

BIM 73

SBI's INDEKLIMATISKE UNDERSØGELSER



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI-RAPPORT 90
KØBENHAVN 1974 · I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG**

SBI-rapporter

er beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af instituttet, referater af byggetekniske møder afholdt af instituttet m. m. Priserne er incl. moms.

- 1 **Økonomisk varmeisolering.** Economical Heat Insulation. Poul Becher. 1949. 2. udgave 1950. 64 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 2 **Gymnastiksalens akustik.** Acoustics of Gymnasia. Poul Becher. 1950. 4 p. A4. Danish text with a brief English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 3 **The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave-Velocity Methods.** Johs. Andersen, Poul Nerenst and Niels Munk Plum. 1950. 80 p. A4. In English. (Udsolgt. Out of print).
- 4 **Testing of 11 Danish Concrete Mixers.** Johs. Andersen, Per Bredsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels Munk Plum. 1951. 236 p. A4. In English. (Udsolgt. Out of print).
- 5 **Sammenlignende undersøgelse af træ- og stålstilladser til husbygning.** Wooden and Steel Scaffolding for Building Construction. Niels H. Krarup. 1951. 40 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 6 **Vinterbyggeri, forsøg afholdt af Statens Byggeforskningsinstitut i årene 1947-50.** Winter Construction. Experiments made by the Danish Building Research Institute in 1947-50. Niels Munk Plum. 1951. 108 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 7 **Dæk og huse.** Floor Constructions and Houses. Niels Munk Plum. 1952. 1. del: Tekst, 178 p. 2. del: Figurer, 46 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 8 **Trinlyd i beboelsesejendomme.** Impach Sound in Dwellings. Fritz Ingerslev og V. E. B. Ranfelt. 1952. 40 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 9 **Tapet, rullelængde og rapportantal.** Wallpaper, the Length of Roll and Number of Matches. Philip Arctander og Henry F. Holm. 1952. 64 p. A4. Danish text, partly also in English. (Udsolgt. Out of print).
- 10 **Trommelyd, undersøgelser over støj fra gulve.** Drum Noise from Floors. F. Larris. 1952. 28 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 11 **Mørtelsætningsstoffer til brug ved vinterbyggeri.** Mortar Admixtures for Winter Construction. Henry Dührkop. 1953. 40 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 12 **Luftlyd i beboelsesejendomme.** Airborne Sound in Dwellings. Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen. 1954. 40 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 13 **Byggetiden ved 10 eenfamiliehuse.** The Construction Time of 10 Detached Houses. 1956. 54 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 13,80.
- 14 **Prøvning af tre kontinuerlige betonblandere.** Testing of Three Continuous Concrete Mixers. Per Bredsdorff, Johannes Landbo, Poul Nerenst og Niels Munk Plum. 1956. 146 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 18,40.
- 15 **Trægitterspærter til parcel- og rækkehusbyggeri.** Roof Framing for Detached and Attached Houses. 1956. 38 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 16 **Nyere etageboligplaner. Plantypekatalog og forslag til planvurdering.** Contemporary Plans of Flats. A Catalogue of Plans with Suggested Criteria for Comparative Evaluation. Aage Dalgas Rasmussen og Finn Vedel-Petersen. 1956. 92 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 32,20.
- 17 **Projekterede spisepladser i etagehuse.** Dining Areas in Flats. Grethe Meyer. 1956. 126 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 18 **Økonomisk rørisolering.** Economic Pipe Insulation. Poul Becher og Kristian Engelsen. 1957. 94 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 19 **Problemer vedrørende installation og drift af oliefyris-anlæg.** Problems Concerning Installation and Operation of Oil-Fired Central Heating Boilers. Otto Juel Jørgensen og Frederik Olsen. 1957. 42 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 20 **El-installationer i boligbyggeri.** Electrical Installations in House Building. H. Justesen. 1957. 26 p. A4. Kr. 9,20.
- 21 **Fejl og mangler ved betonelementer i montagebyggeri.** Defects and Drawbacks of Concrete Units in Prefabricated Buildings. B. J. Rambøll. 1957. 24 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 22 **Økonomisk rørdimensionering ved centralvarmeanlæg.** Economical Dimensioning of Pipes for Central Heating Systems. Poul W. Marke. 1957. 82 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 23 **Akustiske problemer i skolebygninger.** Acoustics in School Buildings. Fritz Ingerslev, Jørgen Petersen og Jørgen Kristensen. 1957. 46 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 24 **Pudsfri beton.** Plaster-free Concrete. V. Galløe. 1958. 34 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 9,20.
- 25 **Korrosionsproblemer i byggeriet.** Corrosion Problems in Building. H. H. Arup. 1958. 24 p. A4. Kr. 9,20.
- 26 **Anlægsudgifter ved centraliserede og decentraliserede opvarmningsanlæg.** The Investments at Centralized and Decentralized Hot-Water Heating Systems. Kristian Engelsen. 1958. 36 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 13,80.
- 27 **Det lille enfamiliehus. Planeksempler og vejledning i planudformning.** The Small Single-Family House. Plan Examples and Guiding Lines. Ole Dybbroe og Grethe Meyer. 1959. 152 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 28 **Om tegls frostfasthed. En litteraturgennemgang.** On Frost Resistance of Tiles. A Survey of Literature. Jørn Jessing og H. P. Nielsen. 1958. 12 p. A4. Bilag: 20 ark A4 med ialt 160 kartotekskort. Supplement: 20 sheets, size A4, with 160 index cards. Separate translation in German and French. Kr. 18,40.
- 29 **Problemer ved licitations- og udførelsesgrundlaget for beton- og jernbetonarbejder.** Problems Relating to the Conditions and Specifications for Tenders of Concrete and Reinforced Concrete Work. R. A. Larsen. 1958. 20 p. A4. Kr. 4,60.
- 30 **Træskeletvæggen som ydervæg i lavt boligbyggeri.** Timber Frame Walls as Load-Bearing Exterior Walls in One Storey Houses. Jørgen Bryrup. 1958. 108 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 31 **Brandtekniske forsøg med entredøre.** Testing of Fire-Resisting Front Doors. Gerhard Hansen og H. Winckelmann. 1959. 18 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 9,20.
- 32 **Beregning af bærende konstruktioner ved hjælp af elektronisk cifferregnemaskine. 1. Plane konstruktioner sammensat af lige stænger.** Analysis of Loadbearing Structures by Means of Electronic Digital Computer. 1. Two-Dimensional Structures Composed of Straight Members. V. Galløe. 1959. 68 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 18,40.
- 33 **Forsøg med større centralvarmekedel i Stationsparken.** Test on a Boiler in a Central Heating Plant. P. Olufsen og Poul H. Rasmussen. 1959. 54 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).

Bibliotekseksemplar

15. JUL. 1974

ex 2

Fortegnelsen fortsætter på omslagets næste inderside

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

BIM 73

SBI's indeklimatiske undersøgelser

Civilingeniør, dr. techn. Poul Becher, SBI

Civilingeniør Ove Nielsen, SBI

Civilingeniør Ole Valbjørn, SBI

Civilingeniør Erik Christophersen, SBI

SÆRTRYK AF VVS

INDHOLD

FRISKLUFTMÆNGDER

civilingeniør, dr. techn. Poul Becher, SBI
VVS nr. 5, 1973 3

LUFTFUGTIGHED

civilingeniør, dr. techn. Poul Becher, SBI
VVS nr. 8, 1973 6

SKÆV STRÅLING

civilingeniør *Ove Nielsen*, SBI
VVS nr. 3, 1973 8

INDEKLIMA I INDUSTRIEN

civilingeniør *Ole Valbjørn*, SBI
VVS nr. 7, 1973 11

REFERENCEÅR. VEJRDATA FOR VVS-TEKNISKE BEREGNINGER

civilingeniør *Ole Valbjørn*, SBI
VVS nr. 9, 1973 13

PLANLÆGNING AF PASNING OG VEDLIGEHOLDELSE (1)

civilingeniør *E. Christophersen*, SBI
VVS nr. 4, 1973 17

PLANLÆGNING AF PASNING OG VEDLIGEHOLDELSE (2)

civilingeniør *E. Christophersen*, SBI
VVS nr. 10, 1973 21

PLANLÆGNING AF PASNING OG VEDLIGEHOLDELSE (3)

civilingeniør *E. Christophersen*, SBI
VVS nr. 12, 1973 25

UDK 697.921/922
697.137
697.1:536.33
697.97:725.4
551.506:697.132
697.004.5

BIM, Byggeriets Indeklima Målestation.

Adresse: Statens Byggeforskningsinstitut, Postboks 119, 2970 Hørsholm

ISBN 87 563 0170 7

Friskluftmængder

Civilingeniør, dr. techn. P. Becher,
Statens Byggeforskningsinstitut.

Historie

Det har igennem et par århundreder været diskuteret, hvor megen friskluft det er nødvendigt og rimeligt at tilføre opholdsrum.

I begyndelsen troede man, at ilten blev ødelagt af de tilstedeværende, men den franske kemiker Lavoisier, der blev henrettet under revolutionen, påviste, at kuldioxidindholdet steg under opholdet, og at forværringen intet havde at gøre med ilten. I 1862 viste tyskeren Pettenkofer, at det ikke var kuldioxidindholdet, der gjorde luften dårlig. Derefter kom man på den idé, at det var de menneskelige uddunstninger, der forværrer luften, og at det stigende kuldioxidindhold var et mål herfor. Helt op omkring 1900 blev det påstået, at man kunne få tuberkulose af dårlig luft, og det blev anbefalet at anvende op til 40 m³/h friskluft pr. person. Det var hollænderen Hermann, der i 1883 fremsatte den korrekte hypotese, at det var legemets mulighed for varmeudveksling med omgivelserne, der er afgørende for, om opholdet i et rum føles behageligt, og beviset blev ført af tyskeren Flugge i 1905. I 1936 påviste så endelig amerikaneren Yaglou, at rumluftens indhold af lugtstoffer kunne anvendes som et mål for dens friskhed.

I dag er man klar over, at luftens friskhed intet betyder for helbredet, og at smitte heller ikke normalt overføres gennem rumluften, men ved berøring og dråber fra hosten og nysen. Hvis den lugt, der er i rummet, er tålelig, og legemet kan komme af med varmeproduktionen, er frisklufttilførslen underordnet. Spørgsmålet om friskluft er nu anbragt, hvor det hører hjemme, som et spørgsmål om

Friskluftmængden ved komfortventilation er den vigtigste dimensionerende størrelse. BIM har igennem nogen tid samlet erfaringer, så der kan gives konkrete tal for de nødvendige mængder.

komfort, og spørgsmålene om sundhed eller at overleve er i denne forbindelse irrelevante.

Måling

Problemet er derefter at måle lugtindholdet. Det er svært, og det er heller ikke lykkedes at angive en objektiv målemetode.

Lugt er nemlig noget meget kom-

pliceret. Lugtesansen er en advarselsans og skal derfor stadig være parat til at bemærke ny indtryk. Lugtesansen sløves derfor hurtigt; folk, der kommer ind udefra i et rum, hvor der har været holdt møde i flere timer, er lige ved at falde om og synes, at luften er, så man kan »skære« i den, mens de tilstedeværende intet bemærker. På den anden side restitueres

rummets anvendelse	personers alder	friskluft	rum-	rygning eller særlig lugt	observatørs bedømmelse		Yaglou's bedøm- melse
		m ³ /h pr. person	volumen m ³ pr. person		ind udefra	i rum	
skole	14 år	5	7	nej	3		3-4
-	børn	5	9	-	3		3
-	-	5	9	-	2		3
-	voksne	7,4	4	-	3		3-4
-	16 år	8,6	8,6	-	2-3	1-2	3
-	børn	11	6	-	2		3
-	16 år	12	7,5	-	1-2	1	2-3
-	børn	12	7	-	2		2-3
-	-	12	7	-	2		2-3
-	-	15	7	-	1-2		1-2
-	-	15-20	-	-	1-2		1
-	14-15 år	19	10	-	1	0	1
kontor	voksne	22,6	4	ja	2	1	
skole	16 år	25	7	nej	1	0	1
-	voksne	27	10	ja	2	0-1	
-	-	27	13	meget lidt	1-1,5		1-2
-	-	27	13	lidt	1-2,5		
-	16-17 år	28	8,6	nej	1	0	1
system	voksne	30	19	-	3	2	
kontor	-	36	17	ja	0-1	0	
sygestue	ældre	37	25	nej	0-1		
-	-	37	25	skiften bind	2-3		
kontor	voksne	68	70	ja	0-1	0-1	
-	-	70	15	-	1	0	
mødesal	-	80	13	meget	2		
kontor	-	100	11	ja	0	0	
-	-	150	14	-	0	0	
-	-	150	30	-	0-1	0-1	
-	-	150-200	45	lidt	0	0	

Fig. 1. Bedømmelse af ventilationsforholdene i forskellige rum, foretaget i årene 1969-71 af BIM's personale. Tallene fra mødeværelset er taget fra fig. 2 og Yaglou's bedømmelse fra fig. 4.

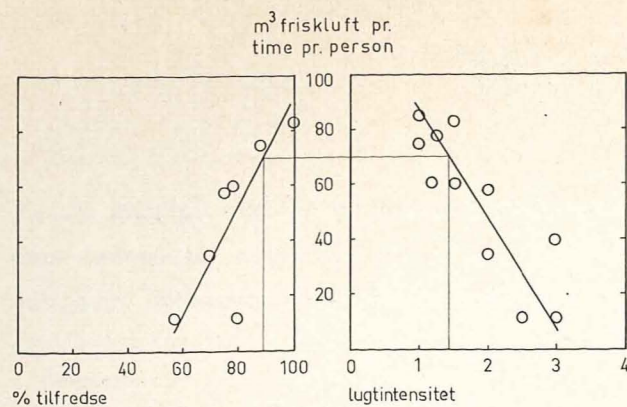


Fig. 2. Friskluftmængdens betydning for lugtintensiteten i et mødeværelse med ca. 50 personer og 13 m³ rum pr. person. Der ryges meget kraftigt under møderne, og vinduerne må ikke åbnes. Målt i jan.-feb. 1969 og maj-juni 1969. Abscissen t.v. er det procentiske antal personer, der var tilfredse med luftens kvalitet ved mødernes slutning. Kurven t.h. angiver lugten af tobaksrøg bedømt af observatører, der kom ind udefra umiddelbart efter møderne.

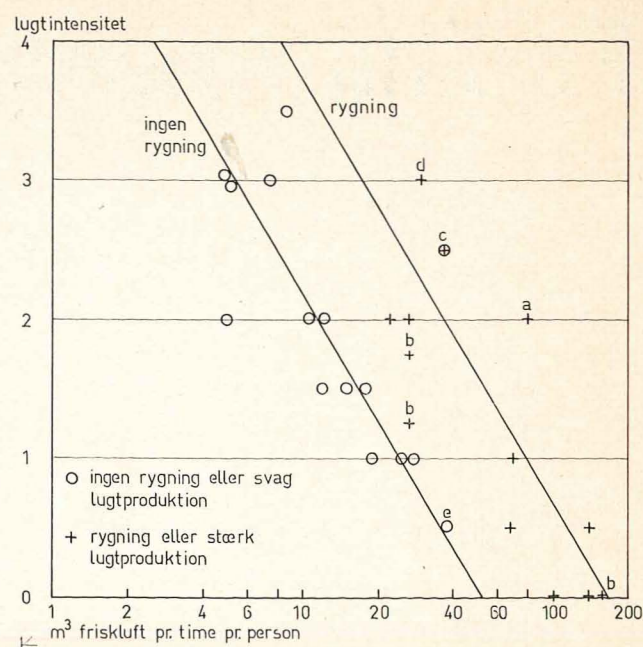


Fig. 3. Lugtintensitetsbedømmelserne fra fig. 1 og 2 afbildet grafisk. Punkt a meget kraftigt rygning, b kun lidt rygning, c sygestue med kraftig lugtproduktion, d systue, e sygestue i hvile.

lugtesansen ved få minutters ophold udendørs. De forskellige lugte kan også sløre eller overdøve hinanden, og det samme stof giver ikke samme »lugt« i svag og stærk koncentration. Lugtesansen er ydermere afhængig af psykiske og fysiologiske forhold, f. eks. lugter stegt lever ikke lige godt, når man er sulten, og når man er mæt. På den anden side er lugtesansen overordentlig fin, og det er utroligt små koncentrationer, man kan spore.

Til at bedømme lugt må derfor anvendes subjektive metoder. Det viser sig, at hvis der anvendes 5 personer til bedømmelsen, vil resultatet være reproducerbart. Det er sædvanen at anvende 5 kriterier:

- 0 frisk
- 1 lige mærkbar lugt
- 2 tålelig lugt
- 3 stærk lugt
- 4 meget stærk lugt,

og det er almindeligt at stille mod nr. 2, tålelig lugt i ventilerede rum.

Erfaringer

BIM har efterhånden samlet oplysninger fra henved 30 forskellige rum, klasserum for børn og voksne, kontorer, sygestuer, møderum og fabrikker. Resultaterne er samlet i fig. 1.

Lugtintensiteten er bedømt af for-

skellige personer i de forskellige rum. Der ses at være en forbløffende god overensstemmelse med Yaglou's diagram, som er vist på fig. 4; det skyldes naturligvis, at bedømmelsen er foretaget af øvede personer. Yaglou bedømmer måske en smule strengere, men det skyldes formentlig, at den hygiejniske standard trods alt er noget højere i dag, 40 år efter Yaglou's undersøgelser.

Det ses også på fig. 1, at de tilstedeværendes bedømmelse af lugtintensiteten ligger en grad lavere end for observatørerne; de tilstedeværende har vænnet sig til lugten. Fra svenske undersøgelser vides, at også andre faktorer end friskluftmængden påvirker de tilstedeværendes opfattelse, formodentlig først og fremmest ventilationsanlæggets evne til at fastholde temperaturen.

På fig. 3 ses, at alle resultaterne samler sig nydeligt om to parallelle linier, henholdsvis med og uden rygning eller særlig lugtproduktion. Så snart der sker en lugtproduktion udover den, let beskæftigede, ikke rygende personer afgiver, stiger den nødvendige friskluftmængde stærkt. For at holde samme lugtintensitet ved »normal« rygning skal der tre gange så megen friskluft til som ved ingen rygning!

