindelse med en visare. Tungans läge är beroende av luftens dynamiska tryck och alltså även utav luftens densitet.

Pitotrör

Lufthastigheter över 2—3 m/s mäts säkrast med pitotrör. Detta ansluts då till en mikromanometer så att det dynamiska trycket kan uppmätas vid rådande barometerstånd och temperatur. Hastigheten bestäms av

$$v = \sqrt{\frac{2 \text{ Pd}}{\rho}}$$

där v = hastigheten i m/s
Pd = dynamiska trycket i N/m²
 ρ = densiteten i kg/m³

Vid normala tryck och temperaturer kan man skriva

$$v = 1,29 \sqrt{Pd}$$

Rök

I de fall där luftens rörelseriktningar är relativt konstant kan rök, stoppur och måttstock användas vid mätning av hastigheter inom området 0—0,5 m/s. Luft-hastigheten erhålles genom att uppmäta den tid det tar för en rökpuff att röra sig en viss sträcka. Rök kan man få på olika sätt. Mest praktiskt är dock att använda ampuller med titantetraklorid, vilket reagerar med luftens vattenånga till en intensiv vit rök.

Katatermometer

Ett enkelt och i Tyskland ofta använt instrument är den sk försilvrade katatermometern, som användes tillsammans med en strålningskyddad lufttermometer. Katatermometern har en utvändigt försilvrade, cylindrisk vätskebehållare (4 × 1,8 cm) och på termometerstaven är temperaturerna 38 och 35°C markerade. Före användningen uppvärms den till ca 45°C och hänges sedan fritt i luften på mätplatsen.

Med stoppur mätes tiden för termometers avkylning mellan de båda markeringarna. Av detta värde och en instrumentkonstant samt lufttemperaturen på mätplatsen kan så luftens medelhastighet beräknas.

Inventering

Resultatet av inventeringen framgår av tabellerna 1—3. Instrumenten är där indelade i grupper med avseende på funktionen som omtalats ovan. Tabellerna gör inga anspråk på att vara helt fullständiga.

Funktionskontroll

Några av de instrument, som vi betraktade som vanligt förekommande, valdes ut och blev föremål för en ganska ingående funktionskontroll. Det var dels instrument, som vi själva hade tillgång till i laboratoriet, och dels instrument, som vi lånade från andra företag. En del av de erhållna resultaten har också jämförts med de resultat, som erhöles med fabriksnya instrument av samma typ, tillhandahållna av respektive generalagent. Kalibreringarna är gjorda i en anordning, som utvecklats i samarbete med institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik vid KTH. Anordningen finns kortfattat beskriven i VVS nr 9—1971 (Malmström. Ünäl: Riktningberoende på grund av egenkonvektion hos varmrådsanemometrar).

Vid den utförda funktionskontrollen har stor vikt lagts vid att kalibrera och nollpunktsjustera instrumenten på ett noggrant sätt. Instrumenten har kalibrerats vid samma lufttemperatur vid vilken de har provats. Tre olika lufttemperaturer har använts:

- 1) Ca 12°C
- 2) Ca 20°C
- 3) Ca 35°C

Beroende på provanordningen begränsades lufthastigheterna uppåt till ca 2,5 m/s. Instrumenten har i denna undersökning endast provats i en horisontalt riktad luftström. För fallet med en vertikal, nedåtriktad luftström redogörs i den tidigare nämnda artikeln.

Funktionskontrollen delades upp på

- 1) en kalibreringsdel, i vilken ingått förutom kalibreringen i den horisontella luftströmmen, instrumentens känslighet för olika vinkelvridningar på sonden samt instrumentens förmåga att klara av en biltransport med bibehållen noggrannhet.
- 2) en del, där instrumentens tidskonstanter bestämts och hur dessa tidskonstanter inverkar på instrumentens skalutslag.

I det följande redogöres för resultat, som erhöles med tre olika typer av varmrådsanemometrar (typ 1—3), fem olika typer av vinghjulsanemometrar (typ 4—8).

- typ 4 Vinghjulsanemometer med inbyggd generator
- typ 5 Vinghjulsanemometer med inbyggt kopplingsur

- typ 6 Vinghjulsanemometer av kapacitiv typ
- typ 7 Vinghjulsanemometer av kapacitiv typ
- typ 8 Vinghjulsanemometer av kapacitiv typ

Beteckningen a respektive b anger nytt respektive begagnat instrument.

RESULTAT

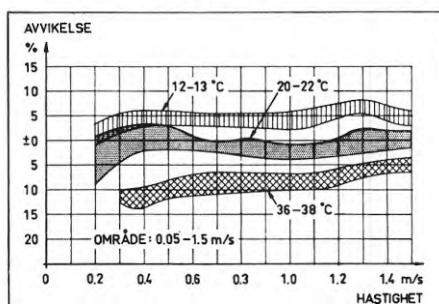
1. Kalibreringar

1.1 Varmrådsanemometrar

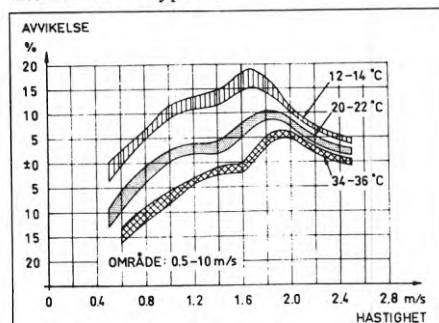
Kalibreringarna med varmrådsinstrumenten visade att exakt samma kalibreringskurva ej erhöles vid på varandra följande mätningar. Avvikelser erhöles från gång till gång beroende på bl a

- avläsningsnoggrannhet
- hysteresis i instrumenten
- variationer i 0-punktsinställning
- variationer i instrumentens kalibreringsjustering

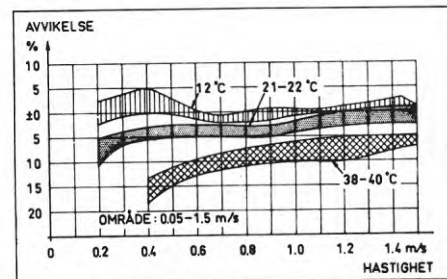
Som framgår av figurerna 1—8 erhöles därför olika breda band inom vilka mät-punkterna har hamnat vid fyra olika mätningar. Det bör här påpekas att vid dessa undersökningar största möjliga noggrannhet har eftersträvt vid instrumentens 0-punktsinställning och kalibreringsjustering, en noggrannhet, som troligen är större än den som normalt erhöles vid fältmätningar. Man torde därför troligen kunna räkna med att den nämnda bandbredden i fig 1—7 ökas något vid fältmätningar. Figurerna 1—4 visar de resultat, som erhöles med manometer typ 1,



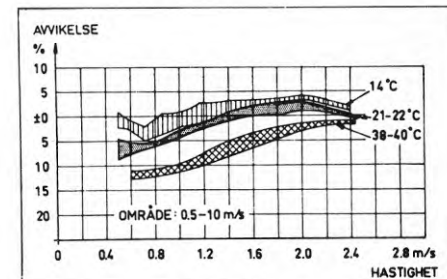
Figur 1. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 1 a.



Figur 2. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 1 a.



Figur 3. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 1 b.



Figur 4. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 1 b.

Tabell 1. Varmtrådsanemometrar.

Instrument-beteckning	Svensk representant	Tillverkare	Mätområden	Användningsområden	Ungefärligt pris (exkl. moms). Kr	Vikt kg	Sondens längd och diameter
Termoanemometer 8500	Ing.firma Hugo Tillquist Solna	Alnor Instruments Company Chicago, USA	0,05—1,5 m/s 0,5—10 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	3.450: —	3,15	Ca 150 mm + handtag
Termo-Anemometer GGA 23S	AB Elektrometer, Bromma	Wallac Oy Finland	0,1—5 m/s 2—30 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon Med mätstosar även luftmängdsmätning (utbytbara givare för temperaturmätningar).	1.360: —	1,1	Ø 14×62 mm
Låghastighetsanemometer 55 D 80	Svenska Disa AB, Huddinge	Disa Elektronik A/S Danmark	Kal. 0—20 cm/s okal. 0—2 m/s	Företrädesvis låga hastigheter i rum	3.900: —	2,8	241 mm Ø 20 mm
Konstant temperaturanemometer 55 D 05	Svenska Disa AB, Huddinge	Disa Elektronik A/S Danmark	Okal. 0,2—150 m/s	Stort antal prober för olika tillämpningar	1.520: — exkl. prober	2,4	
Anemotherm luftmätare modell 60	AR-Ventilation AB, Stockholm	Anemostat Corp. USA	0,05—0,5 m/s 0,5—5 m/s 5—40 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon.	3.000: —	4,0	223 mm Ø 9 mm
Fuess 118 bgt Fuess 118 cgt	Bergman & Beving AB, Stockholm	R. Fuess Berlin-Steg-litz, Väst-Tyskland	0—20 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	2.350: —	ca 2,1 utan transp. låda	400 mm 750 mm
Termistoranemometer TLT-10	AB Internome Johanneshov	AB Internome Johanneshov Sverige	0,05—2 m/s 0,5—40 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon Kan förses med givare för olika tillämpningar	1.750: —	2,5	250 mm
5115 F	Ing.firma C-E Larsson Lidingö	H. Tinsley & Co England	0—0,12 m/s 0—0,6 m/s 0—1,5 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	4.800: — inkl. kalib.	5,4	10×35 mm
30-B	Ing.firma C-E Larsson Lidingö	OTA, Japan	0,05—10 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	2.075: —	3,0	295 mm Ø 12,5 mm
3025	Ing.firma C-E Larsson Lidingö	A. Thies Västtyskland	0,1—30 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	3.000: —	1,4	60 mm Ø 14 mm
Davimeter	Mät- och underhållskontroll AB, Stockholm	Air-flow Developments Ltd, England	0—5 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	635: —	0,45	
Termisk Anemometer 641 N	Rudolph Grave AB	Wilh. Lambrecht KG Västtyskland	0,02—0,5 m/s 0,1—5,0 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	2.175: —	4 (med låda 9 kg)	410 mm därav handtag 110 mm, Ø 6 mm
Termisk Anemometer 641 bN	Rudolph Grave AB	Wilh. Lambrecht KG Västtyskland	0,05—1,5 m/s 0,5—15 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	2.300: —	4 (med låda 9 kg)	410 mm därav handtag 110 mm, Ø 6 mm
Hastings Modell B 22 och B 27	Stig Wahlström AB, Farsta	Hastings-Raydist Inc. USA	0—2,5 m/s 2,5—50 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	4.350: —	3,6	
Hastings modell G-11	Stig Wahlström AB, Farsta	Hastings-Raydist Inc. USA	0—30 m/s	Mätning i ventilationskanaler, rum, till- o frånluftsdon	790: —	0,75	140 mm Ø 6 mm
Thermo-Systems Anemometer	Telemetric Instrument AB Sundbyberg	Thermo-Systems Inc. USA	Från 0,1 m/s och uppåt	Stort antal prober för olika tillämpningar	från ca 3.000: —	Från ca 7	Från Ø 0,75 mm

Tabell 2. Vinghjulsanemometrar

Instrumentbeteckning	Svensk representant	Tillverkare	Mätområden	Användningsområden	Ungefärligt pris (exkl. moms). Kr.	Vikt	Sondens diameter	Anm.
Anemometer Rosenmüller	AB Regin Göteborg	Georg Rosenmüller Östtyskland	0,5—15 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	296:—	0,6	Ø 70 mm	
Electronic Anemometer	Mät- och underhållskontroll AB, Stockholm	Air-flow Developments Ltd. England	0—1,0 m/s 0—2,5 m/s 0—10 m/s 0—25 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	2.300:—		Ø 108 mm	
AB 500 Digital Anemometer	Mät- och underhållskontroll AB, Stockholm	Air-flow Developments Ltd. England	1—25 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	400:—	0,4	Ø 103 mm	
Mini-air 642 a	Ing.f:a C-E Larsson Lidingö	E. Schiltknecht Ing.sia Schweiz	0,3—80 m/s i olika steg	Mätning i ventilationskanaler, till- och frånluftsdon			Ø 20 mm	Fotoelektrisk
Mikro-Mini-Air 642 a-m	Ing.f:a C-E Larsson Lidingö	E. Schiltknecht Ing.sia Schweiz	0,5—20 m/s i olika steg	Mätning i ventilationskanaler, till- och frånluftsdon			Ø 10 mm	
Flomaster	Atlas Copco ABEM AB Bromma	Abbirko Instruments Ltd England	0—1,5 m/s 0—5 m/s 0—15 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler, till- och frånluftsdon m. m.	1.420:— 1.420:— 4.000:— (ca)	1,1 1,2 1,6	Ø 25 mm Ø 70 mm Ø 200 mm	Givarprop av kapacitiv typ
Anemometer 1400	Rudolph Grave AB, Solna	Wilh. Lambrecht KG, Västtyskland	0—10 000 m	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	770:—	1 med låda	Ø 103 mm	
Anemometer 1405, 1405 a	Rudolph Grave AB, Solna	Wilh. Lambrecht KG, Västtyskland	0—1200 m/min	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	1.030:—	1 med låda	Ø 103 mm	Med inbyggt kopplingsur
Anemometer 1443	Rudolph Grave AB, Solna	Wilh. Lambrecht KG, Västtyskland	0—5 m/s 0—10 m/s 0—15 m/s 0—20 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m.	1.485:—	1,4 med låda	Ø 103 mm	Med generator
Anemometer nr 27 28 29 25 B	Ing.f:a C-E Larsson, Lidingö Ing.f:a C-E Larsson, Lidingö	OTA Japan OTA Japan	0—1000 m 0—100 000 m 1—5, 1—15 m/s 0—40 m/s	Mätning i ventilationskanaler, intags-galler m. m. Större till- och frånluftsdon	270:— 335:— 1.085:— 1.300:—	0,7 0,8 1		Skålkors

Tabell 3. Statiska anemometrar

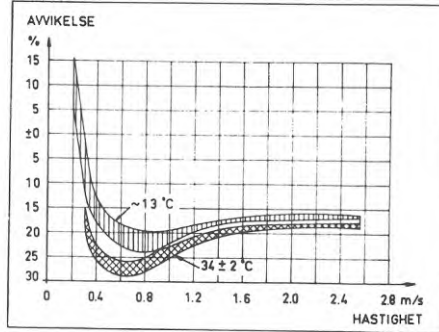
Instrumentbeteckning	Svensk representant	Tillverkare	Mätområden	Användningsområden	Ungefärligt pris (exkl. moms). Kr.	Vikt	Sondens storlek	Anm.
Alnor Velometer 6000 A-C	Ing.firma Hugo Tillqvist Solna	Alnor Instruments Comp. Chicago	0—1,5, 0—5 0—10, 0—25, 0—50 m/s	Mätning på tilluftsdon samt i ventilationskanaler	Från 1.450:—	Från 1,5	Längd: 300—1200 mm	
Anemometer 3000	Ing.f:a C. E. Larsson, Lidingö	A. Thies Västtyskland	0—10, 0—20, 0—30 och 0—40 m/s	Mätning i ventilationskanaler	650:—	0,8	60—500 mm	
MDC	Ing.f:a C. E. Larsson, Lidingö	Furness Controls Ltd England	0—45 m/s i olika steg	Mätning i ventilationskanaler samt till- och frånluftsdon	3.100:—	11		Kapacitiv (+ pitotrör)
Dwyer No 400	AB Kihlströms Manometerfabr. Stockholm	F. W. Dwyer Mfg. Co USA	2—50 m/s	Mätning i ventilationskanaler	585—750:—		Längd: 300—1500 mm Ø 8 mm	
Dwyer No 460	AB Kihlströms Manometerfabr. Stockholm	F. W. Dwyer Mfg. Co USA	1,3—6 m/s 5—20	Mätning i ventilationskanaler	98:—			

där *figurerna 1 och 3* visar värdena med instrumentet inställt på sitt lägsta hastighetsområde och *figurerna 2 och 4* med instrumentet inställt på sitt högsta hastighetsområde. Samtliga figurer 1—4 visar att instrumenten är ganska dåligt temperaturkompenserade. Instrument 1 b dock något bättre än 1 a. Avvikelse vid temperaturen 22°C är relativt små vid det lägsta hastighetsområdet för båda instrumenten. För instrument 1 a får man dock betydligt större avvikelser inom det högsta hastighetsområdet.

Även varmrådsinstrumenten typ 2 och 3 är som framgår av *figurerna 5—7* inte helt oberoende av lufttemperaturen. Särskilt instrumentet enligt *figur 7 b* redovisar en ganska avsevärd onoggrannhet i temperaturkompensering. De båda provade anemometrarna av typ 3 visar dessutom upp kalibreringskurvor av helt olika karaktär, vilket tyder på att instrumenten måste betraktas som individer, vilka bara i undantagsfall har samma kalibreringskurvor. Detta gäller inte enbart anemometer typ 3 utan torde även gälla för alla andra instrument av varmrådstyp, vilket också bekräftas av kurvorna för typ 1 och 2.

1.2 Vinghjulsanemometrar

Vinghjulsanemometrarna visade sig åtminstone vid låga lufthastigheter vara en källa till större felaktigheter än varmrådsanemometrarna. Av fem olika typer som provades var det endast en, som man kan säga visade rätt. Samma kalibreringsanordning har använts för både varmråds- och vinghjulsanemometrarna. Anemometrarna har således varit placerade i en fri luftström, vilket ofta är fallet då vinghjulsanemometrar användes. Vissa tecken tyder på att man inte får samma kalibreringskurvor för anemometrarna om dessa används på ett annat



Figur 5. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 2 a.

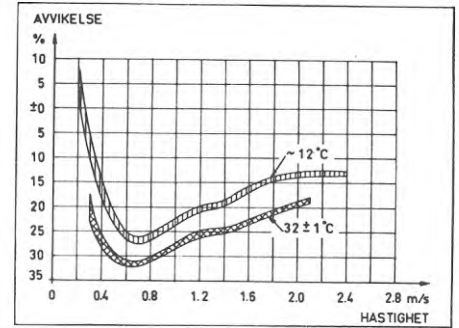
sätt än det provade. Vi kommer därför att fortsätta proven med vinghjulsanemometrarna där vi bl a tar med mätning före och efter värmväxlare av lamellrörstyp, intagsgaller m m. *Figur 8* visar ett sammandrag av de olika kalibreringskurvorna. Ett par exemplar av varje typ provades och det visade sig att avvikelserna mellan de olika exemplaren var mycket liten. Avvikelsen översteg aldrig 5 %.

1.3 Transportkänslighet

Instrumenten typ 1, 3, 4 och 5 transporterades i bagageutrymmet på en bil en sträcka av 200 km på delvis ganska gro-piga vägar. Därefter gjordes en omkalibrering vid vilken det visade sig att samma kalibreringskurvor som tidigare erhöles med alla fyra instrumenten. Dessa instrument har dessutom provats under ett tidsintervall på 6 månader med samma resultat som följd.

1.4 Riktningkänslighet

För några olika typer av anemometrar undersöktes hur sondens riktning i förhållande till luftströmmen påverkade den uppmätta lufthastigheten. Resultatet visas i *fig 9 a och b*. I ögynnsammaste fall får



Figur 6. Kalibreringskurvor för varmrådsanemometer. Typ 2 b.

man ett 10 % för lågt värde vid en vinkelvridning av sonden på ca 23 grader. Detta får anses som ett högst acceptabelt värde.

2. Tidskonstanter

Tidskonstanten för ett instrument kan sägas vara ett mått på dämpningen i instrumentet. Ju mindre tidskonstant desto snabbare instrument. I ventilationssammanhang har man i regel dock ej behov av snabba instrument. Det är i de flesta fall enbart en fördel med tröga instrument (stor tidskonstant) på grund av att det är luftens medelhastighet, som man önskar bestämma.

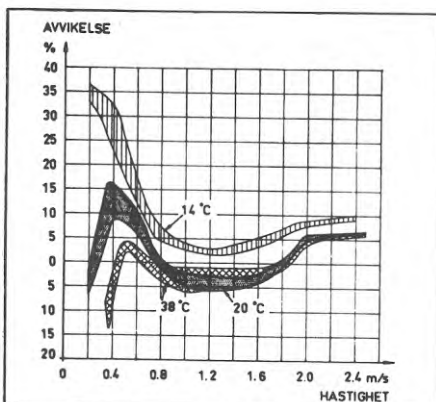
Figur 10 visar att tidskonstanterna för anemometer

typ 2 är ca 0,3 sek (varmrådsinstrument)

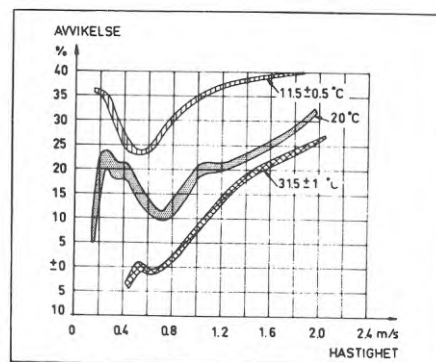
typ 3 är ca 1,8 sek (varmrådsinstrument)

typ 4 är ca 7,5 sek (vinghjulsanemometer)

Instrument med små tidskonstanter registrerar alla de variationer i lufthastigheter, som erhålles i turbulenta luftströmmar. Ju trögare instrument desto jämnare blir det registrerade värdet. *Fig 11* för-

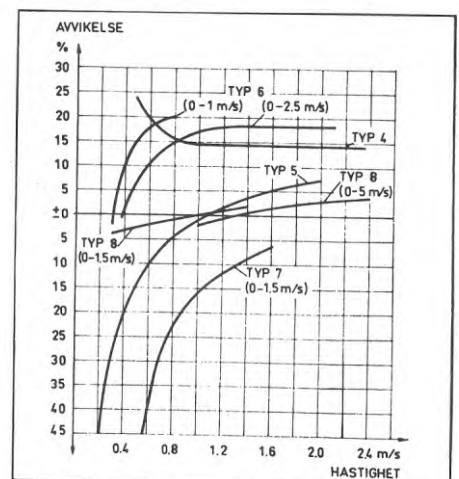


Figur 7 a.

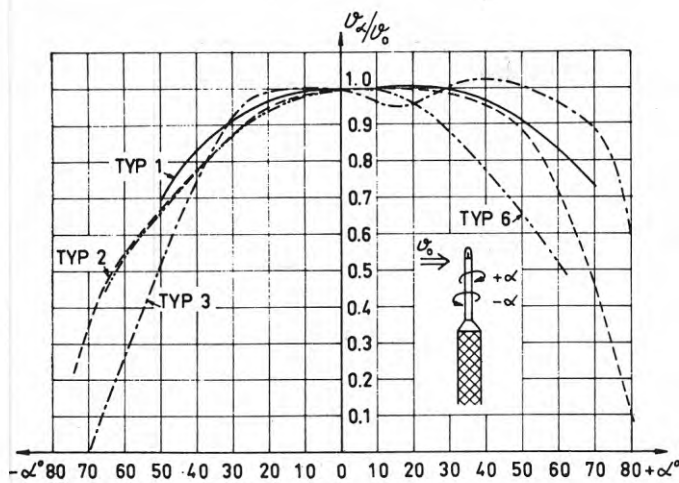


Figur 7 b.

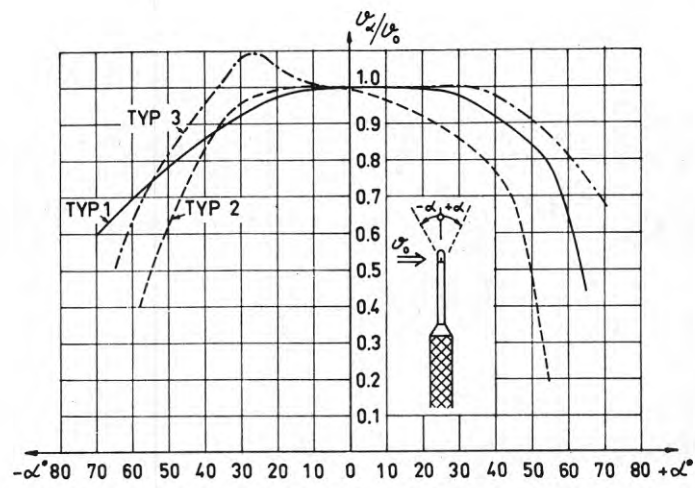
Figur 7 a och 7 b. Kalibreringskurvor för två olika varmrådsanemometrar, typ 3. (Båda något begagnade.)



Figur 8. Kalibreringskurvor för 5 olika typer av vinghjulsanemometrar.



Figur 9 a.

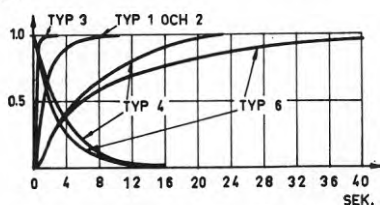


Figur 9 b.

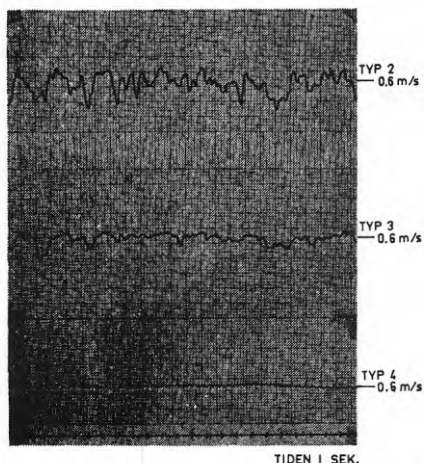
Figur 9 a och 9 b. Olika anemometrars känslighet för olika vinkelvridningar hos sonden.

söker att åskådliggöra detta förhållande. Instrumenten typ 2, 3 och 4 har här anslutits till en skrivare. Instrumentens sonder placerades intill varandra i en turbulent luftström. Man ser tydligt en tendens till jämnare kurva med ökad tidskonstant, vilket innebär att det är lättare att uppskatta ett hastighetsmedelvärde med tröga instrument.

Skillnaden mellan kurvorna för typ 2 och 3 i fig 11 blir något för stor beroende på att skalorna inte är likformiga för de båda instrumenten inom det betraktade hastighetsområdet. Tendensen är dock klar.



Figur 10. Diagram utvisande olika anemometrars inställningsnabbhet.



Figur 11. Diagram utvisande effekten på registreringen av lufthastigheterna som funktion av tiden med instrument med olika tidskonstanter.

Sammanfattning

Undersökningen visar att det finns ett stort sortiment av anemometrar att välja bland. Att finna en som är lämplig för ett visst behov och som har en acceptabel noggrannhet är dock inte så lätt. Som vi nu har sett av dessa stickprovsundersökningar kan man alltså få avvikelser i uppmätta lufthastigheter på långt över de 10 %, som man bör kunna acceptera. Vidare så bör man behandla instrumenten, i varje fall varmtrådsanemometrarna, som individer och aldrig lita på att två instrument av samma typ har samma kalibreringskurva. Man torde sammanfattningsvis kunna ställa upp följande tabell, som visar resultat av kalibreringarna.

De typer av instrument som redovisats i denna artikel får med avseende på mät-noggrannhet anses acceptabla under förutsättning att instrumenten genomgått en noggrann kalibrering. Stickprov visade nämligen att instrumenten (i varje fall typ 1, 3, 4 och 5) var mycket beständiga mot åldring och transport, vilket innebär att man torde kunna rätta sig efter in-

strumentets kalibreringskurvor under i varje fall en period av 6 månader. Det är inte säkert att en konstruktionsändring som skulle fördyra instrumenten avsevärt, efter en kalibrering skulle ge så mycket större noggrannhet. Man kan som exempel taga instrumenten 1 och 3. Prisskillnaden mellan dessa är ca kr. 2 000:— med typ 1 som det dyraste. Man torde med båda instrumenten, under förutsättning att man rättar sig efter deras kalibreringskurvor, kunna mäta med en noggrannhet som är större än 10 %.

Kommentar

SIB har ingen möjlighet att åtaga sig provningar av andra företags instrument. Den som här i landet har möjlighet till sådan uppdragsverksamhet är Statens Provingsanstalt (SP). SP har nyligen med anslag från Byggeforskningsrådet (BFR) byggt upp en kalibreringsanordning liknande de som nu förekommer vid KTH och SIB. Tyvärr saknar man dock för närvarande möjligheter att prova vid olika temperaturer.

Typ av instrument	Noggrannhet vid 20°C i förh till skalutslag inom området				Max. temp.inverkan inom omr. 0,2—2,5 m/s
	0,2—2,5 m/s	0,3—2,5 m/s	0,6—2,5 m/s	0,8—2,5 m/s	
Varmtrådsinstrument av god kvalitet	± 10 %	± 10 %	± 10 %	± 10 %	0,7—1,0 %/°C
Varmtrådsinstrument av en vanlig kval.	± 35 %	± 35 %	± 35 %	± 35 %	1,4—2,2 %/°C
Vinghjulsanemometer av god kvalitet	—	± 4 %	± 4 %	± 4 %	—
Vinghjulsanemometer av en vanlig kval.	—	—	+ 20 % — 40 %	± 20 %	—

Regler för kalibrering av mätinstrument för lufthastigheter och flöden

Bearbetat till svenska förhållanden av Anders Svensson, Byggnadsforskningsinstitutet

Det blir allt vanligare att ställa krav på ventilationsanläggningens funktion. Exempelvis kan nämnas att enligt VVS AMA 72 är största tillåtna avvikelser vid kontroll av luftflöden i ett ventilationssystem, inklusive mätfel, 15 % av föreskrivet värde. Detta ställer stränga krav på mättekniken. Det kommer att bli nödvändigt att alla intressenter enas om hur man skall mäta vid olika tillfällen.

En av de mera primära reglerna är dock att mätinstrumenten, vilka typer det än är, måste kalibreras. Detta är bakgrunden till att man inom den sk Nordiska ventilationsgruppen har utarbetat gemensamma regler för proceduren vid kalibrering av mätinstrumentet för lufthastigheter och luftflöden. Nordiska ventilationsgruppen är de nordiska byggnadsforskningsinstitutens samarbetsgrupp när det gäller kontroll, inreglering och besiktning av ventilationsanläggningar. De regler som Nordiska ventilationsgruppen framlägger kan användas vid avtal angående justering och besiktning av ventilationsanläggningar.

Den arbetsgrupp som har utarbetat dessa regler om kalibrering har bestått av

- civiling Svein Myklebost, sekreterare, Norges byggnadsforskningsinstitut,
- civiling Peter Olufsen, Statens byggnadsforskningsinstitut, Danmark,
- civiling Veijo Siitonen, Statens Tekniska Forskningsanstalt, Finland,
- civiling Anders Svensson, Statens institut för byggnadsforskning, Sverige.

De här framlagda reglerna kommer att revideras senast den 1 januari 1975. De regler som nu är utarbetade är av administrativ karaktär. De säger således inte något om det tekniska un-

derlaget, varken för själva kalibreringsanläggningen eller för begränsningen vid användningen av de kalibrerade instrumenten. Därför ska här sägas några ord om detta.

