



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

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



Rapport

R2:1991

**Ventilationsbehov –
uteluftsflöden**

**Rapport från Nordiskt seminarium
januari 1989**

Jan Sundell

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135510

Byggforskningsrådet

R2:1991

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

VENTILATIONSBEHOV - UTELUFTSFLÖDEN

Rapport från Nordiskt seminarium januari 1989

Jan Sundell

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 889318-2 från Statens råd för byggnadsforskning för seminarium arrangerat i samarbete med NKBs grupp för revidering av Nordiska riktlinjer för byggnadsbestämmelser (NKB40), NBS-Inneklimat, Nordiska Ventilationsgruppen (NVG) samt Allergiutredningen.

REFERAT

Uteluftsflödets storlek i bostäder och andra icke-industriella lokaler har spelat en väsentlig roll i diskussionen om hygien och energi. Diskussionen har under senaste åren lett fram till en omprövning av gällande regler och riktlinjer t ex inom NKB (Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser), den svenska Allergiutredninge, International Energy Agency (IEA) och ASHRAE (USA). Mot denna bakgrund och eftersom frågorna är gemensamma för de nordiska länderna hölls ett Nordiskt tvärvetenskapligt expertseminarium "Ventilationsbehov - Uteluftsflöden" i Åre.

Seminarier hade primärt två syften. Dels att så allsidigt som möjligt få belyst vilka uteluftsflöden som idag bör rekommenderas baserat på befintliga erfarenheter och dagens forskningsfront. Dels att få fram bristerna i kunskapsläget och därav betingat FoU-behov. De två syftena hänger nära samman eftersom bristande kunskaper kan medföra att säkerhetsmarginalerna kan behöva ökas och därigenom påverka valet av rekommenderade uteluftsflöden.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R2:1991

ISBN 91-540-5298-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1991

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		sida
Jan Sundell	Introduktion	7
Jan Sundell	Krav på uteluftsflöden, några kommentarer	9
Skriftliga inlägg:		11
Kjell Aas	Passiv tobakksrök - den aller verste forurensning av inneluft	12
R Routsalainen, R Rönberg, A Majanen, O Seppänen	The performance of ventilation in residential buildings	19
R Dyhr	Den allmänna attityden till ventilation	23
P O Fanger	En komfortligning for indeluftkvalitet	25
O Nielsen	Luftfugtighed i etageboliger ved 3 forskellige ventilationsløsninger	35
M J Jantunen	Humidity, ventilation and microorganisms	45
P Kimari	Anvisningar angående uteluftsflöden i Finlands byggbestämmelsesamling	51
J V Bakke	Miljöbetingede luftveislidelser - inneklima en oversikt	59
E Skåret	Ventilasjonseffektivitet - luftvekslingseffektivitet, betydning for ventilasjonsnormer	71
H Stymne	Ateradsorption av föroreningar på inredningsmaterial - en faktor att beakta för ventilationsbehovet	78
I Sävenstrand	Ventilationsbehov - uteluftsflöden, Allergiutredningens syn	83
D Wyon	Seven new principles for "Big sister" ventilation systems	88
Gruppdiskussioner:		92
Johnny Andersson Eric Christophersen Nina Dawidowicz Hans Formgren Matti Jantunen Jens Korsgaard Fritiof Salvesen Allan Wallin	Fukt, mikroorganismer och smittskydd	93

Olav Björseth Hrafn Hallgrímsson Peter Nielsen Kristina Saarela Hans Stymne Inger Sävenstrand Olle Zetterström	Byggnader, inredning, installationer	95
Jan Bakke Pirjo Kimari Henrik Nordman David Smith Ole Valbjörn Peder Woldkoff	Processer och aktiviteter	97
Kjell Aas Ralph Dyhr Jan Hongslo Esko Kukkonen Claes Wiklund	Miljötabaksrök	99
Povl Ole Fanger Thomas Lindvall Ove Nielsen Eimund Skaaret Helena Vuorelma David Wyon	Kroppsemissioner	101
Eric Christophersen Jan Hongslo Jens Korsgaard Ove Nielsen Eimund Skaaret David Smith Olle Zetterström	Bostäder	104
Matti Jantunen Pirjo Kimari Kristina Saarela Inger Sävenstrand Ole Valbjörn Claes Wiklund David Wyon	Skolor, barnstugor	106
Kjell Aas Olav Björseth Hans Formgren Hrafn Hallgrímsson Allan Wallin Peder Woldkoff	Samlingslokaler, butiker, allmänna lokaler	107
Jan Bakke Ralph Dyhr Povl Ole Fanger Peter Nielsen Henrik Nordman Hans Stymne	Kontor	108

Slutsatser och rekommendationer

109

Deltagarförteckning

114

INTRODUKTION

INTRODUKTION

Jan Sundell

Uteluftsflödets storlek i bostäder och andra icke-industriella lokaler har spelat en väsentliga roll i diskussionen om hygien och energi. Under 70-talet gällde det i första hand att söka hålla flödet så lågt som möjligt för att hushålla med energin. 80-talet har i stället präglats av en diskussion om de (alltför) låga uteluftsflödenas roll i samband med bl.a. sjuka-hus sjukan och den ökade prevalensen av allergier och andra överkänslighetsreaktioner.