Bestemmelse af friskluftmængden

Alt dette underbygger de erfaringer, der er nedfældet i litteraturen til bestemmelse af den friskluftmængde, der er nødvendig i et ventileret rum for at holde en bestemt lugtintensitet, og der kan opstilles følgende regler for almindelige komfort-ventilationsanlæg:

- 1 Lugtintensiteten og dermed friskluftmængden er kun et komfortproblem; den har intet med sundhed at gøre; friskluftmængden har heller ingen indflydelse på smittespredning.
- 2 Lugtintensiteten kan kun bedømmes subjektivt ved brug af øvede observatører, der kommer ind udefra.
- 3 Det er luftens kemiske sammensætning, der er afgørende for, om den lugtmæssigt føles behagelig. Det er de menneskelige uddunstninger, sved, ånde, klædedragt osv., der for en stor del bevirker, om luften føles frisk eller ej.
- 4 Personers afgivelse af lugt er afhængig af kostvaner og hygiejnisk standard.
- 5 Hvor man kommer ind direkte fra fri luft for et kortere besøg, er førstehåndsindtrykket afgørende,

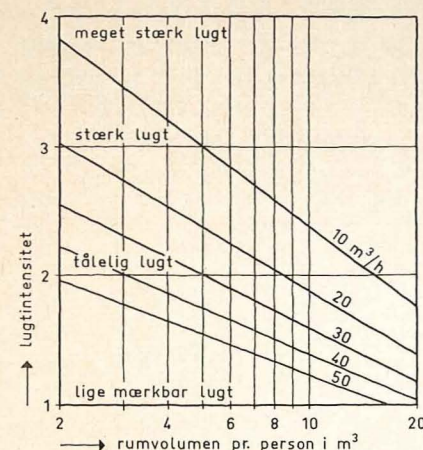


Fig. 4. Diagram til bestemmelse af friskluftmængden i et ventileret rum for at holde en bestemt lugtintensitet i et rum, hvor personerne er beskæftiget med stillesiddende arbejde, og der ikke er nogen særlig lugtproduktion ved rygning eller arbejdsprocesser. Lugtintensiteten er bedømt ved førsteindtryk. Efter Yaglou.

og her kræves mere friskluft, end hvor man opholder sig i længere tid og tilvæner sig.

- 6 Børn afgiver mere kropslugt end voksne.
- 7 Lugtintensiteten, der skyldes kropslugt, stiger med temperaturen og luftfugtigheden.
- 8 Recirkuleret luft har ingen indflydelse på lugtintensiteten.
- 9 De sædvanlige luftbehandlingsprocesser, filtrering, køling, vaskning og affugtning, regenererer i nogen grad luften.

Praksis

Ved udførelsen og driften af anlæggene kan gives følgende råd til overvejelse:

1. friskluftindtag vendes mod den

- 10 Friskluften må filtreres for støv.
- 11 Jo mindre rumvolumen der er pr. person, jo mere friskluft kræves.
- 12 Hvor der er lugtproduktion, udover afgivelse af den sædvanlige kropslugt, f. eks. ved rygning eller fabrikation, skal friskluftmængden forøges hen imod det tredobbelte for at holde samme lugtintensitet, og ved stærk rygning endnu mere.
- 13 Ved fabrikation, hvor der tilføres luftfarlige stoffer, må den nødvendige friskluftmængde beregnes ud fra målinger af forureningsmængden, der produceres. Den tilladelige koncentration af forureningen findes i tabeller over MAK-værdier, men det tilrådes at holde sig langt under grænsen ved særligt farlige stoffer – tænk på, om De selv ville stå og arbejde i det lokale dag efter dag.
- 14 Anvend diagrammet på fig. 4. Da bedømmelserne her er sket ved førsteindtrykket, bør der i rum med stillesiddende arbejde og ingen særlig lugtproduktion fra rygning eller arbejdsprocesser stræbes efter at holde en lugtintensitet på 2, tålelig lugt.

side, hvor der er mindst lugt, støv og røg fra afkastningsåbninger, garager, parkeringspladser, gader, køkkener, skorstene, fabrikker o. lign.

2. friskluftindtaget vendes helst mod nord, hvor der er mest køligt. Bedst er det at vende det mod have- eller parkanlæg.
3. friskluftindtaget skal hæves mindst 5 m over terræn.
4. hvert anlæg sit friskluftkammer, så de ikke influerer på hinanden.
5. det må med mellemrum kontrolleres, om automatiske spjæld arbejder rigtigt.
6. med mellemrum må det kontrolleres, om den minimale friskluftmængde ved koldt vejr er tilstrækkelig.
7. filtrets tilstand må jævnligt kontrolleres, pas på ved monteringen og udskiftningen af cellerne, at der ikke bliver utætheder.
8. totalluftmængden, altså mængden af friskluft + recirkuleret luft, må også kontrolleres med mellemrum.

Litteratur

- P. Becher, Varme og ventilation, bd. 3, kap. 5.2, København 1972.
P. Becher og O. Valbjørn, Byggeriets indeklima målestation, Byggeindustrien 1969, side 838-40.
C. P. Yaglou, E. C. Riley and D. L. Coggins, Ventilation Requirements, H.P.A.C., New York 1936, page 65-76.

Luftfugtighed

Civilingeniør, dr. techn. Poul Becher,
Statens Byggeforskningsinstitut

Der installeres stadigvæk befugtningsanlæg i forbindelse med komfortventilationsanlæg, selvom adskillige har påvist, at det er overflødigt, som det fremgår af denne artikel.

Det må med det samme fastslås, at mennesket ikke kan mærke forskel på de relative luftfugtigheder, der almindeligvis forekommer her i landet udendørs eller indendørs. Mennesket har ingen sans, der kan mærke, om det er tørt eller fugtigt. Desuden har luftfugtigheden ingen påviselig virkning på helbredet.

Det er klart, at det må være sådan, ellers kunne mennesker jo ikke leve overalt her på jorden, på Malakka-halvøen, på Grønland eller i Sahara.

Behagelighedsfølelsen

Indtil for få år siden var det en almindelig antagelse, at behagelighedsfølelsen inden døre var afhængig af både temperatur og fugtighed. Men amerikanske undersøgelser [1] i 1958 viste, at alle de gamle komfort-charts var forkerte, de var baserede på korttidsophold, så vanddampoptagelsen i klæderne spillede en dominerende rolle. De ny undersøgelser viste, at på et almindeligt ix-diagram var området for optimal behagelighed både sommer og vinter en ret linie fra 25,4°C og 30 % RF til 24,8°C og 85 % RF.

Dette og andre, endnu nyere undersøgelser, bl. a. Fangers, er anvendt til optegning af det nye ASHRAE komfort-chart [2], hvortil der henvises.

Slimhinderne

En ny dansk undersøgelse [3] har vist, at der ingen forskel er i bevægelsen af slimhinderne i næsen eller luftmodstanden i næsen ved fire luftfugtigheder, 10, 30, 50 og 70 % RF.

Dette skyldes det meget effektive system, der er i næsen til befugtning af luften, så luften altid er fugtmættet, når den når ned i halsen, forudsat naturligtvis, at vejret trækkes gennem næsen. Det var heller ikke muligt at påvise nogen sammenhæng mellem slimhinderne bevægelse og infektioner i luftvejene.

Undersøgelser i praksis

Indeklimaet er det samme i beton- og teglstenshuse, viser en svensk undersøgelse [4]. Det er ikke muligt at påvise målelige forskelle. Det skyldes, at fugtabsorptionen i bohav og tekstiler er så stor, at materialet i bygningskonstruktionerne ikke spiller nogen rolle i almindelige beboelsesrum.

I almindelige boliger ligger luftfugtigheden langt højere end det almindelige antages, som vist på fig. 1 fra nogle danske målinger i vinteren 1957-58 [5]. I boliger kommer man ikke under 30 % RF. Det vil i hvert fald kun blive muligt efter ganske enkelte, særlig lange kuldeperioder, eller hvis der holdes meget høj temperatur, hen mod 30°C.

Rum	Temperatur i °C			Luftfugtighed i % RF		
	Variationsområde	Maksimum	Gennemsnit	Variationsområde	Maksimum	Gennemsnit
Opholdsstuer	20-25	27	22	30-55	60	45
Soveværelser	17-20	25	18	30-65	70	50
Køkkener	17-20	22	18	40-70	100	60

Fig. 1. Temperatur og relativ luftfugtighed i centralopvarmede lejligheder i varmesæsonen. Variationsområdet angiver grænserne for døgnmidlet, maksimum er det maksimale, der bør regnes med. Gennemsnittet er for en række kontinuerte registreringer i 5 lejligheder i 3½ måned.

I Sverige [6] er der i vinteren 1966 udført en undersøgelse af forholdene i 9 store kontorbygninger spredt over hele landet. Kontorpersonalet udtalte sig om luftens fugtighed samtidig med, at der blev målt. Det viste sig om vinteren, at omtrent lige store dele af personalet syntes, at luften var for tør, og at den var passende, uanset om luften i virkeligheden var tør eller fugtig (grænsen for passende var sat ved 22°C og 30 % RF). Om sommeren bedømte personalet luftfugtigheden på en helt anden måde, betydeligt flere var tilfredse selv med meget lave fugtigheder, og ingen syntes, at fugtigheden var for stor, selvom den lå helt oppe på 60-90 % RF. Andre udenlandske undersøgelser viser ligeledes, at der ikke er overensstemmelse mellem folks udsagn og den virkelige fugtighed.

En norsk undersøgelse i skoler [7] viser, at først når udetemperaturen i Oslo kommer ned under ± 12 à ± 14 °C, bliver den relative luftfugtighed inden døre under 30 %. Selv et så ekstremt koldt sted som i Røros, er det ikke nødvendigt at anvende luftbefugtning i skolerne.

En dansk undersøgelse i skoler [8] kommer til samme resultat, at luftbefugtning i skoler formentlig gør mere skade end gavn.

En anden dansk undersøgelse [9] konstaterer ligeledes, at der i skoler med friskluftskifte op til 5 gange i timen ikke er behov for luftbefugtning. Elevernes vanddampafgivelse bevirker, at luftfugtigheden altid bliver højere, end hvad man kunne betegne som den nedre komfortgrænse svarende til ca. 30 % RF ved 22-24°C.

En kanadisk undersøgelse [10] finder, at i boliger - selv i kolde områder i Canada - ligger den relative luftfugtighed i snit mellem 25 og 30 %.

Beregninger

Det har ofte været forsøgt at opstille beregninger over luftfugtigheden indendørs. Det er imidlertid umuligt ved moderate friskluftskifter, idet fugtabsorptionen i møbler, tekstiler og bygningskonstruktioner er dominerende i forhold til luftens fugtindhold, således at bohavet modvirker som en stødpude. Variationerne i udeluftens fugtindhold er underordnede, når der er tale om kortere perioder.

I et almindeligt kontor er noget i retning af 1000 kg materialer af forskellig art pr. person, og variationen i fugtindholdet i disse ligger omkring 5 vægt-% i det område, der kan blive tale om, d. v. s. 50 kg vand kan afgives eller absorberes. Hvis der er en friskluftmængde pr. person på 30 m³/h, kan fugtindholdet heri højst svinge 2 g pr. kg, altså i løbet af et døgn kun 1-2 kg vanddamp. Da man endnu ikke er i stand til at regne på ikke-stationære forhold ved fugtakkumulering, er det klart, at der ikke kan komme noget realistisk ud af beregninger over, hvilke luftfugtigheder der vil blive i et rum under ikke-stationære forhold.

Statisk elektricitet

Det hævdes, at luften i kontorer i mange tilfælde må befugtes for at undgå statisk elektricitet, navnlig når der anvendes gulvtæpper.

Det er naturligvis rigtigt, at ved høje luftfugtigheder bliver tæppernes elektriske modstand nedsat, så de kan aflede personernes opladning, men det er en noget bagvendt måde at løse sagen med befugtning.

Det er nemlig muligt at fremstille

tæpper både med uld og syntetiske fibre, der har sådanne egenskaber, og holdbare egenskaber, at de ikke vil give gener med statisk elektricitet. Der findes nu rutineprøver til bestemmelse af tæppers elektrostatiske egenskaber [11] og sådanne prøver kan udføres af

DANSK TEXTIL INSTITUT
Gregersensvej, 2630 Tåstrup
Tlf. (01) 99 88 22

I eksisterende bygninger, hvor der findes tæpper eller andre gulvbelægninger med uheldige elektrostatiske egenskaber, må man om fornødent sprøjte med antistatiske midler, indtil tæpperne engang bliver udskiftede.

Udtørring

For lav fugtighed vil medføre, at træværk udtørres, idet fugtabsorptionen kun afhænger af luftens relative fugtighed.

Det er ikke noget problem ved moderne møbler og inventar af ordentlig kvalitet, hvor der er anvendt afspærret træ eller spånplader samt limsorter, der kan tåle fugtændringer.

Men ved ældre møbler, hvor der er anvendt massivt træ og gammeldags snedkerlim (benlim), vil træet svinde og limen udtørre, når de flyttes til et varmt rum, hvor den relative fugtighed er lavere end på stedet, de kom fra.

Sammenfatning

Det er her i landet ved komfortventilation, enten naturlig eller mekanisk, i almindelighed ikke nødvendigt at anvende luftbefugtning. Den relative luftfugtighed vil uden særlige foranstaltninger holde sig inden for området 30-70 % RF, som må anses for passende, og kun undtagelsesvis enkelte dage i særlig lange, kolde perioder nærme sig den laveste grænse, 20 % RF, der kan tolereres.

Mennesket kan ikke mærke, om luften er tør eller fugtig, under de forhold man sædvanligvis kommer ud for her i landet. De fornemmelser, man har herom, må være psykisk begrundede eller have helt andre årsager, f. eks. ubehaget ved for høje rumtemperaturer eller støv.

Luftens relative fugtighed har ingen indflydelse på sundheden, det er i hvert fald aldrig blevet påvist.

Hvis det er nødvendigt at anvende

luftbefugtning, enten fordi der arbejdes med et meget højt frisklufttilskud eller af hensyn til industrielle processer, kan følgende regler gives:

Ved komfortanlæg bør ikke holdes højere fugtighed end 40 % RF. Bygningskonstruktionerne må udformes således, at der ikke kan opstå kondensationsskader, hvis der skal holdes mere end 40 % RF, og befugtervandet og luftbefugtningsaggregatet må holdes pinligt rent, så det ikke bliver grosted for alger og bakterier, for så kan befugtningen blive til skade. ■

Litteratur

Der er skrevet en masse om luftfugtighedens betydning for behagelighedsfølelsen og helbredet. Det meste er ganske uvidenskabeligt og baseret på ikke beviste antagelser. Nedenfor er den vigtigste, seriøse litteratur om emnet angivet, som der refereres til i teksten foran:

- [1] W. Koch, B. H. Jennings and C. M. Humphreys, Is humidity important in the comfort range? ASHRAE journal, New York, april 1960, side 63-67.
- [2] ASHRAE, Handbook of fundamentals, 1972, New York, side 136-139.
- [3] Ib Andersen, G. R. Lundqvist and Donal F. Proctor, Human nasal mucosal function under four controlled humidities, American Review of Respiratory Disease, volume 106, 1972, side 438-449.
- [4] Hans E. Ronge, Bostadsklimatet i murværkshus och betonghus, Handlingar nr. 38, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1961, 45 sider.
- [5] P. Becher, Varme og ventilation, bind 3, København 1972, side 156-160.
- [6] B. Franzén, Kontorsrummet 3, Luftfugtighed, Byggeforskningen, Informationsblad nr. 12, 1968, Stockholm, 6 sider.
- [7] Svein Myklebost, Oppvarmning og ventilasjon av skoler, NBI rapport 47, Oslo, 1966, 75 sider.
- [8] Ib Andersen og G. R. Lundqvist, Indendørsklima i skoler, SBI rapport 57, København 1966, 100 sider.
- [9] Ib Andersen og G. R. Lundqvist, Klimahygieniske grundmålinger i syv skoler, Ugeskrift for læger, april 1972, side 737-744.
- [10] A. D. Kent, G. O. Handegord and D. R. Robson, A study of humidity variations in Canadian houses, DBR research paper 317, Ottawa 1967, 8 sider.
- [11] Henrik Eigtved, Gulvtæppers elektrostatiske egenskaber, Tidsskrift for tekstilteknik, nr. 26, København 1968, side 145-152.

Skæv stråling

Civilingeniør Ove Nielsen
Statens Byggeforskningsinstitut

Det hævdes ofte, at kuldestråling fra vinduer og dårligt isolerede ydervægge giver anledning til termisk ubehag, og at der om sommeren kan optræde varmestråling, der giver termisk ubehag, fra f. eks. vinduesflader udsat for direkte solstråling.

Indtil nu har man ikke kunnet sige, hvor stor en forskel i strålingstemperatur der vil give anledning til ubehag. Artiklen beskriver et nytligt offentliggjort forskningsarbejde, der direkte angiver, hvilke grænser for asymmetrisk stråling man kan tolerere.

Termisk komfort kan defineres som den tilstand, hvor man udtrykker tilfredshed med de termiske omgivelser, og hvor man hverken vil have varmere eller koldere omgivelser.

Termiske omgivelser fastlægges af følgende 4 fysiske parametre: lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, relativ fugtighed og lufthastighed. Disse parametre bestemmes af det ydre klima, bygningen og klimaanlægget. Ved beregning af termisk komfort skal endvidere kendes 2 parametre, som mennesket selv kan variere, nemlig aktivitetsniveauet og clo-værdien af beklædningen.

De hjælpemidler, der findes for den rådgivende ingeniør, når han skal finde de kombinationer af klimaparametre, der giver optimal*) termisk komfort, er nødvendige men ikke tilstrækkelige betingelser for termisk komfort.

De hjælpemidler, der især tænkes på, er P. O. Fangers komfortligning (2), som er optegnet i diagramform for relevante kombinationer af klimaparametrene, og den amerikanske ASHRAE rekommandation 55-66, der opererer med komfortzoner.

*) Man må tilstræbe at skabe optimal termisk komfort for en gruppe mennesker, d.v.s. en tilstand hvor den størst mulige procentdel af gruppen er i termisk komfort. Hvis en gruppe mennesker opholder sig i det samme rumklima, vil man på grund af den biologiske varians normalt ikke kunne tilfredsstille alle personer på én gang.

Komfortligningen vil skabe termisk komfort for 95 % af en gruppe mennesker, mens ASHRAE tillader, at 20 % af en gruppe falder uden for termisk komfort.