Anemometrarna kalibreras normalt i en luftstråle med relativt liten turbulens. Dylika strömningsförhållanden har man sällan i en ventilationsanläggning. Dessutom reagerar olika typer av mätinstrument olika för samma strömningsförhållande. Det finns således många olika kombinationer som skulle behöva undersökas:

- olika typer av mätinstrument
- sätt att bruka dessa mätinstrument på
- hur dessa mätinstrument reagerar för olika strömningsförhållanden.

Det säger sig självt att det är praktiskt omöjligt att kalibrera varje instrument för alla de olika mätförhållanden instrumentet kan utsättas för. De kalibreringsanläggningar som finns vid de nordiska byggnadsforskningsinstituterna samt vid statens provningsanstalt i Sverige

är utförda med tanke på att anemometrarna ska kalibreras i en fri luftstråle med relativt låg turbulens. Det kommer därför under vissa förutsättningar — bl a beroende på instrumentens tidskonstant — att uppstå ett mätfel när man använder instrumenten i en annan typ av luftström.

Om man önskar få veta hur stort detta fel är måste speciella undersökningar utföras. Det är dock att rekommendera att speciella korrektionsfaktorer för mätmetoden införs.

Då det mot bakgrund av ovanstående är viktigt att alla parter enas om att använda samma mätmetoder och naturligtvis kalibrerade instrument, kommer vi inom den Nordiska ventilationsgruppen att under 1973 framlägga ett förslag till normerade mätmetoder. Det är vår förhoppning att man därvid kan undgå en stor del av alla de tvister som i dag uppstår som en följd av att olika parter använder olika mätmetoder.

Nordiska regler för proceduren vid kalibrering av mätinstrument för lufthastigheter och luftflöden

Antaget av den Nordiska ventilationsgruppen i Oslo den 11 oktober 1972.

1.0 Reglernas giltighetsområde

Dessa regler kan användas vid avtal med avseende på inreglering och besiktning av ventilationsanläggningar.

2.0 Generella krav

2.1 Instrumentets kalibreringsintyg

— *giltighetstid*

beroende på typen av instrument får kalibreringsintyget vid tidpunkten för mätningarna vara

högst 1/2—1 år gammalt.

1 år:

Mekaniska instrument

— statisk anemometer (t ex Velometer)

— vinghjulsanemometer

— svävkroppsmätare (rotameter)

1/2 år:

Elektroniska och elektromekaniska instrument

— varmtrådsanemometer

— elektronisk vinghjulsanemometer

Anm: Ett instrument som faller i golvet eller på annat sätt blir utsatt för hårdhänt behandling kan få en ändrad kalibreringskaraktäristik. Det faller på instrumentägaren (brukaren) att tillse att sådana instrument inte användes förrän de är kontrollerade eller kalibrerade på nytt. Utöver de fasta periodiska kalibreringarna vid en godkänd kalibreringsinstans bör brukaren av instrumentet själv låta kontrollera instrumentets kalibrering då någon som helst osäkerhet om dess riktighet råder. Detta gäller speciellt under de perioder då instrumentet dagligen används i en anläggning. I sådana fall kan det vara tillräckligt att kontrollera instrumentet mot t ex ett referensdon med konstant luftflöde eller mot ett annat instrument, som inte har varit i bruk efter sista kalibreringen. En sådan kontroll kan göras på mycket kort tid och spara inregleringspersonalen mycket arbete om kontrollen visar att instrumentet har fått en ändrad kalibreringskaraktäristik.

2.2 Kalibreringsintyg

Ett kalibreringsintyg skall innehålla följande:

1. Kalibreringsinstansens namn och adress
2. Datum för kalibreringen
3. Instrumenttyp, kort beskrivning
4. Instrumentidentifikation
 - fabrikat
 - typbeteckning
 - tillverkningsnummer
5. Kalibreringsresultat

Siffermässig angivelse av varje kalibreringsvärde.
6. Lufttillståndet under kalibreringen
 - lufttemperatur
 - barometertryck
 - relativ fuktighet
7. Särskilda anmärkningar t ex
 - sondens orientering
 - typ av ventil (luftflödeskalibrering)
 - batterityp, spänning o dyl

8. Underskrift av ansvarig.

Anm:

- De diagram som utarbetas på basis av mätresultaten får inte ge ett avläsningsfel som överstiger 2 %.
- Antalet nödvändiga kalibreringspunkter för att kunna dra en kurva med tillräcklig noggrannhet beror på kurvans linearitet. Vid mycket oregelbunden kurvform kan 15—20 mätpunkter erfordras. Minsta antal punkter är 4.
- Vid de tillfällen som kalibreringen (och en eventuell kalibreringskurva) inte täcker hela instrumentets skala skall det klart framgå för vilken begränsad del av skalan som kalibreringen gäller.
- Kopior av kalibreringsintyg, kalibreringsresultat och eventuella diagram skall förvaras vid kalibreringsinstansen.
- Vid mätinstrument som består av flera samhörande delar skall alla delar som har ingått i kalibreringen vara tydligt märkta.

3.0 Godkännande av kalibreringsinstanser

En förutsättning för att dessa regler ska kunna brukas är att ifrågavarande kalibreringsinstans arbetar med en sådan noggrannhet att det totala kalibreringsfelet hålls på en rimlig nivå. I Sverige kan dylika kalibreringsinstanser, som andra institutioner eller privata firmor önskar upprätta, kontrolleras och eventuellt auktoriseras av statens provningsanstalt.

4.0 Revidering av reglerna

Dessa regler kommer att tagas upp till revidering i den Nordiska ventilationsgruppen senast den 1 januari 1975. ■

INSTRUMENT FÖR MÄTNING AV TRYCK I VENTILATIONSANLÄGGNINGAR

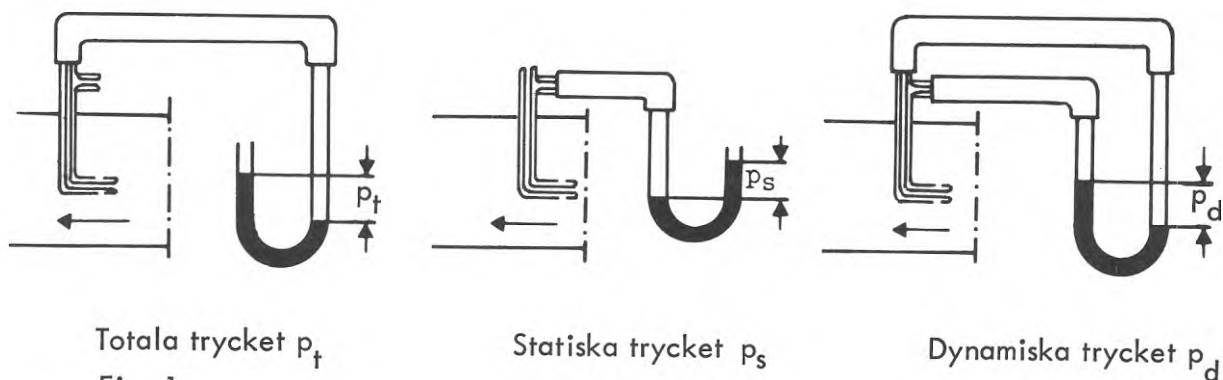
Anders Lindén

Inledning

I tidigare artiklar i denna artikelserie har behandlats instrument för mätning av lufthastigheter och luftflöden. Denna artikel redovisar en inventering och funktionskontroll av i marknaden förekommande instrument för uppmätning av låga tryck.

Huvudsyftet har varit att finna en manometer, lämpad att mäta små tryckdifferenser under fältmässiga förhållanden. Den måste alltså förutom att vara tillförlitlig även vara lätthanterlig och robust.

Tryckmätningar utförs i stor skala vid injustering och kontroll av en ventilationsanläggning. Tryckdifferensmätningar vid fläktar och filter, mätning av över- och undertryck i lokaler, tryckfall över komponenter osv är exempel på dylika mätningar. Luftflödesmätningar i ventilationskanaler är ett annat exempel. Därvid mäts det dynamiska trycket p_d som är differensen mellan totaltrycket p_t och statiska trycket p_s . Med ett så kallat prandtlrör som bygger på denna metod kan man mäta p_d (se fig 1).



Totala trycket p_t
Fig 1

Statiska trycket p_s

Dynamiska trycket p_d

Då prandtlröret riktas mot en luftström kommer manometervätskan att via prandtlrörets fronthål påverkas av ett tryck p_t . Manometervätskan påverkas också via sidhålen av ett tryck p_s . Då manometern är kopplad till båda prandtlrörsuttagen kommer manometern att indikera differensstrycket $p_t - p_s = p_d$.

p_d är en funktion av bl a lufthastigheten, barometerståndet och lufttemperaturen, dvs lufthastigheten kan bestämmas om man känner bl a p_d (se ekv)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_d}{\rho}} \text{ m/s}$$

$$\text{där luftens densitet } \rho = 1,293 \cdot \frac{B}{1013} \cdot \frac{273}{273+t} \text{ kg/m}^3$$

p_d anges i Pa (N/m^2)

B = barometerståndet i mbar

t = lufttemperatur i $^{\circ}\text{C}$

Anges p_d i stället i mm vp erhålles

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot p_d}{\rho}} \text{ m/s}$$

där $g = 9,81$

Vid låga lufthastigheter är det dynamiska trycket mycket litet, t ex 0,55 mm vp vid 3 m/s. Se fig 2. Detta ställer höga krav på den manometer som används. 10% mätfel på p_d resulterar i 5% fel på hastigheten (flödet).

Vid provning av luftflöde i en ventilationsanläggning anger VVS AMA -72 att största tillåtna avvikelse, inkl mätfel, från föreskrivet värde är 15%. För det sannolika mätfelet m, anges uttrycket

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} \% \text{ där } m_1 = \text{mätinstrumentets fel}$$

$m_2 = \text{mätmetodens fel, pga avvikelse från kalibreringsmetod för mätinstrument}$

$m_3 = \text{avläsningsfel}$

De angivna storheterna m_1 , m_2 och m_3 anges i % av uppmätt värde, dvs avlästa värden med korrektion.

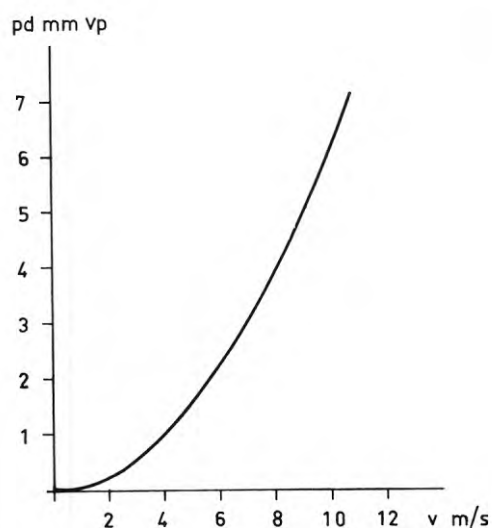


Fig. 2 Dynamiskt tryck p_d mm vp för olika lufthastigheter v m/s vid 20 $^{\circ}\text{C}$ och 1013 mbar

Mätmetoder

Instrument för mätning av gastryck kan efter funktionssätt indelas i tre olika huvudgrupper:

1. mekaniska manometrar
2. vätske manometrar
3. elektromekaniska tryckmätgivare

Mekaniska manometrar

Dessa har oftast ett tryckkännande element typ aneroid, bälga, bourdonrör eller membran vars rörelse mekaniskt överförs till en visare. Se fig 3.

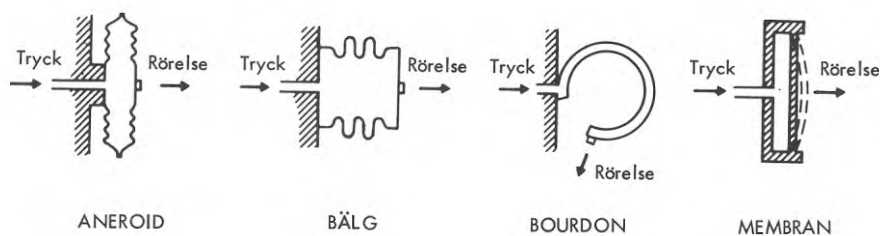


Fig 3

De vanligaste mekaniska elementen för avkänning av tryck:

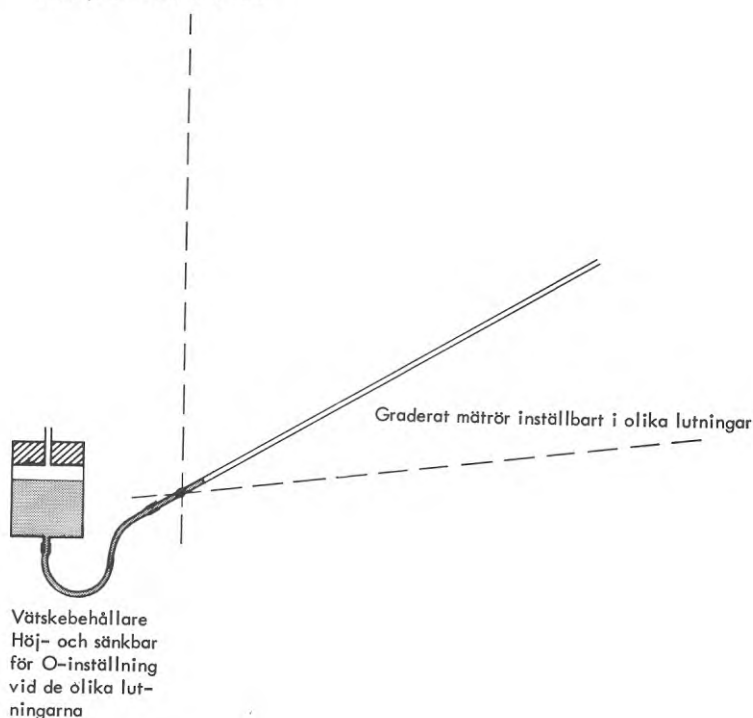
Aneroiden, bälgen, bourdonröret och membranet

Vätskemanometrar

Ett U-rör fyllt med en vätska är den vanligaste manometern för tryckmätningar i en ventilationsanläggning. För att kunna mäta små tryck lutas ofta röret för att utslaget skall öka. En lutning på 1:10 ökar t ex utslaget tiofaldigt. Vätskan är i allmänhet baserad på alkohol och med känd densitet. T ex T-sprit - $0,813 \text{ g/cm}^3$ vid 20°C . Se fig 4.

Fig 4

Princip för mikromanometer



Elektromekaniska tryckmätgivare

Praktiskt taget samtliga tryckgivare av denna typ utgörs av en mekanisk och en elektrisk del. Elektriska organ som direkt omvandlar tryck till elektrisk storhet saknas vanligen.

I tryckgivare med mekaniskt system omvandlas mätstorheten till rörelse, vilken i sin tur omvandlas till en elektrisk signal.

Den elektriska delen består av ett avkännande element som kan utgöras av kapacitiva organ, potentiometrar, fotoelektriska element, differentialtransformatorer, tryckkänsliga motstånd, reluktanselement, piezokristaller eller trådtöjningselement.

Exempelvis finns det tryckmätgivare där membranet utgör ena plattan i en kondensator och en fast vägg den andra. Avståndet mellan dem blir ett mått på trycket, vilket då direkt omvandlas till kapacitans, fig 5. På liknande sätt kan ett membran av magnetiskt material, placerat mellan två plana spolar, förändra reluktansen differentiellt vid tryckutbuktning av membranet. Vidare kan töjningsmätgivare limmas på plana eller cylindriska membran och avkänna materialtöjningarna vid tryckbelastning, fig 6.

Till tryckgivaren behövs dessutom en viss kringutrustning, såsom mätförstärkare, nättaggregat och ett indikerande eller registrerande instrument.

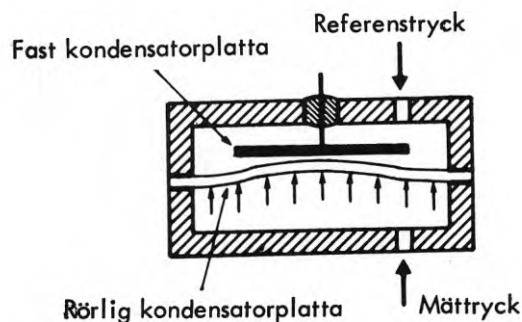


Fig 5

Principen för den kapacitiva tryckgivaren. Ett membran utgör del i en kondensator. Den fasta kondensatorplattan är isolerad gentemot givarhuset.

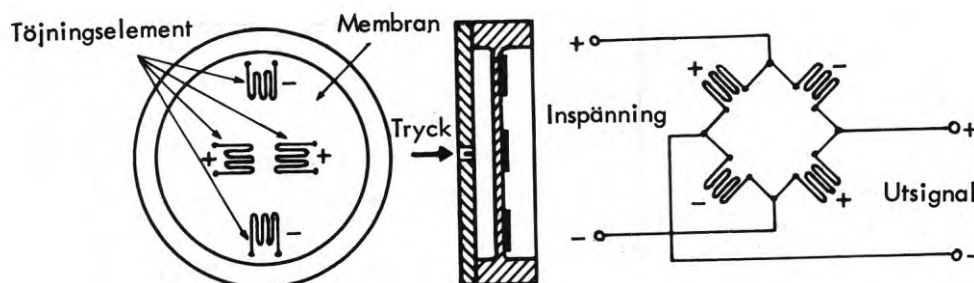


Fig 6

Ett tryckkännande membran kan förses med fyra töjningsmätgivare placerade så att de parvis avkänner positiva resp negativa töjningar.

Tabell 1: Mekaniska manometrar

Instrument-beteckning	Svensk representant	Tillverkare	Av fabrikanten angivet mätområde mm vp	Minsta tryck ¹⁾ mm vp	Användningsområden	Ung pris kr exkl moms
Magnehelic serie 2000	Kihlströms manometer-fabrik, Stockholm	Dwyer Instruments Michigan City, USA	0 - 10 0 - 50 samt ett 20-tal andra områden	1,7 6,7	Portabelt el fast montage	184 184

1) Minsta mätbara tryck vid en uppskattad avläsningsnoggrannhet $\pm 3\%$ av uppmätt värde.

Tabell 2: Vätskemanometrar

Instrument-beteckning	Svensk representant	Tillverkare	Av fabrikanten angivet mätområde, mm vp	Minsta tryck ¹⁾ mm vp	Användningsområde	Ung pris kr exkl moms
DPM-10 DPM-20 DPM-50 DPM-100 DPM-200 DPM-300	Honeywell, Stockholm	Kytölä Jyväskylä, Finland	0 - 10 0 - 20 0 - 50 0 - 100 0 - 200 0 - 300	1,7	Fast montage	125 125 135 190 225 285
MV-10 MV-20 MV-50 MV-200 MV-300	AB Regin, Göteborg	AB Regin, Göteborg Sverige	-10-0-10 -20-0-20 -50-0-50 -200-0-200 -300-0-300	2,5	Fast montage	120 120 120 169 188
Typ BG BG-1 BG-2	Växjö Elmicro (Veab)	Växjö Elmicro (Veab) Sverige	0-8 0-16 0-160	0,8	Portabelt	155 165 205
VGF	Nordisk Ventilator, Solna	Nordisk Ventilator, Danmark	0-20 0-40 0-80 0-160	1,7	Portabelt	385
Mark 5	Mät- och underhållskontroll AB Stockholm	Airflow Developments Ltd, England	0-12,5 0-25 0-50 0-250	0,4	Portabelt	1185 Pris inkl pitotrör och slangar
Instrument-beteckning	Svensk representant	Tillverkare	Av fabrikanten angivet mätområde, mm vp	Minsta tryck ¹⁾ mm vp	Användningsområde	Ung pris kr exkl moms
Typ 654	Rudolph Grave Solna	Wilh Lambrecht Göttingen, Tyskland	0- 6,4 0-16 0-32 0-80	0,3	Fast montage	705
Typ 655	"	"	0- 6,4 0-16 0-32 0-80 0-160	0,2	Laboratoriebruk	1340
Typ 1346	Bergman & Beving Stockholm	Fuess Berlin-Steglitz Tyskland	0-10 0-20 0-40 0-80 0-160	0,5	Laboratoriebruk	1620

1) Minsta mätbara tryck vid en uppskattad avläsningsnoggrannhet $\pm 3\%$ av uppmätt värde.

Tabell 3: Elektromekaniska tryckmätgivare

Givare beteckning	Svensk representant	Tillverkare	Mätområde	Mätprincip	Ung pris kr exkl moms	Kringutrustning använd vid SIB:s prov. Ung pris kr exkl moms
HBM-PD 1	Elektriska Instrument - AB Elit, Bromma	Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt, Tyskland	0- \pm 100 mm vp	Membran, diff-transf	2 370:-	Förstärkare HBM-KWS/T-S för batteridrift 6 345:- Förstärkare HBM-KWS 3071 Nättaggregat 3802 Hölje 3920. Digitalvoltmeter. 4 700:-
EMT 32	Elema-Schönander Solna	Elema-Schönander Solna	0- \pm 15 mm vp 0- \pm 150 mm vp	Kapacitiv	2 620:-	Elektronmanometerförstärkare EMT 311. Nättaggregat EMT 90.2. 5 000:-
MDC	Ing f:a C E Larsson Lidingsö	Furness Controls Ltd, England	0-1, 0-3, 0-10 0-30 el 0-100 mm vp	Kapacitiv	4 500:-	Mätgivare och kringutrustning är hopbyggd till en enhet. Priset inkluderar komplett instrument.
SP 1825 prototyp	Swema, Sv mätapparater, Stockholm	Swema, Sv mätapparater, Stockholm	0-25 mm vp	Membran trådtöjningsgivare	-	Swema mätförstärkare MF 72. Digitalvoltmeter

Inventering

Resultatet av inventeringen framgår av tabellerna. Instrumenten är där indelade i grupper med avseende på funktionen som omtalats ovan. Endast de instrument som lagerföres i Sverige har redovisats. Beträffande de elektromekaniska får man dock räkna med en viss leveranstid. Tabellerna gör inga anspråk på att vara fullständiga.

Funktionskontroll

Samtliga instrumenttyper som redovisats i tabellerna har även blivit föremål för en tämligen omfattande kontroll. Det var dels instrument som vi själva hade tillgång till i laboratoriet, dels sådana vi fått låna av återförsäljare.

Funktionskontrollen delades upp på:

1. En kalibreringsdel där kontrollen gjordes med en tryckkalibreringsanläggning, utvecklad inom institutet. Tryckområde 0.3 - 60.0 mm vp där huvudinriktningen legat mellan 0.3 - 10.0 mm vp.
2. En bedömning av instrumentens funktion med avseende på deras lämplighet vid fältmätningar, t ex beträffande skalans upplösning, avläsningsnoggrannhet etc.
3. De elektroniska mätarnas förmåga att klara av en biltransport med bibehållen noggrannhet.
4. Tillverkningsstoleranserna hos åtta stycken mikromanometrar av samma typ och fabrikat, som provades parallellt för att utröna spridningen mellan olika exemplar.

Vid kalibreringarna har största möjliga noggrannhet eftersträvat vid instrumentens injustering och 0-punktsinställning, en noggrannhet som troligen är större än den som normalt erhålles. Samtliga instrument provades vid ca 20°C.

Tryckkalibreringsanläggning

Den använda tryckkalibreringsanläggningen, fig 7, utnyttjar principen med s k dykklocka. Den presterar ett variabelt övertryck relativt atmosfärstrycket. Variationsområdet är 0 - 60 mm vp och maximalt fel är ex vis 0,02 mm vp vid 2 mm vp och 0,1 mm vp vid 60 mm vp.

Tillförlitligheten är osedvanligt hög, beroende på att det inställda trycket praktiskt taget enbart beror av en area och en varierbar vikt. Bägge dessa storheter är noga kända och har helt försumbar åldring. Se fig 8.

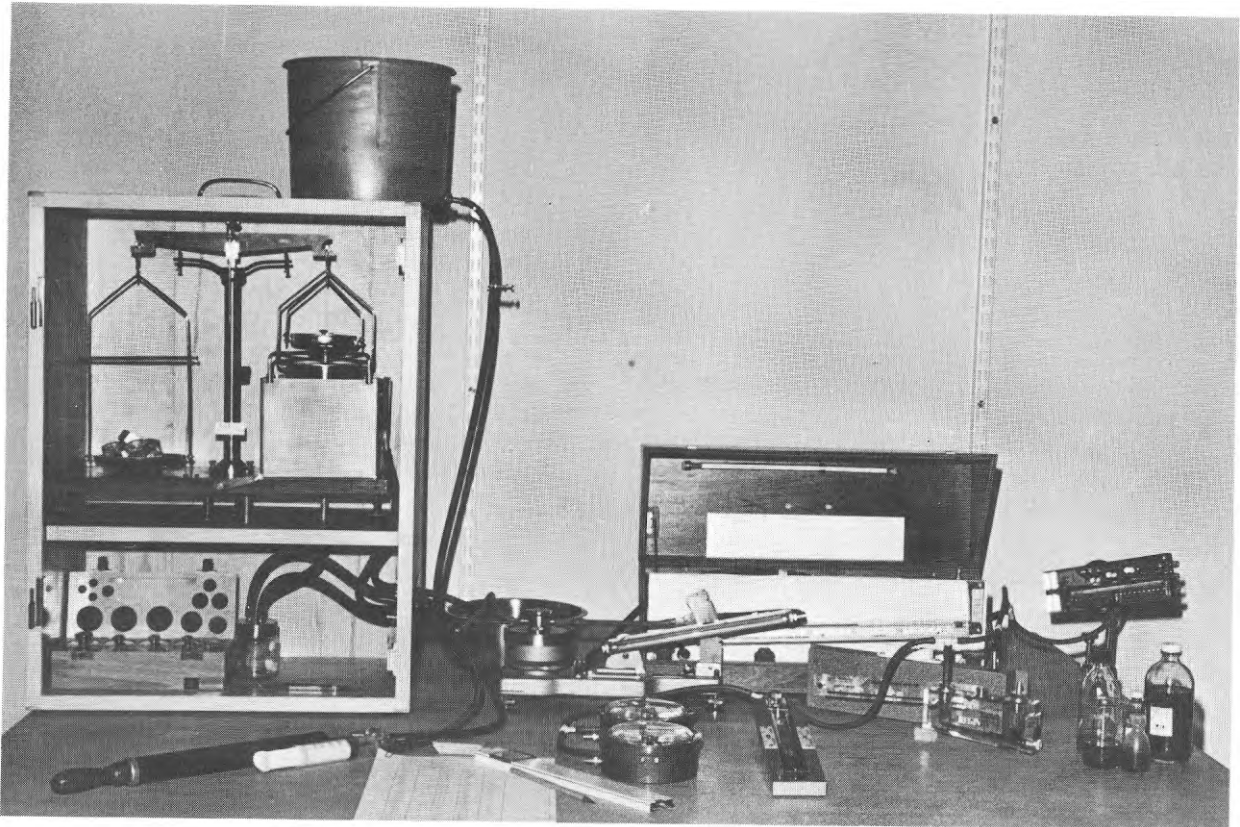
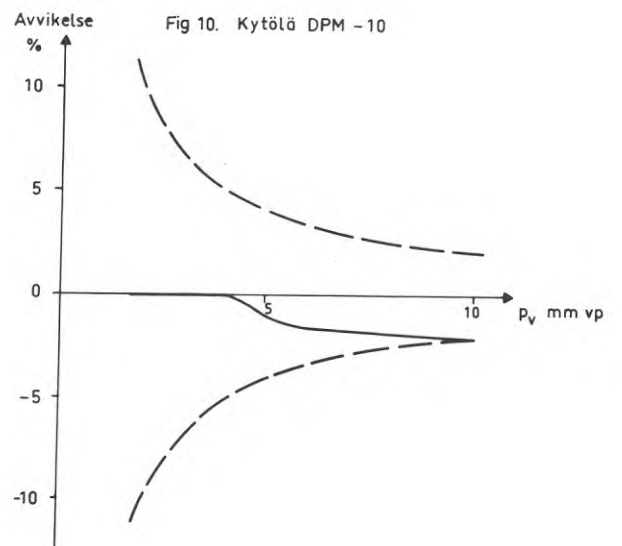
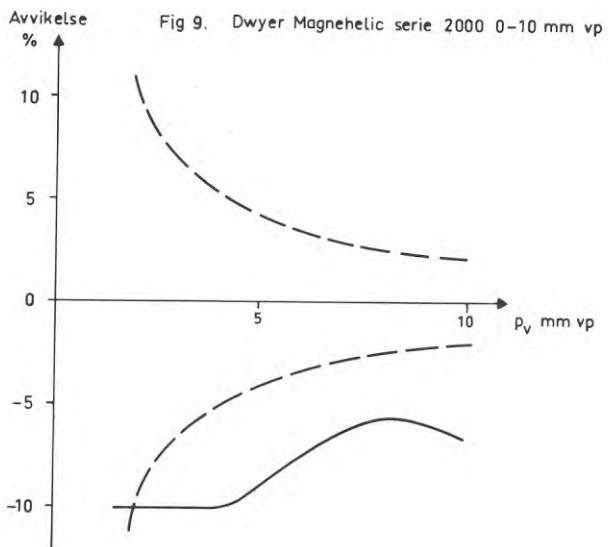
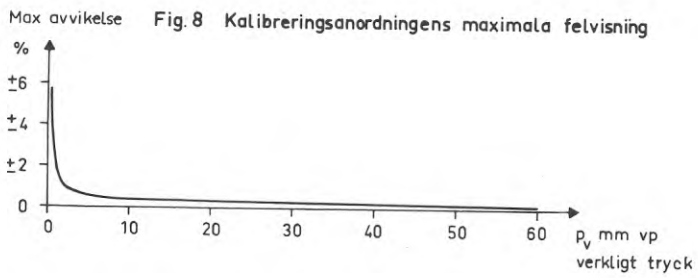


Fig. 7. Kalibreringsanordning med diverse provobjekt



Resultat

Kalibreringar

Exempel på resultat visas i figurerna 9-14, som visar avvikelse i % som funktion av verkligt tryck.

$$\text{Avvikelse} = \frac{p_u - p_v}{p_v} \cdot 100\%$$

där p_u = uppmätt tryck

p_v = verkligt tryck

Alla instrument har provats vid ett lägsta tryck av 0,3 mm vp, men endast den del av kalibreringskurvan där avläsningsfelet har uppskattats till $\leq \pm 3\%$ av uppmätt tryck har redovisats.

I de fall där fabrikanter utlovat viss noggrannhet har detta redovisats som en streckad linje i figur. (Se fig 9-10)

De presenterade kurvorna bör, framför allt vid lägre tryck, jämföras med toleranskruvan för tryckkalibreringsanläggningen, då dennas fel ingår i de uppmätta kalibreringskurvorna.