Denna diskussion har under de senaste åren lett fram till en omprövning av gällande regler och riktlinjer tex inom NKB (Nordiska Kommitte'n för Byggnadsbestämmelser), NVG (Nordiska Ventilations Gruppen) och den svenska Allergitredningen.

Internationellt har dessa frågor uppmärksammats inom tex International Energy Agency (IEA) och ASHRAE (USA). Tex har ASHRAE föreslagit en kraftig höjning av minluftflödet per person.

Mot denna bakgrund och eftersom frågorna är gemensamma för de nordiska länderna hölls ett Nordiskt seminarium "Ventilationsbehov - Uteluftsflöden" i januari 1989 i Åre.

Seminariet arrangerades av Statens råd för byggnadsforskning (BFR) i samarbete med NKB:s grupp för revidering av nordiska riktlinjer för inneklimatestämmelser (NKB 40), NBS-Inneklimat, Nordiska Ventilationsgruppen (NVG) samt Allergitredningen (Socialdepartementet, Sverige).

Seminariet hade primärt två syften. Dels att så allsidigt som möjligt få belyst vilka uteluftsflöden som idag bör rekommenderas baserat på befintliga erfarenheter och dagens forskningsfront. Dels att få fram bristerna i kunskapsläget och därav betingat FoU-behov. De två syftena hänger nära samman eftersom bristande kunskaper kan medföra att säkerhetsmarginalerna kan behöva ökas och därigenom påverka valet av rekommenderade uteluftsflöden.

Till seminariet inbjöds nordiska forskare och företrädare för myndigheter. Deltagarnas bakgrund inom teknik, medicin och kemi visar på ämnets tvärvetenskapliga natur. Deltagarna ombads komma med skriftliga inlägg, vilka redovisas i rapporten.

Seminariet leddes av professor Thomas Lindvall med hjälp av Helena Vuorelma, Nina Dawidowicz, Johnny Andersson och Jan Sundell.

KRAV PÅ UTELUFTSFLÖDEN, NÅGRA KOMMENTARER

Jan Sundell

KRAV PÅ UTELUFTSFLÖDEN, NÅGRA KOMMENTARER INFÖR SEMINARIET

Jan Sundell

Nog, för att alla inser att uteluft behövs även inomhus, men hur mycket ?

Under drygt 20 år har jag följt frågan om hur mycket uteluft som människor behöver inomhus. Från det glada ,teknikfrälsta, 60-talet via energidebattens 70-tal till de sjuka husens 80-tal. På Planverket och arbetarskyddstyrelsen, inom NKB och NVG har den grundläggande frågan om hur stort behovet av ventilation är, ständigt varit närvarande. Spännvidden i diskussionen är imponerande. Ifrån kommentarer, från ansvarigt beslutsfattande håll, om att "Inte hade vi någon fläkt i mitt föräldrahem och ändå var vi 7 personer på 48 kvadratmeter" till en detaljerad diskussion om halter av enskilda föroreningar i inomhusluften.

Givetvis, är det så att vi alla är specialister på luft. Vi vet ju bäst själva när vi tycker att luften är dålig, torr, instängd, kvalmig, frisk etc. Ämnet, som sådant, inbjuder till privata funderingar. Samtidigt har forskningen inom området varit närmast totalt frånvarande. De verkliga KUNSKAPERNA inom fältet har varit och är "sporadiska", gällande specifika enskilda ämnen, "historiska", som Pettenkofers om CO₂ och Yaglous luktstudier, eller "embryonala", som studierna av sjuka hus. Generellt sett vet vi inte ens vilka uteluftsflöden vi har. Egentliga kartläggningar saknas.

Men, ändock, för varje ny byggnad måste ventilationen dimensioneras och utformas. För varje befintlig byggnad fattas beslut om hur ventilationen skall drivas. I bägge fallen fattas beslut av väsentlig betydelse för energiförbrukningen i samhället liksom för hälsotillståndet, om man får tro radon- eller allergiutredningen eller debatten kring de sjuka husen.

Debatten har svängt från mitten av 70-talet, då det framfördes att 2,5 l/s.p (ASHRAE) eller 0,2-0,3 oms/h räcker väl, "Människorna mår utomordenligt bra i våra nybyggda småhus med en luftväxling, som inte överstiger 0,3 oms/h", till dagens debatt där det framförs att allergiker och andra överkänsliga behöver upp till 30 l/s.p och att luftomsättningen i bostäder inte bör understiga 1 oms/h för att undvika tillväxt av allergiframkallande husdammskvalster.

Samtidigt är det lätt att översätta uteluftsflöden till energiförbrukning.