Et ensidigt termisk felt kan skabe termisk ubehag, og da både komfortligningen og ASHRAE rekommandationen kun opererer med gennemsnitsværdier, kan man ikke ud fra disse sige, om det pågældende termiske felt giver termisk komfort eller ej, ved skæv belastning af varme eller kulde.

Ensidig opvarmning eller afkøling af legemet der kan give ubehag, kan skyldes:

1. et asymmetrisk strålingsfelt
2. en uønsket partiel afkøling af legemet forårsaget af en høj lufthastighed (træk)
3. et varmt eller koldt gulv.

Det er den førstnævnte grund til skæv belastning, denne artikel omhandler.

Der har siden 1948 været adskillige undersøgelser om termisk komfort ved asymmetriske strålingsfelter. De har dog alle givet resultat på den måde, at et nærmere beskrevet asymmetrisk strålingsfelt ikke gav anledning til termisk ubehag, mens et andet nærmere beskrevet asymmetrisk strålingsfelt gav anledning til termisk ubehag. Man kunne derfor ikke umiddelbart overføre resultaterne til andre ydre termiske betingelser.

Der er nu (sep. 72) offentliggjort resultater af en eksperimentel under-

søgelse udført på Danmarks tekniske Højskole. Undersøgelsens formål var bl. a. at finde grænser for asymmetrisk stråling i komforttilstanden. Fremgangsmåden ved undersøgelsen var, at en gruppe personer, en ad gangen, opholdt sig i et klimakammer, hvor lufttemperatur, strålingstemperatur, fugtighed og lufthastighed kunne varieres uafhængigt af hinanden. Forsøgspersonen blev i klimakammeret udsat for forskellige asymmetriske strålingsfelter, og ved at spørge forsøgspersonen med jævne mellemrum, om han var i termisk komfort, kunne grænseværdierne for asymmetrisk stråling, der ikke gav anledning til termisk ubehag, findes. For en mere udførlig redegørelse af forsøgsbetingelser og delresultater henvises til (1). Resultatet kan angives med en ulighed, hvis venstre side gælder for varmestråling fra en person til en koldere overflade, mens højre side af uligheden gælder for varmestråling fra en varm overflade til personen.

Uligheden, der gælder for personer med stillesiddende arbejde (ca. 60 W/m²) i termisk neutrale omgivelser og en lufthastighed mindre end 0,1 m/s, udtrykkes ved:

$$\begin{aligned} & - [2,5 - 1,2(f_{cl} - 1) + 1,8 I_{cl}] \\ & \leq \Delta t_o \cdot F_{p-o} \\ & \leq [4,0 - 1,2(f_{cl} - 1) + 1,8 \cdot I_{cl}] \end{aligned}$$

hvor f_{cl} er forholdet mellem overfladen af det påklædte legeme og overfladen af det nøgne legeme

I_{cl} den pågældende beklædnings clo-værdi

Δt_o differencen imellem den kolde eller varme flades temperatur og gennemsnittet af de øvrige fladers temperatur.

F_{p-o} vinkelforholdet imellem personen og den kolde eller varme overflade.

Med termisk neutrale omgivelser menes, at klimaparametrene inkl. middelstrålingstemperaturen udgør sådanne værdier, at de f. eks. ud fra komfortligningen skulle give termisk komfort, således at personen hverken foretrækker varmere eller koldere omgivelser.

Ved at indsætte en middelværdi på 1,1 for f_{cl} , som gælder for den mest almindelige beklædning, der bæres ved stillesiddende arbejde, fås

$$-2,4 - 1,8 I_{cl} \leq \Delta t_o F_{p-o} \leq 3,9 + 1,8 I_{cl}$$

Uligheden kan i ord udtrykkes ved, at så længe produktet af differencen imellem overfladetemperaturen af den varme eller kolde flade og gennemsnittet af overfladetemperaturen af de øvrige omgivende flader, og vinkelforholdet imellem personen og strålingsoverfladen, ligger i et nærmere angivet interval, bestemt af persons beklædning, giver det asymmetriske strålingsfelt ikke anledning til termisk ubehag.

Uligheden vil give termisk komfort for 95 % af en gruppe mennesker, når de sidder med ryggen eller siderne til den kolde strålingsflade, mens uligheden vil give termisk komfort for 99 % af en gruppe mennesker, hvis de sidder med front imod den kolde strålingsflade.

Uligheden gælder ikke, hvis størrelsen af de arealer, der udsættes for den

asymmetriske stråling, er mindre end ca. 100 cm².

Eksempel på brug af uligheden

I et kontor med et stort glasareal i den ene væg kan man have brug for at vide, hvor tæt på vinduet man kan sidde, uden at det asymmetriske strålingsfelt vil give anledning til termisk ubehag, når man i øvrigt har neutrale termiske omgivelser.

Fig. 1. viser kontorets dimensioner.

Sommertilstand

Det forudsættes, at der ikke er nogen udvendig solafskærmning, for at få den største asymmetri, og at vinduet vender mod SV. I august måned vil dette hen på eftermiddagen svare til, at der transmitteres en solvarme igennem en almindelig dobbeltrude på ca. 530 kcal/m²h.

Data i øvrigt:

Udetemperatur: 25°C.

Lufttemperatur inde: 25°C.

For at få den største asymmetri forudsættes også overfladetemperaturen af de øvrige vægge lig 25°C.

$I_{cl} = 0,5$ clo.

Der betragtes følgende eksempel på dobbelte hermetik-ruder:

Almindeligt glas, reflekterende ruder med en tynd metalfilm på den indvendige side af det udvendige glas; der findes to typer, en hvor metalfilmen er sat på ved vakuumfordampning (solarplane), og en hvor metalfilmen er sat på ved kemisk udfældning (solarplane S), og endelig betragtes to typer ruder med en påklæbet reflekterende film, en hvor filmen er påklæbet indersiden af det indvendige glas, og en hvor filmen er påklæbet indersiden af det udvendige glas.

Der betragtes 3 tilfælde med forskellige ydre betingelser:

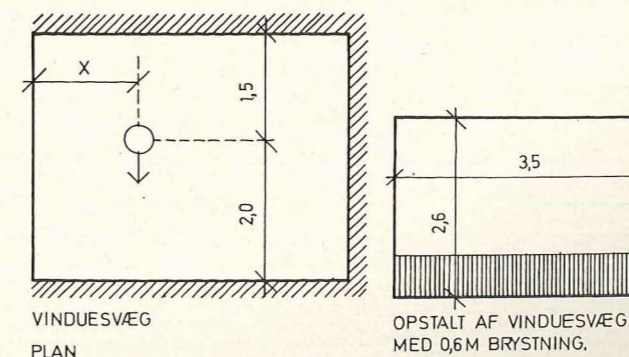


Fig. 1. Kontorets dimensioner.

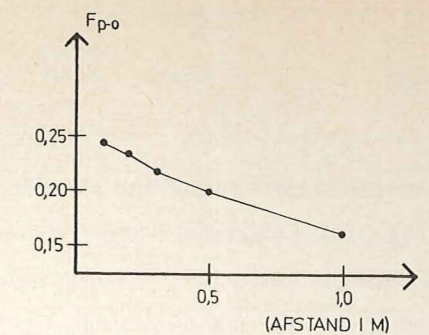


Fig. 2. Med de i dette eksempel indgående dimensioner kan denne skitse optegnes. Den angiver vinkelforholdet F_{p-o} fra personen til vinduet i afhængighed af den vandrette afstand x fra person til vindue.

tilfælde 1: blæst ude, stille inde
tilfælde 2: stille ude, stille inde
tilfælde 3: stille ude, ventilation op langs vinduerne.

For typerne solarplane og solarplane S betragtes kun de 2 første tilfælde. Fremgangsmåden bliver som følger:

For de forskellige ydre betingelser og for de forskellige glastyper beregnes overfladetemperaturen af det indvendige glas, herefter kan temperaturforskellen imellem det indre glas og de øvrige overflader beregnes.

Den højre side af uligheden giver ved division med denne temperaturforskelle det maksimalt tilladelige vinkelforhold imellem person og det indre glas, da clo-værdien for den pågældende beklædning er kendt. Herefter kan den vandrette afstand fra person til vindue findes.

Fig. 2. viser en skitse af vinkelforholdet F_{p-o} fra person til vindue i afhængighed af den vandrette afstand x fra person til vindue.

En beregning af vinkelforhold kan være besværlig, men i (2) er optegnet diagrammer, der angiver vinkelforholdet fra en person til rektangulære flader.

I tabel 1 er for hvert enkelt tilfælde noteret afskærmningsfaktoren F , den indvendige glastemperatur, for hver glastype den maksimale temperaturdifferens mellem glas og temperaturen af de øvrige overflader Δt_o , det fra uligheden fundne maksimalt tilladelige vinkelforhold mellem person og vindue, F_{p-o} , og endelig den hermed forbundne afstand x fra vindue til person.

type	tilfælde	afskærm. faktor F	indv. glas-temp. °C	temp. forskel Δt_0 °C	vinkel-forhold F_{p-o}	afstand fra vind. x m
almindeligt glas	1	1,0	30,0	7,5	0,64	0
	2	1,0	32,5			
	3	1,0	28,0			
solarplane	1	0,47	35,0	22,0	0,22	0,3
	2	0,60	47,0			
solarplane S	1	0,27	29,5	10,0	0,48	~0
	2	0,33	35,0			
påklæbet film på indv. glas.	1	0,56	41,5	21,0	0,23	0,2
	2	0,59	46,0			
	3	0,65	34,0			
påklæbet film på udv. glas	1	0,43	30,5	11,5	0,42	~0
	2	0,48	36,5			
	3	0,51	30,0			

Tabel 1. For de forskellige former for hermetik-ruder er angivet afskærmningsfaktor, temperatur af det indvendige glas, temperaturforskelle mellem det indvendige glas og de øvrige indre overflader, vinkelforholdet mellem person og vinduesfladen og endelig afstand fra vindue til person.

Bemærkninger til tabellen

Det ses, at glasset for samtlige typer af hermetik-ruder bliver varmest ved tilfælde 2, stille ude og stille inde, og kun dette tilfælde er regnet igenem.

I tilfældet almindeligt glas er varmestrålingen fra det svagt opvarmede glas ikke kritisk, men en beregning viser, at middelstrålingstemperaturen i den del af opholdszonen, der er i direkte solstråling, bliver ca. 37°C, mens den ud fra uligheden fundne maksimale tilladelige middelstrålingstemperatur kun er

$$T_{mrt,max} = \sum F_{p-o} \cdot T_o = 0,64 \cdot 32,5 + 0,36 \cdot 25 = \text{ca. } 30^\circ\text{C}$$

Den del af kontoret, der er i direkte solstråling, kan altså ikke benyttes til opholdszone, hvis der kræves termisk komfort.

I tilfældene solarplane og påklæbet film på indvendigt glas beror den afskærmende virkning mere på en absorption end refleksion.

Varmestrålingen fra opvarmede ruder er altså ikke kritisk, selv for ruder med en absorberende belægning. Et andet spørgsmål er derimod at bortskaffe den indkomne varmemængde og skabe termisk neutrale omgivelser.

Vintertilstand

Der regnes kun et tilfælde, almindeligt glas med følgende data:

afstand mellem glas 22 mm
indvendig retningstemperatur 22°C
udvendig retningstemperatur -15°C

$$\alpha_{it} = 8,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ (totalt indvendigt varmeovergangstal)}$$

$$\alpha_{ut} = 25,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ (totalt udvendigt varmeovergangstal)}$$

$$c = 4,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}^4 \text{ (strålingstal for glas)}$$

$$\lambda = 0,021 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ (luftens varmeledningstal)}$$

$$k = 2,7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ (rudens transmissionstal)}$$

$$I_{el} = 1,0 \text{ clo (beklædningsvarmeledningmodstand)}$$

Disse tal giver
udvendig glastemperatur ca. -11°C
indvendig glastemperatur ca. 9,5°C
 $\Delta t_0 = -12,5^\circ\text{C}$
 $F_{p-o} \text{ max} = 0,34$
 $x \sim 0 \text{ m}$

For glas med reflekterende belægninger kan k-værdien reduceres med 10-20%.

Om vinteren giver kuldestrålingen fra en hermetik-rude med eller uden belægning altså ikke anledning til termisk ubehag.

Et andet problem i denne forbindelse er at hindre det kolde nedfald fra ruden i at komme uopblandet ind i opholdszonen, idet en rude med højde 2,0 m og en undertemperatur på

ca. 12,5°C i forhold til rumluften vil give en max. hastighed på det kolde nedfald på ca. 0,4 m/s.

Da denne undersøgelse ikke har undersøgt hele den fysiologiske betydning af et asymmetrisk strålingsfelt, er det muligt, at nye undersøgelser, der tager andre fysiologiske aspekter med i behandlingen af resultaterne, vil angive et snævrere interval for den asymmetriske stråling, man kan tolerere, da det meget vel kan tænkes, at et ophold af længere varighed i et asymmetrisk strålingsfelt f. eks. vil give anledning til, at hud- og underhudsvævet ændrer sig, og at der fremkommer muskelinfiltrationer.

Resumé

Asymmetriske strålingsfelter kan give anledning til termisk ubehag. Spørgsmålet er, ved hvilken differens, imellem det pågældende strålingsfelts temperatur og overfladetemperaturen af de øvrige overflader, dette ubehag indtræffer, når personen i øvrigt er i termisk neutrale omgivelser.

Denne grænseværdi kan nu beregnes, både ved varmestråling fra personen til koldere overflader og ved varmestråling fra varmere overflader til personen. I artiklen redegøres for beregningen af disse grænseværdier, inden for hvilke den asymmetriske stråling ikke giver anledning til termisk ubehag. Da intervallet for termisk komfort med asymmetrisk stråling er beregnet ud fra undersøgelser, der ikke har taget alle fysiologiske aspekter med i behandlingen af resultaterne, kan nye undersøgelser vise, at intervallet er for bredt; men indtil da kan de fundne grænseværdier bruges sammen med andre hjælpemidler til at beregne de termiske omgivelser, der giver optimal termisk komfort. ■

Referencer

- (1) S. Olesen, P. O. Fanger, P. B. Jensen, O. Nielsen, Comfort limits for man exposed to asymmetric thermal radiation, CIB Symposium on Thermal Comfort, Building Research Station, London, 13-15 September, 1972.
- (2) P. O. Fanger, Thermal comfort-analysis and applications in environmental engineering, Danish Technical Press, Copenhagen 1970.

Indeklima i industrien

SBI har igangsat et projekt »Indeklima i industrien« for at kunne hjælpe med til at skabe et bedre indeklima i industrien. Projektet bygger på erfaringer fra nogle undersøgelser i industrien og ca. 70 undersøgelser af ventilationsanlæg i almindelighed. SBI vil gerne aflægge besøg i forskellige virksomheder for at samle flere erfaringer.

Civilingeniør Ole Valbjørn,
Statens Byggeforskningsinstitut

Der lægges med god grund større og større vægt på et godt fysisk klima på industriens arbejdspladser. Det er ikke nok at sikre de beskæftigede mod direkte sundhedsskadelig påvirkning. Målet må være sunde, behagelige og trivselsfremmende arbejdsmiljøer, så arbejdslysten fremmes. Når mange arbejdspladser i dag har et dårligt fysisk klima, er det ikke et spørgsmål om manglende teoretisk viden om, hvorledes klimaet bør være, eller hvorledes man teknisk kan skabe det. I mangfoldige tilfælde er det heller ikke et økonomisk problem. Misere skyldes snarere, at den eksisterende viden ikke anvendes.

Baggrund

SBI har i de sidste 5 år beskæftiget sig med indeklimatiske problemer i forskellige bygninger, og hovedvægten har været lagt på indeklimaet i skoler og kontorlokaler, men vi har i en del tilfælde også beskæftiget os med indeklimaet på arbejdspladser i fabrikker.

Vore erfaringer, der stammer fra ca. 70 undersøgelser udført af BIM (Byggeriets Indeklima Målestation ved SBI) på steder med utilfredsstillende forhold, viser, at problemerne ofte skyldes mindre fejl ved projektering, udførelse og drift af de tekniske installationer. Det har i ca. 80% af tilfældene været muligt med få midler at skabe tilfredsstillende forhold.

Med undersøgelserne som baggrund er der de sidste par år udarbejdet en række vejledninger i projektering og udførelse af ventilationsanlæg, ligesom SBI har medvirket ved en lang række kurser, deriblandt kurser i drift og vedligeholdelse af ventila-

tionsanlæg gennemført i samarbejde med Teknologisk Institut.

SBI's undersøgelser i enkelte industrier viser, at de samme problemer med udførelse og drift og vedligeholdelse af installationerne, som er konstateret ved undersøgelserne i kontorer og skoler, også forekommer i industrien. Men det viser sig også, at der i industrien findes større problemer, som knytter sig til projekteringen af såvel de installerede varme- og ventilationsanlæg som til bygningens fysiske udformning og indretning. Der må i højere grad anlægges helhedsbetragtninger, hvori der indgår hensyntagen både til produktionsveje, til processer og til de arbejdende; derved kan der i mange tilfælde ofte uden nævneværdige ekstraudgifter opnås tilfredsstillende forhold.

Der må skelnes mellem procesventilation og komfortventilation, således at processernes krav tilgodeses med særskilte arrangementer, enten i form af særskilte ventilationsanlæg, vægge, skærme eller måske total indkapsling. Varme, røg og støj skal fjernes effektivt på produktionsstedet. Men hvorfor sker det ikke? Skyldes det ukyndig eller manglende anvendelse af den teoretiske viden om eliminationsteknik? Skyldes det at maskinernes udformning gør det vanskeligt at indpasse den nødvendige ventilation eller afskærmning? Eller er bygningen overhovedet ikke egnet til den pågældende produktion?

SBI's projekt »Indeklima i industrien«

Det er SBI's indtryk, at der er behov for at vejlede de projekterende i

industrien med henblik på at opnå de bedst mulige fysiske arbejdsforhold.

Til nærmere belysning af problematikken om indeklimaet afholdt SBI og Dansk VVS teknisk forening i oktober 1972 et symposium »Indeklima i industrilokaler« med deltagelse af såvel forskere som politikere og teknikere. Det fremgik af dette symposium, at vor viden om, hvilke krav der bør stilles til et tilfredsstillende indeklima med hensyn til de enkelte fysiske påvirkningsfaktorer, som varme, kulde, støj, belysning, stort set er til stede. Men mange steder synes man ikke engang at være klar over, at problemerne eksisterer, og forsøger heller ikke at løse dem. Forsøger man endelig at gøre noget, tager man kun fat på enkelte af problemerne og prøver at løse dem hver for sig.