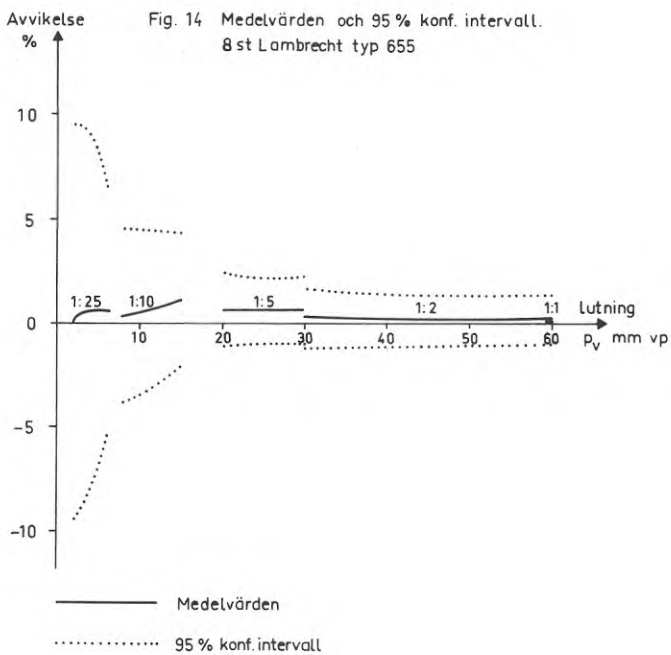
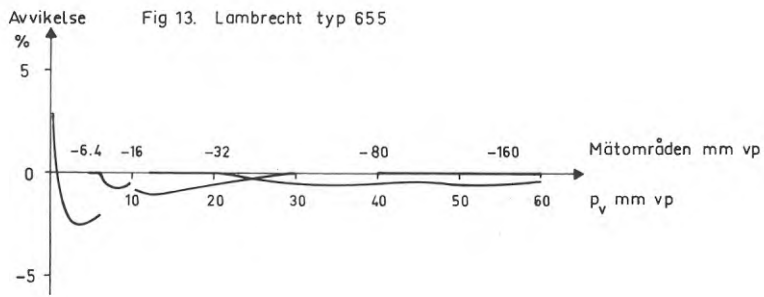
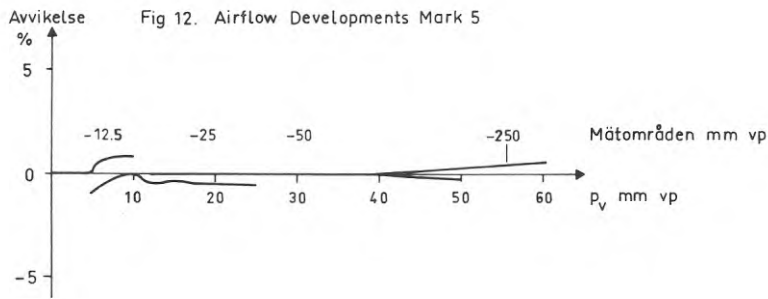
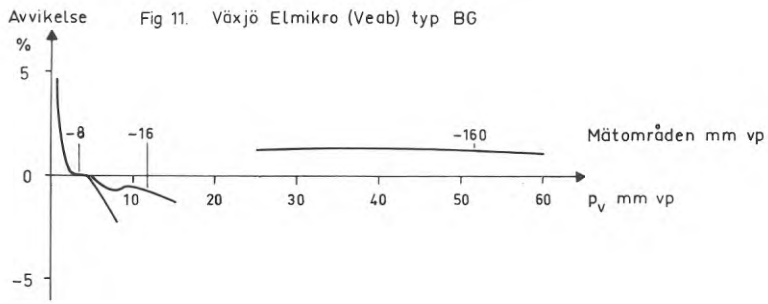
Mekaniska manometrar

Två instrument av samma fabrikat och typ, men med olika mätområden, provades. Bägge gav likartat resultat (se fig 9), med avvikelser som var större än de av fabrikanter garanterade. Dessa två instrument var de mest lätthanterliga av samtliga som provades.

Vätskemanometrar

Instrumentens noggrannhet är i stort sett proportionellt mot priset. De enklaste har en sådan utformning av skalan att risken för felavläsning vid låga tryck är onödigt stor. Precisionen är dock fullt tillräcklig för de ändamål dessa instrument är avsedda för. De tre dyraste instrumenten hade likartade prestanda. Av dessa har Airflow Developments Mark 5 avsevärt mycket lättare att använda än de två övriga. Fig 14 visar att skillnader förekommer mellan olika individer av samma fabrikat och typ.

En mikromanometer kan dessutom ge betydande fel om den ej har horisontell uppställning. Mätvätskans densitet kan även ha ändrats på grund av avdunstning och temperaturändring. 10°C temperaturändring av en alkoholbaserad mätvätska ändrar densiteten och följaktligen mätvärdet, med ca 1,0%.



Elektromekaniska tryckmätgivare

Dessas resultat kan inte direkt jämföras med de konventionellas. För att kunna använda en elektronisk tryckmätgivare måste den först kalibreras. Detta gjordes i institutets tryckkalibreringsanläggning. Två av givarna var visserligen kalibrerade vid leveransen men vid kontroll visade det sig att kalibreringarna måste göras om då de ej var riktiga. Ett instrument låg 40% fel, varför ett nytt levererades. Detta nya låg 20% fel. Ett tredje levererades därför och först detta visade acceptabla värden. Kontrollen av givarna gick sedan ut på att studera huruvida de, kombinerade med lämplig kringutrustning, gav en utsignal proportionell mot trycket, dvs om utsignal representerar en linjär funktion av trycket.

I nedanstående tabell redovisas linjaritetsavvikelse i % och max fel i mm vp samt vid vilket tryck detta har uppmätts. Någon hysteresis kunde ej uppmätas i något fall. Transportkänsligheten var låg. Efter transport med bil visade tre givare samma värden som före transporten, och ett hade ändrats < 1%.

Givare	Mätområde mm vp	Linjaritets- avvikelse %	Max fel / tryck mm vp / mm vp	Kalibrerad vid mm vp
HBM/PD1	0-100	0	0 / 0.3-60.0	60
EMT 32	0- 15	0.5	0.08 / 7.5	15
	0-150	-	2.60 / 60.0	
MDC	0- 1	1.5	0.015 / 1.0	10
	0- 3	1.3	0.04 / 3.0	
	0- 10	0.6	0.06 / 7.5	
	0- 30	1.5	0.45 / 30.0	
	0-100	-	0.7 / 60.0	
SP1825	0- 25	2.2	0.55 / 12.5	25

Sammanfattning

Att finna manometrar som är "fältmässiga" är ganska lätt. Att finna manometrar som dessutom är noggranna är svårare. Ska man kombinera enkelt handhavande med god avläsbarhet och noggrannhet även vid låga tryck får man bereda sig på en utgift på ca 1200 kr för en vätskemanometer. Elektromekaniska tryckgivare blir betydligt dyrare i inköp och torde därför knappast kunna klassas som fältmässiga för rutinmätningar.

Undersökningen har visat att för största möjliga mätnoggrannhet erfordras en kalibrering av den aktuella manometern. Har man flera exemplar av samma manometertyp bör man kalibrera samtliga. Det har nämligen visat sig att spridningen kan vara påtaglig.

Folke Wancke

Statens institut för byggnadsforskning

Luftflödesmätning

En SIB-artikel ingående
i projektet "kontrollteknik
för installationer".

Inom Byggnadsforskningens institutets projekt "Kontrollteknik för installationer" har problemen att mäta luftflöden och lufthastigheter ägnats stor uppmärksamhet. Anledningen till detta är de stora svårigheter som är förknippade med dessa mätningar, i första hand under fältmässiga förhållanden, samt den stora betydelse ventilationsanläggningens funktion har på bla inomhusklimatet. I denna artikel ges vissa synpunkter som framkommit under utredningsarbetet och skissas förslag till åtgärder för att i möjligaste mån komma tillrätta med problemen. De kriterier som projekteringen baseras på behandlas inte och ej heller drift- och skötselproblemen.

Bakgrund

Allt oftare möter vi klagomål på ventilationen i framför allt nyare hus. När inomhusklimatet är otillfredsställande ger man oftast ventilationen skulden. Givetvis kan inte detta tas som bevis för att det i alla tillfällen är ventilationsanläggningen som inte fungerar riktigt. Man vet bla från gjorda undersökningar [10], [11], [12] att det aldrig går att skapa ett inomhusklimat som tillfredsställer alla. I gynnammaste fall blir 5—10 % ändå missnöjda. Även då klagomålen är berättigade, behöver det ju inte alltid vara fel på ventilationen, eftersom en rad andra faktorer även kan påverka inomhusklimatet, inte minst byggnaden själv. I alltför många fall har man trots allt kunnat konstatera att ventila-

tionsanläggningen fungerar dåligt [5]. Vidare måste man komma ihåg att en ventilationsanläggning som inte fungerar som den skall, förutom inomhusklimatet även kan påverka driftekonomi och skötsel i negativ riktning. Man frågar sig vad dessa onekligen skrämmande förhållanden beror på — klarar vi inte med dagens kunnande problemen? En analys visar att det under byggprocessen uppkommer en mängd faktorer som var och en kan vara en starkt bidragande orsak till att ventilationsanläggningen inte kommer att fungera. Bl a kan det sätt på vilket upphandlingen sker inverka vilket behandlats i några artiklar på senare tid [8], [9]. Ansvarsförhållandena under projekterings- och monteringsstiden är en annan faktor som kan ha stor inverkan, liksom injusteringen. Just injusteringen, har visat sig i praktiken innebära mycket stora svårigheter, och i första hand att mäta luftflöden på ett entydigt och riktigt sätt.

Ytterligare en bidragande faktor är tendensen att bygga allt större och mer komplicerade ventilationsanläggningar. Sammanfattningsvis förefaller det ofta vara en mängd faktorer som samverkar till ett dåligt slutresultat, och mera sällan en enda isolerad faktor, liksom att ansvaret för det inträffade oftast faller på flera parter, och mera sällan på en enda person eller företag. Ventilationsentreprenören blir dock i många fall oförskyllt syndabock.

Luftflödesmätning

Arbetet inom SIB har omfattat bla undersökningar över tillförlitligheten hos instrument för mätning av lufthastigheter [1], olika metoder att mäta luftflöden [2] samt, i samarbete med KTH, hastighetsmätning i ventilationsluftstrålar [3]. Utveckling av givare för lufthastighetsmätning är under arbete. Från KTH har dessutom publicerats en undersökning av egenkonvektionens inverkan på varmtrådsinstrument [4]. En undersökning över tillförlitligheten hos olika typer av manometrar kommer att publiceras från SIB.

Dessa undersökningar visar klart de svårigheter som är förknippade med att i praktiken mäta lufthastigheter och luftflöden. Instrument för dessa mätningar finns i en mängd varianter, var och en med sina fördelar, men också nackdelar och felkällor. I vissa situationer är ett visst instrument lämpligt, i en annan situation ett helt annat instrument. Olika typer av luftdon kräver olika specialutrustning. För att mäta flödet genom donet krävs tex en rad stosar av olika storlekar, speciella mätkroppar etc. Till detta kommer dessutom vissa typer av don där vi inte kan mäta i själva donet, utan är hänvisade till tidsödande mätningar i kanalen före donet. I många fall är kanalerna dessutom inbyggda. Alternativt saknas lämpliga mätsträckor, så att mätning i praktiken knappast låter sig göras. Till dessa svårigheter kommer givetvis att en slarvig montering med läckande kanaler och

otäta anslutningar mellan don och kanal etc kan göra att en mätning blir helt utan värde.

För att idag kunna göra luftflödesmätningar på en anläggning krävs alltså, förutom en erfaren och kunnig mättekniker, en både dyrbar och ömtålig utrustning som dessutom kan bli ganska skrymmande. Trots detta kan man råka in i situationer där det är omöjligt att göra tillförlitliga mätningar, vilket ofta resulterar i en massa diskussioner om mätresultatets tillförlitlighet.

Förslag

Man kan fråga sig om det är riktigt att försöka klara de svårigheter som är förknippade med mätning av luftflöden enbart genom att satsa på en utveckling av mättekniken, med risk för att det blir ännu mera komplicerat att genomföra mätningar i praktiken. Svaret på frågan bör bli ett NEJ. Vi måste tvärtom sträva till att förenkla de mätprocedurer som är avsedda för fältbruk. Vi skall givetvis inte slå oss till ro med den mätteknik vi nu har, utan sträva efter att förbättra och förenkla denna. Men samtidigt måste vi söka andra vägar för att lösa problemen. Avsevärda förbättringar skulle kunna nås genom att man under samtliga skeden i byggprocessen ägnade större uppmärksamhet åt injustering, besiktning och de mätningar som hör ihop med dessa. De inblandade parterna skulle var och en få bära sin del av ansvaret för att slutprodukten kommer att fungera tillfredsställande.

Detta skulle bli innebära att:

Beställaren/Byggherren

- kräver att ventilationsanläggningen skall vara så enkel och okomplicerad som möjligt.
- kräver i sitt program att i bygghandlingarna skall anges hur injustering skall utföras.
- kräver att eventuellt byte av komponenter i ett upphandlingsskede endast får ske till likvärdiga komponenter redovisade enligt ett en-

hetligt normerat system (se projektör).

- anger, alternativt kräver, att projektören efter samråd med beställaren i handlingarna klart anger vilka funktioner som skall mätas upp i samband med besiktningen och även anger hur detta skall ske.

Projektören

- bestämmer injusteringsmetod i ett tidigt skede
- konstruerar ventilationsanläggningen så enkel och okomplicerad som möjligt och med den valda injusteringsmetoden i tankarna och så att det är möjligt att i praktiken justera in anläggningen enligt projektörens anvisningar.
- endast väljer sådana komponenter där egenskaper och prestanda redovisats enligt ett enhetligt och normerat redovisningssystem.
- gör klart att projektören fransäger sig allt ansvar för anläggningens funktion om utbyte sker till komponenter ej redovisade enligt punkt c).
- kräver att byte till andra komponenter än föreskrivna endast får ske efter projektörens godkännande.

Entreprenören

- får ej byta ut föreskrivna komponenter utan att uppfylla punkt c) och e) enligt ovan.
- justerar in anläggningen enligt projektörens anvisningar.

Besiktningsman

- genomför de mätningar och kontroller som erfordras och i enlighet med anvisningar i bygghandlingarna.

Tillverkaren

- redovisar egenskaper och data för sina produkter enligt standardiserade av alla använda redovisningsmetoder med enhetliga provningsmetoder.

Strävan att göra anläggningen så enkel som möjligt är egentligen så självklar

att det inte skulle behöva nämnas, men det finns exempel där ventilationsanläggningen blivit så komplicerad att den enskilde har mycket svårt att sätta sig in i dess funktion, vilket givetvis försvårar injusteringen och även, i ett senare skede, drift och underhåll.

Kravet att projektören skall ange injusteringsmetod, medför bl a att man undanröjer risken att projektören, p g a att han av konkurrensskäl tvingats ge ett alltför lågt anbud, av ekonomiska skäl inte anser sig kunna lägga ner tid på injusteringsproblematiken, samtidigt som byggherren görs uppmärksam på att detta är en nödvändig arbetsinsats som det inte får prutas på.

Byggherren måste även göras uppmärksam på att ett lågt pris alltid måste vägas mot kvalitet och funktion. Detta gäller även vid utbyte av komponenter mot andra än dem som projektören föreslagit. Här måste projektören vara med i bilden så att inte enbart priset blir avgörande. Projektören tvingas även tänka igenom injusteringen och anpassa konstruktionen för den valda metoden. Här kommer bl a symmetri i anläggningen in och kan påverka kanaldragningen, luftdonen bör vara av så få typer som möjligt.

Valet av luftdon är dessutom viktigt ur injusteringssynpunkt, därför att flödet genom donet måste kunna mätas, absolut eller relativt. Är det möjligt att mäta vid den valda dontypen, eller måste man mäta i kanalen en bit ifrån donet, och finns det då lämplig mätsträcka åtkomlig, alternativt fast mätuttag på lämpligt ställe? Vidare måste man kräva att data och egenskaper för det don som väljes är redovisat enligt ett normerat system. En undersökning [7] visar exempel på att tillverkarnas katalogdata redovisats på olika grund av olika tillverkare, så att en direkt jämförelse mellan olika fabrikat på basis av katalogdata i vissa fall ej är möjlig. Vidare kan det på grund av tillverknings toleranser och utformningen av donet (inställningsmöjligheter och stabilitet) förekomma mycket stora spridningar mellan enskilda exemplar av samma typ, vilket gör att redan valet av luftdon kan ge avse-

Luftflödesmätning

värda fel, som kan vara mycket svåra att i ett senare skede rätta till. Mot denna bakgrund är det viktigt att projektören måste godkänna ett utbyte av komponenter och i första hand av luftdonen.

Kravet på att man på ett tidigt stadium skall ange vilka mätningar som skall göras i samband med besiktningen medför flera fördelar. Man undanröjer en stor del av de idag alltför vanliga ändlösa diskussionerna angående tillförlitligheten i mätresultaten. Man har möjlighet att välja lämpliga mätmetoder med hänsyn till anläggningen och den information man önskar. Det kan många gånger vara bättre att få ett mindre exakt värde, men ett värde som ändå ger relativt god uppfattning om anläggningens funktion, än att försöka göra exakta mätningar, som ofta kräver betydligt större insats i såväl personal som tid, men inte säkert ger värdefullare information. I en dansk artikel [6] har beskrivits en mätprocedur som i många fall bör kunna tillämpas.

Den bild av ansvarsförhållandena mellan olika inblandade parter som ges här, är givetvis starkt förenklad. I praktiken är situationen betydligt mer komplicerad med olika upphandlingsformer, flera projektörer respektive entreprenörer, frågan om någon skall åläggas ett ansvar för den kompletta anläggningens funktion, komplicerad automatik etc. Trots detta bör ett beaktande av de punkter som behandlats ovan kunna medföra betydligt bättre möjligheter att genomföra erforderliga mätningar, och således påverka ventilationsanläggningens funktion i positiv riktning.

Fastställ i AMA

Det största problemet är nog hur man skall genomföra de föreslagna åtgärderna. Framförallt är det byggherrarna som måste övertygas om hur viktigt det är att de ställer rätt utformade krav beträffande injustering och besiktning, samt att prutning på dessa krav för att spara pengar, oftast leder till fördyringar. Byggherren riskerar, att man i ett senare skede måste rätta till begångna fel, vilket ofta blir både kostsamt och besvärligt. Man kan drabbas av en högre driftkostnad till

följd av att man prutat av på kraven i ett tidigare skede eller få en anläggning som fungerar dåligt eller i värsta fall inte alls. En dålig utdelning på investerat kapital. Att genom upplysning lyckas övertyga alla byggherrar om dessa förhållanden är säkerligen att hoppas för mycket. Någon form av styrning måste troligen till, antingen via myndigheter eller branschorganisationer. Mycket talar för att AMA vore en bra väg att välja.

Slutord

Sammanfattningsvis kan slås fast att man, genom att ålägga flera av de inblandade parterna i byggprocessen ett visst ansvar i olika detaljer, bör ha goda möjligheter att med rimlig insats eliminera en rad orsaker till problemen i samband med mätning av luftflöden.

Litteratur

- 1 A Svensson — "Instrument för mätning av lufthastigheter" VVS nr 1 1972
- 2 A Svensson — "Metoder för luftflödesmätning" Under publicering.

- 3 T-G Malmström och A Svensson — "Hastighetsmätningar i ventilationsluftstrålar". VVS nr 8 1971
- 4 T-G Malmström och N Unal — "Riktighetsberoende på grund av egenkonvektionen hos varmtrådsanemometrar". VVS nr 3 1971
- 5 Y Finsrud — "Funktionsprovning av installationer". Forskningsuppdrag nr D636 från byggforskningsrådet.
- 6 E Christophersen — "Måling af luftmaengder ved ventilationsaebninger". Dansk VVS oktober 1972.
- 7 F Wancke — "Provning av luftdon". Under publicering.
- 8 P Wennerlund — "Klimattekniken, kvalitetskraven och upphandlingen". VVS-Forum nr 8 1972
- 9 I Nordenadler — "Upphandlingsformen och ventilationens kvalitet". VVS-Forum nr 3 1972
- 10 PO Fanger — "Thermal comfort".
- 11 "Lärare bedömer klassrumsklimatet — en enkätundersökning" — byggforskningens rapport 31/67
- 12 B Franzén — "Kontorsrummet 2" byggforskningens rapport 21/69.

Anders Svensson

Statens institut för byggnadsforskning

Metoder för luftflödesmätning

Inom Byggnadsforskningens institutets projektgrupp "Kontrollteknik för installationer" pågår ett arbete med avsikt att dels göra en inventering av förekommande instrument och mätmetoder för bestämning av luftflöden inom ett ventilationssystem samt dels försöka göra en uppskattning av de olika instrumentens och mätmetodernas tillförlitlighet. I det följande ges en sammanfattning av detta arbete. Tidigare har i VVS nr 1 — 1972 redovisats olika metoder och instrument för bestämning av luft hastigheter.

De mätningar som behöver göras inom ett ventilationssystem kan vara av många och olika slag såsom

- temperaturmätningar (inkl relativ fuktighet)
- hastighetsmätningar
- tryckmätningar (statiskt, dynamiskt och totaltryck)
- flödesmätningar m m

Temperaturmätningar har delvis redan behandlats inom gruppen och redovisats i form av en artikel i VVS nr 11 1971 (strålningstemperaturer). Ytterligare arbete pågår inom temperaturmätningssidan (klimatmätning).

Hastighetsmätningar har behandlats inom projektgruppen och redovisats i VVS 1, 1972. Ytterligare arbete pågår inom detta område.

Tryckmätningar har även behandlats inom gruppen och ingår som en integrerad del i de olika metoderna för flödesmätning. Som framgår av bl a kapitlet "Delflödesmätning" kan mycket stora fel erhållas om man gör sta-

tiska tryckmätningar på ett olämpligt sätt. Statiska tryckmätningar kan dock användas när det gäller att snabbt finna felkällor i systemet. Man kan, och måste, också använda sig av statiska tryckmätningar i vissa typer av system, t ex i tvåkanalsystem då det gäller att bestämma om minimitryckfallet över blandningsboxarna kan upprätthållas och vid t ex perforerade tak för bestämning av erforderligt statiskt övertryck i plenum.

Då man talar om flödesmätning i samband med ett ventilationssystem brukar man tala om

1. Totalflödesmätning — då luftflödet genom en apparatdel eller i en kanal mätes.
2. Delflödesmätning — då flödet genom ett till- eller frånluftsdon mätes.
3. Läckageflödesmätning — då läckageflödet genom apparater eller kanaler bestäms.

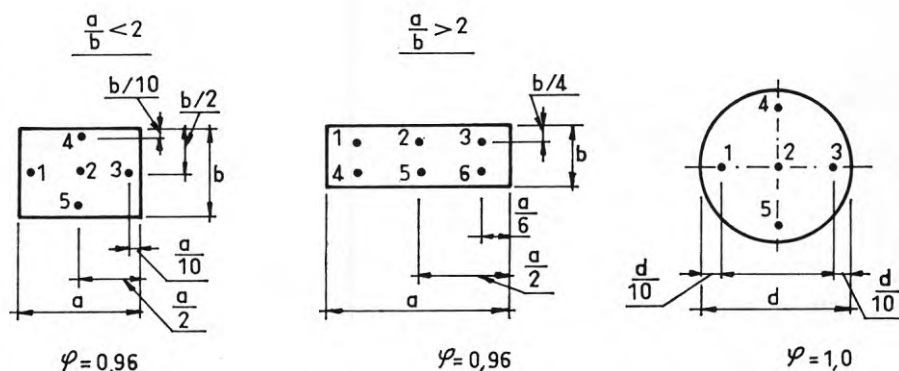
Tabell 1 ger en sammanfattning av en del mätmetoder som har kommit till användning vid dessa olika typer av flödesmätningar

Totalflödesmätning

Pitotrörs- och anemometertraversering

Ett vanligt sätt att mäta luftflödet i kanaler är att utföra en sk traversering med pitotrör eller med anemometer. Pitotröret bygger som bekant på principen att mäta det dynamiska trycket, vilket ger ett entydigt mått på hastigheten. Exempel på hur en sådan traversering kan utföras framgår av figur 1. Det är här viktigt att lägga märke till följande.

1. Mätstället bör placeras minst $4 \times dh$ från närmast föregående störning i kanalen och minst $2 \times dh$ från efterföljande störning.



Figur 1. Mätpunkternas placering vid 5—6 mätpunkter.

- Pitotröret skall hållas exakt på den i figuren angivna mätpunkten (märk upp pitotröret).
- Pitotröret skall peka rakt mot luftströmmen.
- Om några mätvärden avviker från medelvärdet med mer än 50 % bör mätstället förläggas till lämpligare plats i kanalsystemet.
- Mät temperatur och barometerstånd och korrigerar härför.

Iakttagas dessa regler mäter man luftflödet med en noggrannhet av ca $\pm 10\%$. Vill man öka noggrannheten får man också öka antalet mätpunkter efter t ex den mall som **figur 2** visar. För att pitotröret ska kunna användas, bör lufthastigheten vara större än 2,5 m/s, beroende på att avläsbarheten på mikromanometern annars blir osäker. Den nedre streckade kurvan i **figur 3** visar mikromanometerns spridning som funktion av medelhastigheten i kanalen.

Använder man en varmtrådsanemometer istället för ett pitotrör, får man hastigheten direkt i m/s och slipper således omräkningen från dynamiskt tryck.

Figuren, som är hämtad från ett finskt examensarbete visar att vid en lufthastighet av 2 m/s blir spridningen ca $\pm 10\%$ vid avläsningen på mikromanometern. Vid 3 m/s erhålles ca $\pm 4\%$. Att man vid dylika mätningar måste ha ett visst avstånd från t ex en krök till mätstället, framgår av **figur 4**. Där ser man hur hastighetsprofilen förändras med avståndet från kröken. Vid avståndet 4 dh har man fått en så pass bra utjämning, att felprocenten är ganska liten då man använder traverseringsmetoden med 5 mätpunkter, se **figur 5**.

Önskas en mätnoggrannhet som är $\pm 5\%$ eller bättre, ska följande regler iakttagas:

- Pitotrör \varnothing 8 mm eller 5/16" av utförande enligt AMCA-Standard
- Kanaldiameter 100 mm eller större
- Noggrann traversering i enlighet med fig 2.
- Raka kanallängden ska vara 7,5 dh före och 2,5 dh efter mätsektionen.

Tabell 1: Metoder för luftflödesbestämning

Typ av mätning	Mätställe	Mätmetod
Totalflödesmätning	Kanal	1) Pitotrörstraversering 2) Anemometertraversering 3) Fast mätuttag — korsrörsanordning 4) Tryckfall över en komponent
	Apparat eller komponent i aggregatrum el kanal	1) Tryckfall med sond eller fast tryckuttag. Flödet erhålles ur tillverkarens tryckflödeskurvor 2) Anemometertraversering a) "Punktmetod" b) "Sprutmålningsmetod"
	Intagsgaller o dyl	1) Anemometertraversering a) "Punktmetod" b) "Sprutmålningsmetod"
Delsflödesmätning	Tilluftsdon	1) Tryckfall med sond eller fast tryckuttag 2) "Påsmetoden" 3) Stos + anemometer 4) Uppmätning av v_0 (vid känd Aeff)
	Frånluftsdon	1) Tryckfall med sond eller fast tryckuttag 2) Stos + anemometer 3) Uppmätning av v_0 (vid känd Aeff)
	Rum	1) Spärgasmetoden (Hartman & Brown URAS 2) Spärgas: N ₂ O (lustgas) 2) Spärgasmetoden, Drägerampuller (olika typer av spärgas) 3) Spärgasmetoden (Riken gasanalytator) 4) Katarometer (Kipp & Zonen)
	(luftomsättning)	
Läckageflödesmätning	Kanal	Olika typer av läckageprovningssapparater såsom: a) Veab, Växjö Elmicro AB b) ABBA, AB Svenska Fläktfabriken c) EMF R-600, EKB-produkter AB d) USM, United Shoe Machinery

Anm: Definitioner:

Med **mätmetod** avses en i förväg fastlagd och utprovad mätrutin som genomförs med en bestämd instrumentutrustning i syfte att mäta eller registrera ett antal beroende mätstorheter.

Ett **mätställe** är en del av ett yttre område, byggnad, anläggning eller apparat som förberetts för mätning.

OBS! I inget fall får pitotrörets diameter överstiga 1/30 av kanalens diameter.

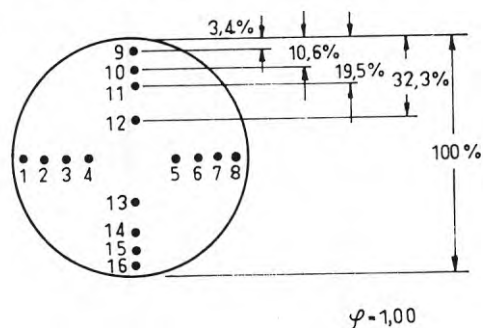
Som ett alternativ till metoderna enligt figur 1 och figur 2 kan den sk loglinjär metoden för bestämning av mätpunkternas lägen vid runda kanaler användas. Vid denna metod antar man att hastighetsprofilen längs en dia-

meter kan representeras av ekvationen

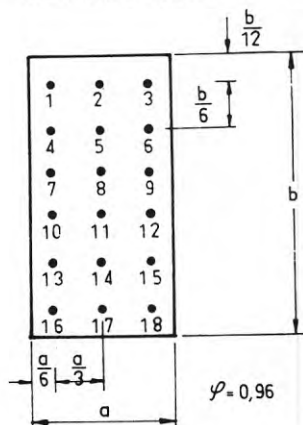
$$V_y = A + B \log \frac{y}{d} + C \frac{y}{d}$$

där V_y = hastigheten på avståndet y från kanalväggen
 d = kanaldiametern
 A , B och C = konstanter med dimensionen hastighet

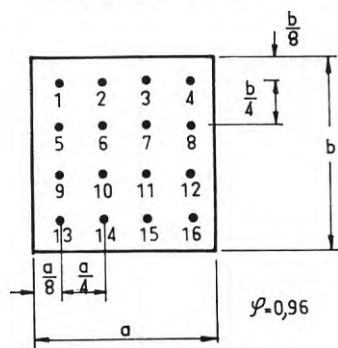
RUND SEKTION, 16 MÄTPUNKTER



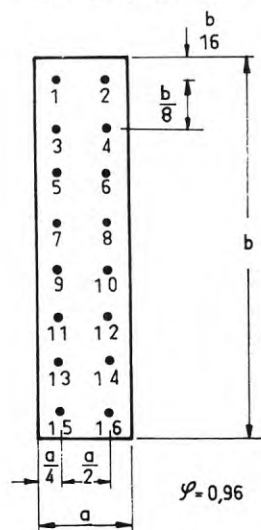
3 × 6 MÄTPUNKTER



4 × 4 MÄTPUNKTER



2 × 8 MÄTPUNKTER

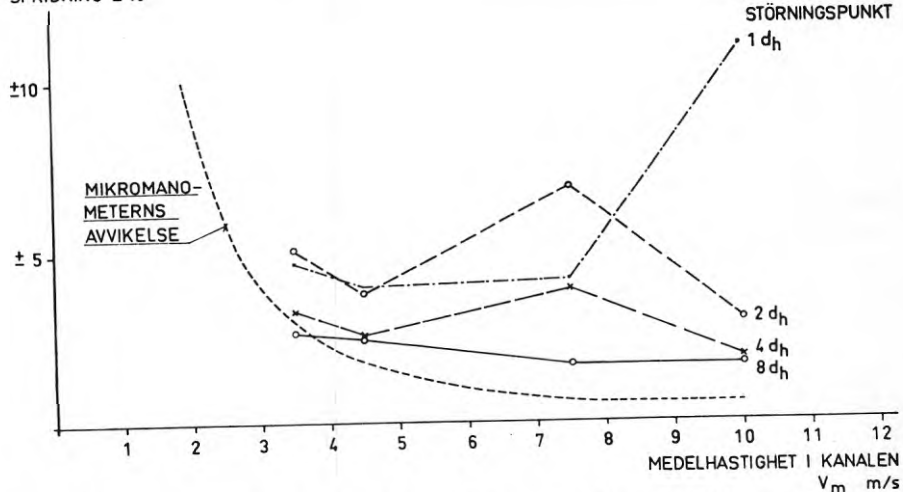


Figur 2. Mätpunkternas placering vid 16—18 mätpunkter.