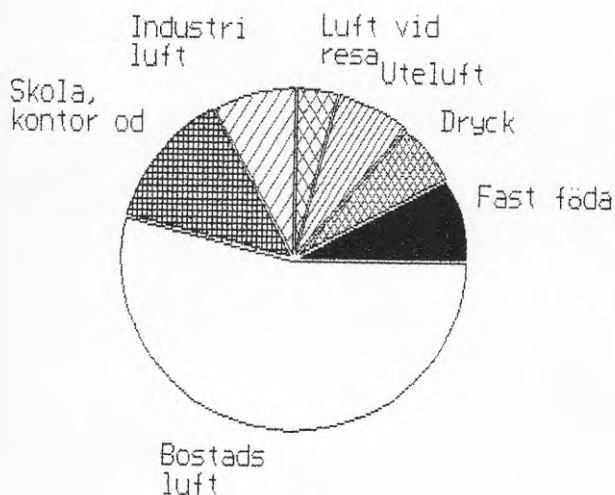
Sidospår i debatten gäller återluftförling, luftbefuktning, roterande värmeväxlare, tidsstyrning, behovsstyrd ventilation mm. Sidofrågor som inte kan lösas förrän de grundläggande frågorna om betydelsen av inneluftens kvalitet (som bestäms primärt av uteluftsflödet och närvaron av föroreningskällor samt den

mänskliga responsen på aktuella föroreningsnivåer) är bättre belyst.

Det enda som vi egentligen vet är att bra luft är bra att ha samt att luften i våra bostäder, barnstugor, skolor, kontor od är en mycket viktig expositionsfaktor. Av bild 1. ser vi att enbart luft i bostäder utgör mer än hälften av vad vi i ett normalliv totalt får i oss (i kg räknat). Desto mer besynnerligt är det att vi inte bättre har studerat en så viktig expositionsfaktor. Viktig ur ett folkhälsoperspektiv såväl som när det gäller energiförbrukningen. Jämför med kunskaperna och forskningen rörande den yttre luften, födan, vattnet och den industriella miljön.

Seminarier får ses som ett försök att samla den kunskap, som trots allt finns, för att förbättra beslutsunderlaget inför kommande bebyggelse.

Hur mycket vi får i oss genom att vi andas, äter, dricker (kg/person)



Figur 1. Exponering under ett normalliv

SKRIFTLIGA INLÄGG

PASSIV TOBAKKS RØYK - DEN ALLER VERSTE FORURENSNING AV INNELUFT!

Kjell Aas
Voksentoppen, Rikshospitalet
Oslo

Den aller verste luftforurensningen vi kjenner til i inneluft, er den som kommer fra tobakksrøyking. "Passiv tobakksrøyk" (på engelsk: "involuntary smoking" eller "ufrivillig røyking") er et uttrykk som understreker at alle som er i et rom hvor det røykes, selv tvinges til å røyke uten å ville det. I engelsk litteratur kalles det også "environmental tobacco smoke" eller oversatt: "miljøtobakksrøyk".

Det er mange som røyker, og mange av dem har vanskelig for å slutte. De røyker mot bedre viten, for alle vet nå at tobakksrøyking er helseskadelig.

Alle vet at røyking er årsaken til bortimot 90 % av all lungekreft. Det er mange som ikke bryr seg om det. Særlig gjelder det unge. For dem er muligheten for å få kreft i eldre år så langt inn i fremtiden at de ikke bryr seg om truslene. For å si det med en 16-åring: " Det er vel ingen normal tenåring som slutter å røyke fordi at han har en ørliten risiko for å få lungekreft når han er havnet på gamlehjem!"

Overfor mange unge har helseopplysningen vært uten resultat - kanskje fordi man i for stor grad har fremholdt lungekreft fremfor mange andre helseskader av tobakksrøyking.

Tobakksrøyking fører til fler og verre luftveisinfeksjoner - og til at man smitter sine nærmeste med dem, Røyking er hovedårsaken til kronisk bronkitt. Mange med røykerbronkitt får utvidede lunger (emfysem) og blir invalidisert av lungesvikt og hjertesvikt. Risikoen for dette er meget større enn risikoen for lungekreft.

Alle vet også at røyking bidrar sterkt til angina pectoris med hjertesmerter og hjerteinfarkt - og at dette kan komme i ganske tidlig voksen alder. Skadevirkninger skjer også i blodårene ellers i kroppen - fra hjernen til finger- og tåspisser.

Røyking svekker motstandskraften i slimhinnene på flere måter. Den skader flimmerepitelets arbeidsevne slik at drivkraften i slimrensningen svikter. Røyking får slimhinnene også til å "lekke" slik at skadelige stoffer trenger igjennom (Hogg 1983). De som røyker, utvikler hyperreaktivitet i bronkiene og får nedsatt lungefunksjon og mer astma enn ikke-røykere. De utvikler også mer allergi i luftveiene.