SBI har derfor igangsat et projekt, hvis formål er at udarbejde retningslinier for, hvorledes nogle af industriens generelle indeklimaproblemer kan løses, hovedsagelig i form af vejledninger, der viser, hvorledes man kan tage hensyn til påvirkninger fra processer og maskiner ved udformning og indretning af bygning og ventilationsanlæg.

Vejledningerne udarbejdes til bygherrer, virksomhedernes driftsafdelinger, rådgivende og udførende ingeniører samt de kontrollerende instanser (Arbejdstilsynet).

Erfaringsindsamling og videnformidling

Vejledningerne må udarbejdes på grundlag af den teoretiske viden fra inden- og udenlandsk litteratur sam-

men med de erfaringer, SBI kan få ved at besøge en række virksomheder landet over. Sådanne besøg anser vi for den vigtigste inspirationskilde, og vi bliver altid en lille smule klogere ved hvert besøg. Det væsentligste er at få kendskab til problemområder, eksempelvis træk omkring porte til det fri, varmestråling fra varme genstande, eller røg fra processer, altså kendskab til om det er bygningen, procesudformningen eller f. eks. ventilationsudformningen, der er skyld i problemerne. Egentlige målinger af inde-

klimaet for at konstatere generens størrelse anser vi i denne sammenhæng for mindre væsentligt, men såfremt det ønskes af den virksomhed, vi besøger, kan der også udføres målinger, i alle tilfælde vil SBI diskutere mulige løsninger på eventuelle ventilationstekniske problemer. Besøg som har relation til SBI's nye projekt »Indeklima i industrien«, foretages uden udgifter for virksomheden.

SBI håber altså på at få lejlighed til at besøge en række virksomheder for at samle erfaringer og evt. hjælpe.

Såfremt de projekterende måtte ønske at diskutere udformning af bygninger og ventilation med henblik på indeklimaet, vil vi også gerne det for yderligere at indsamle erfaringer og eventuelt allerede nu kunne formidle den viden, SBI råder over, men projekterende virksomhed påtager SBI sig dog ikke.

En eventuel henvendelse om besøg kan træffes med civilingeniør Ole Valbjørn, Statens Byggeforskningsinstitut, Postboks 119, 2970 Hørsholm. Tlf. (01) 86 55 33. ■

Referenceår vejrdato for VVS-tekniske beregninger

Civilingeniør Ole Valbjørn, Statens Byggeforskningsinstitut

Til brug ved VVS-tekniske beregninger er udvalgt et referenceår omfattende 34 vejrparametre, hvoraf de 20 er angivet for hver time i året. Referenceåret er sammenstykket af de observerede vejrparametre for en typisk januar måned, februar måned osv. Referenceåret afspejler således de typiske vejrforholds naturlige variation og omfatter både varme og kolde perioder. Det vil i modsætning til de tidligere tilgængelige data være særlig egnet for VVS-tekniske beregninger, hvor der ofte er behov for sammenhængende data for flere vejrparametre og for deres tidsmæssige forløb, som f. eks. ved beregning af indetemperatur i bygninger.

Med henblik på fremtidig projektering af byggeri har det vist sig nødvendigt at tilvejebringe udførlige udeklimadata, som afspejler det danske vejrs naturlige sammenhæng mellem vejrparametrene og deres variation gennem døgnet, fra dag til dag og i årets løb. Til at løse denne opgave etableredes en arbejdsgruppe*) med særligt kendskab til områderne meteorologi, VVS-tekniske beregninger og databehandling.

Det første resultat af gruppens arbejde er udvælgelsen af et referenceår, dokumenteret i SBI-rapport nr. 89, der udkommer efteråret 1973. Referenceåret består af udeklimadata for et helt år sammensat af hele typiske måneder. Hver af månederne indeholder for samme lokalitet registrerede udeklimadata for hver time måneden igennem. Referenceåret giver således tidsmæssigt sammenhørende værdier for 34 vejrparametre (fig. 1) og fremstiller endvidere den enkelte vejrparameters naturlige variation året igennem. Herved adskiller det sig fra de almindelige tilgængelige data og er derfor anvendeligt ved beregninger, hvor mere end en parameter og hvor det tidsmæssige forløb har indflydelse. Dette gælder således beregninger vedrørende snesmeltning, anlæg, bygge-

materialers vejrbestandighed, dampdiffusion i vægge og tage og udformning af udendørs opholdsarealer med henblik på termisk komfort, materialelagring og byggeriets planlægning.

Som et yderligere eksempel kan nævnes beregning af indetemperaturer i bygninger med de såkaldte varmebalancemetoder. Her vil der med referenceårets udeklimadata kunne opnås nøjagtigere og bredere anvendelige resultater end hidtil. Bygherre, arkitekt og ingeniør får herved en reel mulighed for at bedømme de indeklimatiske og økonomiske konsekvenser af forskellige udformninger af bygning og ventilationsanlæg. Man kan endvidere forvente, at varmebalanceberegninger med referenceårets data vil blive det fælles bedømmelsesgrundlag for bygherrens vurdering af forskellige projekters pris og indeklimakvalitet.

Til overslagsregning og til brug ved særligt komplicerede EDB-beregninger vil det være fordelagtigt med enklere vejrdata for særlige formål svarende til de allerede kendte, f. eks. for de varmeste og koldeste dage i året eller for hyppigheder af bestemte vejrforhold. Beregningsresultater opnået på dette grundlag vil være sammenlignelige med tilsvarende resultater opnået med referenceårets vejrdata. Udvalgelse af sådanne enklere vejrdata er under arbejde i arbejdsgruppen.

Referenceåret er derimod ikke velgnet ved problemstillinger, hvor ekstremer er afgørende som f. eks. ved vurdering af risiko for stormskader.

Observation	Observations-tidspunkt
lufttemperatur, °C	h
dugpunkttemperatur, °C	h
relativ fugtighed, %	h
entalpi beregnet kJ/kg	h
min.temp. og max.temp., °C	kl. 7 og 19
snedybde, snelag, jordoverfladens tilstand	kl. 13
døgnet's solskinstimer	kl. 23
globalstråling, W/m ²	h
diffus stråling, beregnet, W/m ²	h
normalstråling, beregnet, W/m ²	h
nedbør, mm	kl. 1, 7, 13, 19
totale skyemængde	h
vindretning	h
vindhastighed, knob	h
sigtbarhed	h
vejret	h
vejrets forløb siden sidste hovedobservation	h
skydække af lave, evt. mellemhøje skyer	3 h
lavtliggende skyarter	3 h
højde til laveste skyer	3 h
mellemhøje skyarter	3 h
højtliggende skyarter	3 h
laveste skyer, $\geq 5/8$ af himmelen	h
skyart	h
højde eller vertikal sigt	h
laveste skyer, $\leq 4/8$ af himmelen	h
skyart	h
skyhøjde	h
lufttrykket, mbar	3 h
trykændringens karakter	3 h
vejrsymboler (forekommer ikke regelmæssigt)	h
måned, dato, klokkeslet	

Fig. 1. Referenceårets vejrparametre. Med »h« angives, at den pågældende parameter registreres hver time og med »3 h« at parameteren registreres hver tredje time kl. 1, 4, 7 etc. Definitioner på de angivne observationer fremgår af rapporten.

Referenceåret er måned for måned opbygget af registrerede vejrparametre udvalgt blandt 11 års (1959-69)

*) Arbejdsgruppens medlemmer er:
Bo Andersen, H. Crone & J. Koch.
Stig Eldorff, programmer.
Hans Lund, Laboratoriet for Varmeisolering, DTU.
Erik Petersen, Dominia A/S.
Stig Rosenørn, Meteorologisk Institut.
Ole Valbjørn, SBI.

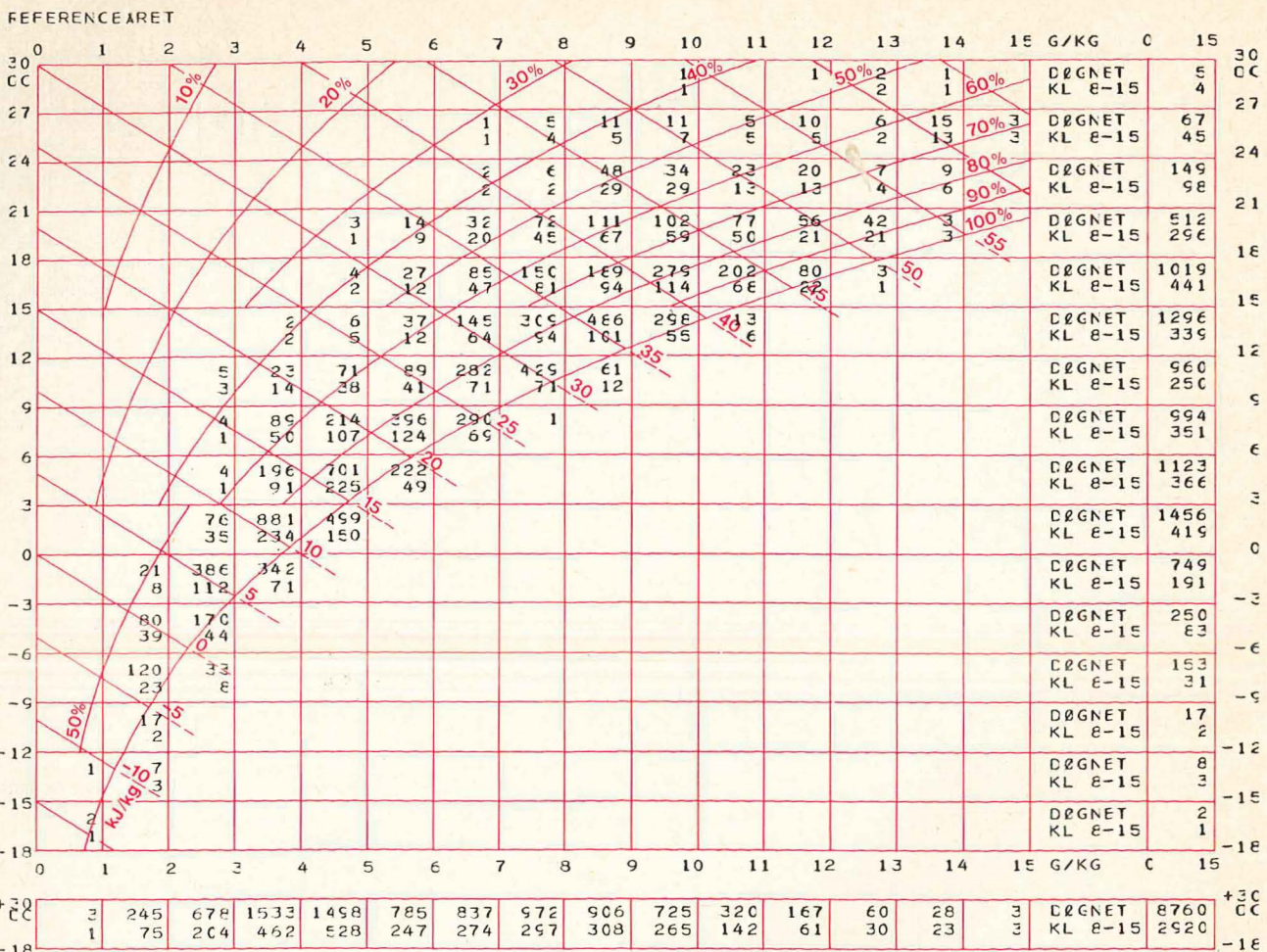


Fig. 2. Tabel over antallet af timer i referenceåret, hvor lufttilstanden befinder sig i specificerede temperatur- og fugtintervaller indtegnet i h-x diagram. Tabellen angiver antallet af timer i hele døgnet og i tidsrummet kl. 8-15 inkl.

observationer ved Flyvestation Værløse, kompletteret med observationer af solbestråling fra Højbakkegård i Tåstrup og antal solskinstimer ved Toldboden i København. De enkelte måneder i referenceåret er udvalgt således, at de er typiske, hvad angår månedsgennemsnittet og variationer i månedens løb for døgnmiddeltemperatur, døgnmaksimumtemperatur og døgnsum af solintensitet. Yderligere er der ved udvælgelsen taget hensyn til en samlet bedømmelse af et stort antal vejrparametre i forhold til 30 års normalperioden for Danmark. Ud fra disse kriterier er der således valgt den bedst egnede januar måned, februar måned osv.

Kriterierne for udvælgelsen af måneder til referenceåret er:

A Udelukkelse af måneder med unormale vejrforhold. Ca. 20 forskellige vejrparametre sammenlignes for hver af observationsperiodens måneder med den tilsvarende

måned i normalperioden, 1931-1960.

B Udsøgning af måneder med typiske gennemsnit for døgnmiddeltemperatur, døgnmaksimumtemperatur og døgnsum af solintensitet. Månedsgennemsnittene for hver af observationsperiodens måneder sammenlignes med gennemsnittet for de 11 tilsvarende måneder i observationsperioden.

C Udsøgning af måneder med typiske variationer (d.v.s. både med varme og kolde dage) for døgnmiddeltemperatur, døgnmaksimumtemperatur og døgnsum af solintensitet:

Afvielserne fra gennemsnittet for datoen for hver måned i observationsperioden sammenlignes med den gennemsnitlige afvigelse for de 11 tilsvarende måneder i observationsperioden.

Kriterium B og C indordner de 11 års måneder efter egnethed på grund-

lag af de tre vigtigste vejrparametre. Den bedst egnede måned vælges derefter, såfremt den ikke kasseres ved kriterium A.

En detaljeret beskrivelse af udvælgelseskriterierne fremgår af rapporten.

Kriterier for udvælgelsen

Referenceårets sigte og i øvrigt udvælgelseskriterierne er betingende for den valgte sammenstykning af referenceåret af enkelte måneder. Kortere perioder vil give for små afvigelser fra gennemsnittene og for mange spring ved overgang fra en periode til den næste.

Det udvalgte referenceår rummer en så stor mængde vejrdata, at det i sin helhed er for uhåndterligt for manuelle beregninger, og den samlede datamængde foreligger derfor kun på hulkort og på magnetbånd, som kan købes via SBI. Et udvalg af de vigtigste vejrdata er dog angivet i tabelform i rapporten (1).

REFERENCEÅRET	GEN	MAX	MIN	*																
TEMPERATUR, DEG.C					* -1E	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15	1E	21	24	27
DØGNET	8.0	27.4	-15.9	* 876C	8757	8750	8730	8570	8304	7513	6031	4540	3556	2956	1692	695	215	65	4	
KL 8-15, INCL	9.4	27.4	-15.9	* 2920	2919	2916	2913	2882	2795	2587	2155	1804	1458	1210	867	421	142	46	3	
KL 16-23, INCL	8.3	27.1	-10.6	* 292C	2920	2920	2913	2844	2781	2535	2063	1659	1345	1076	637	255	73	19	1	
REL. FUGT., %					* 0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100					
DØGNET	83.7	100.0	30.0	* 876C	8760	8760	8758	8732	8553	8099	7273	5910	3466	0						
KL 8-15, INCL	79.1	100.0	31.0	* 2920	2920	2920	2920	2903	2805	2547	2090	1521	836	0						
KL 16-23, INCL	81.7	100.0	30.0	* 2920	2920	2920	2918	2911	2831	2644	2329	1785	952	0						
ENTHALPI, KJ/KG					* -1E	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
DØGNET	23.0	64.5	-13.9	* 876C	8754	8721	8508	8060	7079	5652	4626	3887	3129	2061	1055	402	113	41	11	
KL 8-15, INCL	25.0	64.5	-13.9	* 2920	2917	2912	2855	2726	2456	2011	1649	1385	1203	881	526	217	74	31	11	
KL 16-23, INCL	23.3	58.5	-7.5	* 2920	2920	2911	2830	2699	2393	1917	1542	1315	1070	738	354	128	36	10	0	
AES. FUGT., G/KG					* 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DØGNET	6.0	14.7	0.8	* 876C	8757	8512	7834	6301	4803	4018	3181	2209	1303	578	258	91	31	3	0	
KL 8-15, INCL	6.2	14.7	0.8	* 2920	2919	2844	2640	2178	1650	1403	1129	832	524	259	117	56	26	3	0	
KL 16-23, INCL	5.9	13.5	1.1	* 2920	2920	2823	2631	2115	1616	1306	1042	725	423	184	82	27	5	0	0	

Fig. 3. Tabel over antallet af timer i referenceåret, hvor lufttilstanden er over angivne værdier for temperatur, relativ fugtighed, absolut fugtighed samt entalpi. Værdierne er angivet for tidsrummene hele døgnet, kl. 8-15 inkl. og kl. 16-23 inkl.

Rapporten indeholder således for hver måned tabeller over døgnværdier for gennemsnitstemperatur, maksimumstemperatur, solintensitet og dugpunktstemperatur. Endvidere er der for hver måned og året som helhed angivet hyppigheden af forekommende lufttilstande indtegnet i et h-x diagram (se fig. 2). Oplysningerne givet i fig. 2 sammen med oplysninger om entalpi og relativ fugtighed fremgår desuden af tabeller (se fig. 3).

Eksempler på anvendelse af referenceårets data

1

Et ventilationsanlæg, der arbejder udelukkende med friskluft, skal holde 45 % relativ fugtighed ved 23°C svarende til en dugpunkttemperatur på 10,7°C og et vandindhold på 0,008 kg/kg tør luft.

Anlægget yder 10000 m³/h. Hvor stort er det årlige vandforbrug til befugtning af luften, når der ses bort fra, at rumluften tilføres vand fra personer?

Af fig. 2 findes antallet af timer i året, hvor vandindholdet i udeluften er mellem 0,007 og 0,008, til 972 timer. For hvert kg luft/h, der behandles i anlægget, skal der således tilføjes (0,008-0,0075) × 972 kg vand.

På tilsvarende måde findes og beregnes vandmængden for intervallerne 0,006 til 0,007 kg/kg tør luft, 0,005 til 0,006 osv.

I alt skal der årligt anvendes ca. 255000 kg vand til befugtning af ventilationsluften.

2

Det diskuteres ofte, om det er nødvendigt at have befugtningssystemet i skoler. Det kunne derfor være interessant at vide, hvor stor en del af undervisningstiden en nedre grænse på 30 % RF ved 22°C overskrides. Denne grænse svarer til et vandindhold på 5 g vand pr. kg tør luft.