Tabell 2: Mätpunkternas lägen vid log-linjär metoden

Antal mät-punkter	Avstånd från kanalväggen uttryckt i kanaldiametrar per diameter
4	0.043, 0.290, 0.710, 0.957
6	0.032, 0.135, 0.321, 0.679, 0.865, 0.968
8	0.021, 0.117, 0.184, 0.345, 0.655, 0.816, 0.883, 0.979
10	0.019, 0.076, 0.153, 0.217, 0.361, 0.639, 0.783, 0.847, 0.924, 0.981

SPRIDNING ± %

Figur 3. Spridningen som funktion av hastigheten v_m . Pitotrörmätning 16—18 mät-punkter i snittet.

Kanalen delas in i ett antal lika delar och en cirkulär zon i mitten, alla med samma area. Mätpunkterna ligger emellertid inte i centrum av varje zon utan i stället i de punkter där medelhastigheten för de olika zonerna uppträder med utgångspunkt av ovanstående hastighetsprofil. Det är ganska besvärligt att räkna ut mätpunkternas läge, och därför anges i **tabell 2** lägena för 4, 6, 8 och 10 mätpunkter per diameter.

Preparering av mätstället vid pitotrörmätning

Utvändig isolering borttages. (Mätning i invändigt-isolerade kanaler skall undvikas med hänsyn till svårigheter att bestämma exakta dimensioner.)

Kanalen uppmärkas med spritpenna. Hål med $\varnothing 8$ mm borrar. Mikromanometern klagöres och nivelleras, slangarna kopplas (obs +, —). Kontrollera att vätskepelaren är fri från luft. Kontrollera och justera noll-läget.

Pitotröret införes i luftströmmen med spetsen vänd mot strömningsriktningen och spetsen hålles parallellt med kanalväggen.

Avläs mikromanometerns utslag i varje mätpunkt och anteckna resultatet i protokollet.

Mät lufttemperaturen i kanalen med Hg-termometer.

Avläs barometerståndet.

Metoder för luftflödesmätning

Erforderliga instrument och hjälpmedel vid pitotrörsmätning

Pitotrör Protokollblad
Mikromanometer Barometer
Slangar Beräkningsunderlag
Hg-termometer 1/10° C gradering
Borrmaskin
Ø 8 mm borrar
Spritpenna
Plastpluggar
Måttband

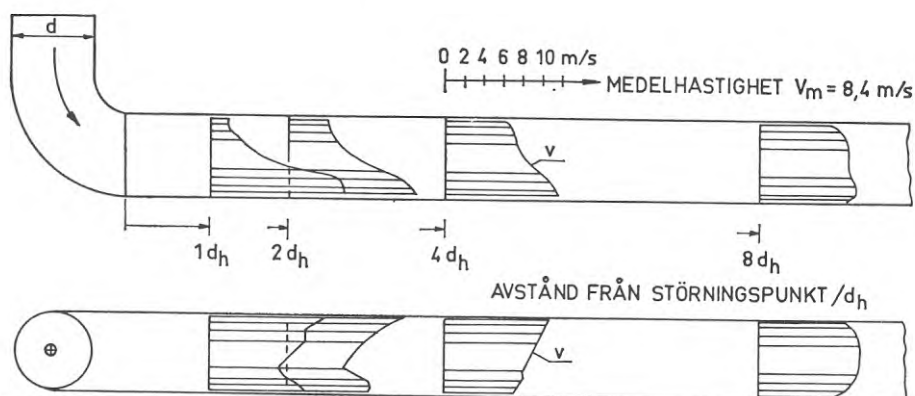
Fasta mätuttag

Alternativa mätmetoder till pitotrör- och anemometertraversering är som framgår av tabell 1 fasta mätuttag (t ex korsrörsanordning) samt tryckfall över en anläggningskomponent. Av dessa två alternativa metoder får man anse den med fasta mätuttag vara den tillförlitligaste. Fast mätuttag kan t ex vara ett kalibrerat korsrör, se figur 6.

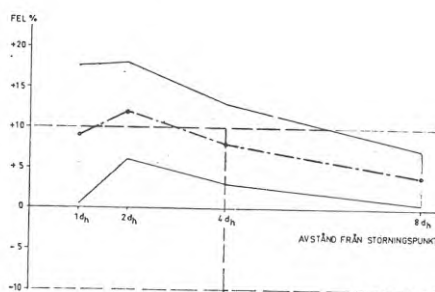
Korsröret tillverkas i standardiserade dimensioner för ventilationskanaler. För runda kanaler användes spiro-nippel som stomme för mätanordningen. Den är därför ganska lätt att montera in i ett kanalsystem. Anordningen består av två stycken korslagda totaltrycksrör med borrade hål på rak linje utefter mantelytan. Hålen ska vara riktade mot luftströmmen. I rörändarna finns gängade förskruvningar för samlingsrör av plast. T-rör för statiskt tryckuttag är fastlödda och även de försedda med gängade förskruvningar, sammanbudna med samlingsrör av plast. Från korsröret drages slang till mikromanometer. För korsröret gäller att det bör placeras minst 2 d_h före en störning (t ex spjäll) och minst 4 d_h efter en störning (t ex krök).

Tryckfall över apparat

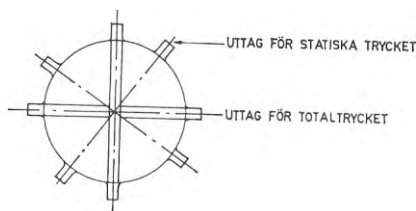
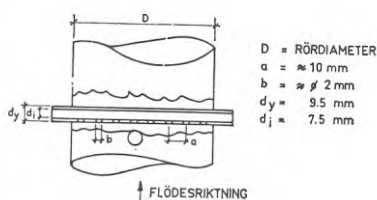
Tryckfallsmätning på apparatdelar, som t ex spjäll eller värmeväxlare, för att göra en flödesmätning kan man naturligtvis göra om apparattillverkaren har ett ordentligt tryckfallsdiagram. Erfarenheten tyder dock på att metoden trots allt inte är särskilt noggrann, vilket kan bero på att man t ex sällan har en jämn hastighetsprofil före apparaten, eller att det förekommer variationer i tillverkningsnoggrannhet m m.



Figur 4. Hastighetsfördelning mätt med Prandtl's rör i 16 mätpunkter, cirkulär kanal.



Figur 5. Fel och spridning som funktion av mätsnittets avstånd från störningspunkten. Pitotrörsmätning med 5—6 mätpunkter i snittet.



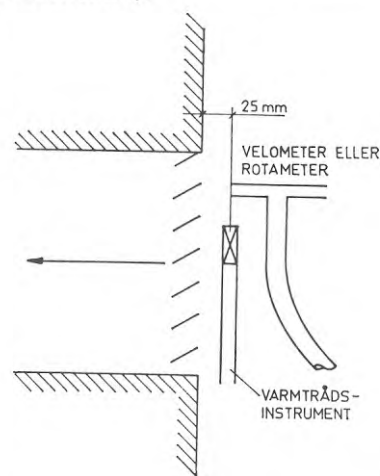
Figur 6. Skiss över korsrörsanordning.

Mätningar på intagsgaller o dyl

Vid mätningar på luftintag är den vanligaste metoden att göra en traversering över intaget med hjälp av någon typ av anemometer. Traverseringstekniken består vanligen i att man delar

+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+

Figur 7. Mätning i en rektangulär kanal (punktmetoden).



Figur 8. Anemometerplacering vid mätning på frånluftsgaller.

gallerarean i ett antal lika stora rektanglar eller kvadrater och uppmäter hastigheten i centrum av varje delyta, se figur 7. (Punktmetoden) Storleken på rutorna har normalt varit 15—30 cm och mättiden ca 10 sek per ruta, vid användning av vinghulsanemometer. Anemometern ska hållas i ett läge som figur 8 visar. För vinghulsanemometrar är det dock lämpligast att ha anemometern tryckt intill galleret.

Det rekommenderade avståndet mellan anemometern (sonden) och gallret varierar från 0 till 25 mm. En amerikansk utredning av bl a prof Stoecker vid University of Illinois, visar att avståndet mellan sonden och gallret ska vara fixerat så exakt som möjligt, beroende på att hastighetsgradienterna i området kring inloppet är mycket stora. En differens på någon mm i sondens läge kan förorsaka stora skillnader i avlästa värden. Man rekommenderar att alltid ha ett avstånd på 25 mm mellan anemometern och gallret vid mätning på frånluftsgaller.

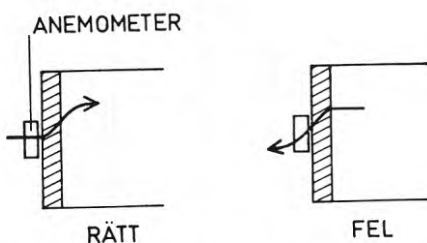
Medelhastigheten V_m uppmätt med instrumentet och med hänsyn tagen till dess kalibreringskurva sättes in i ekvationen.

$$Q = K \cdot V_m \cdot A$$

för att erhålla flödet genom gallret. Korrektionsfaktorn K och tvärsnittsarean A kan sättas ihop till en faktor A_{eff} (effektiv area). Denna faktor A_{eff} bör anges av antingen instrumenttillverkaren eller gallertillverkaren. Enligt en amerikansk utredning gäller korrektionsfaktorer för vinghjulsanemometrar och velometrar enligt **tabell 3**.

För att dessa K -faktorer i tabell 3 ska gälla har man sagt att anemometrarna ska vidröra gallrets utsida. I övrigt ska dock anemometrarna hållas som figur 8 visar. För vinghjulsanemometern är det speicellt viktigt att luftriktningen är rak, vilket åskådliggöres av **figur 9**, samt att gallrets area är stor i förhållande till anemometrarnas (ca 5 ggr större rekommenderas).

Använder man ett annat slags instrument t ex ett varmtrådsinstrument får



Figur 9. Mätning med vinghjulsanemometer.

Öppning

Öppning	Vinghjulsanemometer		Velometer	
	K	A	K	A
Tilluftöppning, mer än 100 mm bred och upp till ca 0,4 m ² yta och med en fri öppning av 70 % eller mer av tvärsnittsytan. Utan riktat galler.	1,03	$1/2 (A_{\text{tot}} + 0,93 + A_{\text{netto}})$		A_{netto}
Frånluftöppning, mer än 100 mm bred och upp till ca 0,4 m ² yta och med en fri öppningsarea av 60 % eller mer av tvärsnittsarean.	0,85	A_{int}	0,73 — — 1,0	A_{int}

Tabell 3.

man helt olika K -faktorer. Prof Stoecker har uppmärksammat de här problemen och skrivit en del artiklar om detta.

I ASHRAE Transaction, Volym 72:2, 1966 finns beskriven en praktiskt tillämpbar metod för bestämning av luftflödet genom frånluftsgaller. Sk "application factors" finns tabellerade för olika gallerstorlekar och olika gallervinklar. I tabellerna tas också hänsyn till typen av mätinstrument. Mätmetoden innebär att hastighetsmätningar ska göras på fyra på förhand bestämda mätställen 25 mm framför gallret (se **figur 10**).

Tabell 4 ger en kortfattad sammanställning över en del av de flödesfaktorer som man erhållit i denna utredning. Luftflödet erhålles ur ekvationen

$$Q = K \cdot V_m \cdot A$$

där K = flödesfaktorn enligt tabell 4

V_m = medelhastigheten i de fyra mätpunkter som anges i fig 10

A = galleröppningens totala area

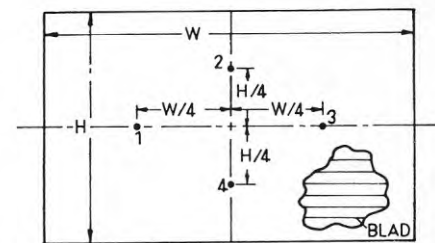
Förekommer spjäll efter frånluftsgallret har i tabell 4 medtagits två olika inställningar (se **figur 11**) nämligen

100 — spjället är 100 % öppet

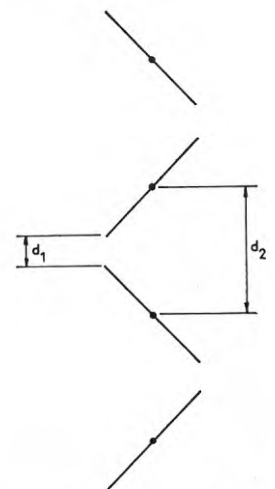
50 — spjället är 50 % öppet

Inställningen 0 innebär att spjäll saknas.

Flödet erhålles med denna metod med en noggrannhet av ± 10 %, vilket har bekräftats vid en stickprovskontroll i institutets laboratorium.



Figur 10. Mätpunkternas placering vid frånluftsgaller.



Figur 11. Procent spjällöppning = $d_1/d_2 \times 100$.

"Sprutmålningsmetoden"

Vid flödesmätningar över stora ytor är det ganska vanligt att man använder sig av den sk sprutmålningsmetoden. Det innebär att anemometern förs med en konstant och ganska hög hastighet fram och tillbaka över tvärsnittsytan så att hela ytan täcks in. Vinghjulsanemometer och separa

Metoder för luftflödesmätning

Tabell 4: Flödesfaktorer för frånluftsgaller

Instrument	Galler- höjd mm	Spjäll- inst %	Gallerbredd i mm								
			100			200			400		
			Bladvinkel			Bladvinkel			Bladvinkel		
			0	30	45	0	30	45	0	30	45
Varmtråds- instrument	100	0	1,89	1,86	1,80	1,54	1,53	1,47	1,44	1,43	1,38
		100	1,91	1,87	1,82	1,56	1,53	1,50	1,46	1,44	1,41
		50	1,96	1,91	1,82	1,61	1,57	1,50	1,52	1,47	1,41
Varmtråds- instrument	200	0	1,51	1,47	1,42	1,19	1,17	1,13	1,10	1,07	1,04
		100	1,52	1,48	1,44	1,21	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06
		50	1,58	1,51	1,44	1,25	1,20	1,15	1,16	1,11	1,06
Varmtråds- instrument	600	0	1,34	1,33	1,28	1,04	1,03	0,99	0,94	0,92	0,89
		100	1,36	1,34	1,31	1,06	1,03	1,02	0,95	0,93	0,91
		50	1,43	1,38	1,31	1,11	1,07	1,02	0,99	0,96	0,91
Velometer	100	0	1,72	1,73	1,67	1,45	1,45	1,40	1,39	1,38	1,33
		100	1,75	1,74	1,72	1,47	1,45	1,43	1,41	1,39	1,36
		50	1,87	1,81	1,72	1,55	1,50	1,43	1,48	1,43	1,36
Velometer	200	0	1,33	1,33	1,29	1,09	1,07	1,03	1,03	1,00	0,96
		100	1,36	1,34	1,35	1,11	1,08	1,07	1,05	1,01	0,99
		50	1,49	1,42	1,35	1,19	1,13	1,07	1,11	1,05	0,99
Velometer	600	0	1,10	1,16	1,15	0,91	0,92	0,90	0,85	0,84	0,81
		100	1,15	1,18	1,24	0,94	0,93	0,95	0,87	0,85	0,85
		50	1,35	1,30	1,24	1,05	1,00	0,95	0,95	0,90	0,85
Rotameter	100	0	1,83	1,83	1,77	1,53	1,52	1,47	1,45	1,44	1,39
		100	1,86	1,84	1,81	1,55	1,53	1,50	1,47	1,45	1,42
		50	1,96	1,90	1,81	1,63	1,58	1,50	1,54	1,49	1,42
Rotameter	200	0	1,43	1,42	1,38	1,16	1,14	1,10	1,09	1,06	1,02
		100	1,46	1,43	1,42	1,18	1,14	1,13	1,10	1,06	1,04
		50	1,57	1,50	1,42	1,25	1,19	1,13	1,16	1,10	1,04
Rotameter	600	0	1,21	1,25	1,23	0,98	0,99	0,96	0,91	0,90	0,87
		100	1,25	1,26	1,30	1,01	1,00	1,00	0,93	0,90	0,90
		50	1,42	1,37	1,30	1,10	1,06	1,00	1,00	0,95	0,90

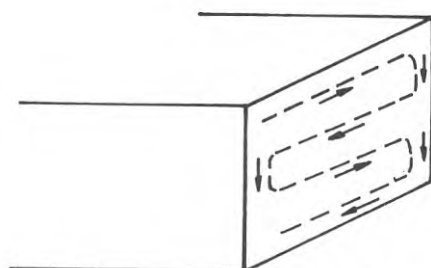
stoppur användes. Om man inte har en mycket jämn hastighetsfördelning över ytan kan dock metoden ge upphov till ganska stora felvisningar. Se **figur 12**.

Delflödesmätning

Frånluftsdon

För bestämning av flödet genom frånluftsdon finns i marknaden några olika typer av varmtrådsinstrument. Välkända märken är Swemas AFM-66A och Wallacs GGA-23S med mätstosar AM-300, -600 och -1200. Dessa två instrument är i första hand konstruerade för frånluftsdon och bör inte användas till tilluftsdon. Inte ens i de fall då man har kalibrerat instrumen-

tet i kombination med det aktuella tilluftsdonet kan metoden användas, emedan små ändringar i strömningsprofilen ger stora differenser i avlästa värden. Se vidare under rubriken "Tilluftsdon".



Figur 12. "Sprutmätningmetoden".

Förutom dessa instrument finns en mekanisk luftflödesmätare Veabs LM-200. Dessa tre instrument har olika flödesområden som framgår av **tabell 5**.

Tabell 5: Flödesmätare

Typ av instrument	Luftflödesområde m ³ /h
Swema AFM-66A	5—30, 30—230
Wallac + AM 300	20—300
Wallac + AM 600	50—750
Wallac + AM 1200	100—1500
Veab LM 200	20—200

Metoder för luftflödesmätning

I institutets luftströmningstekniska laboratorium har en kalibreringsanordning uppbyggts för provning av dylika instrument. Det visade sig härvid att kalibreringskurvorna påverkades något av vilken typ av frånluftsdon som instrumentens mätstos placerades över. Tre olika typer av frånluftsanordningar användes:

- A: öppning \varnothing 100 mm utan ventil
- B: öppning \varnothing 100 mm med ventil med excentrisk kägla
- C: öppning \varnothing 100 mm med ventil med centrisk kägla

Resultaten för tre olika typer av flödesmätare visas i **figurerna 13—15**. Avvikelseerna tyder på att instrumenten bör kalibreras i kombination med det aktuella donmontaget om noggrannheten $\pm 10\%$ ska kunna innehållas.

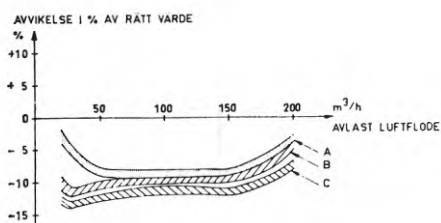
Alla mätinstrument som är försedda med stös påverkar luftflödet genom donet beroende på att det blir ett visst tryckfall i mätstosen. Denna påverkan är ofrånkomlig om man ej förser mätinstrumentet med en hjälpfläkt som kompenserar för detta tryckfall. Lätthanterliga sådana instrument finns för närvarande ej att tillgå. Man kan dock genom en ganska enkel beräkning ta hänsyn till denna påverkan på luftflödet. Följande ekvation gäller:

$$q = q_m \sqrt{\frac{\Delta P_s}{\Delta P_{sm}}}$$

där

q är flödet genom donet vid tryckfallet ΔP_s då mätinstrumentet ej är inkopplat.

q_m är flödet genom donet vid tryckfallet ΔP_{sm} över donet då mätinstrumentet är inkopplat. (ΔP_{sm} är statiska undertrycket efter donet minskat med tryckfallet över mätstosen.)



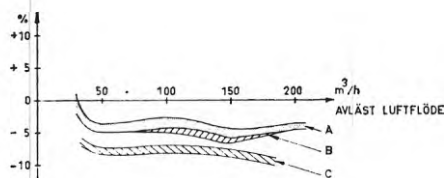
Figur 13. Kalibreringskurvor för Wallace GGA 23 S + AM 300, avseende frånluft.

För mätning på frånluftsdon av typen tallriksventiler finns sk hakrör.

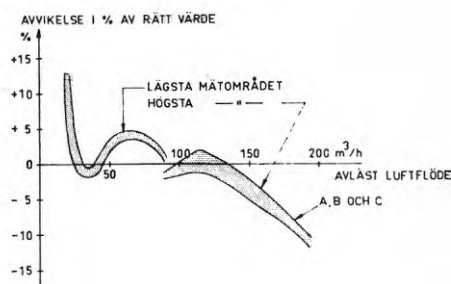
Hakröret placeras på tallriksventilen och anslutes till en mikromanometer, trycket avläses, springan mellan tallriksventilen och ramen mätes och flödet avläses i tillverkarens diagram. På analogt sätt har man naturligtvis även för andra typer av frånluftsdon och även tilluftsdon möjlighet att mäta tryckfallet över donet och sedan få flödet ur tillverkarens diagram. Studerar man denna metod närmare finner man emellertid att den endast är användbar i begränsad omfattning. Tryckuttagets placering har nämligen mycket stor betydelse. **Figur 16** visar tryckförhållandena i kanalen bakom ett frånluftsdon. Inte förrän ca 5 diametrar bakom donet får man ett värde som är riktigt. Detta gör att man i praktiken som regel inte kan mäta upp det verkliga tryckfallet över donet p g a utrymmeskäl. För att detta skall vara möjligt måste tillverkaren redovisa exakt hur denna tryckmätning skall gå till samt lämna flödesdiagram som gäller för den aktuella tryckmätningen.

Tilluftsdon

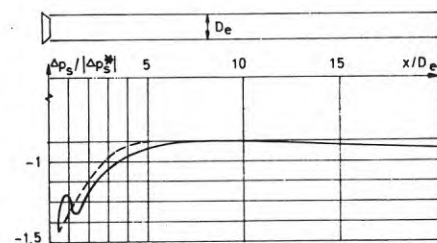
I broschyren över Wallace-instrumentet står angivet att man ska kunna använda instrumentet med stös AM-1200 för mätning på tilluftsdon. Vid byggforskningen i Norge (NBI) har man gjort en undersökning av detta och funnit att man kan få mycket stora avvikelser. Avvikelser på flera hundra procent kan erhållas. Detta gäller inte enbart Wallace-instrumentet utan alla typer av stösförsedda anemometrar. Deras resultat tyder på att det är helt otillfredsställande att använda sådana här instrument i kombination med i varje fall rektangulära tilluftsdon.



Figur 14 a. Kalibreringskurvor för SWE-MA AFM 66 A avseende frånluft. Instrnr 1.



Figur 15. Kalibreringskurvor för VEAB luftflödesmätare typ LM 200, avseende frånluft.

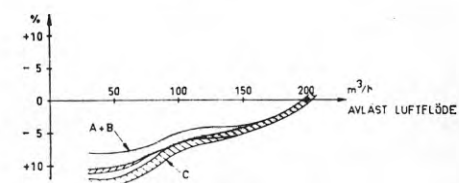


Figur 16. Exempel på tryckförhållanden i en rak kanal nedströms ett frånluftsdon. Diagrammet visar variationen hos det statiska undertrycket ΔP_s i kanalen. ΔP_s^* är det värde på det statiska undertrycket som skall redovisas enligt av ER-nämnden föreslagna provningsmetoden. Den heldragna kurvan representerar trycket i kanalens mitt och den streckade trycket vid kanalväggen.

För runda symmetriska diffusorer ser det dock ut som om man skulle få ett ganska enhetligt resultat oberoende av diffusionsinställning då stösförsedda anemometrar användes.

Emedan VEAB:s luftflödesmätare LM-200 användes för såväl frånluftsdon som tilluftsdon provade vi detta instrument för två olika tilluftsalternativ nämligen:

- öppning \varnothing 100 mm utan ventil
- tilluftsdon typ VDTA



Figur 14 b. Kalibreringskurvor för SWE-MA AFM 66 A avseende frånluft. Instrnr 2.

Metoder för luftflödesmätning

Som framgår av **figur 17** erhöles ett förvånansvärt bra resultat. Maximal avvikelse inom det uppmätta området var $\pm 8\%$.

Enligt ER-nämndens förslag om redovisning och provning av tillufts- och frånluftsdons strömningstekniska egenskaper har man dock skapat en möjlighet att utföra flödesmätningar på färdiga anläggningar. Tillverkarna av donen ska nämligen ange samhörande värden på A_{eff} och V_0 samt anvisningar om hur V_0 skall uppmätas. Flödet erhålles ur ekvationen:

$$q = V_0 \cdot A_{\text{eff}}$$

För inblåsingsapparater av typen induktionsapparater som i regel är försedda med dysor vars tryckfall är relativt högt är dock tryckmätning över dysorna en användbar mätmetod.

En metod som man skulle kunna kalla "påsmetoden" för bestämning av luftflödet från tilluftsdon har tagits fram i Finland. Metoden som illustreras av **figur 18**, innebär att en hoprullad plastsäck med en minsta volym utav 1 å 3 m³ placeras över donet så att detta helt täcks. Tiden som åtgår för att fylla säcken med luft till ett övertryck av 0,3 mm vp tages. Flödet erhålles sedan ur ekvationen

$$q = \frac{v}{t}$$

där v är plastsäckens volym och t är fyllningstiden.

Det flödesintervall som metoden kan användas inom, beror på plastsäckens volym. Inom intervallet 500—1000 m³/h bör volymen inte vara mindre än 2 å 3 m³. Om tiden för fyllningen är mindre än 10 sekunder bör mätningarna upprepas 2 till 3 gånger för att minska eventuella fel. Plastsäckens tjocklek får ej överstiga 0,03 mm.

Felet som kan uppstå med denna metod anger man till mindre än 10%. Vid University of Illinois har man gjort en undersökning för att studera hur inströmningförhållandena genom ett tilluftsdon påverkar det uppmätta värdet. I olika amerikanska handböcker förekommer sk K-faktorer för olika typer av tilluftsdon. Denna K-faktor ska den uppmätta lufthastigheten multipliceras med för att flödet ska erhållas. Vid universitetet har man bl a undersökt vad som händer om

Tabell 6.

Inlopps- och diffusorarrangemang	Uppmätt flöde med hjälp av angiven K-faktor i % av verkligt flöde
Rak kanal före diffusorn, justerbar kona inställd för horisontell spridning	100
Rak kanal före diffusorn, justerbar kona inställd på 6 varv från horisontell spridning	114
90°-böj före diffusorn, justerbar kona inställd för horisontell spridning.	108
90°-böj före diffusorn, justerbar kona inställd på 6 varv från horisontell spridning	113
90°-böj före diffusorn, justerbar kona inställd för horisontell spridning, spjäll delvis stängt	132
90°-böj före diffusorn, justerbar kona inställd på 6 varv från horisontell spridning, spjäll delvis stängt	151

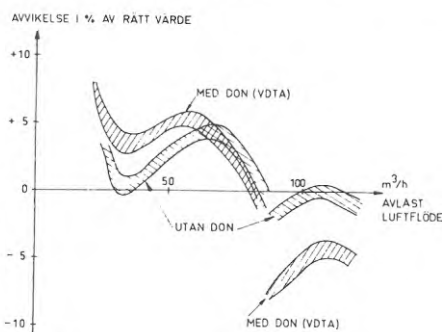
man använder dessa K-faktorer för en installation annan än den för vilken de framtagits, se **tabell 6**.

Resultaten tyder på att det föreligger ett stort behov av en praktiskt användbar mätmetod. De fel som erhålles vid hastighetsuppmätningen i dif-

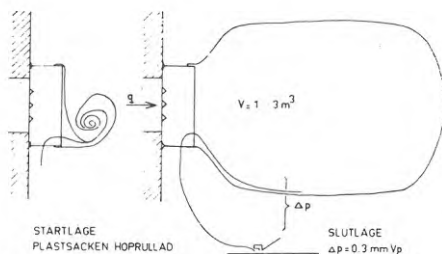
fusorn (rund symmetrisk diffusor) och som orsakas av en 90°-krök eller ett spjäll beror på en förändrad hastighetsprofil i diffusorns ringar. Statiska trycket är i allmänhet inte noll i de punkter där hastighetsmätningarna göres. Detta har till följd att varje instrument som mäter totaltrycket inte kan ge den verkliga hastigheten. Detta faktum förhindrar emellertid inte användningen av dylika instrument vid flödesmätning om bara instrumentet är kalibrerat för den aktuella flödessituationen. De viktigaste resultaten från undersökningen är följande:

1. Hastighetsvärdena bör uppmätas i den mellersta av diffusorns ringar på läget $y/b = 0,8$ — se **figur 19**.
2. När diffusorn föregås av en 90°-krök eventuellt i kombination med ett spjäll blir, enligt **figur 20**, i mellersta ringen vid ca ± 45 grader från kanalens centrumlinje, hastigheten opåverkad av såväl kröken som spjället.

Det var emellertid inte möjligt att med data från denna undersökning exakt bestämma dessa mätpunkters läge. Kännedom om dessa vinklars existens betyder emellertid att rådande mätmetoder betydligt kan förbättras.



Figur 17. Kalibreringskurvor för VEAB luftflödesmätare typ LM-200 avseende tilluft.



Figur 18. Plastsäck för bestämning av flödet från tilluftsdon.

Luftomsättning

Luftomsättningsmätningar kan utföras i olika typer av rum för att erhålla det totala tilluftsflödet till rummet. Man kan här använda sig av olika typer av spårgas. Den gas som på senare år mest har börjat användas är kväveoxidul (lustgas). Spårgasen blandas med rumsluften med hjälp av fläktar varefter man mäter hur fort spårgaskoncentrationen avtar. Koncentrationen avtar enligt ekvationen.

$$K = K_0 \cdot e^{-tn}$$

där K = rumsluftens koncentration av spårgas vid tiden t

K_0 = värdet på K vid $t = 0$

n = antalet luftväxlingar per tidsenhet

Löser man ut n fås

$$n = \frac{\ln \frac{K_1}{K_2}}{t_2 - t_1} = 2,3 \frac{\log \frac{K_1}{K_2}}{t_2 - t_1}$$

där K_1 = koncentrationen vid tiden $t = t_1$

K_2 = koncentrationen vid tiden $t = t_2$

Om man i ett lin-log diagram avsätter koncentrationen på den logaritmiska axeln och tiden på den linjära erhåller man en rät linje vars lutning är ett mått på luftomsättningen.