Stoffer i tobakksrøyk konkurrerer med hemoglobinet i blodet slik at vårt eget hemoglobin blir mindre effektivt i transport av oksygen. Dette har aller størst betydning for et barn i en røykende mors liv. Ved graviditetskontrollene får kvinnen kanskje vite at blodprosenten er fin; men hvis hun røyker, er den effektive blodprosenten for barnet lavere. Barnets effektive blodprosent tilsvarer kanskje 20-30 % lavere enn det moren tror! Man kan si at stoffer i tobakksrøykingen hos mor, "stjeler" det livsviktige oksygen fra barnet. Dette er nok en av årsakene til at aborter er hyppigere hos røykende mødre, at de føder flere barn med misdannelser og sykelighet, at de oftere føder for tidlig, og at barna deres oftere er for små og tynne ved fødselen.

Røykere utsetter seg selv for stor risiko. Det får være deres egen sørgelige sak så lenge de ikke røyker inne - bortsett fra at det lukter vondt av alle som røyker. Ikke helt deres egen sak, forresten: voksne som røyker bidrar til at barn og unge tror at det er voksent og noe "kjekt" og tiltalende ved røyking. Uvanen smitter fra de voksne til barna! Barn gjør som voksne gjør og ikke som de sier.

Straks noen røyker inne, berører det andre. Vi andre blir tvunget til "passiv røyking". Mot vår vilje må vi puste inn i oss alle forurensningene som produseres av røykeren og "hvilende" sigaretter - og det er ikke lite! Passiv tobakksrøyk inneholder mer enn 2000, kanskje 4000 forskjellige gasser, noen med kjent helseskadelig virkning og mange som vi ikke kjenner virkningen av.

Den sterke økingen av temperaturen i en "hvilende" sigarett fører til dannelsen av mange nye gassarter. Det kan være opptil 50 ggr mer av en slik gassart i passiv røyk enn i de røyken som røykeren puster inn! Dvs et barn som sitter ved siden av en sigarett røyker som tar en sigarett, kan få i seg slike stoffer tilsvarende 5-10 sigaretter! Vi vet ikke nok om hva dette fører til i barnets egen kjemi for mange av de enkelte gassartene! Vi vet at mye av dette kommer inn i barnet. Blandt annet kan man påvise nedbrytningsstoffer av nikotin i urinen hos barn som er utsatt for passiv tobakksrøyk.

Noe av gassene sitter som "kjemisk søppel på glidefly" av støvkorn. Tobakksrøyk består nemlig også av millioner på millioner av støvkorn. De fleste av dem er mindre enn en mikrometer (tudendels millimeter). Det vil si at de kommer klangt ned i luftveiene og lungene på alle som er utsatt for passiv tobakksrøyking. Kjemien kan på den måten bli lesset av og gjøre skade på mange plasser i bronkiene våre.

Tobakksrøykens (også den "passive tobakksrøyks") innhold kan inndeles feks slik:

1. Lokalirriterende (bla tjære, formaldehyd, nitrogenoksyder, amoniakk, akrolein mm)
2. Kvelende ("stjeler" oksygen, bla kulloksyd, cyanid mm)
3. Kreftfremkallende: (tjære, benzen, nitrosamin, formaldehyd, benzpyren og radioaktive stoffer mm)
4. Metaller (bly, kadmium mm)
5. Avhengighetsdannende (nikotin).

De som utsettes for passiv røyking, risikerer helseskader.

Vanlige plager og helseskader er:

1. Vond lukt
2. Irritasjonsreaksjoner i øyne, nese og luftveier
3. Hyppigere luftveisinfectionsjoner
4. Forverrelse av angina pectoris
5. Utløsning/forverrelse av astma
6. Utløsning/forverrelse av snue og tett nese (vasomotorisk og allergisk rhinit)

Det er også hevdet at passiv tobakksrøyk kan bidra til utvikling av lungekreft (Sander et al 1985).

Aller mest utsatt er barn og mennesker med astma eller med overfølsomhet eller sykdommer i slimhinnene.

Det er for eksempel vist at spebarn får dobbelt så mange alvorlige lungebetennelser hvis det røykes noen sigaretter hjemme, og antallet alvorlige luftveissykdommer øker med økende røyking hjemme (Colley et al 1974, McConnochie et al 1986. Schenker et al 1983)

På mennesker med astma har passiv tobakksrøyk to forskjellige typer virkninger - dels umiddelbare virkninger og dels mer langsomme virkninger i tillegg til det som nevnes ovenfor. Mange reagerer sterkt på irritantene pga at luften er hyperreaktive (Dahms et al 1981, Weiss et al 1983). Hos mange med astma skal det lite til før de begynner å reagere, men det kan ta noen timer før reaksjonen slår ut for fullt. Den virkningen kommer gjerne i løpet av noen minutter eller et par timers tid. Da er det lett å oppfatte at det er tobakksrøyken som har skylden. Vanskeligere kan det være å peke ut årsaken ved de senere reaksjonene. De skyldes som oftest at bronkiens evne til å rense seg og slimhinnenes motstandskraft svekkes slik at andre ting som pustes inn, virker sterkere astmautløsende.

Det er mange eksempler på at passiv tobakksrøyking viser sine skadevirkninger først når pasienten utsettes for andre ting samtidig eller i løpet av noen timer etter påvirkningen. Ved angina pectoris feks behøver hjertesmertene ikke komme med en gang pasienten oppholder seg i et røykfyllt lokale, men de kommer frem ved mindre anstrengelser enn ellers (Aronow)!