Såfremt der ventileres med ca. 15-20 m³ friskluft pr. time, tilføres luften ca. 2 g vand pr. time fra hver elev. Antallet af timer om dagen, hvor den relative fugtighed vil være under 30 % ved 22°C, er da antallet af timer, hvor udeluften vandindhold er mindre end (5-2) = 3 g vand pr. kg luft.

Af fig. 2 nederst ses, at der i løbet af et år er 1 + 75 + 204 = 280 timer, i tiden kl. 8-15 inkl., hvor den relative luftfugtighed vil være mindre end 30 % ved 22°C svarende til mindre end 10 % af undervisningstiden. Beregningen tager ikke hensyn til fugtakkumuleringen i bygning og inventar.

3

I et typisk kontorhus klages der over, at temperaturen bliver for høj om sommeren. En beregning udført med et varmebalance-EDB-program*) med referenceårets data dag for dag hele året viser da også, at maksimumstemperaturen vil blive 31°C, og at der i tidsrummet kl. 8-15 inkl., d.v.s. indtil kl. 16, vil være 122 timer, hvor temperaturen er over 25°C. Et forslag om at møde kl. 7-14 inkl. for at reducere antallet af varme timer skal undersøges.

Det ønskes altså beregnet, hvor

*) Varmebalanceprogrammet, der er anvendt er udført af civilingeniør Bo Andersen for SBI og vil senere blive dokumenteret i en SBI-rapport.

mange timer færre der vil være over 25°C, hvis arbejdstiden omlægges til 7-14 inkl. i sommerperioden.

Resultatet bliver 26 timer færre, d.v.s. en reduktion af tiden, hvor temperaturen er over 25°C med 20 %.

4

I diskussionen om anvendelse af solenergi til opvarmning af enfamiliehus kan der ved hjælp af varmebalanceprogrammer og brug af referenceårets data beregnes, hvor stor en del af året man udelukkende kan anvende solenergi til opvarmningen i forbindelse med en lagertank til få dages forbrug. En sådan beregning viser for et velisoleret typehus, at der ikke er behov for anden opvarmning muligheden end solenergien i perioden 20. marts til 30. oktober.

Beregningen er udført på laboratoriet for Varmeisolering, DtH, af Torben Esbensen og Hans Lund, som i en senere artikel vil beskrive beregningen. Denne er en del af et større projekt vedrørende den mulige udnyttelse af opvarmingsformer, der ikke belaster vore naturlige ressourcer.

5

Af hensyn til sikkerheden kunne man ved arbejde med byggepladskraner, der arbejder med store, men lette emner, sætte det kriterium, at der ikke må arbejdes, når vindstyrken er over 8 m/s (16 knob). Det forekommer i referenceåret i 402 timer af arbejdstiden 7-15 inkl. Sætter man desuden det kriterium, at der ikke kan arbejdes ude, når temperaturen er under -5°C og vindhastigheden samtidig er større end 3 m/s, viser en gennemgang af referenceårets

data, at der er 24 timer, der ikke kan arbejdes, heraf er 3 timer med vindhastighed over 6 m/s.

Af de to kriterier ses, at der tilsammen ikke kan arbejdes på byggeplads med kraner i i alt 423 timer pr. år.

6

Et køleanlæg i forbindelse med ventilation af en bowling-hall, der kun anvendes om aftenen, skal dimensioneres på grundlag af referenceårets data, således at køleanlæggets kapacitet ikke overskrides.

For hvilken entalpi i udeluften skal kølefladen beregnes?

Af fig. 3 ses, at i tidsrummet 16-23 er den højeste entalpi 60 kJ/kg.

Havde man beregnet efter den højeste entalpi i hele døgnet, skulle kølefladen dimensioneres efter 65 kJ/kg.

Arbejdsgruppens videre arbejde

Som det fremgår af de angivne simple eksempler, kan der trækkes mange oplysninger ud af dette referenceår. Fordelen ved at gøre sådanne data tilgængelige i den forholdsvis rå form er, at den enkelte bruger netop kan få de data, der svarer til de af brugeren opstillede kriterier.

Det udvalgte referenceår gælder principielt kun for den lokalitet, dataene er observerede, d.v.s. for Københavns omegn, men indtil videre må referenceårets vejrdata anvendes uden korrektioner for hele landet. Der vil kun være mindre forskelle for andre lokaliteter, og disse vil blive undersøgt nærmere af arbejdsgruppen. For Københavns City og områder in-

den for 200 m fra kysten kan der forventes visse korrektioner.

Arbejdsgruppen arbejder videre på følgende opgaver i forbindelse med behandling af datamaterialet:

Karakteristiske perioder, sammenhæng mellem vejparametrene, datamaterialets brug ved forskellige lokaliteter.

Desuden assisterer medlemmer af arbejdsgruppen et udvalg nedsat af Byggecentrum m. fl., hvis opgave er at fastlægge kriterier for spild dage og usædvanligt vejrlig.

(1) *Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Referenceår. SBI-rapport 89, Statens Byggeforskningsinstitut, København 1973.* ■

Planlægning af pasning og vedligeholdelse

(1)

Civilingeniør E. Christophersen
Statens Byggeforskningsinstitut

Ventilationsanlæggene lægger beslag på en stadigt stigende del af byggeomkostningerne i nyt byggeri, f. eks. for sygehuse, kontor- og forretningsbygninger ofte op mod 15 pct. af den samlede investering. I Danmark er den samlede årlige investering i ventilationsanlæg i dag op mod 300 mill. kroner. Det er store værdier, der skal forvaltes, og det er vigtigt, at anlæggene passes og vedligeholdes, så der opnås den bedst mulige forrentning af den investerede kapital i form af et velfungerende ventilationsanlæg, der kan opretholde et tilfredsstillende indeklima. Ligeledes er det vigtigt, at udgifterne til vedligeholdelse bliver så lave som mulige.

Større og mere komplicerede anlæg betyder naturligvis en samtidig stigning i udgifterne til drift og vedligeholdelse. For mere komplicerede anlæg er udgifterne på disse konti ofte henvend dobbelt så store som kapitalomkostningerne for anlægget, og i løbet af 3-5 år kan summen af udgifterne alene til drift og vedligeholdelse være lige så store som investeringen. Både udfra en teknisk og en økonomisk synsvinkel er det således vigtigt, at der tilstræbes den størst mulige rationalisering og effektivisering af drift- og vedligeholdelsesfunktionerne, og hertil kræves en indsats af både bygherre, rådgiver, entreprenør, fabrikanten og driftspersonale. Jo større og mere avancerede anlæggene er, des større er kravene til planlægning og administration af drift og vedligeholdelse.

Almene synspunkter

Med forebyggende vedligeholdelse er det muligt ved periodiske og syste-

Anvendelsen af stadig mere komplicerede og kostbare ventilationsanlæg kræver, at pasning og vedligeholdelse af disse anlæg ofres større opmærksomhed. Artiklen behandler planlægning af pasning og vedligeholdelse ud fra det grundsynspunkt, at planlægningen altid må indgå som et naturligt led i projekteringen af anlæg og bygning, bl. a. hvad angår pladsforhold omkring aggregater og kanaler.

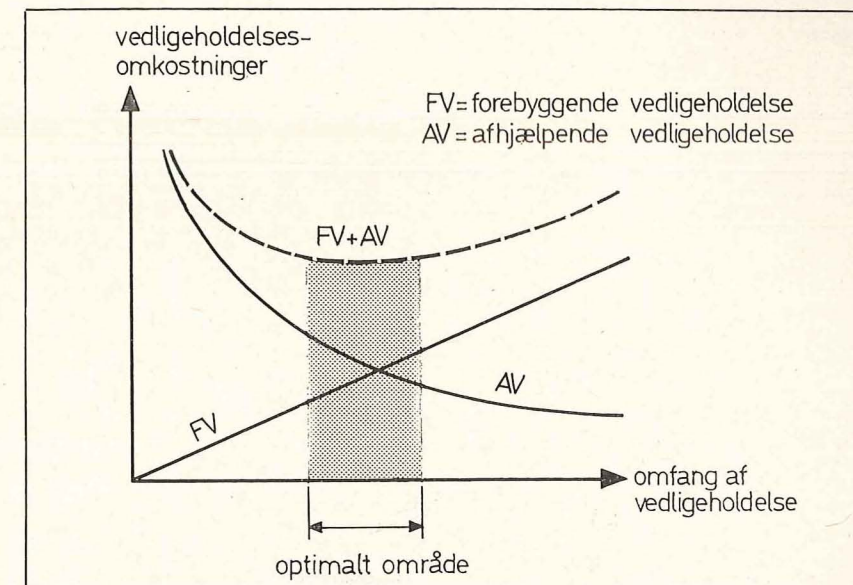


Fig. 1. Forebyggende vedligeholdelse op til et vist niveau mindsker de samlede vedligeholdelsesomkostninger.

matiske foranstaltninger (rutiner) at forebygge fejl og i tide at opdage, hvor der er risiko for havari, og hvor der forekommer unormalt slid.

Man kan skelne imellem *forebyggende vedligeholdelse*, d.v.s. vedligeholdelse, der skal forebygge fejl, *afhjælpende vedligeholdelse*, d.v.s. afhjælpning af konstaterede fejl og *reovering*, d.v.s. omfattende reparationer på grund af slid.

Herudover kan vedligeholdelsesfunktionen omfatte en række arbejder, som egentlig ikke direkte er vedligeholdelse, f. eks. ændrings-, moderniserings- og montagearbejder af forskellig art.

Når mængden af forebyggende vedligeholdelse øges, vil det medføre, at

der bliver mindre afhjælpende vedligeholdelse. I begyndelsen vil omkostningerne til afhjælpende vedligeholdelse falde hurtigere end omkostningerne til den forebyggende vedligeholdelse stiger, og de totale omkostninger til vedligeholdelse vil derfor falde. Øges mængden af forebyggende vedligeholdelse yderligere, vinder man efterhånden ikke så meget i form af mindre afhjælpende vedligeholdelse, og de totale vedligeholdelsesomkostninger vil på et tidspunkt igen stige. Det er ikke muligt helt at undgå afhjælpende vedligeholdelse, men det er, som det fremgår, muligt at nå et punkt, hvor de totale omkostninger til vedligeholdelse når et minimum, såfremt der udføres en passende mængde af forebyggende vedligeholdelse. Sammenhængen er vist på fig. 1.

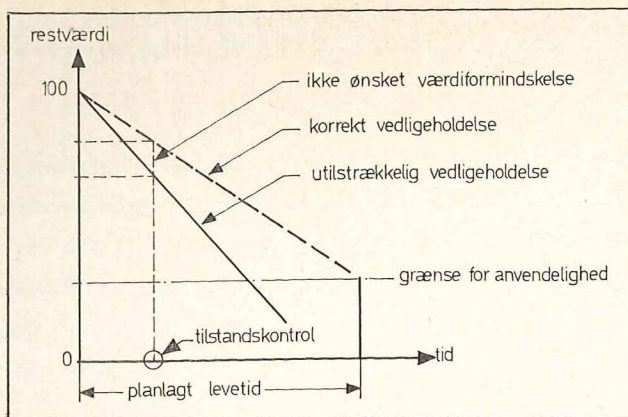


Fig. 2. Sammenhængen mellem restværdien af anlægget og graden af vedligeholdelse.

Fig. 4. Eksempel på de mindste mål, der kan tillades omkring et aggregat som funktion af aggregatets bredde, når der skal være rimelige arbejdsvilkår ved demontering og montering af køle- eller varme-fladedel.

C = betjeningside
D₁ = laveste arbejdshøjde over gulv
F, F₁ = mindste plads under loft eller mellem forskellige aggregater
E = bagside

Er der risiko for et produktionstab i forbindelse med uforudsete driftsstop, f. eks. hvis anlægget betjener en datacentral, må figuren udbygges med en kurve for produktionstab på grund af akutte fejl. Denne kurve vil også falde hurtigt i begyndelsen, men kan senere have en tendens til at stige, idet produktionstabet måske øges, hvis anlægget hyppigt må standses, for at der kan udføres forebyggende vedligeholdelse.

I almindelighed opnår man ved forebyggende vedligeholdelse den fordel, at driftsstoppen får kortere varighed og kan henlægges til passende tidspunkter, hvad angår hensynet til en

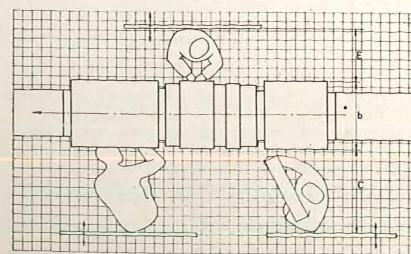
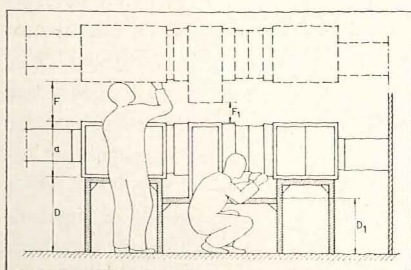


Fig. 3. Figuren viser eksempler på bevægelser og operationer, der skal være plads til i forbindelse med vedligeholdelsen.

eventuel produktion og med hensyn til vedligeholdelsesplanlægningen.

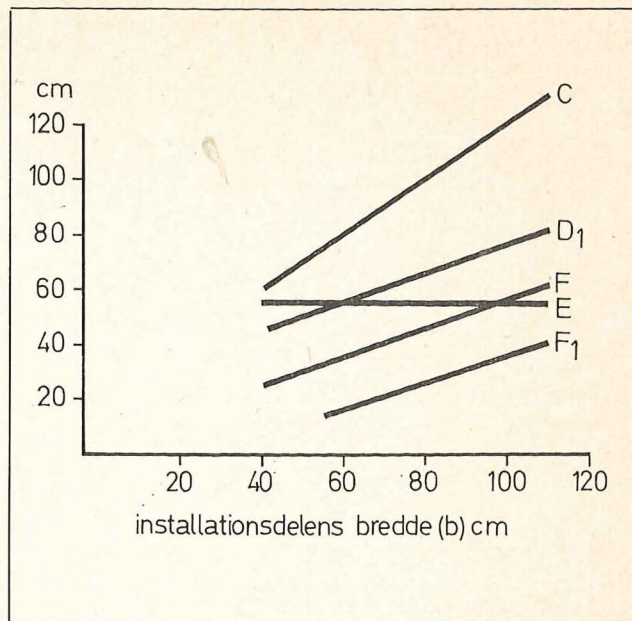
En anden ting er, at manglende systematisk vedligeholdelse vil medføre øget slid og afkortet levetid for anlægget. Dette forhold er illustreret på fig. 2.

Alt i alt vil gevinsten ved at ofre drift og vedligeholdelse af et ventilationsanlæg tilstrækkelig opmærksomhed vise sig i form af Øget driftssikkerhed
længere levetid
mindre reparationsomkostninger
lavere frekvens af store reparationer
mindre energiforbrug (bedre driftsøkonomi) og
jævnere udnyttelse af vedligeholdelsesressourcerne.

Hertil kommer, at en systematisk behandling af disse spørgsmål giver mulighed for et feed-back, der kan give impulser til forbedringer.

Forberedelser under projektering og udførelse

Pasning og vedligeholdelse af et ventilationsanlæg begynder på projekteringsstadiet, hvor der er afgørende mulighed for at planlægge og lette den fremtidige pasning og vedligeholdelse. Under projekteringen må der således til stadighed tænkes på service- og vedligeholdelsesspørgsmålet, såvel ved opbygning og placering af udrustning som ved valg af pladsforhold. Driftspersonalet bør om muligt medvirke ved planlægningen allerede på projekteringsstadiet, og det kan f. eks. lade



sig gøre, såfremt der er tale om udvidelser eller såfremt bygherren allerede har driftspersonale beskæftiget i andre byggerier.

Ved planlægningen af anlægget må der i høj grad tænkes på faktorer som pålidelighed
vedligeholdelsesvenlighed og
vedligeholdelsessikkerhed.
Pålideligheden er et udtryk for den sandsynlige tid mellem fejl, der giver anledning til fejlfunktioner, idet det forudsættes, at alle dele anvendes normalt og passes som foreskrevet.

Med vedligeholdelsesvenlighed menes, at delene skal kunne repareres eller udskiftes let og hurtigt. Vedligeholdelsessikkerhed er et udtryk for, at de nødvendige vedligeholdelsesressourcer er til rådighed, bl. a. reservedele, mandskab og en tilfredsstillende planlægning og administration af vedligeholdelsen.

I det følgende omtales forskellige forhold, der har afgørende betydning for anlæggets pasning og vedligeholdelse.

Pladsforhold

Ventilationsrummets udformning må være således, at der er tilstrækkelig plads til alle normalt forekommende arbejdsoperationer i forbindelse med drift og vedligeholdelse af anlægget. Deuden må der være plads til at foretage nødvendige fornyelser og moderniseringer. Det må i denne forbindelse erindres, at levetiden for selve bygningen kan være 50 til 80 år, medens

der for installationerne kun kan regnes med en levetid på 10-30 år, afhængigt af slitage og forældelse som følge af den tekniske udvikling.

Som eksempel på, hvilke pladskrævende operationer der må tages hensyn til ved installering af et luftbehandlingsaggregat, kan nævnes:

- for indtagsdel med filter:
 - udtagning af filterkassetter for rengøring
 - udskiftning af filtermåtter og smøring af koblingsstænger, spjældaksler og øvrige bevægelige dele
- forvarme- og kølebatterier:
 - rengøring af lameller og batterier (med støvsuger) og demontering og montering af batterier
- for befugtningsdel:
 - udtagning af dyser for rengøring
 - indvendig rengøring og kontrol og demontering og montering af afslagsplader
- for ventilator:
 - rengøring af motor og løbehjul
 - kontrol af lejer, fastgørelser m.v.
 - indvendig rengøring af ventilatorhus og justering af kilerem.

Fig. 3 viser forskellige eksempler på de nævnte pladskrævende arbejdsoperationer, og fig 4 viser for det aktuelle aggregat de mindste mål, der kan tillades omkring aggregatet som funktion af en installationsdels (batteridels) bredde, når der skal være rimelige arbejdsvilkår ved demontering og montering af installationsdelen.

De angivne mål er resultatet af studier udført af Statens Institut for Byggnadsforskning i Stockholm. Målene gælder kun for en ganske bestemt aggregattype, og de er fastsat under den forudsætning, at arbejdsstillingen skal være bekvem og pladsforholdene rimelige.