En utförligare beskrivning av tillvägagångssättet vid olika typer av utrustningar kommer att utarbetas inom SIB.

Läckageflödesmätning

Beträffande läckageflödesmätningar hänvisas till byggforskningens rapportserie. Bl a i Rapport 40/69 finns en metodbeskrivning.

Beräkningsunderlag

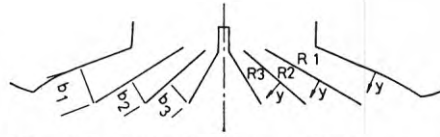
För de vid luftflödesbestämningen mest frekventa storheterna och omräkningsformlerna redogöres nedan.

$$\text{Hydraulisk diameter } dh = \frac{4 \cdot A}{O}$$

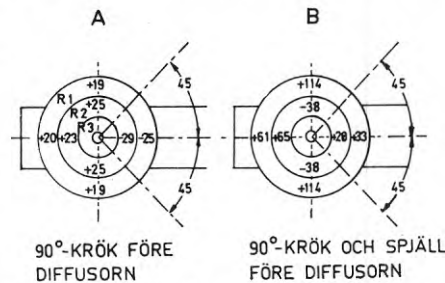
där A = kanalens tvärsnittsarea
 O = kanalens omkrets

För en rektangulär kanal blir $dh =$

$$\frac{2a \cdot b}{a + b}$$



Figur 19. Tvärsektion av takdiffusor med angivande av beteckningarna y och b .



Figur 20. Mätvärdenas variation runt diffusorn.

där a och b är kanalens sidor.

För en cirkulär kanal blir $dh = d$
där d = kanaldiametern.

$$\text{Luftens densitet } \sigma = 1,293 \cdot \frac{B}{760} \cdot \frac{273}{273 + t} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

där B = barometerståndet i mm Hg
 t = lufttemperaturen i °C

Anges B i millibar (mb) erhålles i stället

$$\sigma = 1,293 \cdot \frac{B}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

I lågtryckssystem behöver man knappast ta hänsyn till statiska tryckets inverkan på densiteten σ . I högtryckssystem kan det däremot bli aktuellt. Korrektionen göres då enligt nedan

$$\sigma = 1,293 \frac{B + P_s \cdot 0,0075}{760}$$

$$\frac{273}{273 + t} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

där B anges i mm Hg

P_s = statiska trycket i N/m^2

Anges B i millibar erhålles i stället

$$\sigma = 1,293 \frac{B + 0,01 \cdot P_s}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Lufthastigheten } V = 4,43 \sqrt{\frac{P_d}{\sigma}} \text{ (m/s)}$$

där P_d = dynamiska trycket i mm vpv
Anges P_d istället i N/m^2 erhålles

$$V = 1,41 \sqrt{\frac{P_d}{\sigma}} \text{ (m/s)}$$

Luftflöde $q = A \cdot V$ m^3/s

$$Q = A \cdot V \cdot 3600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Luftflöde q_{20} vid $t = 20^\circ C$ och $B = 760$ mm Hg

$$q_{20} = q \cdot \frac{B}{760} \cdot \frac{293}{273 + t} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Anges B i millibar erhålles istället

$$q_{20} = q \cdot \frac{B}{1013} \cdot \frac{293}{273 + t} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Mättekniska förutsättningar

Möjligheterna till att mäta och inreglera en anläggning skapas vid projekteringen. Inregleringen baseras på mätteknik och det måste förutsättas att konstruktören har ansvaret för att de mättekniska kraven blir tillgodosedda. Den allmänna mättekniken har man kunnat vänta sig mera av men förutsättningarna för mätning förbättras inte av en dålig mätteknisk utformning av anläggningarna. För att denna mättekniska hänsyn ska kunna tas vid projekteringen krävs i första hand insikt om de mätmetoder som skall komma till användning på de olika anläggningsdelarna. Det saknas emellertid standardiserade mätmetoder och detta kan förklara varför konstruktören idag inte kan planera för mätning- en i nödvändig utsträckning.

För att förutsättningar för en korrekt uppmätning och injustering ska finnas ska bl a följande handlingar finnas tillgängliga

1. Lista över gällande dimensioneringsdata, såsom fläktvarvtal, tryckuppsättning, totalluftsflöde, luftkvalitet m m samt uppgifter på de konditioner som ska upprätthållas i de olika utrymmena.
2. Ritning över systemet med angivande av placering av spjäll, galler, filter, värmeväxlare och andra i systemet ingående komponenter.
3. Förteckning över de aktuella mätställena med angivande av mätmetod, mätpunkter, mätinstrument o dyl. ■

HUR BRA ÄR VÅRA TILL- OCH FRÅNLUFTSDON? Folke Wancke & Anders Svensson

Att erhålla ett behagligt rumsklimat, till lägsta möjliga totalkostnad bör vara målsättningen redan från början vid projektering av en byggnad och dess installation.

För att nå detta krävs bl a att byggnad och installationer noga anpassats till varandra och att data och belastningar som ligger till grund för projekteringen, väl stämmer med verkliga förhållanden. Vidare måste man ha en god kännedom om egenskaper och prestanda hos de olika komponenter som ingår i installationerna. En betydelsefull komponent i ventilationsanläggningar är luftdonen. I denna undersökning har ett antal luftdons strömningstekniska egenskaper provats i laboratorium.

Målsättning

Avsikten med proven har i huvudsak varit att undersöka hur stora skillnader i tryckfall, som kan förekomma mellan olika exemplar av samma typ, beroende på tillverkningsstoleranser och mindre exakt inställningsanordning. Vidare redovisas några data som visar hur tillverkningsstoleranser och inställningsanordning påverkar ljudalstringen vid ett par inställningar hos några av frånlufstdonen av typ A resp C.

Den som projekterar en ventilationsanläggning utgår som regel från de uppgifter som redovisas i respektive tillverkares katalog. Om stora avvikelser från katalogdata förekommer kan man också få stora variationer i luftflödena till och från olika rum. Detta kan t ex leda till att man tvingas öka fläktens varvtal för att kunna få fram luftflöde till något enstaka rum medan för övriga utrymmen överflödigt tryck måste strypas bort, vilket i sin tur medför ljudproblem och högre driftskostnad. Vidare är det viktigt att samtliga tillverkare redovisar sina luftdon enligt en enhetlig redovisningsmall med data baserade på prov enligt en standardiserad av alla använd provmetod.

I samband med upphandling händer det inte så sällan att de luftdon projektören räknat med byts ut mot något annat fabrikat. Trots att det i bygghandlingarna som regel står att utbyte endast får ske till s k "likvärdig" produkt är denna likvärdighet mycket svår att verifiera om inte data uppmätts och redovisats på lika sätt. Det kan t ex inträffa att projektören görs ansvarig för en konstaterad bristande funktion. Denna bristande funktion kan bero på att man bytt ut de ursprungligen föreskrivna donen mot andra som i praktiken ej har de data och egenskaper projektören avsett. Med andra ord kan det inträffa att projektören ställs ansvarig för förhållanden som han ej kan påverka.

Provmetod

Provningarna har skett enligt en föreslagen metod för bestämning av till- och frånluftsdonens strömningstekniska egenskaper. Den har beteckningen SP VVS-17-70 (1)¹). Provmetoden är i princip tillämplig på alla till- och frånluftsdon.

De provningar som föreskrivs i normen är bestämning av:

- Tryckfall över till- och frånluftsdon som funktion av volymströmmen genom donet vid konstant temperatur hos luften.

För tilluftsdon skall det totala tryckfallet över donet inklusive anslutningsdetaljer redovisas som funktion av flödet genom donet.

Vid frånluftsdon skall det statiska undertrycket nedströms donet redovisas som funktion av flödet genom donet. I bägge fallen skall de redovisade värdena gälla vid luftdensiteten 1,2 kg/m³.

Denna skillnad i redovisningen mellan till- respektive frånluftsdon motiveras av att man vid frånluftsdon har ett statiskt undertryck i kanalen och således har olika tecken på den statiska tryckskillnaden respektive det dynamiska trycket. Att ange det totala trycket under dessa förhållanden har ansetts innebära risk för missförstånd. I den reviderade upplagan av provmetoden SP-VVS-17-72 har emellertid detta ändrats till att totaltryckfallet skall anges även för frånluftsdon.

För tilluftsdonen skall dessutom följande faktorer tas fram:

- Utloppshastighet och effektiv utloppsarea
- Redovisning av strålens kastlängd och spridning.
- Prov med undertemperatur. Dessa prov som avser att klarlägga när en luftstråle från tilluftsdon ändrar karaktär pga undertemperatur hos luften har inte behandlats i denna undersökning.

Vid de ljudtekniska mätningarna som har utförts på institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, har i huvudsak förslaget till provmetod, SP 11-03-70, följts.

Urval och omfattning

De don som provades valdes ut bland de mest frekventa typerna när det gäller bostadsventilation. Undersökningarna omfattade totalt åtta olika don typer, varav fem var avsedda för tilluft och tre för frånluft.

1) Sedan denna undersökning gjordes har en reviderad version av provmetoden utgivits. Denna har beteckningen SP-VVS-17-72.

Tre av tilluftsdonen, kallade typ E, F och H var avsedda att monteras vid golv och som regel i anslutning till radiator medan de andra två, kallade typ D och G var runda ventiler avsedda att monteras på vägg straxt under tak. Frånluftsdonen, kallade typ A, B och C var alla av typ kontrollventiler. Av varje dontyp har tio exemplar provats. Dessa har valts ut slumpmässigt enligt följande:

Tio exemplar köptes från respektive tillverkare som dessutom lämnade uppgift på de byggnadsplatser i Stockholm - Uppsalaområdet där resp don fanns lagrat. Av de tio inköpta exemplaren behölls ett och de övriga nio byttes ut mot andra slumpmässigt utvalda på olika byggnadsplatser. På detta sätt erhöles ett antal don slumpmässigt utvalda bland dem som vid denna tidpunkt fanns tillgängliga i Stockholm - Uppsalaområdet. Provresultaten visar hur det förhöll sig i just det urval som gjordes och utgör ett exempel på de skillnader man kan få med respektive don. Urvalet och därmed även provresultaten är däremot inte representativa för samtliga don av respektive typ. Att göra ett urval som är representativt för alla tillverkade don av en viss typ bedömdes som orealistiskt på grund av de stora kostnader och den stora arbetsinsats detta skulle ha krävt.

Frånluftsdonen, dontyp A, B och C provades samtliga monterade dels i änden av en rak kanal och dels efter en 90°-böj enligt respektive tillverkares anvisningar. Typ A provades dessutom monterad i ett T-stycke.

Don A och C provades med 3 olika inställningar och B med 2 olika inställningar.

Tilluftsdonen, dontyp D, E, F, G och H provades samtliga monterade enligt respektive tillverkares anvisning. Typ D och F provades för en inställning (fast från fabrik), typ E och G för vardera 3 olika inställningar samt typ H med 4 olika inställningar.

Vardera inställningen provades för minst 3 olika volymströmmar.

Tilluftsdonen typ E och H provades dessutom med avseende på kastlängd och spridningsbild. Av vardera typen provades 2 exemplar vid ett driftsfall.

Provning och mätutrustning

Tryckfallet som funktion av flödet genom donen uppmättes i en provrigg där respektive don monterats enligt tillverkarens anvisning. Riggen byggdes upp av standard kanaldetaljer och försågs med en fläkt med variabelt varvtal.

Volymströmmen mättes med mätflänsar i enlighet med riktlinjer i svenska teknologföreningens handbok nr 62 och den statistiska tryckskillnaden mellan kanal och omgivande rum med pitotrör anslutet till mikromanometer. Temperaturen på luften mättes med termoelement anslutna till datalogg. Vid provning av tilluftsdonen mättes tilluftens temperatur i fem punkter i ett kanal-tvårsnitt.

Vid bestämningen av strålens utbredning användes ett provrum med måtten 8,25 x 7,10 x 2,70 m med donet monterat i rummet enligt tillverkarens anvisning. Rumsluftens temperatur mättes i ett 10-tal punkter enligt ovan. Lufthastigheten mättes dels med ett varmtrådsinstrument, dels med pitotrör och mikromanometer vid lägre respektive högre lufthastighet.

Ljudmätningarna har utförts av civilingenjör P-O Renhäll, institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH.

Provresultat och bearbetning

a) Tryckfalls- och flödesmätningar

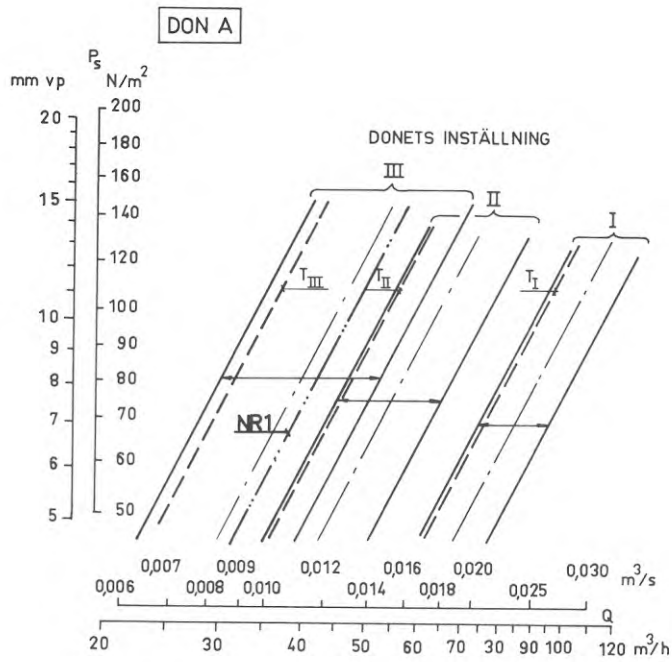
Uppmätningar av samhörande värden på tryckskillnad och flöde tillgick så att för varje driftsfall bestämdes, med utgångspunkt från respektive tillverkarens redovisning, minst tre olika volymströmmar inom angivet användningsområde. Varje exemplar av den aktuella dontypen provades vid dessa volymströmmar och samhörande värden på tryckskillnaden mättes upp.

För att undersöka om de uppmätta värdena var reproducerbara provades vissa don vid ett par driftsfall vid flera olika tillfällena. Mätresultaten från de olika mättillfällena visade sig ha god överensstämmelse. För varje dontyp och driftsfall beräknades ur mätvärdena medelvärde och spridningen för den statistiska tryckskillnaden. Resultaten har redovisats i diagram där medelvärde, 95% konfidensintervall samt tillverkarens redovisning prickats in.

Figurerna 1-3 visar resultatet med de tre frånluftsdonen typ A, B och C respektive anslutna till en rak kanal. Figurerna visar stora skillnader mellan de tre dontyperna. De största spridningarna uppvisar typ A där bl a överlappning inträffar mellan två av de provade inställningarna.

Tillverkarens redovisning ligger här inom 95% intervallet men avviker ändå markant från det konstaterade medelvärdet. Dontyp B uppvisar en helt annan bild med såväl mätresultat som tillverkarens redovisning väl samlade. Dontyp C slutligen visar väl samlade mätresultat men tillverkarens redovisning avviker från mätvärdena.

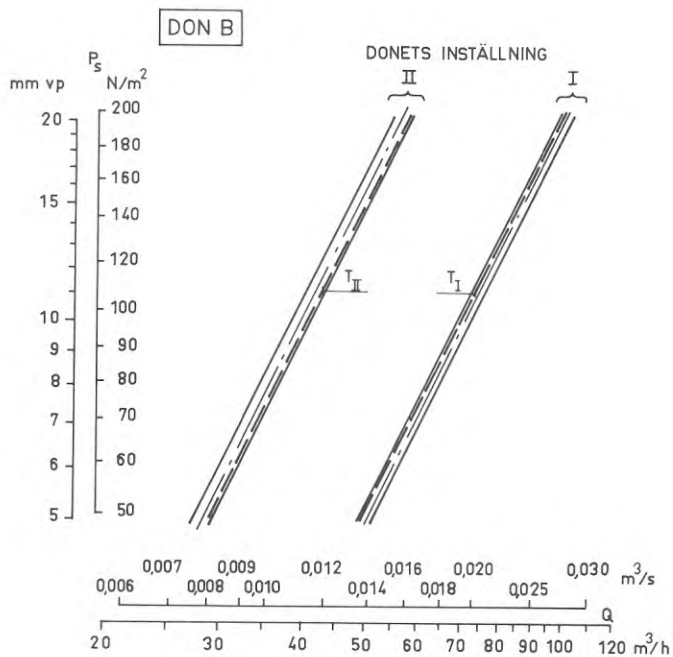
Prov med donen anslutna till en 90°-böj gav motsvarande bild.



FIGUR 1

RAK ANSLUTNING

UPPMÄTT MEDELVÄRDE OCH 95 %-KONFIDENSINTERVALL

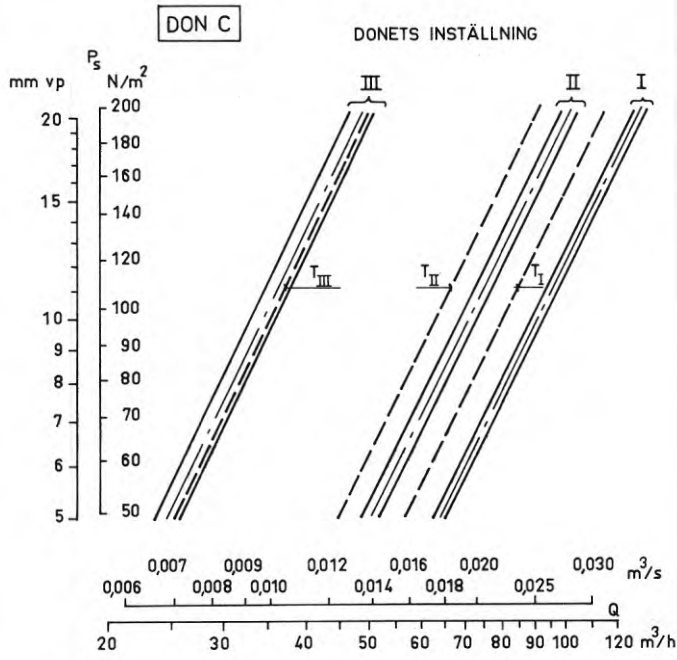
 T_I , T_{II} OCH T_{III} ÄR TILLVERKARENS REDOVISNING

FIGUR 2

RAK ANSLUTNING

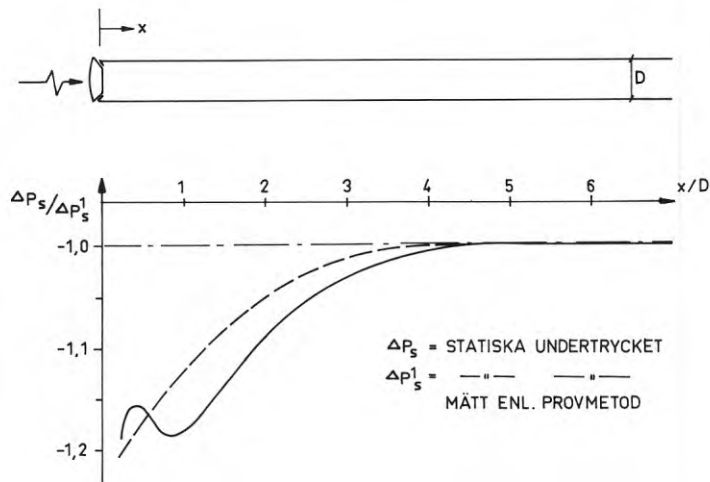
UPPMÄTT MEDELVÄRDE OCH 95 %-KONFIDENSINTERVALL

 T_I OCH T_{II} ÄR TILLVERKARENS REDOVISNING



FIGUR 3

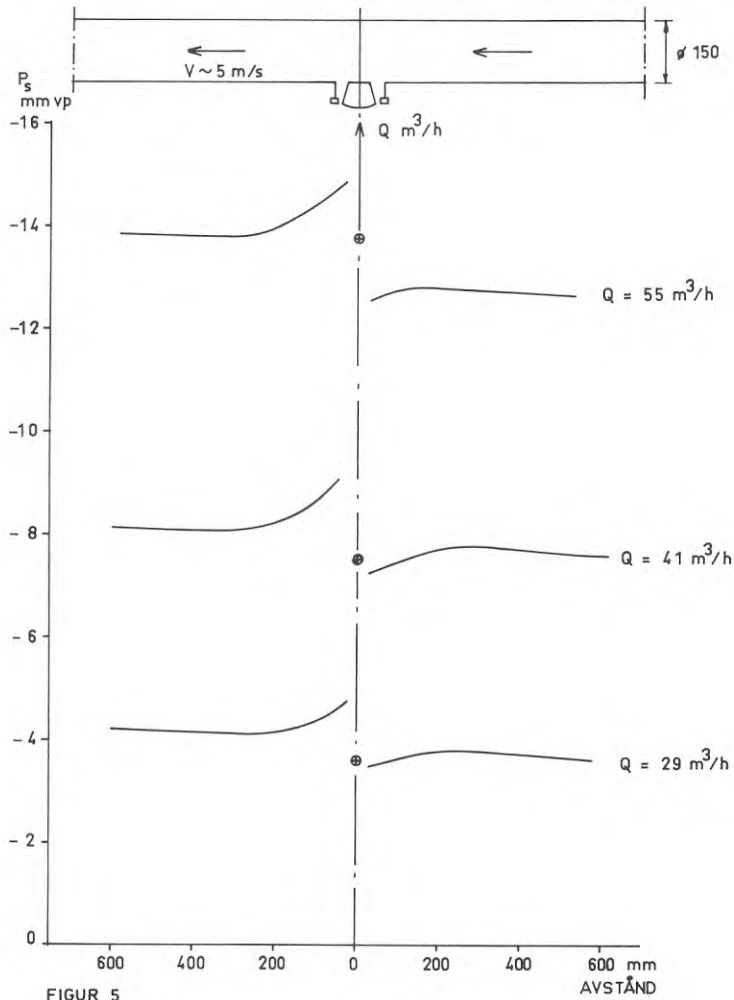
RAK ANSLUTNING
 UPPMÄTT MEDELVÄRDE OCH 95 %-KONFIDENSINTERVALL
 T_I T_{II} OCH T_{III} ÄR TILLVERKARENS REDOVISNING



FIGUR 4

DET STATISKA UNDERTRYCKETS VARIATION I KANALEN
 EFTER ETT FRÅNLUFTSDON.

DON A, INSTÄLLNING III

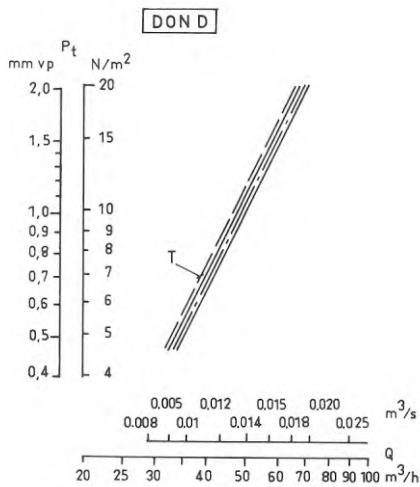


FIGUR 5

DON ANSLUTET TILL T-STYCKE

STATISKT TRYCK I KANALENS MITT

⊗ KARAKTÄRISTISKT TRYCK I DON UPPMÄTT MED MÄTSOND (KAPILLÄRRÖR)



FIGUR 6

TILLUFTSDON TYP D

95% SPRIDNINGSIKTERVALL

T ÄR TILLVERKARENS REDOVISNING

Vid frånluftsdon har det mycket stor betydelse var i kanalen det statistiska undertrycket mäts. Figur 4 visar det statistiska undertrycket som funktion av avståndet från donet i kanalen efter ett frånluftsdon. En liten förskjutning av mätpunktens placering kan ge stora skillnader i mätresultatet. Resultaten i figurerna 1-3 tyder på att tillverkarna troligen haft något olika praxis när det gäller mätpunktens placering.

Den stora skillnaden i konstaterade spridningar kan med största sannolikhet sökas i själva donets konstruktion och kanske mindre i tillverkningsstoleranser. Ett don som är stabilt uppbyggt och har stadig och exakt inställningsanordning, som var fallet med dontyp B och C, visar små spridningar i jämförelse med dontyp A som har en mindre exakt uppbyggnad.

Som tidigare nämnts provades även dontyp A ansluten till kanal med T-rör. Figur 5 redovisar ett exempel på hur statistiska undertrycket uppströms och nedströms om frånluftsdonet varierar med avståndet från donet. Figuren bekräftar bara tidigare iakttagelser: det är väsentligt att trycket mäts i en väl definierad punkt.

Tillluftsdonen av typ D och F, som levereras från fabrik med fast inställning, visade liten spridning i mätresultaten och god överensstämmelse med tillverkarens redovisning. Figur 6 visar mätresultaten för don typ D. Vid typ F, som kan levereras med olika fasta inställningar, visade det sig att ett av donen levererats med fel inställning. Ute på en byggnadsplats är det inte säkert att detta skulle ha upptäckts.

De reglerbara tillluftsdonen, typ E, G och H gav betydligt större spridningar. Bästa resultaten gav typ G, som har en stabil regleranordning där ventiltallriken förskjuts axiellt med hjälp av en gängad skruv analogt med frånluftsdon typ C.

Tillluftsdonen E och H är bägge avsedda att monteras vid golv. I typ E är den springa som bildar donets öppning reglerbar med ett par skruvar. Springan var emellertid inte jämbred utan bredast i mitten och smalast vid ändpunkterna. Proven har genomförts med exakt bredd mitt för ställskruvarna. Själva donet monteras med hjälp av ett par skruvar i en ingjutningsstos och det visade sig att denna skarv behövde tätas ordentligt för att undvika läckage. På en byggnadsplats kan det många gånger vara nästan omöjligt att komma åt denna skarv. Tillverkaren av don typ E anger också en metod att mäta flödet genom donet under fältnässiga förhållanden genom att mäta upp ett karakteristiskt tryckfall över donet med ett speciellt munstycke.

Figur 7 visar prov med denna mätmetod. Figuren visar resultatet (medelvärde) dels där skarven mellan don och ingjutningsstos inte var speciellt tätad, dels med skarven mycket noga tätad. Dessutom är den kurva som tillverkaren redovisar inlagd.

Flödet vid dåligt tätad skarv är givetvis dels flödet genom själva donet, dels det luftflöde som tillförs rummet via skarven mellan don och stös. Kurvorna visar bl a den stora betydelse en tät anslutning mellan donet och stosen har vid en flödesmätning av denna typ. En ytterligare orsak till skillnaderna i figur 7 är säkerligen att springan i donets mynning inte var jämbred. Till dessa skillnader skall läggas den variation som beror på spridningen i tillverkningsnoggrannhet.

b) Strömningstekniska mätningar

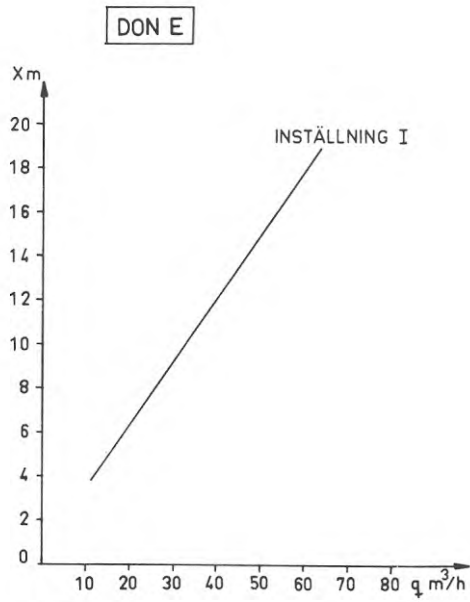
Kastlängd och spridningsbild mättes upp för 2 exemplar vardera av don typ E respektive H. Figur 8 visar hastighetens avtagande utefter strålens axel för 2 exemplar av don typ E och figur 9 kastlängden till 0,2 m/s som funktion av flödet för samma don. Detta sätt att redovisa kastlängden ger i regel det största avståndet från donet där hastigheten 0,2 m/s kan uppträda i tilluftsstrålen. Tidigare har kastlängden redovisats på olika sätt. Många gånger har de siffror som redovisats varit lägre än de som erhållits med här provad metod. På stora avstånd från donet har ofta hastigheten i strålen en tendens att avta snabbare än enligt den i provningsmetoden angivna utvärderingsmetodiken. Se fig 8 för $v_x/v_0 < 0,1$. De stora variationer i angivna kastlängder som vi kunnat konstatera från våra egna mätningar kan sannolikt tillskrivas varierande provningsbetingelser och mätmetoder och ger skäl för påståendet att uppmätning av låga hastigheter är besvärligt.

Figur 10 visar spridningsbilden för 2 st don av typ H. Här har isovelen för 0,5 m/s och 0,2 m/s prickats in. Dessa mätningar är mycket svåra att genomföra praktiskt. Bl a är luftstrålarna i många fall inte stabila utan svänger, vilket gör att mätningarna kan vara ganska osäkra.

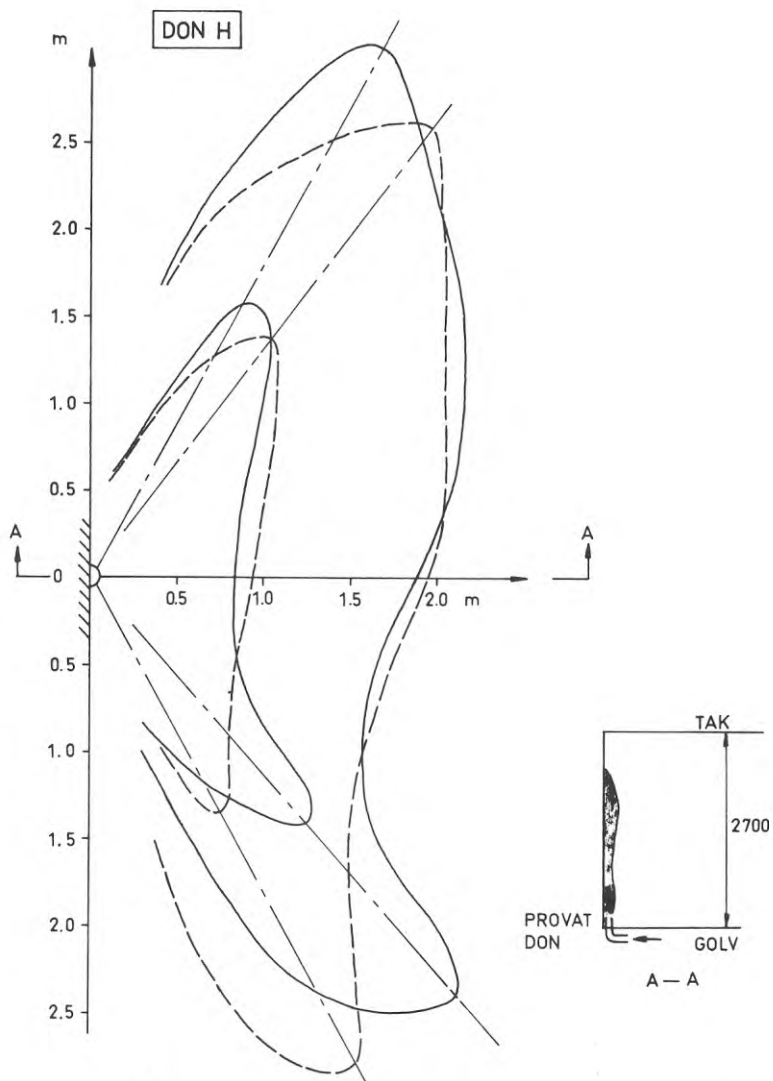
c) Ljudtekniska mätningar

Ventilernas ljudegenskaper anges av fabrikanterna på grundval av egna mätningar. Det finns ingen offentlig institution som svarar för dessa eller andra mätningar inom det lufttekniska området. Inte heller finns det vad gäller ljudmätningarna någon fastställd norm för hur mätningarna skall utföras och resultaten redovisas. En praxis beträffande redovisningssättet har dock utbildats: den av ventilen alstrade ljudnivån i dB(A), i ett rum med 10 m² absorptionsarea i hela frekvensområdet, inritas för var femte decibel i ventilens tryck - flödesdiagram.