Alt dette er tilstrekkelig dokumentert gjennom hovedtyngden av solid forskning innen området (Friberg 1987, Pershagen 1986, Surgeon General US 1986) Det trenges ikke mer forskning for å fastslå at både aktiv og passiv tobakksrøyking gir beydelige helseskader. Videre forskning burde kanskje helst konsentrere seg om hva slags tiltak som kan få unge mennesker til å avstå

fra røyking. Vanlig helseopplysning og pasientinformasjon har slått feil i dette. Det er behov for en langt mer avansert kommunikasjonsprosess som kan gi røykere relevant kunnskap, forståelse og nok motivasjon til å endre sin livsførsel i denne henseende (Aas 1987).

I de nordiske land tar nye lover sikte på å beskytte mot plager og helseskader av passiv tobakksrøyking på alle arbeidssteder og i offentlige bygg. Det er viktig for alle parter at disse lover og påbud overholdes strengt. De som ikke har klart å slutte å røyke ennå, blir henvist til egne røykerom eller røykesoner hvor ikke-røykere ikke behøver oppholde seg.

Røykerom og -soner krever ekstra ventilasjon. Selv med de beste ventilasjonsanlegg er det ikke mulig å få luften i slike rom tilfredsstillende ren uten at ventilasjonen selv skaper plager. Man må øke ventilasjonen til et luftskifte over 5-6 ganger det vanlige, og det gir gjerne trekk og støy. Det er vel heller ikke nødvendig for røykerne selv! Det som er viktig er å få til et luftskifte slik at de tilstøtende rom for ikke-røykere ikke blir forurenset fra røykerom- og soner. Det kan være vanskelig nok i mange tilfeller.

I sine egne hjem får folk gjøre som de mener er riktig. De bør dog forstå at de kan skade sine nærmeste - og særlig barna - med røykingen sin. Der hvor det bor barn eller voksne med astma eller overømfintlige slimhinner i øyne og nese, må besøkende ta hensyn og la være å røyke inne. De bør også vite at det ikke er mulig å unngå forurensninger fra tobakksrøyking inne med vanlig ventilasjon (Repace 1981).

Vitsetegneren, humoristen og satirikeren Storm P var meget nær sannheten da han for mange år siden tegnet bobler med luftavtrekk over hver enkel røyker. Jeg vet om noen som bare røyker oppunder avsugshetten i kjøkkenet, men selv dette kan være en utilstrekkelig løsning!

Det er mange som markedsfører luftrensere med påstander om at de kan rense luften helt for tobakksrøyk. Det er ikke riktig! Undersøkesler viser at slike luftrensere ikke fjerner all røyken selvom mye av røyklukten forsvinner. Det gjenstår å finne

hvordan man best mulig kan kombinere ventilasjon og luftfiltrering for å få ren nok luft der hvor det røykes.

Den eneste måten å unngå forurensning av inneluften med tobakksrøyk, er å slutte helt å røyke inne!

L. Laas

**RIKSHOSPITALET
UNIVERSITETSKLINIKK
VOKSENTOPPEN**

NOBLES RØKE KOPPEL INSTITUTE
FOR EARLY CHILDHOOD AND ALLERGY
Box 50, Voksentoppen Torsvoll
0805 Oslo (Norway) (02) 114 000

Litteratur:

Aronow WS: Effects of passive smoking on angina pectoris. New Engl J Med 1978;299: 21- 24.

Colley JRT, Holland WW, Corkhill RT: Influence of passive smoking and parental phlegm on pneumonia and bronchitis in early childhood. Lancet 1974,ii:1031-1034.

Dahms TE, Bolin JF, Slavin RG: Passive smoking. Effects on bronchial asthma. Chest 1981; 80, 530-534.

Friberg L: Passiv røyking - en halsofara. Lakartidningen 1987;84: 3573

Forts.

Hogg JC: The effect of smoking on airway permeability. Chest 1983;83:1-2.

McConnochie KM, Roghmann KJ: Parental smoking, presence of older siblings, and family history of asthma increase risk of bronchiolitis. American J Dis Children 1986; 140:806-812.

Pershagen G: Halsorisker vid passiv røkning. Lakartidningen 1986;83:1049-1055.

Repace JL: The problem of passive smoking. Bull New York Acad Science 1981;57:936-938.

Sandler DP, Wilcox AJ, Everson rb: Cumulative effect of lifetime passive smoking on cancer risk. Lancet 1985; i:312 - 316.

Schenker MB, Samet JM, Speizer FE: Risk factors for childhood respiratory disease. The effect of host factors and home environmental exposure. Am Rev Resp Dis 1983;128: 1038-1043.

Surgeon General US Department of Health and Human Services: The health consequences of involuntary smoking. Public Health Services. Office on Smoking and Health, Rockville, Maryland 1986.

Weiss ST, Tager IB, Speizer FE: Passive smoking. Its relationship to respiratory symptoms, pulmonary function and nonspecific bronchial responsiveness. Chest 1983;84:651-652.