Det bemærkes, at montering og vedligeholdelse så vidt muligt bør kunne udføres fra den ene side af et aggregat, idet aggregaterne i modsat fald ikke kan monteres tæt mod en væg eller i umiddelbar nærhed af andre aggregater. Hertil kommer, at monterings- og vedligeholdelsesarbejdet i mange tilfælde bliver unødigt besvær-

ligt og dyrt, såfremt arbejdsoperationerne ikke kan udføres fra den samme side.

Foruden at sikre tilstrækkelig plads til egentlige vedligeholdelsesarbejder må rummet være indrettet således, at man let kan komme hen til de forskellige aggregater, og endelig må der være en god belysning i rummet.

Ventilationsrummets dimensioner er i det væsentlige bestemt af den samlede luftmængde (summen af indblæsning og udsugning), der skal behandles. Ved fastsættelse af den samlede luftmængde må der tages hensyn til luftmængder til eventuelle udvidelser eller forbedringer. I fig. 5 er angivet den nødvendige loftshøjde i afhængighed af den behandlede luftmængde. Så vidt muligt bør loftshøjden ligge inden for det skraverede felt. I fig. 6 er det nødvendige areal angivet under forudsætning af, at rumhøjden vælges i overensstemmelse med fig. 5. De i fig. 6 angivne arealer gælder for ventilationsanlæg uden køling. Er der køleanlæg bør dimensionerne øges med ca. 15 pct., idet der herved tages hensyn til det nødvendige kølemaskineri. Er der tale om en enkel luftbehandling med alene filtrering og opvarmning, kan dimensionerne reduceres med 5-10 pct.

Dimensionerne i fig. 5 og 6 er kun retningsgivende og kan betragtes som et hjælpemiddel i forbindelse med de indledende faser af projekteringen. Flere forhold kan have indflydelse på de endelige dimensioner, bl. a. påvirker antallet af aggregater eller zoner dimensionerne således, at jo færre aggregater (zoner), der installeres, desto mindre er det nødvendige rumvolumen.

Ventilationsrummet bør have parallelle sider, og forholdet mellem længden af den ene side og produktet af

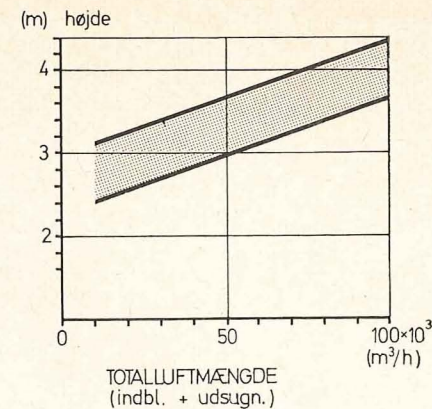


Fig. 5. Ventilationsrummets højde som funktion af totalluftmængden. Højden vælges inden for det skraverede område.

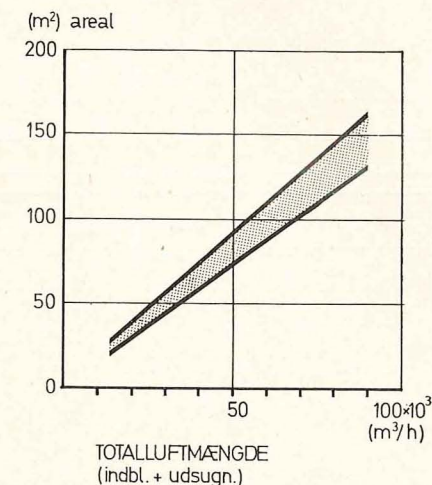


Fig. 6. Ventilationsrummets areal som funktion af totalluftmængden. Areal vælges inden for det skraverede område.

bredde og højde af den anden side bør vælges, så det falder inden for det skraverede område i fig. 7.

Ventilationsrummets placering i bygningen er bl. a. bestemt af følgende faktorer:

1. rummet skal være centralt placeret, så nær tyngdepunktet som muligt af de ventilerede rum. Herved opnås, at kanalerne bliver korte og dermed billige i anlæg og drift, og

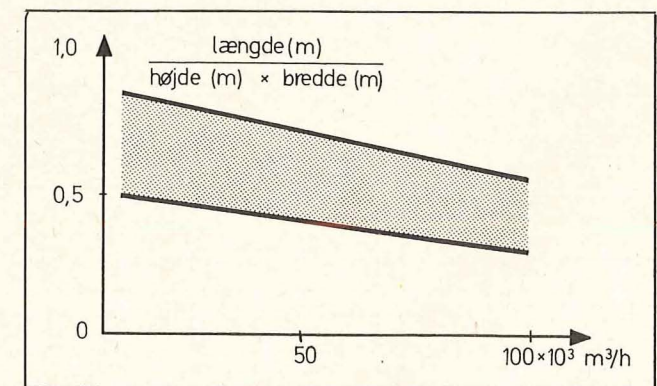


Fig. 7. Ventilationsrummets form bør vælges således, at forholdet mellem længde og produkt af bredde og højde falder inden for det skraverede område.

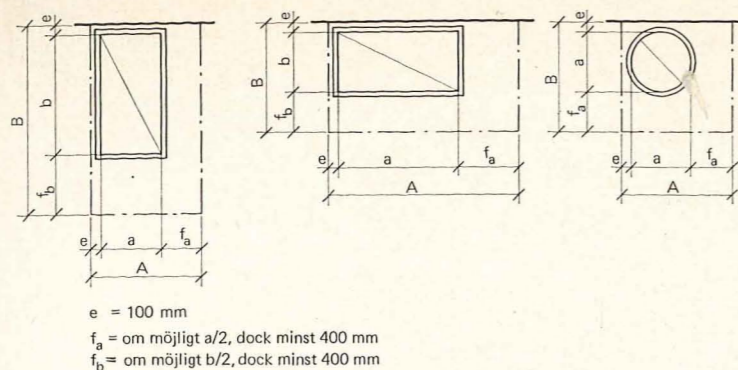


Fig. 8. Exempel fra den svenske standard SIS 910303 vedr. pladskrav for ventilationskanaler.

indreguleringen lettes, når der ikke er så stor forskel på kanallængderne til de forskellige rum.

2. rummet skal være tilgængeligt direkte fra den bygning, det betjener. Adgangsveje til rummet skal lægges inden døre, og rummet skal være let tilgængeligt for service m.v., det må f. eks. ikke være nødvendigt at skulle anvende stiger eller at skulle passere gennem snævre loftslemme for at nå frem til rummet.
3. transportvejene til rummet bør være således, at det er muligt at foretage udskiftninger af komponenter eller aggregater, bl. a. må der tænkes på størrelsen af døråbninger og tilladte gulvbelastninger.
4. rummet bør være placeret på en sådan måde, at pladskrævende kanalføringer eller udfletninger i rummet undgås. Dette er en for-

udsætning for de i fig. 5, 6 og 7 angivne pladskrav.

Generelt gælder det, at mindre anlæg ikke bør spredes rundt omkring i bygningen. Dette giver dels væsentlige fordyrelser i installation af el, varme, vand og afløb, dels væsentligt forøgede udgifter til drift og vedligeholdelse. For at forenkle og billiggøre installation og drift må enhederne så vidt muligt samles i nogle ganske få maskinrum.

Ventilationskanalerne har almindeligvis afgørende indflydelse på pladsbehovet for installationerne. Også her må der sikres tilstrækkelig plads til, at kanalerne kan monteres og eventuelt senere hen fornyes, ligesom der må regnes plads til eventuelle udvidelser eller moderniseringer.

Pladsbehovet ved montering er bestemt af samlingsmetoden for kanalerne, tætningsmetoden, isoleringstykkelse-

se- og beklædning, samt af hvordan isoleringen monteres. Herudover skal der tages hensyn til, at kanalerne skal kunne vedligeholdes, bl. a. må der være mulighed for at komme til at rense kanalerne, og endelig skal der være mulighed for at udføre de nødvendige luftlængdemålinger.

Fra dansk side findes ingen faste regler for pladskrav ved montering af ventilationskanaler, men opmærksomheden henledes på en svensk standard fra 1972, der behandler disse spørgsmål: SIS 910303 »Bestämning av mått på utrymme för ventilationskanaler«. I fig. 8 er fra denne standard gengivet de mindste tilladte afstande for kanaler uden isolering.

Det ville i høj grad være ønskeligt, om der blev udgivet en lignende standard i Danmark, da netop pladsbehovet for kanaler ofte er genstand for megen diskussion mellem arkitekten og den projekterende ingeniør. Resultatet er ofte, at kanalerne stoves sammen på et minimum af plads, hvilket dels vankelligør monteringen, dels i mange tilfælde gør kontrol og vedligeholdelse umulig.

Litteraturliste

- Sven A. Svennberg, Drift, skötsel och underhåll av ventilationsanläggningar, Flåkten, nr. 2, 1968.
Olov Larsson, Studier av platsbehov för apparater eller anläggningsdelar, Svensk VVS nr. 5, 1971.
Claës Allander, Enno Abel, Projektering för framtiden, Svensk VVS nr. 12, 1971.
Principer för förebyggande underhåll av anläggningar och utrustning, SPRI råd 7.1, Stockholm 1971.

Planlægning af pasning og vedligeholdelse (2)

Civilingeniør E. Christophersen
Statens Byggeforskningsinstitut

Valg af aggregater og komponenter

Valget af aggregater og komponenter har afgørende betydning for den fremtidige pasning og vedligeholdelse af et ventilationsanlæg, idet man herved tildels fastlægger behovet for vedligeholdelse i form af smøring, justeringer, udskiftninger m. v.

Aggregater og komponenter skal vælges under hensyn til pålidelighed, vedligeholdelsesvenlighed og vedligeholdelsessikkerhed. Disse faktorer er nøjere omtalt i den foregående artikel. Set ud fra et drifts- og vedligeholdelsessynspunkt har især følgende forhold interesse:

Materialernes holdbarhed, den forventede levetid i forhold til andre dele eller komponenter, den forventede fejlfrekvens i forhold til andre dele eller komponenter, komponentstandardisering, installationsstandardisering, tilgængelighed for udskiftning, reparation og vedligeholdelse, serviceintervaller, anskaffelse af reservedele, garanti og service, dokumentation, d.v.s. nødvendige oplysninger vedrørende drift og vedligeholdelse, driftsomkostninger og krav til driftspersonalets kvalifikationer.

Ved vurdering af materialer må der bl. a. lægges vægt på at få anlægget opbygget af dele, der er tilstrækkeligt korrosionsbestandige eller effektivt beskyttet mod korrosion. Der må eventuelt stilles nøje specificerede krav til

Den foranstående artikel omhandlede bl. a. spørgsmål vedrørende ventilationsrummenes indretning og placering ud fra et pasnings- og vedligeholdelsessynspunkt. I denne artikel fortsættes gennemgangen af forskellige spørgsmål, der må overvejes under projektering og udførelse af anlæggene, bl. a. ved valg af komponenter, placering af målepunkter og kontroludstyr og ved indretning af værksteds- og lagerplads.

korrosionsbeskyttelsen i beskrivelsen. Der må ligeledes tages hensyn til de brandmæssige krav, der stilles til ventilationsanlæg, jfr. bestemmelserne i Dansk Ingeniørforenings norm for »Brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsystemer«. Endelig må man være opmærksom på, at der skal være anvendt materialedimensioner, der sikrer tilstrækkelig mekanisk stabilitet både under transport, under midlertidig oplagring og under driften, og der må anvendes materialer, der ikke i løbet af nogle år ældes og af den grund mister den mekaniske stabilitet.

Som tidligere nævnt må der regnes med en væsentlig forskel på levetiden for selve bygningen og levetiden for ventilationsanlægget, men man må desuden være opmærksom på, at de dele, der indgår i anlægget, kan have forskellig teknisk og funktionel levetid. Det er her af stor betydning, at installationer eller komponenter med relativ kort levetid ikke bygges ind i dele af bygningen eller i andre installationskomponenter med lang levetid. I givet fald må det være let at udskifte dele med kort levetid.

Der kan ligeledes være væsentlige forskelle i den forventede fejlfrekvens for de forskellige komponenter og aggregater. Anlægget må i så fald være opbygget således, at det er let at udskifte de dele eller komponenter, der har den højeste fejlfrekvens.

Det bør tilstræbes, at der overalt anvendes standardkomponenter, og bedst er det, hvis der overalt anvendes samme fabrikat, da dette vil give væsentlige lettelser, hvad angår reservedelsbeholdning og vedligeholdelsen af komponenterne. Det er et forhold,

man i høj grad bør være opmærksom på, såfremt udførelsen af anlæggene i større byggerier deles på flere entrepriser.

Der bør yderligere tilstræbes en høj grad af installationsstandardisering, d.v.s. anvendelse af de samme principper ved opbygning af anlæggene (f. eks. samme reguleringssystem for samme funktion), idet driftspersonalet herved meget lettere bliver fortroligt med anlæggene.

Aggregater og komponenter skal være opbygget på en sådan måde, at de er let tilgængelige for tilsyn, rengøring, reparation, smøring m. v., også når de er bygget ind i anlægget. Endvidere må der lægges vægt på, at serviceintervallerne ikke er urimeligt korte.

Det må på forhånd undersøges, om der er tilfredsstillende muligheder for at få reservedele. Bl. a. må leverandøren give oplysninger om leveringstider, og om de muligheder, der på længere sigt vil være for at skaffe reservedele. Leverandøren må endvidere give oplysninger om garantivilkår og om mulighederne for at få service på de anvendte dele.

Leverandøren skal kunne levere nødvendig dokumentation, d.v.s. alle nødvendige oplysninger til brug i forbindelse med drift og vedligeholdelse af de valgte komponenter. F. eks. for en luftbefugter:

Instruks for drift og vedligeholdelse, materiale- og overfladebehandling, tilslutningseffekt, spænding, start og mærkestrøm samt frekvens, trykfald på luftsiden som funktion af luftmængde,

nødvendigt tryk for vand, damp eller trykluft, nødvendig vand-, damp- eller trykluftmængde, befugtningegrad, anbefalet vandkvalitet, lyddata, højst tilladt tryk på vand eller dampside og højst tilladt temperatur.

Hertil kommer yderligere oplysninger, der er nødvendige i forbindelse med projekteringen, f. eks.

mål, vægt og indbygningsforskrifter og ækvivalent areal (til brug ved lækageundersøgelse).

Ved komponentvalget må der i øvrigt tages hensyn til de fremtidige driftsomkostninger, idet der her udover energiforbruget tænkes på udgifter til forbrugsmaterialer m. v. Det er bl. a. et spørgsmål, der har stor betydning ved valg af filtertyper.

Endelig bemærkes det, at man ved valg af komponenterne også må tage hensyn til driftspersonalets kvalifikationer, således at pasning og vedligeholdelse ikke stiller større krav, end man har mulighed for at få opfyldt. Det skal her bl. a. nævnes, at det kan være vanskeligt at foretage udskiftninger af visse filtertyper.

I fig. 1 vises en checkliste, der kan anvendes ved bedømmelse af komponenter og aggregater ud fra et vedligeholdelsessynspunkt.

Ved valg af komponenter kommer man ud i en afvejning mellem vedligeholdelsesomkostninger og kapitalomkostninger, idet der som regel vil være en direkte sammenhæng mellem pris og kvalitet. I almindelighed bør det tilstræbes, at de totale omkostninger i komponentens levetid, d.v.s. summen af kapitalomkostninger og alle omkostninger til vedligeholdelse, reparation m. v. bliver lavest mulige, og en højere anskaffelsespris kan derfor ofte retfærdiggøres af lavere vedligeholdelsesomkostninger. Fig. 2 viser i princippet, hvorledes stigende kapitalomkostninger som følge af stigende kvalitet giver lavere vedligeholdelsesomkostninger, og den rigtige kvalitet ligger i princippet i minimumsområdet for summen af de to omkostningskurver.

Det rigtige valg, der minimaliserer de samlede omkostninger, må i nogen

	Kontrol	Bemærkninger
1. Er materialerne holdbare, bl. a. hvad angår korrosion, ældning og mekanisk stabilitet?		
2. Er den forventede fejlfrekvens rimelig set i forhold til andre dele eller komponenter?		
3. Er den forventede levetid rimelig set i forhold til andre dele eller komponenter?		
4. Er der tale om en standardkomponent, eller er konstruktionen opbygget af standardkomponenter?		
5. Er komponenten af samme fabrikat som tilsvarende komponenter andre steder i anlægget?		
6. Er konstruktionen således, at det er let at udføre reparationer, rengøring, smøring og tilstandskontrol?		
7. Er serviceintervallerne rimelige?		
8. Er det muligt at få reservedele inden for acceptabel tid?		
9. Er der muligheder for at få service?		
10. Ydes der tilstrækkelig garanti?		
11. Kan leverandøren give de nødvendige oplysninger til brug for vedligeholdelsen, bl. a. en udførlig vedligeholdelsesinstruks?		
12. Er omkostningerne til forbrugsmaterialer rimelige?		
13. Stilles der særlige krav til driftspersonalets kvalifikationer?		

Fig. 1. Checkliste til brug ved bedømmelse af komponenter og aggregater ud fra et vedligeholdelsessynspunkt.

grad baseres på erfaringer fra tidligere projekterede og udførte installationer. Det bedste ville være, om valget kunne træffes på basis af en systematisk erfaringsindsamling, men et sådant erfaringsmateriale findes næppe nogen steder i dag. Der er imidlertid ingen tvivl om, at man fremover bør lægge stor vægt på at fremskaffe og udnytte erfaringer fra igangværende ventilationsanlæg, da dette formentlig vil kunne føre til en betydelig reduktion af drifts- og vedligeholdelsesudgifterne for anlæggene.

Vurdering af anlægget som helhed

Ser man på ventilationsanlægget som helhed, bør det ud fra et drifts- og vedligeholdelsessynspunkt opbygges så enkelt som muligt under hensyn til de krav, der stilles til indeklimaforholdene i bygningen. Der bør anvendes så få anlæg som muligt, og anlæggene må samles i et enkelt eller i ganske få, let tilgængelige maskinrum, hvor der er god plads omkring

anlæggene. Det bør tilstræbes at reducere antallet af komponenter, der kræver pasning og vedligeholdelse, til det mindst mulige. De komponenter, der kræver tilsyn, rengøring, smøring eller anden form for vedligeholdelse, skal være let tilgængelige, og det gælder ikke alene komponenterne i maskinrummene, men også komponenter placeret rundt om i anlægget, f. eks. trykreduktionsbokse, zonevarmeblader og varme- eller køleblader i indblæsningsunits. Det er en hyppig fejl, at varmeblader i indblæsningskabinetter på grund af indbygningsforholdene er vanskeligt tilgængelige, så den nødvendige rengøring ikke bliver udført, og det kan i løbet af få år resultere i en væsentlig reduktion i varmeafgivelse og luftmængde. Indbygningen må være således, at kabinettets forplade kan fjernes uden brug af værktøj, og der må ikke være rørføringer, der kan generere rengøringen.