Några uppgifter om osäkerheten i de redovisade värdena lämnas endast i undantagsfall. Den här gjorda undersökningen, som är utförd på ett antal frånluftsventiler av typen A och C, visade betydande skillnader även mellan exemplar av samma ventiltyp. Härtill kommer att ventilernas ljudalstring även påverkas av placeringen i rummet och av de anslutande kanalernas utformning. Mätnoggrannheten vid bestämning av det alstrade ljudet har sannolikt inte avgörande betydelse. Åtminstone inte då det gäller de fabrikanter som har egna mättrum och fullständig akustisk mätapparatur.

**FIGUR 9**

KASTLÄNGDEN VID $V=0.2$ m/s SOM FUNKTION
AV FLÖDET

**FIGUR 10**

ISOVELEN FÖR 0.2 RESP. 0.5 m/s FÖR 2 EXEMPLAR AV TILLUFTSDON
TYP H, UPPMÄTT VID VÄGG.

Denna undersökning har utförts så att mätobjektet, som varit placerat på ena väggen i ett ljudmättrum, har suttit i änden på en 2 m lång kanal (\varnothing 10 cm spiralfalsat rör). Tryckuttaget har varit placerat 0,7 m bakom donet. Till den andra änden av denna kanal anslöts i tur och ordning:

Ljuddämpare
Flödesmätare
Ljuddämpare
Fläkt med varvtalsreglerad likströmsmotor.

Inställningen av donen har utförts med samma noggrannhet som vid tryckfalls- och flödesmätningarna (enligt a) ovan).

Tabell 1 redovisar de uppmätta ljudnivåerna i dB(A). Då mer än ett värde förekommer i tabellen för resp don innebär det att donen utsattes för mer än en provserie. I vissa fall kan avvikelserna mellan dessa olika provserier vara ganska stora, både ifråga om mätningar på samma don som mellan olika don vid samma driftsfall. Vissa av dessa variationer mellan olika don kan förklaras genom att det mått för inställningen som anges inte är exakt. Av frekvensfördelningen, som dock inte redovisas här, framgår också att i vissa provserier har donen avgett diskreta toner. Dessa provserier har i tabell 1 markerats med ett kryss (x).

Tabell 1: Uppmätta ljudnivåer i dB(A)

Donin- ställning	Dontyp A				Dontyp C				
	Katalog- data dB(A)	Don nr				Katalog- data dB(A)	Don nr		
		A 1	A 3	A 8	A 10		C 2	C 5	C 6
a. ($\Delta p=100 \text{ N/m}^2$)	23	x27 x27,5 22	25,5 26,5	18,0 18,0	x27,0 x24,5	15	26 21	(12) (11)	21,5 21
a. ($\Delta p=200 \text{ N/m}^2$)	30	34 35 34,5	36,5 34,5	30,5 34	36 38,5	25	36	23	x33,5
b. ($\Delta p=100 \text{ N/m}^2$)	20	18 24	18,5 18,5	18,5 18,5	17,5 16,5	17	26,5 26,5	17 16,5	19 19
b. ($\Delta p=200 \text{ N/m}^2$)	27,5	26,5 26,5	26 27,5	28,5 29,0	27,5 28,0	27	x36,5 x37,0	28,5 28,5	30,5 31

Sammanfattning

Provningarna ger en klar bild av hur viktigt det är att samtliga tillverkare redovisar data och egenskaper för sina respektive luftdon på ett enhetligt standardiserat sätt, baserat på fastställda provningsregler som följs av alla. Härigenom kan man

på ett säkrare sätt jämföra och välja luftdon på basis av katalogdata, vilket idag kan vara något av ett lotteri vilket framgår av resultatet. I vissa fall avviker provresultaten markant från respektive tillverkarens redovisning vilket antyder att uppmätningarna kan ha gjorts på olika grunder. Provningarna visar också att det i praktiken kan förekomma betydande avvikelser mellan olika exemplar av samma dontyp.

En angelägen förändring är att provnormen innehåller krav på att varje tillverkare skall redovisa vilka avvikelser från angivna data, som kan förekomma i praktiken. Detta kan t ex ske genom att provningsmetoden kräver att ett visst antal enheter skall provas och medelvärde och spridning beräknas på grundval av dessa prov. Att veta vilka spridningar i angivna data som kan förekomma är viktigt inte bara för projektören. Skall det t ex vara möjligt att i praktiken mäta flödet genom donet genom att mäta upp ett karakteristiskt tryckfall över donet måste man känna till vilka spridningar som kan finnas mellan olika exemplar av viss dontyp för att kunna uppskatta noggrannheten i mätningarna.

Faktorer som visat sig ha betydelse för spridningar i uppmätta data är själva donets utformning och uppbyggnad med avseende på dess stabilitet, hur lätt respektive svårt det är att ställa in donet samt donets infästning i respektive anslutningsdetaljer. Vissa typer var föredömligt stabila, hade exakta inställningsanordningar och var försedda med tätningar mot anslutningsstos medan andra uppvisade brister i detta avseende. I ett fall är det ytterst tveksamt om man i praktiken har möjlighet att effektivt täta mellan don och anslutning. Vidare måste man ha i minnet att de utförda provningarna utförts under laboratorieförhållanden och att inställningen av donet skett mycket exakt. I praktiken kan man inte räkna med samma noggrannhet.

En sak man ställer sig frågande inför är den stora variationen på anslutningsdetaljer som förekommer. Varje tillverkare har sin lösning på dessa detaljer och de passar som regel endast till det egna fabrikkatet. Här bör finnas stora möjligheter till förenkling och besparing genom att standardisera dessa detaljer.

Som en slutkommentar kan sägas att respektive tillverkare överhuvud taget borde beakta mätproblemet bättre och ange hur mätning skall göras under fältmässiga förhållanden. I de fall att lämpliga metoder saknas bör detta påpekas i redovisningen så att respektive projektör kan förbereda annat mätningförfarande.

Litteratur

1. Metod för bestämning av strömningstekniska egenskaper hos tilluftsdon och frånluftsdon SP-VVS-17-1970 respektive SP-VVS-17-1972.
2. T-G Malmström och A Svensson - "Hastighetsmätning i ventilationsluftstrålar" VVS nr 8, 1971
3. N Lindblad och T-G Malmström - "Redovisning och provning av tilluftsdon och frånluftsdon strömningstekniska egenskaper" Byggnadsingenjören Team nr 6 och nr 7-8, 1971

RIL 80

Finska anvisningar för täthetsprovningar av ventilationskanaler

Ingenjör Bengt E. Eriksson vid Statens Institut för Byggnadsforskning arbetar inom den s. k. Klimatgruppen. Han refererar här finska normer för urvalsmetod vid stickprovskontroll av ventilationskanaler. Normerna bör kunna utgöra diskussionsunderlag för framtagande av svenska normer, vilka saknas för närvarande.

I Finland har byggnadsstyrelsens normbyrå utarbetat ett förslag till anvisningar för täthetsprovningar av ventilationskanaler. Förutom vanliga traditionella ventilationskanaler har man i Finland för avsikt att prova och tillämpa normen även för andra typer av kanaler, t. ex. damm- och spånsugningsanläggningar, lufttransportanläggningar vars rör innehåller farliga gaser och ångor etc. I Sverige finns som bekant sedan många år tillbaka krav på viss täthet i kanalsystem och de har klassats beroende på ställda täthetskrav. Någon urvalsmetod för stickprovskontroll av kanaltäthet har emellertid inte presenterats varken från myndighetshåll eller på annat sätt. Det finska normförslaget innehåller en sådan urvalsmetod och synes kunna användas även i Sverige, åtminstone bör det utgöra en värdefull grund vid framtagande av en svensk norm.

De finska anvisningarna innehåller inga krav på kanalernas täthet, utan dessa krav måste vara speciellt angivna i varje enskilda fall. Man kan dock använda TES-standard 1502 för att definiera täthetskraven.

För att underlätta mätningarbetet har man försökt att redan på konstruktionsstadiet av en ventilationsanläggning sätta sig in i hur testet skall genomföras. Till anvisningarna bifogas tillämpningsregler, vilka med exempel belyser dess användning i detalj. Likaså har det givits anvisningar för tillämpning av inspektionsåtgärder beträffande byggnadsarbetets allmänna gång. Man har således velat inlänka inspektionsmätningarna till en väsentlig del av byggnadsverksamheten.

Detta har förutsatt att man i anvisningar har fått ta med direktiv som vanligtvis hör till kontraktshandlingar där de reglerar förhållandet mellan byggherre och

entreprenör. Även fördelningen mellan arbetsuppgift och ansvar vid under inspektion uppkommande situationer har tidigare helt reglerats i kontraktshandlingarna.

Kommittén som arbetat med förslaget och som varit utsedd av Värmeingenjörsföreningen har haft följande sammansättning:

Ordförande

diplomingenjör V. Siitonen

Övriga medlemmar:

diplomingenjör E. Anttila

diplomingenjör A. Hausen

diplomingenjör E. Kukkonen

diplomingenjör I. Lahtinen

Vid arbetets slutskede deltog även diplomingenjör P. Hakkarainen. För det matematiska arbetet anlätades tekn. stud. A. Varonen från Tekniska högskolans matematiska fakultet.

Allmänt

Ändamål

Avsikten med dessa anvisningar är, att ge kontraktsparterna

en metod, med vars tillhjälp man får en viss säkerhet för att kanalsystemet fyller de uppställda täthetskraven. De kunna även i tillämpliga delar användas såsom anvisningar för de av myndigheterna krävda täthetsinspektionerna. Anvisningarna kan tillämpas på de flesta ventilationsanläggningar och däri ingående kanalsystem och fläktrum, då fordringarna på tätheten är givna med hänsyn till provtryck och tillåtet läckage. De kan anpassas till olika typer av installationer såsom damm- och

spånsugningsanläggningar och lufttransportanläggningar samt för tuber som innehåller farliga gaser och ångor och där man får ta i beaktande de olika specialbestämmelser som finns.

ALLMÄNNA ANVISNINGAR

Om inte annat överenskommits utför ventilationsentreprenören mätning enligt dessa anvisningar. Mätningarna bör göras med kalibrerade mätninginstrument och med övervakning och kontroll av

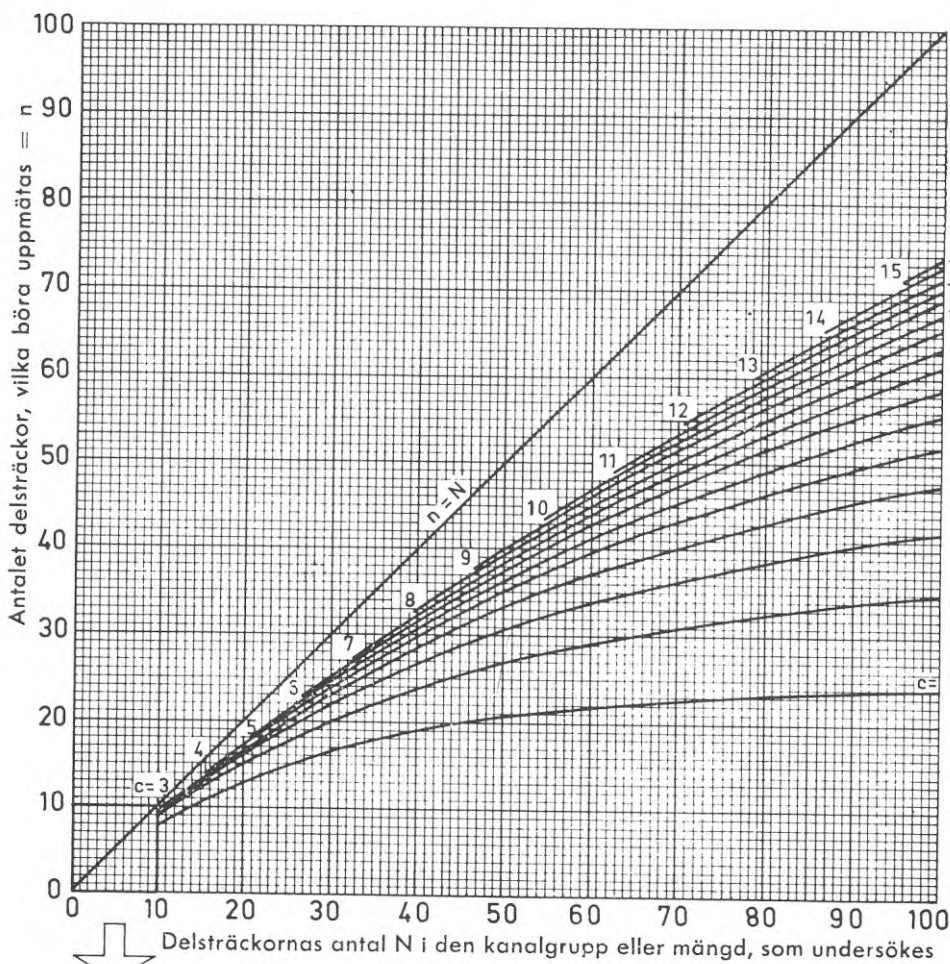
en av entreprenören utsedd person.

De för undersökningen på statistisk väg utsedda kanalerna bör vara så pass klara att till- eller frånluftsdonens grenar, inspektionsluckor, reglerings- och brandspjäll är installerade. Av praktiska skäl kan, med kontrollantens tillstånd, undantag göras av bestämmelserna gällande krav på färdigställande och provet på inspektionsluckor samt reglerings- och brandspjäll slopas.

Täthetsprovningarna bör göras i den ordning och vid sådan tidpunkt, att erforderliga tätningsarbeten kan utföras utan att det till väsentlig del hindrar byggnadsarbetet. Dessa tester bör tas med i beräkningen redan då tidschemat för byggnadsarbetet planeras. Kanalernas täthet undersöks i allmänhet genom stickprov.

Det för provning utsedda kanalnätet uppdelas i delsträckor, som sedan grupperas efter undersökningens art. Konstruktören av ventilationsanläggningen gör delnings- och grupperingsförslag samt bestämmer vilka kanaler som behöver testas med stickprovundersökning. Han bestämmer vidare vilka kanaltyper som erfordrar total kontroll. I delnings- och grupperingsförslaget bör framgå respektive delsträckas gränser och ytor samt antalet kanaler i de skilda grupperna. Förslaget bör lämnas i god tid till entreprenören. Med tillstånd av provets övervakare kan delsträckornas gränser ännu ändras före provet, om det av praktiska skäl är nödvändigt och om ändringen ej går stick i stäv mot bestämmelserna för dessa anvisningar.

Delsträckans storlek för engångstest bör väljas så att dess täthet på grund av eventuell spridning av läckage med säkerhet kan klaras av. Den testade delsträckans nedre gräns rekommenderas



c \ N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8
1				4	4	5	6	7	8	9
2					5	6	7	7	8	9
3								8	9	10
	n									

Vid granskning funna felaktiga delsträckors antal = c

Figur 1.

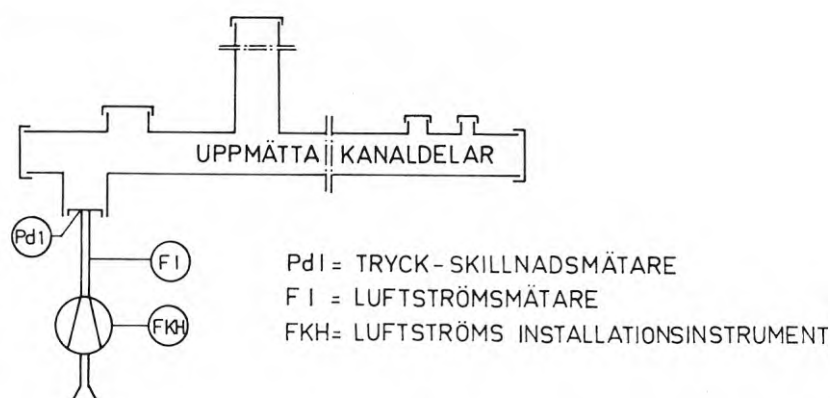
till ca 10 m² och övre gräns till ca 40 m². Av vissa skäl t. ex. om kanalerna längre fram kommer att bilda en funktionell enhet eller om kanalen har speciellt stor diameter kan den övre gränsen höjas. Av delningsförslaget bör då framgå om de eventuella läckagekoncentrationerna bör undersökas var för sig. Gränsställena för de olika delsträckorna bör vara avstängbara för täthetsprovet.

I de bildade mängderna av delsträckor, som utsetts för stickprovsundersökning, antas att det tillverkningstekniska läckaget är lika i de olika delsträckorna. Olika läckage antas bero på att de är utförda och installerade av olika entreprenörer. Väsentliga olikheter i tillverkning och installation kan bli följden om tiden för installationen är lång. Till en mängd (kanalgrupp) hör minst 10 och högst 100 delsträckor.

Storleken av urvalet för stickprovsundersökningen med delsträckornas antal (n) är beroende av det totala antalet (N) delsträckor, som hör till denna mängd, samt vid undersökningen framkomna antalet (c) felaktiga delsträckor enligt figur 1. Som testkrav gäller att efter testet får kanalnätets feltäthet högst överskrida det gällande värdet (10 %) med sannolikhet 0,1. Säkerhet för denna sannolikhet är 0,9.

De i mätningen ingående delsträckorna bör utses så att de är representativa för hela mängden som ingår i stickprovsundersökningen. Urvalet göres av provets kontrollant.

Om byggherren själv vill bekosta en undersökning som är större än vanligt och här upptäcks felaktiga kanaler, får entreprenören stå för utgifterna angående reparationen av kanalerna och för mätningarna av de felaktiga kanalerna.



Figur 2.

Kanalernas täthet testas till 100 % enligt särskild överenskommelse eller då offentliga regler förutsätter detta, samt vidare i följande särfall:

- kanaler, som ej kan repareras, utan att göra åverkan på byggnader.
- kanaler där det upptäcks felaktigheter.

Dessa kanaler räknas ej till den i stickprovsundersökningen hörande gruppen.

MÄTNINGSINSTRUMENT

Mätningens instrumentens huvuddelar på de vanligast förekommande modellerna framgår av figur 2. De olika detaljerna kan ha annan inbördes position än den som är framställd på bilden.

Med de instrument som används vid läckageproven bör man kunna få fram erforderligt provtryck men volymströmmen, som motsvarar provtrycket och kanalernas läckage bör kunna mätas med angiven noggrannhet. Volymströmmätarens felvisning får vara högst $\pm 6\%$ av den testade kanalens tillåtna läckage och tryckdifferensmätarens motsvarande fel högst $\pm 5\%$ av det aktuella provtrycket. Mätinstrumentens felvisning bör vid vissa mellanrum kalibreras och resultaten företes i kalibreringsprotokoll.

Provningsutrustningen bör med jämna mellanrum granskas av en opartisk instans. Granskningsintyget bör uppvisas för provningskontrollanten vid tiden för provningarna. Intyget utfärdas av det laboratorium som utfört kalibreringarna. Om kontrollanten anser att en extra kalibrering av instrumentet eller en del därav bör ske, avgörs detta från fall till fall. Då måste även avgöras, vem som är skyldig att betala kalibreringskostnaderna.

MÄTNINGARNAS UTFORANDE

I allmänhet mätes på en gång endast en i fördelningsförslaget definierad delsträcka. Om flera delsträckor mätes på samma gång som en enhet, bör den som utför mätningen kunna bevisa, att de ifrågavarande delsträckornas läckage inte överstiger den tillåtna gränsen. Denna fordring anses vara uppfylld, om det uppmätta läckaget inte överstiger det tillåtna läckaget för den minsta delsträckan i den ifrågavarande enheten. Om läckaget är större än denna gräns, bör enheten antingen repareras eller uppmätas i mindre enheter, eller som ursprungliga delsträckor till dess att de ställda fordringarna blir uppfyllda. Om härvid reparationen måste göras för att förbättra tätheten på de kanaler som utsatts för test, an-

ses det att dessa kanalers läckage överstigit den tillåtna gränsen. I stickprovsundersökningen beaktas enbart sådana delsträckor som ursprungligen utsatts för test.

METODBESKRIVNING

Mätningförfarandet framgår av figur 2. Före provtagningen tätas

alla kanalöppningar ordentligt t.ex. med plast av erforderlig tjocklek eller med lämpliga skivor, tätningsmaterial och tape. Delsträckas egentliga fogar och andra ställen som påverkar tätheten, får likväl icke behandlas avvikande från andra motsvarande delsträckor. För mätning av prov-

trycket monteras änden av tryckmätarens anslutningsrör till kanalen på sådant sätt, att den inblåsta luftstrålen icke riktas på densamma. Luftströmmens mätningssapparat anslutes till kanalen i inblåsningläge eller så, att mellan kanalen och omgivningen bildas en tryckskillnad likriktad med drifttrycket.

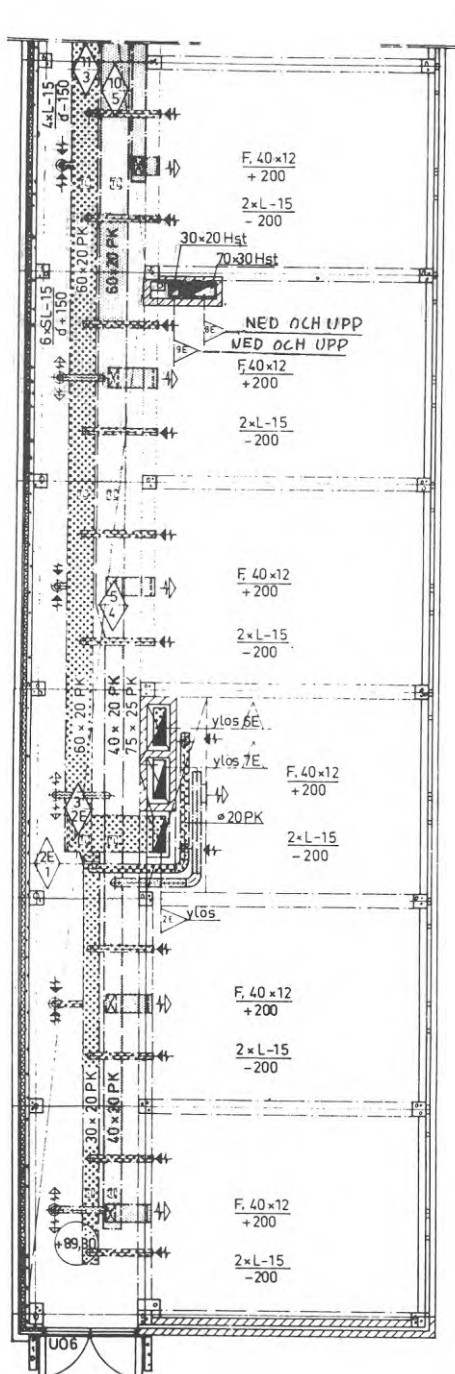
Man bör undvika att använda mot drifttrycket riktade provtryck, om man kan vänta sig, att kanalens läckage till stor del är beroende av tryckskillnadens riktning. Ett kanalsystem som kommer att arbeta med undertryck gentemot atmosfärstrycket bör således provas medelst åstadkommande av undertryck och vice versa. Luftströmmen justeras så, att åtminstone ett önskat provtryck inom gränserna för tryckmätarens avläsningsnoggrannhet uppnås.

Man avläser provtrycket och luftströmmen. Den uppmätta luftströmmen är lika stor som kanalens läckage med provtryck. Läckage, som konstateras härleda sig från provarrangemangen, anses likväl icke såsom kanalläckage, förutsatt, att de fås eliminerade genom att korrigera för provanordningarna.

En kanals täthet kan naturligtvis mätas på andra sätt. Man bör dock från fall till fall närmare precisera varje metods felgränser och dess anpassning till berörda fall.

Vid lokalisering av en läcka kan man vid behov använda sig av lokala tryckmätningar, rök, hörseliakttagelser och i speciella fall påpensling av lösningar på fogarna. Luftläckage sker huvudsakligen genom fogar eller genom porer om kanalerna är byggda av poröst byggnadsmaterial. Uppstår läckage genom väggmaterialet eller trånga springor är luftströmningen i huvudsak laminär. Finns

Figur 3.



DEL V
DEL IV

Kanalgrupp 2

Delsträckornas antal 6 st

Delsträckans N:o	Delsträckans ppe-liminära yta m ²	Täthetsklass	Tryck-klass	Annat täthetskrav	Delsträcka, som bör testas
1	15	B	2		
3	26	"	"		
4	19	"	"		
5	23	"	"		
10	42	"	"		
11	26	"	"		

Kanalgrupp IV

Delsträckornas antal 5 st

2E	12	B	2		
6E	16	"	"		
7E	11	"	"		
8E	21	A	1	x	
9E	23	"	"		

FLERFAMILJSHUS	PLANERARE	
	RTTARE	
	GRANSKARE	
VENTIL 3 VÅN, DEL IX	FORBJÄLLRITN. NR	
	ARBETS NR	

det direkta hål i kanalen blir luftströmningen som regel däremot turbulent. I sin helhet anses läckagefunktionen vara en modell enligt formeln $V = k \Delta p^z$, där V är flöde, p är tryckskillnad, k för den undersökta kanalen typisk faktor och z är exponent, som ger en bild av läckans art, som varierar mellan gränsvärdena 1 och 0,5 beroende på om läckan i huvudsak är laminär, $z \approx 1$ eller turbulent $z \approx 0,5$. Genom ett test kan man bedöma läckfunktionens exponent, och vid behov avgöra om läckan är lokaliserad till stora hål eller till små sprigor.

BEDÖMNING AV RESULTATEN samt MÄTNINGSRESULTATENS REDOVISNING

Den person som utför en mätning bör fylla i en ändamålsenlig blankett som innehåller samtliga uppgifter som är av betydelse för bedömning av mätresultaten. Ex-

empel på en sådan blankett framgår av tabellfigur 3. Även provresultat som överstiger tillåtet läckage bör redovisas.

En kanalmängd testad medelst här redovisad stickprovsmetod är godkänd sedan de delsträckor som visat sig läcka mer än vad som är tillåtet blivit åtgärdade. Den till 100 % testade kanalmängden godkänns ej förrän hela mängden blivit testad enligt denna norm, samt samtliga felaktiga delsträckor blivit åtgärdade och godkända i en ny test. Om ej annat är överenskommet så är entreprenören, vars kanaler ej blivit godkända, ansvarig för utgifter i samband med reparation av dessa samt kostnader för en ny test.

TILLÄMPNING

Vidtagna åtgärder på grund av ventilationskanalens täthetsprov.

1. Planeringsskedet

1.1 Byggnadens ventilationssystem

uppdelas enligt norm i kanalgrupper.

1.2 Kanalgrupperna uppdelas enligt norm i delsträckor.

1.3 För varje kanalgrupp även för de 100 % testade görs en tabell i ventilationsplanritningen. Denna tabell skall innehålla de uppgifter som framställs i den bifogade mönstertabellen:

- nummer för den ifrågasvarande kanalgruppen
- delsträckornas antal i planritningen
- delsträckans nummer. Alla delsträckor ges en löpande siffra inom planritningen. För de kanaler som testas till 100 % ges delsträckorna en tillsatssymbol t. ex. bokstav E för att markera en 100 % test
- delsträckans preliminära yta
- delsträckans täthetsklass
- delsträckans tryckklass
- andra eventuella täthetskrav, t. ex. fordran om att läckages

LUFTKANALERNAS TÄTHETSPROV ENLIGT RIL-80 ANVISNINGAR

LIVI	BYGGNAD					INSTRUMENT FÖR LUFTMÄNGDSMÄTNING TYP N:o UNDERSÖKNING							
BLAD N:o " STYCKE	KANALGRUPP DELSTRÄCKOR STICKPROVS- /ALLA KANALERS				STYCK UNDERSÖKNING	INSTRUMENT FÖR TRYCKDIFFERENSMÄTNING TYP N:o UNDERSÖKNING							
DELSTRÄCKANS N:o		LÄGE RITN. N:o	YTA m ²	TÄTN KLASS	TRYCK KLASS	TILLÅTET LÄCKAGE m ³ /s	UPPMÄTT PROV- TRYCK N/m ²		LÄCKAGE m ³ /s	N:o	DATUM	KONTROL- LANT	ANMÄRKNINGAR
KONTROLLANT					DATUM		MÄTNINGSMAN					DATUM	

Exemplifiering beträffande 100%-ig undersökning av kanaler

vid C = 0
 Kanalnät IV
 Antal kanaler N = 42 st
 Uppmätta kanaler
 vid C = 0 n = 42 st
 stickprovundersökning
 100% undersökning

Kanaler	läge	ritn	yta m ²	täthets- klass	tryck- klass	övriga täthets- krav	kana- lernas antal	kanaler som in- går i granskn.	OBS (anmärk- ning)
Källare	-I-265						2 st		
1E			15	B	2				
16E			28	B	2				
1 vån	-I-266						11 st		
3E			36	A	1				
.									
.									
31E			41	B	2				
2 vån	-I-267						12 st		
1E			16	B	2				
.									
.									
19E			28	B	2				
3 vån	-I-268						5 st		
del IV									
2E			12	B	2				
6E			16	B	2				
7E			11	B	2				
8E			21	A	1	x			
9E			23	A	1				
3 vån	-I-269						6 st		
del V									
1E			39	A	1				
.									
.									
15E			21	B	2				
4 vån	-I-270						6 st		
1E			14	A	1		2 = 42 st		
.									
.									
30E			18	B	2				
			$\Sigma A = 1050 \text{ m}^2$						

X) Bör granskas med rökprov vid utrymme N.o 8E och eventuella läckor repareras

Exemplifiering beträffande stickprovundersökning av kanaler

vid C = 0
 Kanalnät II
 Antal kanaler N = 80 st
 Uppmätta kanaler
 vid C = 0 n = 23 st
 stickprovundersökning
 100% undersökning

Kanaler	läge	ritn	yta m ²	täthets- klass	tryck- klass	övriga täthets- krav	kana- lernas antal	kanaler som in- går i granskn.	OBS (anmärk- ning)
Källare	-I-210						12 st		
2			28	B	2				
.									
.									
18			39	"	"	X			
1 vån	-I-211						25 st		
1			15	A	1				
.									
.									
34			40	B	2				
2 vån	-I-212						8 st		
5			36	B	2				
.									
.									
15			21	"	"				
3 vån	-I-213						6 st		
del IV									
1			15	B	2				
3			26	"	"				
4			19	"	"				
5			23	"	"				
10			42	"	"				
11			26	"	"				
3 vån	-I-214						8 st		
del V									
3			13	B	2				
.									
.									
12			29	"	"				
4 vån	-I-215						21 st		
2			41	A	1		580 st		
.									
.									
35			18	B	2				
			$\Sigma A = 22650 \text{ m}^2$						

x) Bör granskas med rökprov vid utrymme nr 18 och eventuella läckor repareras.