Aas K: "Goddag mann! Hostesaft." Kommunikasjon mellom mennesker i sykehus og praksis. Universitetsforlaget, Oslo 1987.

THE PERFORMANCE OF VENTILATION IN RESIDENTIAL BUILDINGS

R. Ruotsalainen, R. Rönberg, A. Majanen, O. Seppänen

Helsinki University of Technology
Laboratory for Heating, Ventilation and Air-Conditioning

Espoo, Finland

1. INTRODUCTION

Residential buildings are often criticised for having poor ventilation, yet little information is available on the operation of various ventilation systems in practice. The goal of the project was to compare ventilation systems in respect to health and satisfaction. 50 residential buildings were selected for the study, in which the operation of the ventilation system and the indoor climate parameters were measured.

2. METHODS

The sample consisted of 28 residences in detached or semi-detached houses and 22 apartments. The ventilation systems that were included were natural ventilation, mechanical exhaust and balanced ventilation. The measurements were carried out during the heating season 1987-88 and they covered the ventilation rates in each room, the carbondioxide concentration, the level of noise from the ventilation system and the thermal climate. The performance of the ventilation was measured by tracer gas methods.

In addition to the basic measurements three follow-up measurements were carried out. Each follow-up measurement period was two weeks and included ventilation rate, dust concentration, air temperature and air humidity. A questionnaire was carried out simultaneously with the follow-up measurements.

A questionnaire was also mailed to over 2000 dwellings with ventilation systems similar to the 50 dwellings measured. The questionnaire covered the fields of health, comfort and satisfaction.

In consequence of this study the performance of the ventilation in 300 dwellings will be studied during the heating season 1988-89. The 300 dwellings will be selected for the measurements from the 2000 dwellings in the questionnaire. These measurements cover ventilation rate, dust concentration, radon concentration, air temperature and air humidity. The inhabitants will be asked to state any symptoms and their satisfaction with the indoor climate.

3. RESULTS

3.1. Results of the measurements

The ventilation rates measured by the tracer gas technique using the decay method varied from 0.1 to 1.2 m^3/hm^3 when the ventilation systems were in normal operation, i.e. as they were operated most of the day (1). The ventilation rate was determined as an inverse value of the nominal time constant. In over half of the dwellings the ventilation rate was between 0.3 and 0.6 m^3/hm^3 . In the dwellings with natural ventilation (15 dwellings) the average for the ventilation rates was 0.40 m^3/hm^3 . In the dwellings with mechanical exhaust (18 dwellings) the average for the ventilation rates was 0.55 m^3/hm^3 . The lowest ventilation rates were usually in the dwellings where a mechanical ventilation system was installed but operated only during cooking and bathing, i.e. it was most of the time out of operation. In dwellings with balanced ventilation (17 dwellings) the average for the ventilation rates was 0.50 m^3/hm^3 . The air-exchange rate was most evenly distributed in the dwellings with mechanical air supply to each room. The mean ventilation rates of the dwellings with various ventilation systems are shown in Figure 1.

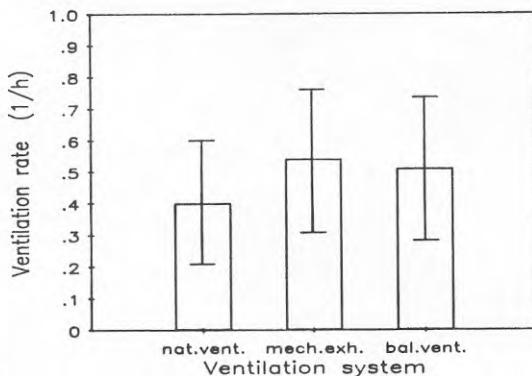


Figure 1. Measured mean ventilation rates and standard deviations.

3.2. Results of the questionnaire

Answers to the questionnaire were received from 1200 dwellings, i.e. 60 % of the mailed questionnaire. The inhabitants were asked whether they had had any of the following symptoms during the last two months: skin, eye, nasal and respiratory symptoms, fatigue and headache. A summation score was calculated from the perceived symptoms as in previous studies (2, 3, 4). The scale of the summation score of symptoms was from 0 (no symptoms) to 6 (suffering from all types of symptoms).

The summation scores of symptoms did not correlate with the ventilation system, i.e. the values of the summation score were distributed relatively evenly among the three ventilation systems. Instead there was a correlation between the building type and the summation score of symptoms: persons living in blocks of flats to some extent expressed more symptoms than people living in small houses.

The ventilation in the bedrooms was always sufficient in the opinion of one sixth of the inhabitants. The ventilation in the bedroom was usually felt to be acceptable by half of the inhabitants. It was often felt to be insufficient by one third of the inhabitants.

3.3. Ventilation and symptoms

A statistically significant correlation was found between the ventilation rate and the summation score of symptoms (chi-square test: $p < 0.01$). When the average ventilation rate of a dwelling was below $0.3 \text{ m}^3/\text{hm}^3$, the inhabitants expressed several symptoms, on the other hand when the ventilation rate was above $0.6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$, the inhabitants expressed few or no symptoms. The correlation between the ventilation rate and the summation score of symptoms is shown in Table 1.