Et spørgsmål af stor betydning er indholdet af støv og snavs i den luft, der transporteres gennem anlægget.

Det gælder her om dels at placere friskluftindtaget, så den luft, der tages ind, er så ren som muligt, dels at vælge et filter med tilstrækkelig høj udskilningsgrad. Spørgsmålet skal ikke behandles nøjere her, men det bemærkes, at det formentlig i mange tilfælde vil kunne svare sig at vælge et relativt dyrt filter med en høj udskilningsgrad, såfremt det herved er muligt at nedsætte udgifterne til rengøring af f. eks. varmeblader, volumenregulatorer eller indblæsningsdyser.

Anlægget som helhed må vurderes ved at se på kapitalomkostningerne, d.v.s. omkostninger hidrørende fra projektering og installering af anlægget (altså omkostninger, der afholdes inden anlægget tages i brug) sammen med de omkostninger, der er forbundet med at drive anlægget, d.v.s. omkostninger til drift, vedligeholdelse, reparationer og udskiftninger. Det er summen af alle disse omkostninger, både de allerede afholdte og de fremtidige, der er afgørende for det valg, der skal træffes. Som nævnt i den foregående artikel udgør drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne ofte en meget væsentlig del af de totale omkostninger, og de er ofte af en sådan størrelse, at de i løbet af få år bliver større end anlæggets anskaffelsespris. Det må derfor nøje overvejes, om en højere anskaffelsespris, der fremkommer på grund af ønsket om at lette og billiggøre den fremtidige drift og vedligeholdelse, ikke kan retfærdiggøres af lavere drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, der betyder, at den totale udgift for bygherren på længere sigt bliver mindre.

Målepunkter og kontroludstyr

Anlægget må allerede i forbindelse med projekteringen forsynes med de instrumenter, eller i det mindste med udtag til instrumenter, der er nødvendige til kontrol af driften, samt med alarmudstyr til indikering af fejlfunktioner, f. eks. frostalarm, filteralarm og fejlstopalarm for ventilatorer. Kontrolinstrumenterne er bl. a. termometre til kontrol af vand- og lufttemperaturer, manometre, fugtmålere og filtervagter. Fig. 3 viser et eksempel på placering af nødvendige termometre og manometre i forbindelserne til en varmeblade. Der bør også – hvilket endnu ikke er almindeligt – være

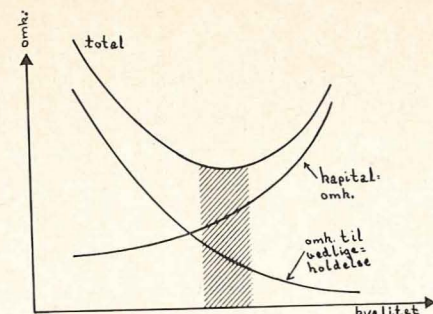


Fig. 2. Valget af komponenter og aggregater må baseres på en vurdering af de totale omkostninger i produktets levetid. Figuren viser i princippet, hvorledes stigende kapitalomkostninger som følge af stigende kvalitet giver lavere vedligeholdelsesomkostninger. Et produkt af den rigtige kvalitet ligger i princippet i minimumsområdet for summen af de to omkostningskurver.

permanent måleudstyr for kontrol af anlæggets hovedluftmængder og i visse tilfælde også flowmetre til kontrol af vandmængder i varme- og kølesystemer. Selv om permanent måleudstyr til måling af luftmængder kan være relativt dyrt i anskaffelse, vil det

alligevel ofte være fordelagtigt at installere. Det kræver nemlig nogen øvelse og en del tid, såfremt driftspersonalet senere skal udføre en korrekt måling af hovedluftmængderne, hvilket ofte vil betyde, at disse vigtige kontrolmålinger ikke bliver udført. Men samtidig opnås en væsentlig lettelse i klargøringsarbejdet før afleveringen, idet kontrolpunkterne som regel er identiske med punkter, der skal anvendes i forbindelse med indregulering og afprøvning af anlægget. Fig. 4 viser et eksempel på et indblæsningsanlæg med målepunkter for måling af luftmængder, dels i forbindelse med anlæggets klargøring, dels ved målinger under driften. Det ses, at målepunkterne nær ventilatoren skal bruges både ved indregulering, afprøvning og drift, og at disse målepunkter derfor med fordel kan forsynes med permanent måleudstyr. Installerer der ikke permanente målestationer, bør der være tilproppede, let tilgængelige huller for måling med pitotrør.

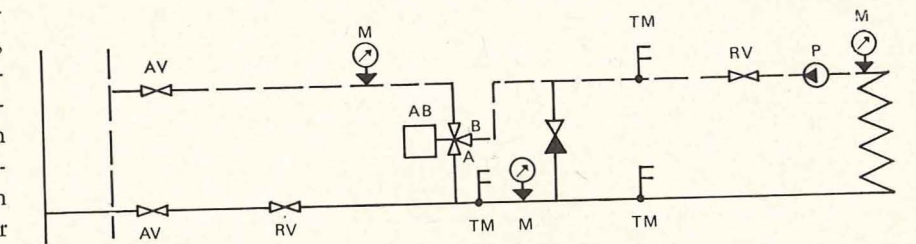


Fig. 3. Eksempel på placering af termometre og manometre i forbindelserne til en varmeblade med konstant vandmængde i primær- og sekundærkredsen. Instrumenterne skal dels anvendes ved indreguleringen af systemet, dels til kontrol af anlægget under driften.

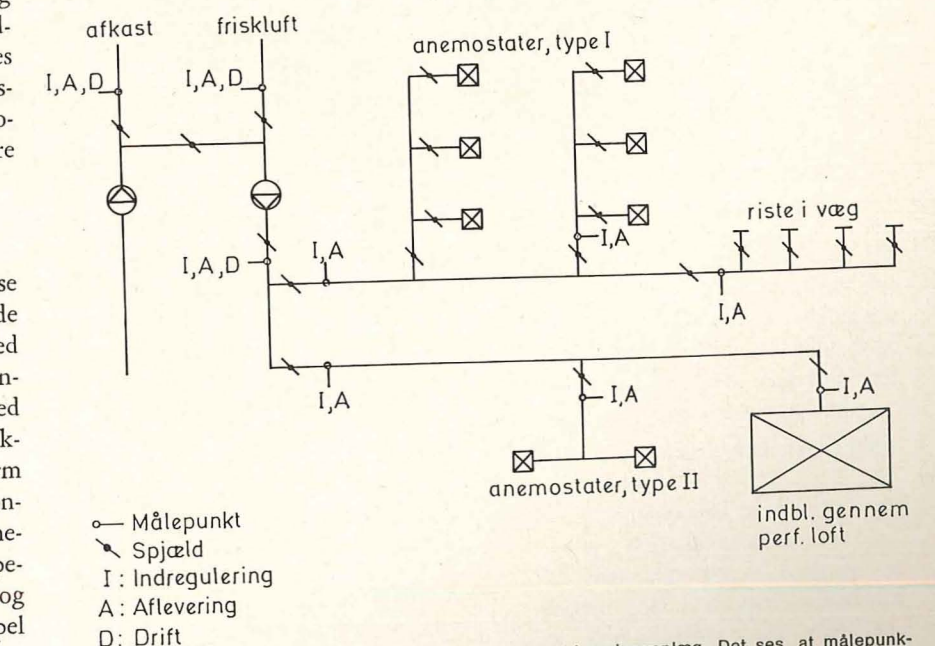


Fig. 4. Eksempel på placering af målepunkter for et indblæsningsanlæg. Det ses, at målepunkterne nær ventilatoren skal bruges både ved indregulering, afprøvning og drift, og at disse målepunkter derfor med fordel kan forsynes med permanent måleudstyr. Installerer der ikke permanente målestationer, bør der være tilproppede, let tilgængelige huller for måling med pitotrør.

stationer, bør der være tilproppede, let tilgængelige huller for måling med pitotrør.

Alle kontrolpunkter skal angives på projekttægningerne og senere hen på de til driftspersonalet udleverede tegninger. Det bemærkes, at alle punkter skal være let tilgængelige, da man ellers ikke kan forvente, at kontrollen bliver udført.

På større anlæg kan det være fordelagtigt at samle kontroller og alarmer i en overvågningscentral, så maskinmesteren kan føre kontrol med de tekniske anlæg fra ét rum. Beslutning vedrørende installation af overvågningsanlæg bygger på en vurdering af faktorer som personaleressourcer, bygningens geografiske udstrækning, installationernes omfang, placering og kvalitet, krav til driftssikkerhed mm. En nøjere analyse af disse forhold falder uden for artiklens rammer. Det skal imidlertid understreges, at selv om der installeres et avanceret overvågningsanlæg, har man ikke herved løst vedligeholdelsesopgaverne, men man opnår, at en større del af personaleressourcerne kan sættes ind på systematisk vedligeholdelse af anlægget.

Endelig skal det nævnes, at udbudsmaterialet bør angive, hvilket udstyr der ud over det permanent installerede skal leveres til brug ved kontrol

af anlæggets drift, f. eks. termometre, psykrometre, manometre og anemometre, så instrumenterne forefindes, når anlægget tages i brug. Erfaringen viser, at det senere kan være vanskeligt at få plads på driftskontoen til anskaffelse af disse undertiden relativt dyre, men nødvendige kontrolinstrumenter.

Værksted og reservedelslager

I forbindelse med projekteringen må der, når det gælder store anlæg, sættes rum af til værksted og reservedelslager.

Værkstedet må udstyres med maskiner og værktøj, der gør det muligt at udføre alle normalt forekommende reparations- og vedligeholdelsesarbejder, bl. a. må der være

rørbænk, rørskeer, kluppe til gevindskæring, rørbøjmaskine, søjleboremaskine, slibemaskine, filebænk og svejseudstyr.

Herudover skal der være værktøj og udstyr til almindeligt forekommende rør- og kanalarbejde, bl. a. håndboremaskiner, pladesakse og koberværktøj.

Endelig må der være opbevaringsmulighed for værktøj og måleudstyr, der skal anvendes ved arbejde ude på anlægget. Her kan nævnes forskellige former for renseværktøj, bl. a. børster

til rensning af indblæsningsdyser, støvsuger mv.

Der bør endvidere være plads og faciliteter, eventuelt et specielt rum, for rensning af filtre mv.

I forbindelse med værkstedet må der desuden være omklædningskabe og vaskefaciliteter.

Reservedelslageret skal have plads til filtre, kileremme og reservedele til diverse komponenter, samt forbrugsmaterialer af forskellig art, f. eks. kemikalier til vandbehandling, smørelolie osv. Ventilationsrummet bør normalt ikke anvendes som oplagsplads for reservedele, forbrugsmaterialer eller andet.

Endelig må der indrettes et kontor, hvor skrivebordsarbejdet i forbindelse med drift og vedligeholdelse kan udføres. Her bør der være arkivplads og reolplads til drifts- og vedligeholdelsesinstrukser, kataloger, håndbøger, tidsskrifter mv.

Med hensyn til indretningen af lokalerne henvises i øvrigt til arbejdstilsynets anvisninger.

Det bemærkes, at udbudsmaterialet bør omfatte det nødvendige værktøj til vedligeholdelse af anlægget, bl. a. udstyr til rengøring, og det bør også omfatte en passende mængde af reservedele, så disse ting forefindes, når anlægget tages i brug. ■

Planlægning af pasning og vedligeholdelse

(3)

Civilingeniør E. Christophersen,
Statens Byggeforskningsinstitut

Mærkning

Ventilationsanlægget – og i øvrigt samtlige tekniske installationer – må mærkes, så det er let for driftspersonalet at orientere sig, når anlægget skal passes og vedligeholdes. En gennemført mærkning af kanaler, rør og komponenter vil mindske tidsforbrug og omkostninger, når der skal udføres service og reparationer – især når der anvendes nyansatte folk eller folk udefra. Man vil desuden lettere undgå driftsforstyrrelser og eventuelle skader, der skyldes manglende overblik over anlæggets opbygning og funktion.

Mediemærkning

Kanaler og rør skal mærkes, så selv folk, der ikke har kendskab til anlæggets opbygning, let og hurtigt kan orientere sig i maskinrum, skakte mv. Mærkningen skal i symboler og tekst give fuldstændige oplysninger om indhold (medie), destination, funktion og strømningsretning.

Mærkning af rør og kanaler behandles i DS 134 »Farver og kendingsbogstaver på rørledninger«, hvori er angivet farver og kendingsbogstaver, som kan anvendes både som signaturer på anlægstegninger og til at kendetegne de enkelte rør i de færdigmonterede anlæg. Mærkningen skal i hovedtræk være som angivet i fig. 1.

Der er yderligere angivet en række bogstaver, der gør det muligt at skelne mellem de enkelte ledninger inden for én og samme hovedgruppe, f. eks. til markering af, om det er fremløb (F) eller tilbageløb (T), til markering af trykniveau mv. Symbolet AT betyder således »ventilation, udsugning«, OF »centralvarme, fremløb« osv.

I de to foranstående artikler er planlægningen af pasning og vedligeholdelse behandlet, bl. a. hvad angår pladsforhold, valg af komponenter og opbygning af systemet som helhed. I denne artikel tages spørgsmålet mærkning og identificering af kanaler og komponenter op, og på grundlag af denne og de foregående artikler drages de væsentligste konklusioner vedrørende planlægning af pasning og vedligeholdelse i forbindelse med projektering af ventilationsanlæg.

indhold	farve	kendingsbogstaver
brugsvand	lyseblå	B
kondensat	mørkeblå	C
centralvarme,	violet	O, subsidiært K
kølevand		
kedeldamp	rød	D
returdamp	gul	D
luft	grå	A
brine	grøn	J
olier	orange	Æ, subsidiært Ø
røg	sort	R
afløb	brun	S

Fig. 1.

Til at kendetegne rør og kanaler kan anvendes enten farver alene, kendingsbogstaver alene eller begge dele i forening.

Det bemærkes, at der senere (juni 1972) er udsendt en DS-Rekommandation DS/R 106.5 »Signaturer for VVS-installationer«, der også indeholder bogstavsignaturer for medier i ledninger. Rekommandationens bogstavangivelse afviger på visse punkter fra DS 134, og indtil denne revideres, kan eventuel mærkning med bogstaver udføres således, at man anvender kendingsfarverne fra DS 134 og bogstavbetegnelserne fra DS/R 106.5.

I reglen anvendes dog ikke kendingsbogstaver alene ved mærkning af de færdigmonterede anlæg, idet de fleste mærkningssystemer er opbygget som farvekoder, der suppleres med en tekst. Der findes ikke noget internationalt accepteret system for udførelse af mærkning, men ofte er systemerne opbygget således, at

1. farven angiver indholdet (mediet),
2. en pil angiver strømningsretning,
3. teksten angiver indhold, destination, funktion og evt. tilladt tryk og temperatur og

4. eventuelt kan tekstdelens farve angive tilgang og retur.

Mærkningen skal udføres, så den kan læses på 1,5 til 2 m's afstand, og dens bestandighed bør være lige så god som den overflade, hvortil den er fæstnet. Normalt mærkes der i maskinrummet, ved ventiler, aggregater mv., ved passage af lofter og vægge, ved afgreninger og i øvrigt på ledninger eller kanaler for hver 5–10 m.

Mærkningen kan udføres ved påmaling, eller man kan anvende selvklæbende mærkeband, der findes i handelen svarende til DS 134, eller de kan leveres fra forskellige specialfirmaer efter opgave.

Mærkningen bør planlægges allerede på projekteringsstadiet, så rørmærkningsentreprisen kan udbydes samtidig med det øvrige anlæg på grundlag af projekttægningerne. Under alle omstændigheder bør mærkningen være tilendebragt, inden anlægget overdrages til driftspersonalet.

Mærkning og komponenter

Anlæggets komponenter, dvs. ventilatorer, pumper, ventiler osv., må have en betegnelse, der entydigt bestemmer komponenten i anlægget. Betegnelsen kan opbygges på mange forskellige måder, idet dog følgende faktorer bør indgå i overvejelserne:

hver komponent skal være entydigt bestemt, komponenten skal let kunne registreres i kartoteker mv., det skal være let at foretage en analyse af vedligeholdelsesdata for komponentgrupper eller anlæg, det skal være let for personalet at overskue og huske opbygningen

og betydningen af betegnelserne, personalet skal ud fra betegnelsen kunne finde frem til komponentens geografiske placering og for store anlæg bør betegnelserne være opbygget således, at der er forberedt for eventuel databehandling i forbindelse med planlægning, analyser mv.

Det vil normalt ikke være muligt at få alle disse ønsker opfyldt, og det må derfor i hvert enkelt tilfælde overvejes, på hvilke punkter der skal lægges størst vægt. I det følgende vises et par eksempler på opbygning af komponentbetegnelser.

Betegnelsen kan f. eks. opbygges ved at angive komponenttype, et fortløbende nummer i et kredsløb samt det anlæg, komponenten hører til. Betegnelsen AV 3 - VTI 5 står således for afspærringsventil nr. 3 i indblæsningsanlæg nr. 5. De anvendte bogstavbetegnelser svarer til betegnelserne i DS/R 106.5. Denne betegnelse har den fordel, at bogstavsymbolerne umiddelbart siger noget om komponenttypen samt om det anlæg, komponenten er knyttet til. Drejer det sig om anlæg, der har stor geografisk udstrækning, kan det være hensigtsmæssigt at knytte en kode, der fortæller om den geografiske placering, til betegnelsen.

Når der er tale om meget store anlæg, bør betegnelsen være opbygget, så den uden større ændringer kan anvendes, såfremt vedligeholdelsesdata mv. skal behandles på datamaskine. Der bør da anvendes rene cifrekoder opbygget af så få cifre som muligt, f. eks. således at

1. ciffer betegner installationsområde (f. eks. ventilation, varme),
2. og 3. ciffer - anlægsnummer,
4. og 5. ciffer - komponenttype (f. eks. varmeplade, pumpe),
6. ciffer - løbende nummer inden for en gruppe.