Figur 4.

Hjälpdigram för val av läckagemätninginstr. då kanalernas tätn.krav är enligt TES 1502-Standard. Kanalens täthets- och tryckklass enligt TES 1502-Standard.

Exempel: A2 Δ
täthetsklass A
tryckklass 2

storlek bör redovisas separat — kolumn vari de testade delsträckorna markeras.

I planritningarna noteras delsträckornas gränser och i samband med dem de nummer de framställtts med i ritningsexemplet.

1.4 För definition av de i stickprovsundersökningen för mätning uttagna delsträckorna samlas uppgifter om antal av delsträckor i olika kanalgrupper och dylikt från tabeller på planritningar. Om det framgår av stickprovsundersökningen att det i kanalnätet finns t. ex. $N = 80$ delsträckor blir antalet på de delsträckorna som skall undersökas $n = 23$ som man får ur diagram i figur 1. Dess värde $c = 0$.

Tidigare nämnda uppgifter samlas och av dessa görs en förteckning, som överlämnas till byggherren i samband med ventilationsplaneringen.

2. Entreprenörskede

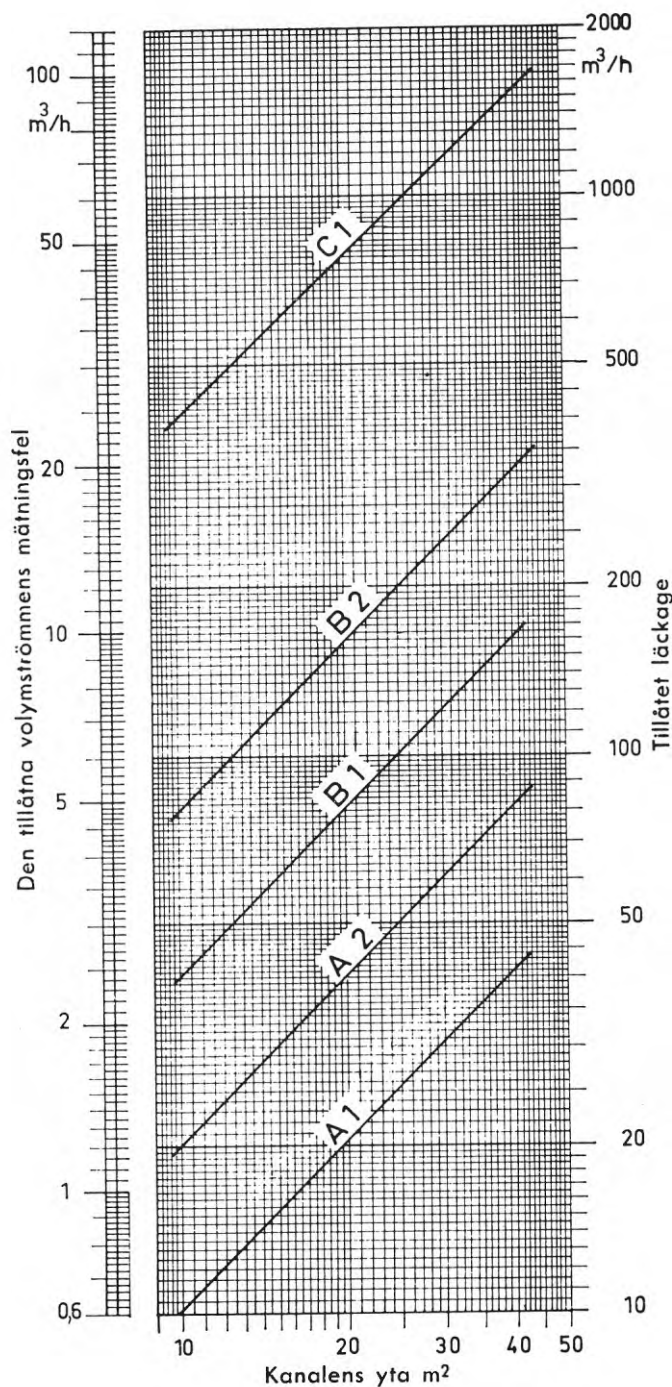
Förteckningen lämnas över till byggets tekniska kontrollant eller till den person som fungerar som provets övervakare. Entreprenören meddelar fortlöpande hur anläggningen färdigställs och kontrollören utser enligt norm de kanalsträckor som skall mätas. Efter det att övervakaren bestämt om ifrågavarande kanal skall mätas eller ej förbereder entreprenören prov enligt norm i metodbeskrivning. Kontrollören tillkallas för att övervaka provet under mätningen. Kanalsträckor som efter numret har ett E mäts till 100 % och därför kan man göra förberedelser så att mätningen kan utföras ome-

delbart efter det att kanalsträckorna färdigställts. Provets övervakare godkänner provet enligt norm eller utför nya prov enligt figur 1.

Exempel hur nomogrammet används

1. Hela kanalnätet på engångsmätning. Vi antar att i kanalnätet finns 80 delsträckor, som alla skall

mätas på en gång. Ur nomogrammet $N = 80$, $c = 0$ får man $n = 23$ eller ur 80 delsträckor skall 23 delsträckor mätas. Om alla dessa är felfria bör hela kanalnätet godkännas i enlighet med text under rubriken "Bedömning av mätresultaten samt mätresultatens redovisning". Om det däremot upptäcks felaktigheter t. ex. 2 st, görs nya



prov enligt följande:

Nomogrammet avläses, $N = 80$, $c = 2$ då man får $n = 38$. Nya prov måste således göras. $38 - 23 = 15$ eller med tidigare mätta 23 bör 15 nya delsträckor mätas. Om alla dessa är felfria bör hela kanalnätet godkännas. Om det däremot upptäcks felaktigheter, t. ex. ett fel bör nya prov sålunda göras. Ur nomogrammets punkt $N = 80$, $c = 3$ avläses $n = 43$, alltså finns det nya $43 - 38 = 5$ delsträckor som skall mätas. Om det bland dessa ej finns felaktiga bör hela kanalnätet godkännas. Om det däremot upptäcks felaktigheter fortsätter man att använda ovanstående metod. Om det upptäcks så många felaktiga att nomogrammets översta kurva överskrids bör alla kanaler mätas. I

detta fall skulle man sålunda hamna i det läget efter 14 felaktiga kanaler.

2. Ventilationssystemets delsträckor färdigställs i olika etapper. Vi förutsätter såsom tidigare att i kanalgruppen ingår 80 delsträckor och att dessa färdigställs i tre etapper. Först 30 sedan 30 och sist 20. Ur första etappen uttas enligt nomogrammet $N = 30$, $c = 0$ till mätning, $n = 16$ kanaler.

Om bland dessa ej fanns några felaktiga väntar man tills färdigställandet av nästa etapp. Sålunda får man ur nomogrammet $N = 60$, $c = 0$ som motsvarar $n = 21$. Därför uttas i andra etappen endast $22 - 16 = 6$ delsträckor. Av dessa antas en vara felaktig. Man får då ur nomogrammet $N = 60$,

$c = 1$, $n = 29$. Efter upptäckten av den felaktiga delsträckan bör ytterligare $29 - 22 = 7$ delsträckor testas. Dessa antas vara felfria och då väntar man på det sista färdigställandet. När den sista etappen är klar får man ur nomogrammet $N = 80$, $c = 1$, $n = 32$ ($c = 1$ emedan det upptäcktes en felaktig).

Av detta parti bör $32 - 29 = 3$ delsträckor mätas. Om bland dessa ej fanns felaktigheter bör hela kanalnätet godkännas. Upptäcks felaktigheter så fortsätter man enligt ovanstående exempel. Om man hamnar på gränskurvan $c > 13$ skall den sista delen provas till 100 %. Om man hamnar på gränskurvan redan tidigare skall följande etapper granskas var för sig som skilda kanalgrupper.

Ingenjör Bengt-E Erikson
Statens Institut för Byggnadsforskning

En SIB-artikel ingående
i projektet "kontrollteknik
för installationer".

Givare för mätning av termiskt klimat

En människas trivsel vid vistelse inomhus beror till stor del på hur klimatet är i det rum hon vistas. Alltför höga eller alltför låga temperaturer kan medföra obehaglighetskänslor. För att kunna kontrollera ett rums klimat måste vi skaffa oss mätinstrument och mätmetoder som är lämpliga inte bara för laboratoriebruk utan även för mer fältmässiga förhållanden.

Bakgrund

Att mäta det termiska klimatet i ett rum är komplicerat på grund av att så många faktorer inverkar. Vissa av dessa faktorer kan mätas med ganska enkla instrument medan den sammanlagrade effekten av deras påverkan på människan kräver mycket avancerade mätinstrument.

Det termiska klimatets sammansättning är som bekant:

- lufttemperatur
- omgivande ytors temperatur — den sk strålningstemperaturen
- lufthastighet
- luftfuktighet

Människans temperaturkänsla eller känslan av termisk komfort som är beroende av balansen mellan värmeavgivning och värmeproduktion är emellertid individuell, och förutom ovan nämnda faktorer inverkar även klädedräkt samt graden av sysselsättning.

Det existerar ett flertal metoder och instrument för mätning av termiskt klimat. Man har dessutom försökt framställa in-

strument för att mäta hur människan uppfattar den termiska komforten. Exempel på ett dylikt instrument är den längre fram i artikeln omnämnda komfortmätaren.

Om man känner till temperaturen på luften och omgivande ytor kan man beräkna den sk operativa temperaturen. Denna kan approximativt beräknas som medelvärdet av lufttemperatur och medelstrålningstemperatur¹⁾ ("mean radiant temperature" MRT).

Den operativa temperaturen, som har betydelse för den torra värmeavgivningen, anses som ett bra sammanfattande mått på det termiska klimatet, då den ger den kombinerade effekten av lufttemperatur och strålningvärme.

Vanligen mäter man den operativa temperaturen med globtermometer. Härvid kommer dock inte inverkan av lufthastigheten in vid själva mätningen utan korrektion härför får göras genom mätningar av lufthastigheten och korrigeringsge-

nomberäkningar. Den senare i artikeln beskrivna termiska mannekängen har dock konstruerats så att man även tar hänsyn till lufthastigheten.

Givare för mätning av operativ temperatur

Den tidigare vanligast använda globtermometern består av en givare i vars ihåliga kula en vanlig Hg-termometer är placerad med sin kvicksilverkula mitt i globen. Globens diameter brukar hållas omkring 150 mm och vara svartmålad.

I ett rum med +15°C lufttemperatur och +25°C yttertemperatur skulle detta instrument visa +20°C. En nackdel med detta instrument är att dess tidskonstant är stor, dvs det tar lång tid innan det rätta värdet kan avläsas. Man brukar räkna med en inställningstid på 20—30 minuter.

På senare tid har man börjat använda vanliga ballonger som man blåser upp till ca 150 mm diameter. Hg-termometern placeras med kvicksilverkulan i ballongens centrum. Man erhåller på detta

¹⁾ Medelstrålningstemperaturen är det vägda medelvärdet av ytornas temperatur med hänsynstagande till rymdvinklarna.

sätt en mätglob med en betydligt kortare tidskonstant än den tidigare nämnda globen, se figur 1.

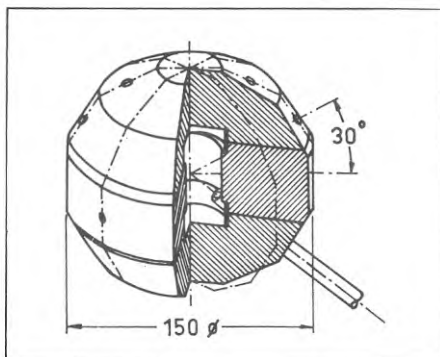
Genom att placera två stycken globtermometrar på ömse sidor om en aluminiumplåt kan man mäta den strålningssymmetri en människa känner som på ena sidan om sig har en kall och på andra sidan en varm yta. En uppmätt skillnad av mer än 2°C uppfattas som obehaglig.

Vid Statens institut för byggnadsforskning byggdes en försökskammare för provning av en ny typ av givare. Givaren påminner om en i tysk litteratur /1/ beskriven givare som byggdes på 1960-talet, se figur 2. Idén till en förenkling av denna givare framkom vid ett besök på NTH, där civilingenjör Eimund Skårret i sina rumsklimatmätningar har ett sådant instrument kopplat till en datalogg, och som tillsammans med andra givare automatiskt kartlägger klimatet för olika systemlösningar uppbyggda i klimatkammare.

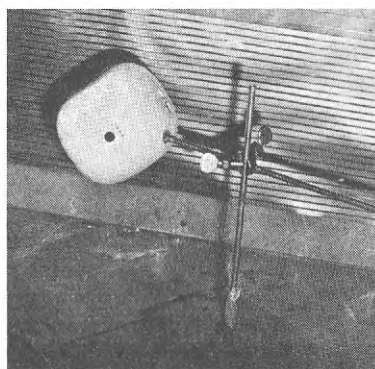
Den försökskammare som byggdes vid institutet var av rätt enkel konstruktion, och de enda fordringar som ställdes på densamma var att temperaturen skulle gå att reglera inom vissa gränser på dess båda gavlars samt att lufthastigheten i kammaren skulle ligga under 0,1 m/s.

Vid försöken registrerades samtliga omslutande ytors temperaturer med termoelement kopplade till potentiometerskriver.

Den operativa temperaturen uppmättes dels med två ballonger skärmade ifrån varandra med en aluminiumplåt, dels med den glob som visas i figur 3. Denna glob har givare i sex olika riktningar och dess kropp utgörs av polystyren. Detta material har ringa volymvikt och stor värmeisoleringsförmåga. Kroppens yta antar mycket snabbt omgivningens temperatur och lämpar sig därför utmärkt för ändamålet. De sex termoele-



Figur 2. Glob med givare i 25 olika riktningar.



Figur 3. Glob av polystyren.

menten är fastlödda på 0,15 mm tjocka kopparbleck vars yta har målats svart. Instrumentet är mycket snabbt och dess tidskonstant framgår av figur 4.

Matematiskt samband:

Sluttemperaturen T_1 som är lika med den operativa temperaturen kan skrivas:

$$T_1 = \frac{\alpha_k \cdot T_1 + \alpha_s \cdot T_s}{\alpha_k + \alpha_s}$$

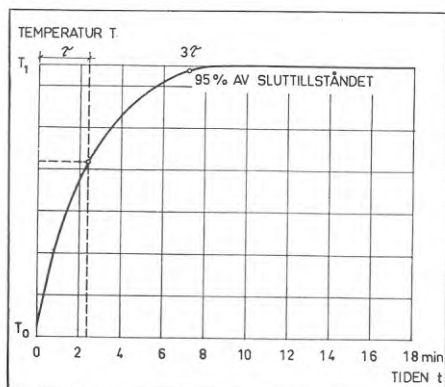
där:

α_k = värmeövergångstalet för konvektion $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ (kcal/h $m^2 \text{ } ^\circ C$)

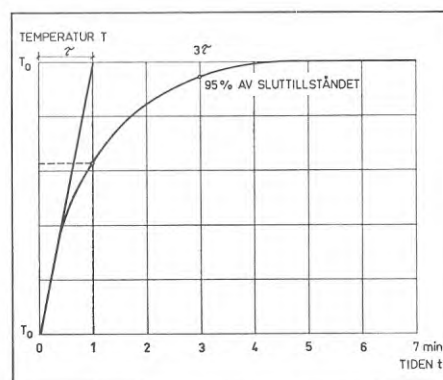
α_s = värmeövergångstalet för strålning $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ (kcal/h $m^2 \text{ } ^\circ C$)

T_s = strålningstemperaturen $^\circ C$

T_1 = lufttemperaturen $^\circ C$



Figur 1. Tidskonstant för ballong.



Figur 4. Tidskonstant för glob enligt figur 3.

Tidskonstanten τ kan skrivas:

$$\tau = \frac{(T_1 - T_0) K}{P}$$

där:

K = värmekapaciteten på givaren $kJ/^\circ C$ (kcal/ $^\circ C$)

P = tillförd värmeeffekt W (kcal/h)

$K = G \cdot C$

$P = A (\alpha_k + \alpha_s) (T_1 - T_0)$

$$\tau = \frac{G \cdot C}{A (\alpha_k + \alpha_s)}$$

där:

G = givarens massa kg

C = givarens specifika värme $kJ/kg^\circ C$ (kcal/ $kg^\circ C$)

A = givarens yta m^2

Beträffande värden för strålning och konvektion sägs i den tyska utredningen /1/:

”Allra känsligast för ojämnt fördelade strålningstemperaturer är stillasittande människor vid de i vistelsezonen vanliga lufthastigheterna under 15 cm/s. För detta viktiga fall får med mycket grov uppskattning antas att såväl på kroppens yta (med hänsyn till klädseln) som på globtermometern värmeövergångstalen α_s och α_k för strålning och konvektionen är ungefär lika varandra ($\alpha_s \approx \alpha_k \approx 4,5$ kcal/ m^2 h $^\circ C$). Då uppvisar varje mätställe hos globtermometern ungefär den omgivningstemperatur (medelvärde som består av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen i en rumshalva) som är avgörande för sådana värmeförluster hos kroppens ytelement, som har den med hänsyn till mätställena motsvarande rumsorienteringen.”

Fig 5 visar resultat från prov utförda i försökskammaren. Vid samtliga försök har termoelement använts som givare. Vid mätning av strålnings- och ytemperaturer har termoelementen varit fastlödda vid ett tunt kopparbleck. Den operativa temperaturen har dels mätts med givarna placerade på polystyrenoglob, dels med givaren instucken i en gummi-ballong. I det sistnämnda fallet har givaren inte varit försedd med kopparbleck.

Kurva 1 visar operativ temperatur mot den värmda gaveln, vars temperatur konstanthållits vid +35°C.

Kurva 2 visar operativ temperatur uppmätt med ballong.

Kurva 3 visar lufttemperaturen.

Kurva 4 visar operativ temperatur mot aluminiumskivan.

Kurva 5 visar aluminiumskivans ytemperatur.

Givare för mätning av medelstrålningstemperatur

En givare som framställts vid laboratoriet för värmeisolering vid Danmarks Tekniska Högskola /2/ är Radiometern.

Givaren består av en kub med fyra fält på varje sida och mäter riktad medelstrålningstemperatur.

Principen för konstruktionen av radiometern är följande:

Temperaturskillnaden mellan två små kvadratiske kartongbitar av samma storlek, placerade på samma plan och tätt intill varandra kommer att vara beroende av rummets medelstrålningstemperatur (riktningsberoende) DMRT, på grund av att de två kvadraterna har olika emissionsförmåga.

Det kan visas teoretiskt och verifieras experimentellt, att temperaturskillnaden mellan de två kartongbitarna är proportionell mot skillnaden mellan medeltemperaturen hos de två kvadraterna och DMRT inom de temperaturräckvidder som vanligtvis är förhärskande i byggnader.

Sålunda blir den ekvation som skall användas:

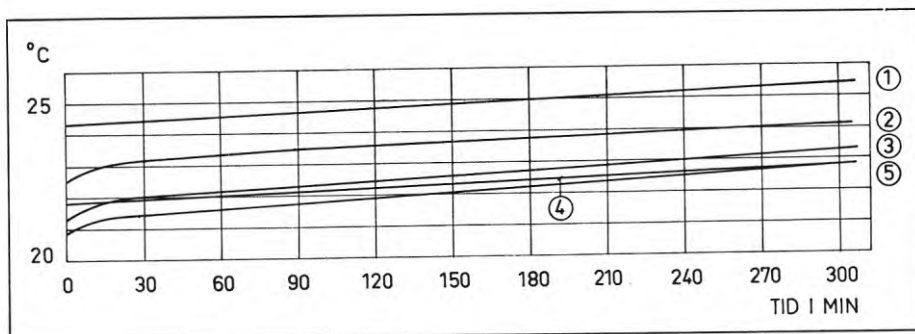
$$DMRT = \frac{t_1 + t_2}{2} + k(t_1 - t_2)$$

där

k är en apparatkonstant och t_1 och t_2 är temperaturen hos de respektive låg- och högtemperatur kvadraterna.

Radiometern visas i figur 6. I stället för två kvadrater används fyra pappkvadrater, av vilka två är svartade och två täckta med ljus aluminiumfolie och symmetriskt uppställda, vilket framgår av bilden. Temperaturskillnaden mellan de svarta och ljusa kvadraterna mäts medelst en termopanel bestående av 32 seriekopplade termoelement av koppar konstantan med 16 varma lödställen fastlimmade på baksidan av var och en av de svarta kvadraterna och 16 kalla lödställen fastlimmade på baksidan av de ljusa kvadraterna.

Medeltemperaturen hos de svarta och ljusa kvadraterna mäts medelst termoelement med en koppling placerad mellan de fyra kvadraterna och en annan koppling placerad i isvatten i en termos.



Figur 5. Kurvor för operativ temperatur uppmätta med glov enl fig 3, för ballong samt luft och ytemperatur.

Givare för mätning av termisk komfort

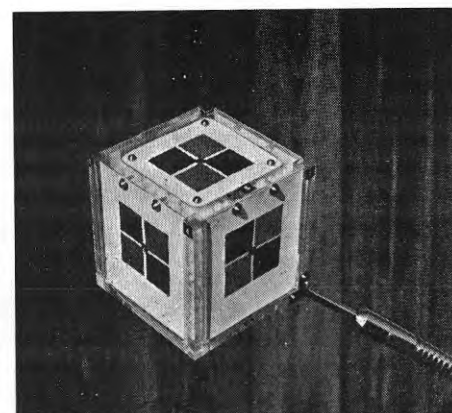
Som tidigare nämnts i artikeln så skiljer man på termiskt klimat och termisk komfort. Att med ett och samma instrument mäta den termiska komforten innebär rätt komplicerade mätutrustningar om man jämför med utrustningar för mätning av den operativa temperaturen. Vid laboratoriet för värmeisolering vid Danmarks Tekniska Högskola /3/ har man konstruerat ett instrument som fått namnet komfortmätaren (figur 7).

Instrumentet är tänkt att användas för att bestämma den termiska komforten på en uppehållsplats i ett rum och det tar hänsyn till alla de sex termiska klimatifaktorerna.

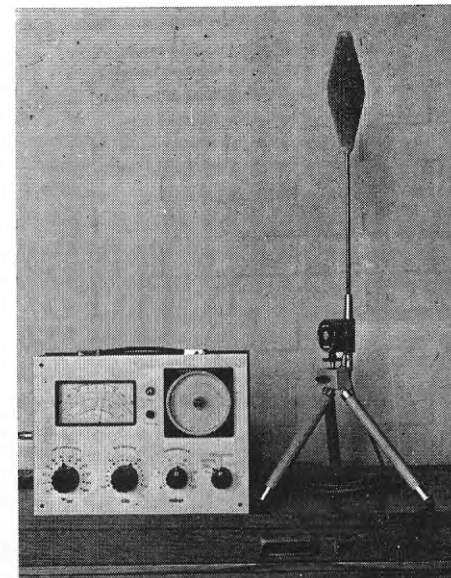
På instrumentet inställs aktivitetsnivå (W/m^2) samt klädedräktens clo-värde svarande mot klädseln på den person som vistas i det rum vars termiska klimat man önskar mäta. Vidare ställer man in luftens partialtryck av vattenånga. När instrumentet stått påslaget några minuter kan man avläsa graden av komfort enligt P O Fangers komfort index PMV (predicted mean vote) eller i PPD (predicted percentage of dissatisfied) /4/, se figur 8.

Instrumentet är försett med skrivare som registrerar de uppmätta värdena i en omloppstid av 1, 7 eller 30 timmar. En försöksserie av instrument som i första hand är tänkta för användning i de nordiska länderna (praktisk erfarenhet önskvärd) beräknas vara klar i början av 1972.

En annan typ av givare bestående av en docka, stor som en människa, har under de senaste åren konstruerats vid samma laboratorium som komfortmätare. Det gängse namnet på denna docka är termisk mannekäng (TM). I och för sig är det ingen nyhet att använda sig av givare av denna typ, eftersom Otto-Juel Jørgensen åren 1938—1945 arbetade fram den s k "Järnhenrik". Vad man nu



Figur 6. Radiometer.



Figur 7. Komfortmätaren. Bilden visar givar- och mottagardel.

åstadkommit är en vidareutveckling, där man framför allt gjort konstruktionen mera lättillverkad än den ursprungliga versionen var.

Genom inbyggda värmeslingor kan man åstadkomma önskad ytemperatur på TM. Sammanlagda antalet sektioner där

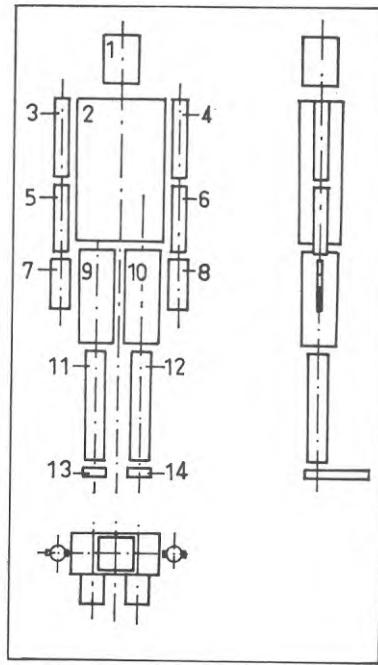
"hudtemperaturen" kan regleras är 39 stycken, se figur 9. Strålningstemperaturen mätes med termoelement som givare. Man har här möjlighet att studera hur en person upplever klimatet i ett rum beroende bl a på tjockleken på klädedräkten. Antalet informationer till databehandling är 3 744 stycken per halvtimme. Datamaskinen kan härur välja ut de informationer som är mest intressanta såsom:

- TM:s totala värmeavgivning beräknad varje halvtimme
- TM:s medelyttemperatur
- tidpunkterna för och störningarna av de enskilda sektionernas största och minsta temperaturavgivning från det normala

Sammanfattning

Vid laboriemätningar har man oftast möjlighet att använda sig av komplicerade mätutrustningar för klimatmätningar. När man skall mäta ute på fältet så saknar man måhända laboratoriets resurser i form av datalogg och andra finesser, vilket gör att man måste tillgripa enklare mätutrustningar.

Om man under fältmässiga förhållanden skall mäta det termiska klimatet synes det tillräckligt att mäta den operativa temperaturen. Den härvid vanligen använda globtermometern har alltför stor tidskonstant, 20—30 minuter, för att kunna användas vid rationella mätningar. De på senare tid använda ballongerna har väsentligt kortare tidskonstant, 2 minuter, om man använder sig av termoelement som givare. En fördel med ballonger är att man i stället för termoelement kan använda Hg-termometrar. Man slipper då en oftast tung och transportovänlig del för mottagning av signalerna från givarna. Tidskonstanten för Hg-termometrar är dock längre än för termo-



Figur 9.

1	=huvud	5	sektioner
2	=kropp	2	”
3, 4	=överarmar	2 • 3=6	”
5, 6	=underarmar	2 • 3=6	”
7, 8	=händer	2 • 2=4	”
9, 10	=lår	2 • 3=6	”
11, 12	=vader	2 • 3=6	”
13, 14	=fötter	2 • 2=4	”

element, eller ca 10 minuter. Gemensamt för båda dessa typer av givare är att de ger ett genomsnittligt värde på den operativa temperaturen utan hänsyn till den strålningsasymmetri som man vanligen har i ett rum. Man måste därför, om man vill komma åt denna strålnings-

asymmetri, använda sig av två glober åtskilda av en blank plåt.

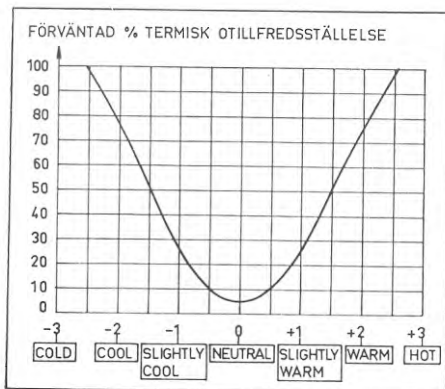
Med den givare som nu tillverkats och laborieprovats vid byggforskningsinstitutet kan man med en och samma glob mäta strålningsasymmetrin i ett rum. Globen är okomplicerad och som sådan lätt att tillverka. Den har liten tidskonstant, 1 minut, varför man snabbt kan mäta på olika platser i ett rum eller i en anläggning. När klimatet skall kartläggas så måste man förutom att mäta den operativa temperaturen även utföra andra temperaturmätningar. En registrerande mottagardel kan därför ofta bli nödvändig att använda. Man får därvid sina mätresultat automatiskt registrerade, något som i efterhand kan visa sig mycket värdefullt.

Litteratur

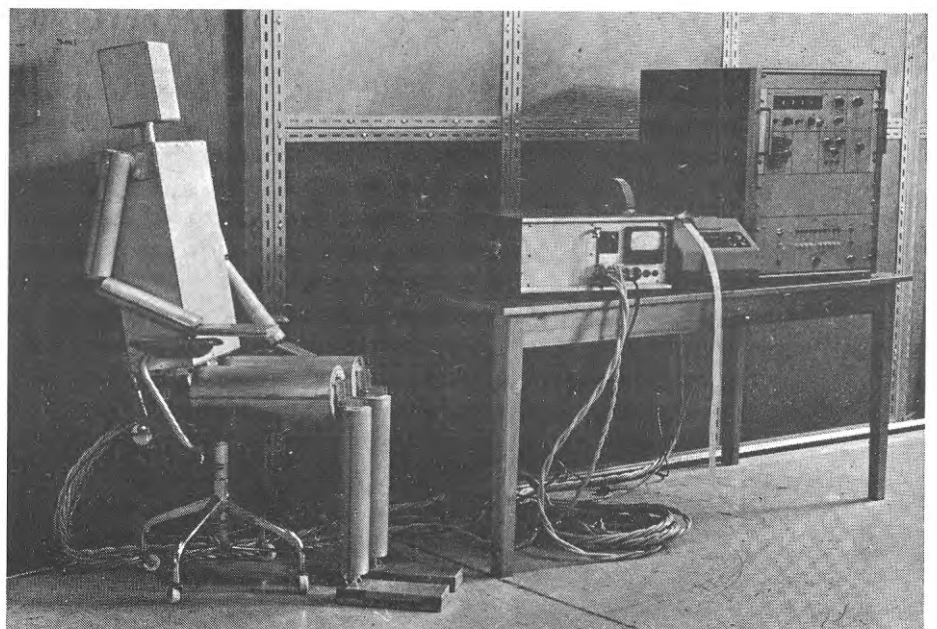
- /1/ Krause von B. Ein richtungsempfindliches Globusthermometer.
- /2/ Korsgaard, V. A New Radiometer Measuring Directional Mean Radiant Temperatures.
- /3/ Madsen, Th, Lund. A new Instrument for Measuring Thermal Comfort.
- /4/ Fanger, P O. Thermal Comfort, Teknisk Förlag, Köpenhamn 1970.