Table 1. The correlation between the ventilation rate and the summation score of symptoms ($n = 98$).

Ventilation rate [m^3/hm^3]	Summation score	
	0 - 2	3 - 6
< 0.3	8	15
0.31 - 0.45	9	14
0.46 - 0.60	19	13
> 0.6	17	4

In the satisfaction with indoor climate parameters there was a correlation between the feeling of sufficient ventilation and the ventilation rate ($p < 0.05$). When the ventilation rate was low (below $0.3 \text{ m}^3/\text{hm}^3$), the majority of the inhabitants felt that the ventilation in the bedroom was often insufficient; on the other hand when the ventilation rate was high (above $0.6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$), the majority of the inhabitants felt that the ventilation in the bedroom was usually acceptable.

4. CONCLUSIONS

The ventilation rate had an effect on the health and the satisfaction of the inhabitants. When the ventilation rate was low (below $0.3 \text{ m}^3/\text{hm}^3$), the inhabitants had more symptoms than when the ventilation rate was high (above $0.6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$). There was also a statistically significant correlation between the ventilation rate and the inhabitants' perception of sufficient ventilation. There was, however, no statistically significant correlation between the various ventilation systems and the health and the satisfaction of the inhabitants.

5. REFERENCES

- (1) Ruotsalainen, R., Majanen, A. Performance of ventilation in some experimental residential buildings (in Finnish). Espoo 1987. Univ. of Tech., HVAC-lab. 103 p.
- (2) Jaakkola, J. Indoor air in office building and human health. Experimental and epidemiologic study of the effects of mechanical ventilation (in Finnish). Helsinki 1986. Nat. Board of Health in Finland. 127 p.
- (3) Jaakkola, J. et al. The effect of air humidification on different symptoms in an office building. An epidemiological study. Healthy Buildings '88, Vol. 3. Stockholm 1988. pp. 207-215.
- (4) Finnegan M. et al. The sick building syndrome: prevalence studies. 1984. Br. Med. J. 289: pp. 1573-1575.

DISKUSSIONSINLÄGG / Ralf Dyhr

DEN ALLMÄNNA ATTITYDEN TILL VENTILATION.

Ventilationen är den del av VVS-tre-enigheten som jämfört med de två övriga, d.v.s. värme och sanitet, har ett anmärkningsvärt stort antal belackare. Behovet av välutrustade och ändamålsenliga vatten- och avloppsanläggningar brukar inte ifrågasättas och av VVS-projektören krävs det knappast någonsin större mått av vältalighet för att övertyga byggherren om att vistelseutrymmen kräver väldimensionerade värmeanläggningar.

Men i fråga om ventilation och därav föranledda anskaffningskostnader har sparsamheten ofta en dominant roll. Ventilationsanläggningen hamnar t.ex. inte sällan som första objekt i fokus då ett färdigt planerat byggnadsprojekt visat sig bli för dyrt och de i projektet involverade parterna kommer samman för att söka möjligheter att sänka de totala anskaffningskostnadernas nivå.

Tyvärr är det dessutom i sådana situationer ofta så, att projektets ventilationsexpert gör en ganska blek insats. Han eller hon kan helt enkelt inte på ett övertygande sätt motivera anskaffningsbehovet och omfånget för den projekterade ventilationsanläggningen. De sakskalet och fakta, som utgör den verkliga grunden (med detta avser jag inte gällande normer) för erforderligt ventilationsbehov, kommer inte fram i diskussionerna med den följden att anläggningen ofta bantas ner till en nivå som med möjligast snäv tolerans uppfyller miniminormnivån.

På detta sätt sänks en planerad anläggnings kapacitet i många fall från en nivå som skulle ha garanterat ett gott inneklimat ner till den nivån som benämns "tillfredsställande" eller "godtagbar". Nedbantningens orsak kan åtminstone delvis skrivas på okunnighetens konto medan ikraftvarande normer fungerat som broms för ytterligare "avklädningsoperationer".

I de kommuner där byggnadstillsynsmyndigheterna inom sin krets saknar personer med VVS-kunskaper kan en strippningsoperation av ovannämnt slag lätt resultera i att ventilationsanläggningens prestanda "trampas ner" till en prestationsnivå klart under gällande minimikrav.

"Men projektören bör ju känna till var gränsen för det tillåtna går" kanske någon utbrister med anledning av ovanpåstådda regelbrytning. Ja, i de flesta fallen känner nog ventilationsprojektörerna till gällande normer, men också för kunniga projektörer kan kontakterna till en viktig uppdragsgivare vara så värdefulla att en av denne dikterad undermålig linje accepteras framom brutna kontakter. Med sistnämnda vill jag speciellt understryka att enbart ikraftvarande bestämmelser inte är en garanti för att alla anläggningar fyller av myndigheter stipulerade krav. Upplysning är en annan mycket viktig faktor.