Ønskes en finere inddeling, kan det være nødvendigt at tage flere cifre i brug end antydnet her. Udbygges et sådant system med koder for vedligeholdelsesarbejds art, fejlårsagskoder, fejltyppekoder mv., vil der være mulighed for overgang til anvendelse af datamaskine ved planlægning og analyse af vedligeholdelsesarbejdet.

Det bemærkes, at uanset hvilken form for betegnelse der anvendes, bør der for de forskellige komponentgrupper udarbejdes en oversigt over de enkelte komponenters betegnelse, funktion og placering, f. eks. ventilfortegnelser, termostatfortegnelser og pumpefortegnelser.

Hver komponent må forsynes med et skilt, der angiver registreringsbetegnelsen. Fremgår funktionen ikke umiddelbart af rørmærkningen, bør der ud over betegnelsen være en angivelse af komponentens funktion.

Skiltning

Større komponenter som ventilatorer, luftbefugtere, varme- og kølebat- terier, indblæsningsunits mv. bør forsynes med skilte, der angiver fabri- kat, type og betegnelse samt eventuelt fabriktionsnummer. For ventilatorer angives tillige det højest tilladte om- drejningstal, motordata og den højest tilladte temperatur af den transporte- rede luft, og ventilatorhuset skal for- synes med en pil, der viser løbehju- lets omdrejningsretning.

Konklusion

På grundlag af denne og de to foregående artikler kan det konkluderes, at der ved projektering og ud- førelse af ventilationsanlæg må der tages hensyn til følgende faktorer, der har afgørende betydning for den fremtidige pasning og vedligehold- else af anlægget:

1. Anlægget skal opbygges så enkelt som muligt under hensyn til de ønskede indeklimaforhold.
2. Aggregater og dele, der skal passes og vedligeholdes, skal samles i så få rum som muligt.
3. Der bør anvendes minimum af komponenter og dele, der kræver pasning og vedligeholdelse.
4. Valg af anlægstype og udformning må ske under hensyn til de forventede kvalifikationer hos driftspersonalet.
5. Ventilationsrum skal være let tilgængelige og med adgangs- veje, der gør det muligt at fore- tage udskiftninger af komponenter eller aggregater.
6. Der skal afsættes den nødvendige plads omkring aggregater, kom- ponenter mv.

7. Alle komponenter, der kræver pasning og vedligeholdelse, skal være let tilgængelige.

8. Aggregater og komponenter skal være driftssikre, dvs. vælges un- der hensyn til pålidelighed, ved- ligeholdelsesvenlighed og ved- ligeholdelsessikkerhed (jf. i øv- rigt checklisten i fig. 1, VVS nr. 10, 1973).

9. Valg af komponenter må ske på basis af en vurdering af de sam- lede omkostninger i kompen- tens levetid.

10. Anlægget som helhed må vurde- res på basis af de samlede om- kostninger for bygherren i an- læggets levetid, dvs. ved at vur- dere summen af kapitalomkost- ninger og driftsomkostninger.

11. Der skal afsættes let tilgænge- lige, gerne permanente, måle- punkter til brug ved kontrolmå- linger under driften.

12. Målepunkter skal markeres på projekttegninger og senere hen på de til driftspersonalet udle- verede tegninger.

13. Det skal overvejes, om det er hensigtsmæssigt at lave central overvågning.

14. Udbudmaterialet skal omfatte måle- og kontroludstyr, værktøj, rengøringsudstyr og reservedele, så disse ting forefindes, når an- lægget tages i brug.

15. Der skal afsættes plads til værk- sted, reservedelslager og kontor.

16. Mærkning af kanaler og kompo- nenter skal planlægges og udfø- res, inden anlægget tages i brug.

Herudover er det af afgørende be- tydning, at der, inden anlægget tages i brug, udarbejdes udførlige drifts- og vedligeholdelsesinstrukser, lige- som bygherren må rådgives vedrø- rende driftsbudgetter samt om even- tuelt behov for serviceaftaler. Disse spørgsmål tages op i efterfølgende artikler.

Bygherren må desuden orienteres om, at det ledende driftspersonale bør ansættes så tidligt som muligt og senest, når anlægget er under udfø- relse. Personalet kan da eventuelt del- tage i kontrolvirksomheden og her- ved erhverve et detaillkendskab til an-

lægget, som senere hen kan være til uvurderlig nytte. Detailkendskab kan sjældent opnås senere, når dele af anlægget er gemt i nedhængte lofter, skakke m.v.

Endelig bemærkes det, at anlægget

skal være i god driftsmæssig stand, når det overdrages til bygherren, og dette indebærer bl. a., at materialer og komponenter ikke lider overlast under transporten, under oplagring på byggepladsen eller under monte-

ringen. Endvidere er det nødvendigt, at anlægget passes og vedligeholdes i fornøden udstrækning af entreprenø- ren, indtil den dag bygherrens perso- nale overtager ansvaret for anlægget. ■

SBI-rapporter

fortsat fra omslagets anden inderside

- 34 **Virkningen af byggetekniske fejl og mangler på vedligeholdelsesomkostningerne.** The Effect of Faults in Building Techniques on Maintenance Costs. Erik Allin. 1959. 46 p. A4. Kr. 13,80.
- 35 **Afløbsledninger og dræn.** Waste Pipes and Drains. Ove Hyllested. 1959. 22 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 36 **Røgundersøgelser ved større centralvarmeanlæg.** Smoke Problems at Big Heating Plants. Knud Hansen. 1960. 60 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 18,40.
- 37 **Om rengøringsudgifter – deres afhængighed af bygningsmaterialer og udformning.** Cleaning Expenses – how they are Affected by the Materials and Planning of a Building. Alfred Born. 1960. 36 p. A4. Kr. 9,20.
- 38 **Samlingsproblemer i montagebyggeri.** Problems of Joining Room-Sized Building Units. Johs. F. Munch Petersen og Ove Eriksson. 1960. 2. reviderede udgave. 1963. 24 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 39 **Lydisolation i boligbyggeri.** Sound Insulation of Dwellings. Fritz Ingerslev og Jørgen Kristensen. 1960. 114 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 40 **Bestrygningsmidler til fugtige ydervægge.** Water Repellents for Exterior Brickwork. H. Dührkop og C. Falk. 1960. 48 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 41 **Bedre arbejdstegninger – et svensk forslag udarbejdet af HALTH-gruppen.** Better Working Drawings – a Swedish Proposal presented by the HALTH-committee. Sven A. Tyrén. 1960. 32 p. A4. Kr. 9,20.
- 42 **Facadebeklædningselementer.** Facing Elements. Knud E. C. Nielsen. 1961. 28 p. A4. (Udsolgt. Out of print).
- 43 **Projektmaterialers rationalisering.** Rationalization of Contract Documents. Bjørn Bindslev. 1961. 80 p. A4. Kr. 17,25.
- 44 **Boligventilation.** Ventilation of Houses. Poul Becher og L. Evensen. 1961. 84 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 45 **Villakvarterets udformning.** Planning of Garden Suburbs. Peter Bredsdorff. 1962. 22 p. A4. Kr. 11,50.
- 46 **Bibliography on Building Documentation 1938–1962.** R. Mølgaard Hansen. 1962. 40 p. A5. In English. Kr. 9,20.
- 47 **Dagophold og sovesteder i etageboligen. En undersøgelse af rummenes brug i 3- og 4-rums lejligheder.** Living Areas and Sleeping Places in Flats. A Study of the Utilization of the Rooms in 3- and 4-Room Flats. Aage Dalgas Rasmussen. 1963. 48 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 20,70.
- 48 **Vejledning i bedømmelse af kvaliteten af den ældre bygningsbestand til brug ved kondemnering efter lov om boligtilsyn.** Manual in Appraisal of the Quality of the Older Housing Stock According to the Rules for Condemnation Established by the Danish Building Inspection Act. Troels Smith. 1963. 64 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 49 **Spredningen på radiatorventilers strømningsmodstand.** A Study of the Dispersion Displayed by Radiator Valves. Sven Mandorff, Kaj Ovesen og Hanne Spøhr. 1963. 82 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 28,75.
- 50 **Fukt og fukttransport i porøse materialer.** Moisture and Migration of Moisture in Porous Materials. Annanias Tveit. 1964. 20 p. A4. Norsk tekst med engelsk resumé. Norwegian text with an English summary. Samtidig udsendt som rapport 39 fra Norges Byggeforskningsinstitut. Kr. 9,20.
- 51 **Fjernvarmens økonomiske og juridiske problemer.** Economical and Legal Problems of District Heating. Frederik E. Olsen. 1964. 2. reviderede udgave 1971. 36 p. A4. Kr. 21,00.
- 52 **Sammenligning af varme- og lydtekniske forhold ved koblede vinduer og hermetikruder.** A Comparison between Double Windows and Sealed Double-Glazed Windows from a Thermal and Acoustic Point of View. Georg Christensen. 1965. 24 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 17,25.
- 53 **Et forsøgsapparat til bedømmelse af ydervægges frostbestandighed.** A Test Apparatus for Evaluation of the Frost Resistance of Outer Wall Constructions. Georg Christensen. 1965. 22 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 17,25.
- 54 **Malings holdbarhed. Forsøg med maling af vinduer i nybygninger. Forsøg med maling af jernpladetage. En sammenligning af bygningsmalings holdbarhed udenørs og i weather-Ometre.** The Durability of Paint. The Durability of Paint on Windows of New Houses. Testing the Paint of Galvanized Roofing Sheets. Correlation of the Durabilities of House Paints after Out-Door Exposure and after Testing in Weather-Ometers. Poul Becher, Karl Otto Juel Rasmussen og H. K. Raaschou Nielsen. 1965. 50 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 28,75.
- 55 **Undersøgelse af et mindre fjernvarmeanlæg.** Investigation of a Small District Heating Plant. Peter Olufsen. 1965. 2. oplag 1967. 44 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 28,75.
- 56 **Måltypisering.** Preferred Dimensions. 1966. 112 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 18,40.
- 57 **Indendørsklima i skoler.** Indoor Climate in Schools. Ib Andersen og G. R. Lundquist. 1966. 100 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 52,35.
- 58 **Charlottehøj. Erfaringer fra opførelsen af et muret højhus.** Charlottehøj. Experience Gained in the Erection of a Multi-Story Brickwork Building. 1967. 24 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 15,90.
- 59 **Full Scale Fire Tests. The Spread of Fire from a Chamber to a Corridor.** 1967. 56 p + Enclosure. A4. In English. Kr. 52,35.
- 60 **Boligundersøgelse i bebyggelsen Værebros Park.** User Study in the Housing Estate: "Værebros Park". Ingrid Gehl og Finn Vedel-Petersen. 1969. 54 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 61 **Elektrisk opvarmning ved vinterstøbning af beton.** Electric Heating by Winter-Concreting. Alice Kjær. 1969. 2. oplag 1969. 38 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 23,00.
- 62 **Styrkeforsøg med dansk gran samt en vurdering af styrkesorteringens virkninger.** Strength Tests Applied to Danish Grown Spruce and an Evaluation of the Results of the Grading. Marius Johansen, T. Feldborg Nielsen og Hanne Spøhr. 1969. 22 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 18,40.
- 63 **Klargøring af ventilationsanlæg. Fire artikler.** Commissioning Air Distribution Systems. Four Articles. 1969. 44 p. A4. Danish text with an English summary. (Udsolgt. Out of print).
- 64 **Undersøgelse af lydisolation mellem boliger i rækkehuse og lignende bebyggelser.** Sound Transmission Between Individual Dwellings in Terrace Houses and Houses of Similar Types. Jørgen Kristensen. 1970. 40 p. + 3 tvlr. A4. Danish text with an English summary. Kr. 23,00.
- 65 **Styrke- og stivhedsforsøg med brædder og plader til tage og gulve.** Strength and Rigidity of Boards and Sheets for Roofs and Floors. T. Feldborg Nielsen og Marius Johansen. 1970. 62 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 27,60.

SBI-rapporter

fortsat fra omslagets indersider

- 66 **A Method to Determine the Dimensions of a Structural Element Corresponding to a Given Probability of Failure.** Eero Paloheimo. 1970. 26 p. A4. In English. Kr. 23,00.
- 67 **Forsøg med træforbindelser med bolte og mellemlæg.** Investigation of Timber Joints with Bolts and Connectors. T. Feldborg Nielsen og Marius Johansen. 1970. 46 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 23,00.
- 68 **Sources of Error by Strain Gage Measurements on Models Made of Plexiglas. A Theoretical and Experimental Analysis of Uncertainty and a Proposal for Principles of Testing.** Mogens Buhelt. 1971. 46 p. A4. In English. Kr. 23,00.
- 69 **Proposal for a Data Language. Second Report.** Olaf Kayser. 1970. 76 p. A4. In English. Kr. 23,00.
- 70 **Design of Interacting Systems for Production and Distribution of Ready Mixed Concrete. An OR-Study of a Multiple-Channel Queueing System with Erlang (Constant) Distributed Servicetime.** Erik Maaløe. 1971. 64 p. A4. In English. Kr. 36,80.
- 71 **Bo-miljø.** Living Environment. Ingrid Gehl. 1971. 2. oplag. 176 p. A5. Danish text with an English summary. Kr. 19,50.
- 72 **Rationalisering af el-installationer i montagebyggeri.** Rationalization of Electric Installations in Prefabricated Constructions. 1970. 64 p. A5. Danish text with an English summary. Kr. 21,00.
- 73 **Udviklingen i boligbyggeri og boligudgifter 1967 til 1985.** Development in Housing Construction and Housing Expenditure 1967 to 1985. Dan Ove Pedersen og Hanne Spøhr. 1971. 64 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 23,00.
- 74 **Meninger om mennesker og miljø. En debatbog.** 20 Views on the Urban Environment. 1971. 172 p. A5. Kr. 19,50.
- 75 **Tæt lav – en boligform: Eksempelsamling.** Low-Rise High-Density Housing: 83 Examples. 1971. 182 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 59,80.
- 76 **Tæt lav – en boligform: Bo-miljøundersøgelse i 11 byggeserier.** Low-Rise High-Density Housing: User Reactions in 11 Projects around Copenhagen. 1971. 3. oplag 1971. 192 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 59,80.
- 77 **Tæt lav – en boligform: Planlægning.** Low-Rise High-Density Housing: Planning. 1971. 2. oplag 1974. 160 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 59,80.
- 78 **BIM 70. SBI's indeklimatiske undersøgelser.** SBI's Indoor Climate Measurements. Poul Becher, Ole Valbjørn og Erik Christophersen. 1971. 36 p. A4. Kr. 23,00.
- 79 **Measurement of Moisture Transfer in Building Materials.** Alice Kjær og Georg Christensen. 1971. 18 p. A4. In English. Kr. 23,00.
- 80 **BIM 71. SBI's indeklimatiske undersøgelser.** SBI's Indoor Climate Measurements. Poul Becher, Peter Olufsen, Ole Valbjørn, Bo Andersen og Erik Christophersen. 1972. 40 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 23,00.
- 81 **Tolerances and Accuracy in Building. Colloquium Organized by CIB Working Commission W49 in Collaboration with FIG.** CIB Report No. 16. 1972. 142 p. A4. English text with a French summary, partly also in French with an English summary. Kr. 74,75.
- 82 **Tæt lav – en boligform: Idékonkurrence om byggesystemer og bebyggelsessystemer.** Low-Rise High-Density Housing: Ideas Competition on Building Systems and Housing Systems. 1972. 304 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 59,80.
- 83 **Tæt lav – en boligform: Realisering.** Low-Rise High-Density Housing: Implementation. Under forberedelse.
- 84 **Forsøg med søms udtræksstyrke.** Withdrawal Resistance of Nails. T. Feldborg og Marius Johansen. 1972. 54 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 46,00.
- 85 **Forskning for fremtiden. Metodesamling om fremtidsorientering med eksempler især fra byggeri og teknologi.** Future Research. Collection of Methods on Futurology with Examples mainly from Housing and Technological Development. Erik Maaløe. 1972. 174 p. A5. Danish text with an English summary. Kr. 46,00.
- 86 **BIM 72. SBI's indeklimatiske undersøgelser.** SBI's Indoor Climate Measurements. Poul Becher, Ole Valbjørn, Niels Jonassen, Svein Myklebost, Peter Olufsen, E. Christophersen, Al. Christea og T. Teretean. 1973. 42 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 26,10.
- 87 **Enliges boligproblemer.** Housing Problems for Single Persons. Poul Poulin Nielsen. 1973. 72 s. A4. Danish text with an English summary. Kr. 46,00.
- 88 **Vagtordning for el-installationer – en forbrugerservice.** Service Organizations for Electrical Installations – A Consumer Service. Søren Skibstrup Eriksen og Kaj Ovesen. 1973. 24 s. A5. Danish text with an English summary. Kr. 14,60.
- 89 **Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Referenceår.** Meteorological Data for Design of Building and Installation: A Reference Year. Bo Andersen, Stig Eidorff, Hans Lund, Erik Pedersen, Stig Rosenørn og Ole Valbjørn. 1974. 70 s. A4. Danish text with an English summary. Kr. 59,00.
- 90 **BIM 73. SBI's indeklimatiske undersøgelser.** SBI's Indoor Climate Measurements. Poul Becher, Ove Nielsen, Ole Valbjørn og Erik Christophersen. 1974. 28 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 26,10.
- 91 **Beregning af vægssystemer i skivebygninger.** Analysis of Shear Wall Systems. Mogens Buhelt og Klavs Fejlbjerg Hansen. 1974. 180 p. A4. Danish text with an English summary. Kr. 87,40.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUTS publikationer er udsendt i følgende udgivelsesrækker: *SBI-anvisninger*, *SBI-rapporter*, *SBI-landbrugsbyggeri*, *SBI-byplanlægning*, *SBI-lydplaceringer*, *SBI-fugtpjecer*, *SBI-ydeevnebeskrivelser*, *SBI-nomogrammer for tryktab i rør*, *SBI-særtryk*, *SBI-notater*, *Progress Reports vedrørende alkalireaktioner i beton*, *Alkali-udvalgets vejledninger*, *SBI-studier*, *SBI-interne studier*, *Nyt skolebyggeri*. Alle SBI-publikationer fås gennem boghandelen eller hos Teknisk Forlag, Skelbækgade 4, 1717 København V. Telefon (01) 21 68 01. – Er De interesseret i at blive holdt orienteret om nye publikationer fra SBI, er der en fordelagtig abonnementsordning. – Rekvirér SBI's publikationsfortegnelser.