I projektgruppen "kontrollteknik för installationer" ingår:

Olov Larsson
Sven Mandorff
Anders Svensson
Folke Wancke
Bengt E Erikson



Figur 8. PMV-kurva.



Figur 10. Termisk mannekäng (TM).

RUMSLUFTENS TEMPERATUR - EN FÄLTMÄTNINGSMETOD FÖR BOSTÄDER

Björn Eldh & Bengt E Eriksson

Vill man ta reda på den ungefärliga temperaturnivån på rums-luften så räcker det måhända att mäta på en enda punkt i rum-met. Samma sak gäller om man vill jämföra temperaturnivåerna mellan olika rum. Önskar man få reda på den vertikala rums-luftstemperaturens gradient måste man mäta på minst två punk-ter belägna på olika höjd över golvet. Mäter man med mätpunk-terna belägna på ett horisontellt plan får man fram den hori-sontella lufttemperaturgradienten. Vad man i de båda fallen får reda på är alltså förhållandena inom det snäva område där man utför sin mätning. Men vilka temperaturer och gradienter har man på andra ställen i rummet? Ja säkerheten för att man har samma temperaturer även på andra punkter är inte så stor. Ju flera punkter man mäter i, desto säkrare kartlägger man naturligtvis ett rums lufttemperatur. Men man måste sätta en gräns någonstans. Denna gräns bestäms först och främst av med vilken noggrannhet man önskar kartlägga temperaturen. Det gäller då inte enbart att ta reda på den "sanna" tempe-raturen inom vistelsezonen i ett rum utan också hur exakt man vill mäta denna temperatur.

Vid byggforskningsinstitutet har omfattande fältundersökningar genomförts för att närmare studera vilka problem man stöter på då man skall mäta rumsluftens temperatur.

Undersökningens omfattning och använd mätutrustning

Undersökningen har i sin helhet utförts i flerfamiljshus av modernt utförande med byggnadsår 1968 och senare. I samtliga fall har det rört sig om traditionella byggnadskonstruktioner vad beträffar byggnadsmaterial och utförande. Glasytorna har även de hållit sig inom de för flerfamiljshusen vanligast före-kommande storlekarna. De lägenheter som har ingått i under-sökningen har med andra ord inte omfattat extrema byggnads-konstruktioner, utan tillhör de traditionella typerna.

De typer av värme- och ventilationsanläggningar som varit representerade vid undersökningarna är F, FT och FTV-system. Husen är belägna i Stockholms, Göteborgs, Jönköpings och Landskronas kommuner.

Sammanlagt har ca 40 mätserier utförts och antalet mätpunkter per serie har, beroende på rummets storlek, varierat mellan 72 och 108 stycken.

Fig 1 visar hur mätpunkterna varit placerade vid mätningarnas genomförande. Vid de första mätningarna som företogs ute-slöts en zon på 0,5 m närmast ytterväggen. Detta skedde när-mast av praktiska skäl. Bokhyllor, skåp etc är besvärliga att flytta och arbetet är också tidsödande. Mätningarna ut-fördes till en början alltså inom det skrafferade fält som visas i fig 1. Vid undersökningar i F-system mättes dock så nära ytterväggen som 0,1 m.

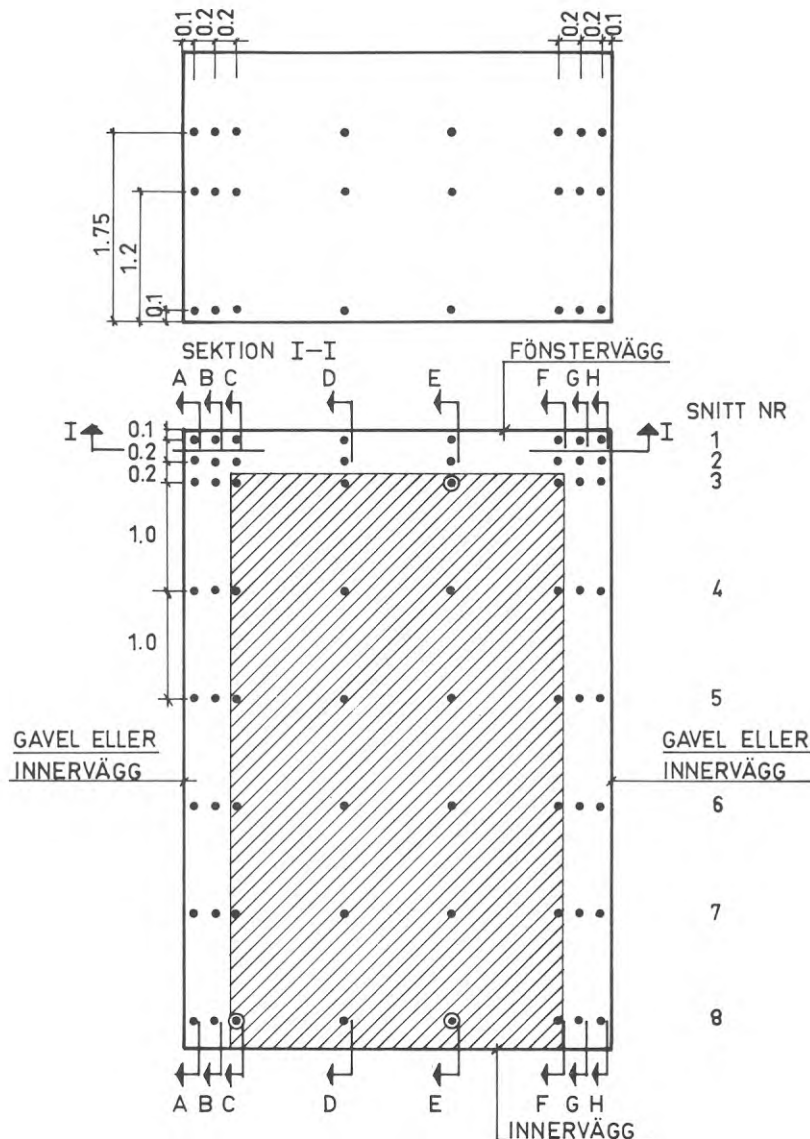


FIG 1. MÄT- OCH REDOVISNINGSSCHEMA

SAMTLIGA MÄTNINGAR BETRÄFFANDE RUMSLUFTENS TEMPERATUR HAR UTFÖRTS PÅ 0,1, 1,2 OCH 1,75 m HÖJD ÖVER GOLV (Ö.G). VID DE FÖRSTA MÄTNINGARNA UTESLÖTS EN ZON PÅ 0,5 m FRÅN VÄGGARNA (OSKRAFFERAD ZON). VID SENASTE MÄTNINGARNA UTÖKADES ZONEN ATT GÄLLA TILL 0,1 m FRÅN YTTERVÄGG. OM I FIG. VÄGG BETECKNAD "GAVEL ELLER INNERVÄGG" VAR EN INNERVÄGG UTFÖRDES INGA MÄTNINGAR NÄRMARE VÄGGEN ÄN 0,5 m.

Mätpunkterna var belägna 0,1, 1,2 och 1,75 m över golv vilket motsvarar ankelhöjd, huvudhöjd sittande respektive huvudhöjd stående person. Dessa höjder för mätpunkternas placering får vid det här laget anses som allmänt accepterade och kan därför sägas utgöra en norm för mätningar av denna typ.

Som givare användes termoelement (koppar-konstantan) kopplade till potentiometerskrivare. Termoelementtrådarna var placerade på flexibla stänger, se fig 2, som snabbt kunde flyttas mellan de olika mätpunkterna. På så sätt kunde hela rummets temperaturbild uppmätas innan temperaturändring i någon zon skedde. När man, som i dessa mätningar, placerar termoelementen invid metallstänger är det viktigt att givaren placeras så långt ifrån som möjligt. Risk finns annars att man mäter någon sorts medelstrålningstemperatur till följd av strålning från stängen [1].

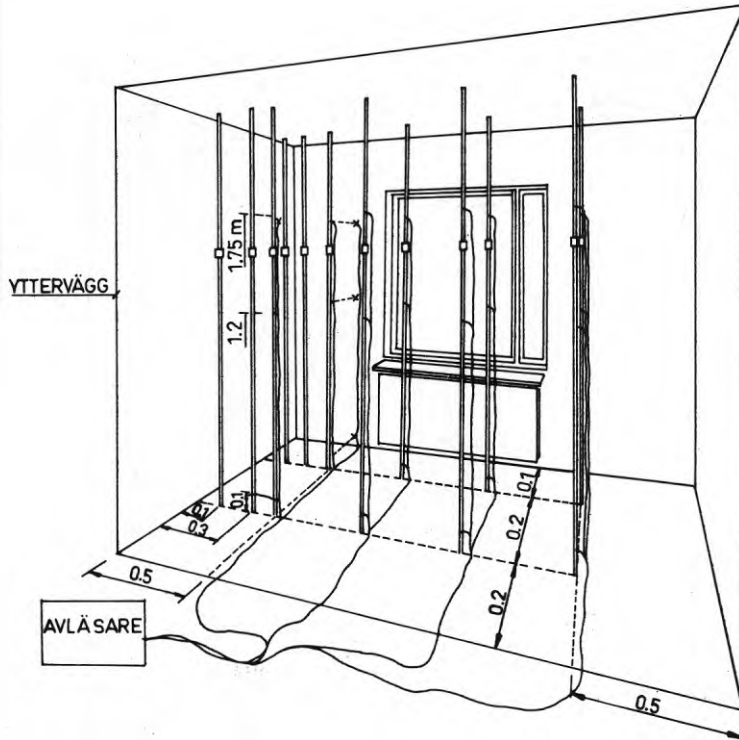


Fig 2. Figuren visar mätstationernas läge i de två snitten närmast fönsterväggen (1 och 2) då mätning skedde även utanför den zon som skrafferats i fig 1.

TEMPERATURGRADIENT
°C 1.75-0.1m ÖVER GOLV

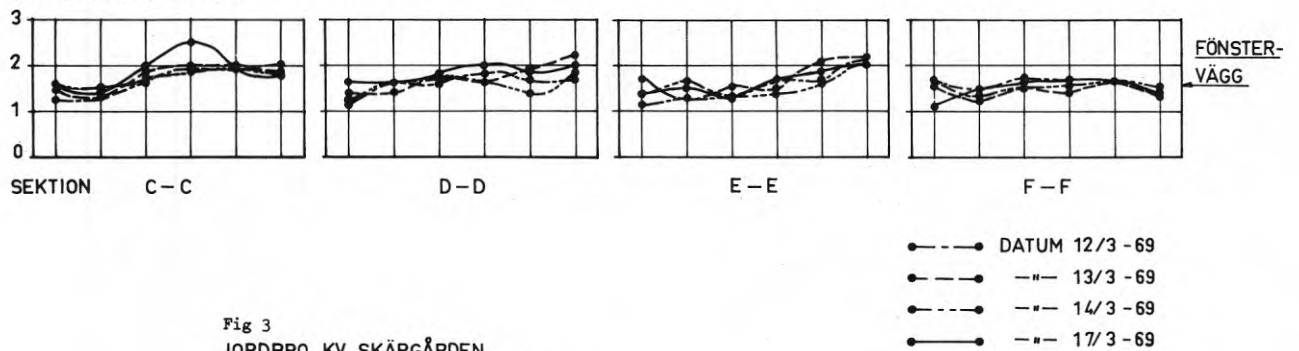
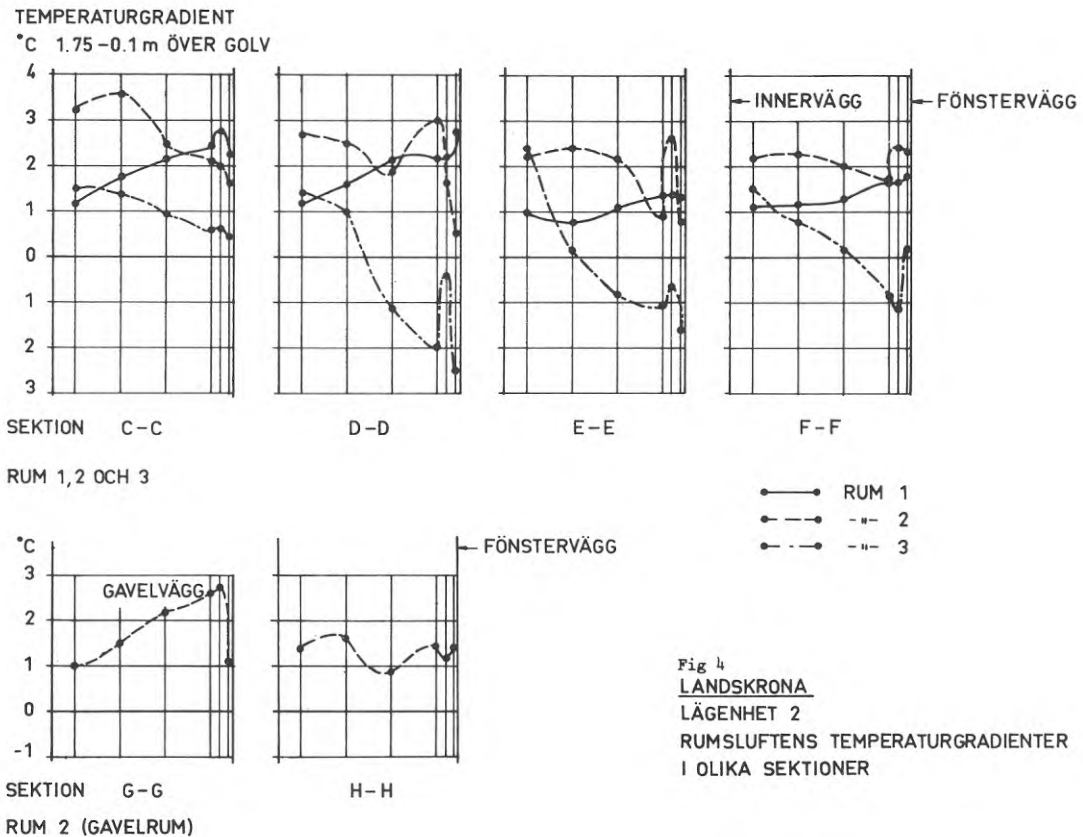


Fig 3
JORDBRO, KV. SKÄRGÅRDEN
 RUMSLUFTENS TEMPERATURGRADIENTER
 I OLIKA SEKTIONER
 (SEKTIONSINDELNING SE FIG 1)



Utetemperaturen har vid mätningarnas genomförande i stort sett legat under nollstrecket med variationer mellan + 1,3 och - 21,5°C. Vindförhållandena varierade mellan lugnt och 13 m/s. Temperaturvärdena uppmättes på platsen medan vindhastigheterna är inhämtade från närmast belägna meteorologiska station.

Eftersom det är svårt att skärma av ett termoelement för inverkan från solstrålning har samtliga mätningar utförts vid tillfällena då rummen ej varit solbelysta.

Exempel på mätresultat

Resultaten från mätningarna har bearbetats på olika sätt. Dels har kurvor över horisontella och vertikala lufttemperaturgradienter ritats upp på manuell väg, dels har en dators plotter använts för uppritning av isotermer för nivåerna 0,1, 1,2 och 1,75 m höjd över golv.

Figur 3 visar exempel på uppmätta vertikala lufttemperaturgradienter i ett rum med FT-system och figur 4 visar samma sak för ett F-system. I det senare fallet är det som synes negativa gradienter i snitten D-D, E-E och F-F. Orsaken till detta är den ovärmda luft som från springventilen, belägen över fönstret, strömmar in i vistelsezonen. Figur 5 visar exempel på lufttemperaturens isotermer 1,2 m över golv i ett FT-system.

De vid undersökningarna maximalt uppmätta vertikala lufttemperaturgradienterna är för F-system $1,8^{\circ}\text{C}/\text{m}$, för FT-system $1,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ och för FTV $1,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$. De maximalt uppmätta horisontella lufttemperaturgradienterna är för F-system $5,4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ inom den skrafferade zonen och $2,5^{\circ}\text{C}/\text{dm}$ i den oskrafferade zonen (mellan punkterna F1 och F2) FT-systemet $2,7^{\circ}\text{C}/\text{m}$ och i FTV-systemet $1,0^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Observeras bör här att mätningar inom den skrafferade zonen, som framgår av figur 1, endast utfördes för F-system. För samtliga system gäller att det inom den zon som ligger nära ytterväggen är svårt för att inte säga omöjligt att under långa perioder kunna upprätthålla ett acceptabelt klimat. Hur långt från yttervägg och in i rummet som denna zon sträcker sig är beroende av många faktorer.

Vad som här redovisats är fragment av den totala undersökningen vars omfattning skulle kräva alltför stort utrymme för att helt redovisas. Avsikten är att ge läsaren en överblick över det bakgrundsmaterial, som ingår i det förslag till norm för mätning av rumsluftens temperatur i bostadsrum med en yta $\leq 40 \text{ m}^2$ storlek, som redovisas nedan.

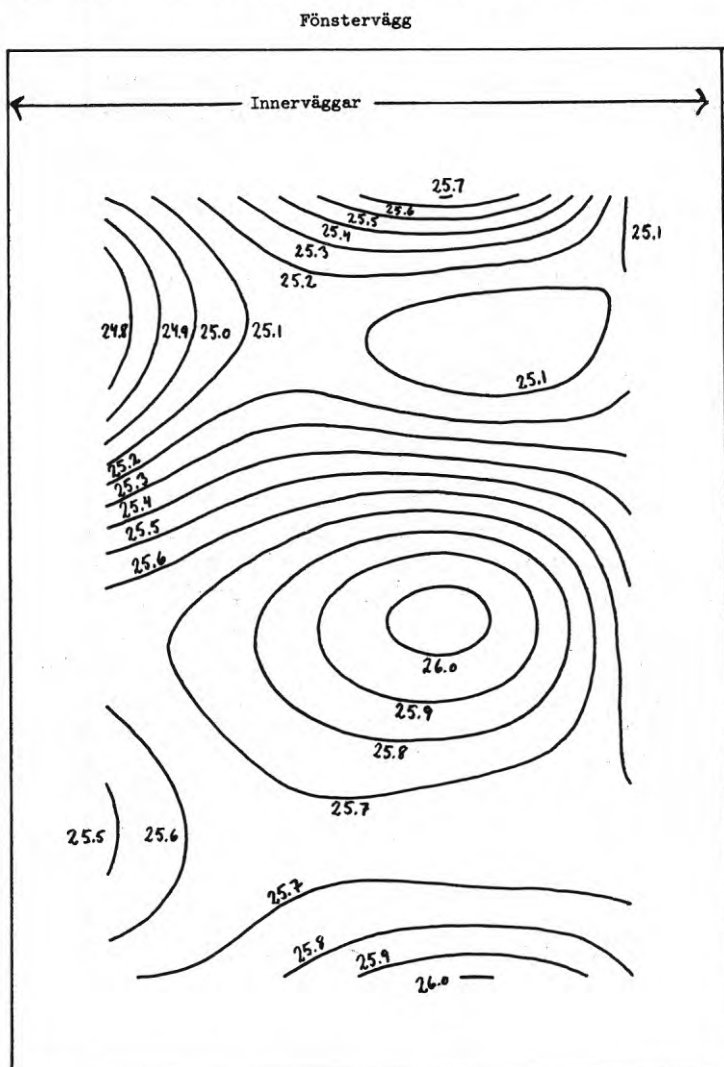


Fig 5. ISOTERMER. Ort Bergsjön. Lägenhet nr 919. Datum 25.2.70. Höjd över golv $1,20 \text{ m}$. Uppmätt max temp $25,7^{\circ}\text{C}$. Uppmätt min temp $24,8^{\circ}\text{C}$. Max Δt $0,9^{\circ}\text{C}$. Uppmätt max horisontell temp gradient $0,9^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Modell för uppskattning av lufttemperaturer

I samband med fältundersökningarna har en modell utvecklats för uppskattning av luftens temperatur inom den skrafferade zonen. Modellen avser att täcka punkterna i de tre planen utgående från ett mera begränsat antal mätpunkter. De krav man ställer på en sådan modell är:

1. Litet antal mätpunkter
Ju färre mätpunkter, desto mindre mätkostnad
2. Enkla beräkningar
Alltför avancerade beräkningsformler innebär svårigheter vid fältmässig användning.
3. Litet fel
Modellen måste ansluta sig väl till verkligheten.

Dessa tre krav drar åt olika håll, särskilt (1) och (3). Av de många olika typer av modeller som står till buds är det den linjära som bäst uppfyller punkt (1) och (2). Huruvida den uppfyller punkt (3) diskuteras nedan.

Linjär modell

En linjär modell innebär ett antagande om att temperaturen varierar linjärt i rummets X-, Y- och Z-led (bredd-, djup- och höjdled).

$$t = t_0 + a_1 \cdot (X - X_0) + a_2(Y - Y_0) + a_3(Z - Z_0) + e$$

t = temperaturen i den godtyckligt valda punkten (X,Y,Z)
 t_0 = temperaturen i punkten (X_0, Y_0, Z_0)
 a_1 = temperaturförändringen i X-led
 a_2 = temperaturförändringen i Y-led
 a_3 = temperaturförändringen i Z-led
 e = felterm

För att få en uppfattning om den linjära modellen även uppfyller punkt (3) gjorde vi en regressionsanalys på ett antal mätomgångar. I regressionsanalysen beräknas parametrarna a_1 , a_2 och a_3 så, att summan av kvadraten på felet i varje punkt blir så liten som möjligt. Man använder alltså samtliga 72 uppmätta temperaturer för att skatta de linjära förändringarna och på så sätt även temperaturerna i motsvarande punkter. Skillnaden mellan den uppmätta och den skattade temperaturen i varje punkt är lika med felet i punkten

$$t_i = t_0 + a_1(X_i - X_0) + a_2(Y_i - Y_0) + a_3(Z_i - Z_0)$$

$$e_i = t_i - t_i$$

$i = 1, 2, \dots, 72$ (antalet punkter medtagna i regressionsanalysen)

Medelfelet

$$e_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{72} e_i^2}{72-1}}$$

är det mått man i allmänhet använder för en modells anslutning till verkligheten. Medelfelet vid regressionsanalysen blev $0,22^{\circ}\text{C}$ och är i stort sett av samma storleksordning för de olika systemen.

Antalet mätpunkter

Vi uppskattade nu parametrarna a_1 , a_2 och a_3 med hjälp av 2, 3, ..., 8 punkter. Medelfelet beroende av antalet punkter beskrivs i figur 6. Då medelfelet nedgår till acceptabel nivå ($0,27^{\circ}\text{C}$) vid medtagande av 6 mätpunkter, och ytterligare mätpunkter ej innebär nämnvärd minskning av felet, beslöt vi att använda oss av detta antal punkter i modellen. Därmed ansåg vi modellen uppfylla även punkt (3). Vi förändrade modellen en aning så tillvida att vi bildade två submodeller omfattande 3 mätpunkter i vardera två horisontella plan 0,1 m över golv och 1,75 m över golv, se figur 7.

Egenskaper hos modellen

För en given höjd varierar temperaturen linjärt i X- och Y-led, dvs för en given höjd är alla gradienter i X- och Y-led lika. Gradienter i Z-led varierar linjärt.

$$g = g_0 + a_1 \cdot (X - X_0) + a_2 \cdot (Y - Y_0) + e_g$$

g = vertikala gradienter i den godtyckligt valda punkten (X,Y)
 g_0 = vertikala gradienter i punkten (X_0, Y_0)
 e_g = gradientens felterm

Användning av modellen

Mätningar utförs i tre punkter (se figur 7) i vardera 2 plan, 0,1 m över golv och 1,75 m över golv. Med hjälp av dessa 3 mätvärden kan man uppskatta temperaturen i samtliga punkter i samma plan. Uppskattning av temperaturer i plan 2, 1,2 m över golv erhålls genom ett vägt (omvänt proportionellt mot avståndet) medelvärde av temperaturen i motsvarande (X,Y)-punkt i plan 1 och plan 3.

$$t_{p2} = (t_{p1} + 2 \cdot t_{p3})/3$$

t_{p1} , t_{p2} och t_{p3} är temperaturer i plan 1, 2 och 3.

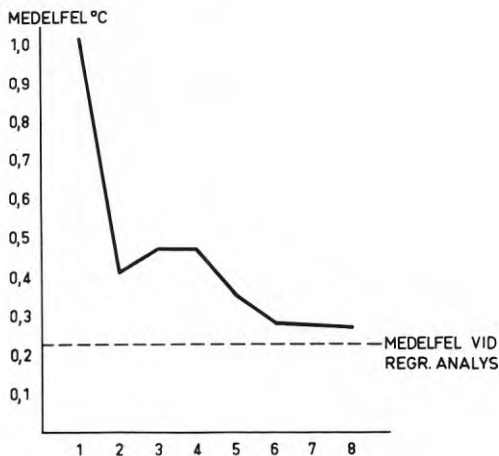


FIG 6 MEDEFELETS BEROENDE AV ANTALET MEDTAGNA MÄTPUNKTER.

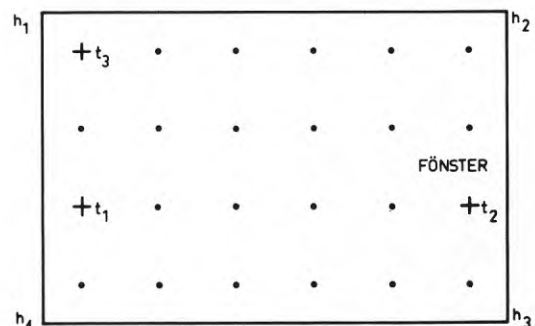


FIG 7 MEDTAGNA MÄTPUNKTER 0,10m OCH 1,75m ÖVER GOLV.

Exempel

De tre uppmätta temperaturerna betecknas i plan 1 t_1 , t_2 och t_3 och i plan 3 t_4 , t_5 , t_6 . Temperaturerna i hörnpunkterna i plan 1, h_1 , h_2 , h_3 och h_4 betecknas t_{h1} , t_{h2} , t_{h3} och t_{h4} . Temperaturerna i hörnpunkterna i plan 3, h_5 , h_6 , h_7 och h_8 betecknas t_{h5} , t_{h6} , t_{h7} och t_{h8} .

Plan 1 0,1 m över golv

$$t_1 = 20,8^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 20,2^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 21,0^\circ\text{C}$$

$$t_{h1} = t_3 = 21,0^\circ\text{C}$$

$$t_{h2} = t_2 - t_1 + t_3 = 20,4^\circ\text{C}$$

$$t_{h3} = t_2 + \frac{t_1 - t_3}{2} = 20,1^\circ\text{C}$$

$$t_{h4} = t_1 + \frac{t_1 - t_3}{2} = 20,7^\circ\text{C}$$

$$t_{m1} = (t_1 + 2t_2 + t_3)/4 = 20,6^\circ\text{C}$$

Plan 3 1,75 m över golv

$$t_4 = 21,0^\circ\text{C}$$

$$t_5 = 23,2^\circ\text{C}$$

$$t_6 = 21,8^\circ\text{C}$$

$$t_{h5} = t_6 = 21,8^\circ\text{C}$$

$$t_{h6} = t_5 - t_4 + t_6 = 24,0^\circ\text{C}$$

$$t_{h7} = t_5 + \frac{t_4 - t_6}{2} = 22,8^\circ\text{C}$$

$$t_{h8} = t_4 + \frac{t_4 - t_6}{2} = 20,6^\circ\text{C}$$

$$t_{m3} = (t_4 + 2t_5 + t_6)/4 = 23,3^\circ\text{C}$$

där t_{m1} och t_{m3} är medeltemperaturen i plan 1 resp 3.

Då alla skattade temperaturer i plan 2 är ett vägt medelvärde av motsvarande mätpunktstemperatur i plan 1 och plan 3, nöjer vi oss med att beräkna medeltemperaturen, vilken också får representera medeltemperaturen i rummet.

$$t_m = t_{m2} = (t_{m1} + 2 \cdot t_{m3})/3 = 22,4^\circ\text{C}$$

$$t_{\max} = \max(t_{hi}) = 24,0^\circ\text{C}$$

$$t_{\min} = \min(t_{hi}) = 20,1^\circ\text{C}$$

Gradienter

Beräkningarna avser exempel enligt figur 7 med 1 m mellan koordinatpunkterna i såväl X- som Y-led. I nämnaren står alltså avståndet mellan de mätta punkterna.

$$g_{x1} = \text{gradient i X-led i plan 1} = \frac{t_3 - t_1}{2} = 0,1^\circ\text{C/m}$$

$$g_{x3} = \text{gradient i X-led i plan 3} = \frac{t_6 - t_4}{2} = 0,4^\circ\text{C/m}$$

$$g_{y1} = \text{gradient i Y-led i plan 1} = \frac{t_2 - t_1}{5} = -0,1^\circ\text{C/m}$$

$$g_{y2} = \text{gradient i Y-led i plan 3} = \frac{t_5 - t_4}{5} = 0,4^\circ\text{C/m}$$

$$g_{z1} = \frac{(t_{h5} - t_{h1})}{1,65} = 0,48^\circ\text{C/m}$$

$$g_{z2} = \frac{(t_{h6} - t_{h2})}{1,65} = 2,18^\circ\text{C/m}$$

$$g_{z3} = \frac{(t_{h7} - t_{h3})}{1,65} = 1,64^{\circ}\text{C/m}$$

$$g_{z4} = \frac{(t_{h8} - t_{h4})}{1,65} = -0,06^{\circ}\text{C/m}$$

$$g_{z\text{max}} = \max (g_{zi}) = 2,18^{\circ}\text{C/m}$$

$$g_{z\text{min}} = \min (g_{zi}) = -0,06^{\circ}\text{C/m}$$

$$g_{zm} = (g_{z1} + g_{z2} + g_{z3} + g_{z4})/4 = 1,06^{\circ}\text{C/m}$$

Litteraturförteckning

1. Korsgaard V, m fl. Indeklima, Polyteknisk förlag 1970.

R45: 1973

Denna rapport avser projekt 271 vid Statens institut för byggnadsforskning. Projektet drivs med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: installationer

Pris: 18 kronor