Ändamålsenliga värmeanläggningar kommer till utan myndighetspåtryckningar och knappast skulle byggnadernas VA-anläggningar, okulärt betraktade, se nämnvärt annorlunda ut fastän normer för deras del saknades. Gemene man vet att en tidsenlig VA-anläggning är outhärlig för bekvämligheten och han vet också att uppvärmingsanläggningarna är ett existensvillkor på våra kyliga breddgrader. Men varför skall ventilationsanläggningarna vara så omfattande, invecklade och dyra." Nog klarade man ju sig förut ...".

Ur min synpunkt, som närmast är baserad på normers och reglers tillämpning i VVS-teknisk byggnadstillsynsverksamhet, är praktiskt lätt tillämpbara och tillräckligt konkreta normer för ventilation absolut nödvändiga, ifall målsättningen är att kunna garantera alla medborgare ett acceptabelt inneklimat.

Men i dagens läge finns det också orsak att fråga om myndighetsregleringen i fråga om ventilation fått en för dominerande ställning. Blott och bar hänvisning till föreskrifter och anvisningar då ventilationsbehov diskuteras, föranleder lätt en oppositionell inställning. Myndighetsstyrning är ju någonting som medborgaren allmänt taget reagerar negativt för och den reaktionen tilltar kraftigt i styrka om styrningsmotiven är diffusa och oklara.

Med en en ökad utåtriktad upplysningsaktivitet om ventilationens betydelse för hälsan och välbefinnandet kunde många fördomar, som i dag belastar ventilationsbranschen, elimineras. Det räcker inte att forskarna i sin egen krets för fram värdefulla rön som talar för ökad luftväxling i vistelseutrymmen. För att den allmänna attityden till ventilation skall förbättras borde allmänheten via media upplysas om inneklimatfrågor och inneklimatets betydelse i långt större utsträckning än vad fallet är i dag.

Jämfört med den publicitet som uteluftkvalitets betydelse för skog och insjöar under senare år rönt, fastän orsakssammanhangen ännu är diffusa, har den offentliga upplysningsverksamheten rörande inneklimatets betydelse för människans hälsa varit förvånansvärt anspråkslös. Är måhända frågans tvärvetenskapliga karaktär (teknik-medicin) här ett hinder? Om så är borde insatser för att eliminera hindret ges hög prioritet.

En komfortligning for indeluftkvalitet

af

P.O.Fanger

Laboratoriet for Varme- og Klimateknik

Danmarks Tekniske Højskole

Ligningen foreskriver den ventilation, der er nødvendig for at opnå en ønsket oplevet luftkvalitet i et rum.

Kvaliteten af indeluft er ofte uacceptabel. Mange mennesker generes af den luft, de indånder og føler en lettelse, når de kommer ud i det fri. Disse gener er dokumenteret i hundreder af detaljerede feltstudier i kontorer, skoler, boliger og andre ikke-industrielle bygninger i Europa, Nordamerika og Japan (1-11). Klagerne omfatter typisk oplevelsen af tung og indelukket luft, irritation af slimhinder og somme tider også hovedpine og træthed. Disse symptomer kaldes ofte for de syge bygningers syndrom (12).

Generne forekommer ikke kun i nogle få særlige bygninger. De optræder i de fleste bygninger, men med store forskelle i det procentuelle antal mennesker der generes.

I nogle bygninger er der indlysende grunde til den dårlige luftkvalitet. For eksempel er ventilationen måske væsentlig mindre end projekteret. Men den frustrerende kendsgerning er, at i de fleste af de undersøgte bygninger i forskellige lande var der tilsyneladende tilstrækkelig ventilation. Den gældende ventilationsstandard var opfyldt. Og alligevel var der typisk 20, 40 eller 60% af brugerne, der fandt luften uacceptabel.

Formålet med en ventilationsstandard er at opnå indeluft, der opleves acceptabel af langt de fleste mennesker. Hvis dette ikke opnås, må der være noget galt med standarden. Basis for alverdens ventilationsstandarder er stadig tyske studier fra sidste århundrede af Pettenkofer, grundlæggeren af den moderne hygiejne (13). Endvidere har Yaglou's klassiske eksperimenter på Harvard i trediverne (14) haft stor indflydelse på den gældende ventilationsfilosofi. Pettenkofer og Yaglou kvantificerede forureningen fra mennesker. I kontorer, forsamlingsrum og andre lignende ikke-industrielle rum har det derfor normalt

stiltiende været forudsat, at mennesket var den dominerende eller eneste forurener. Ventilationsbehov blev derfor typisk angivet pr. tilstedeværende menneske. Standarderne har antaget, at rum og ventilationssystem var absolut rene og ikke bidrog til at forurene luften.

Nye danske studier (15) har imidlertid identificeret alvorlige forureningskilder i rum og ventilationssystemer ved at undersøge kontorbygninger, når der ingen mennesker var tilstede. Introduktionen af olf-enheden (16,17) gjorde det samtidigt muligt at kvantificere og sammenligne forskellige forureningskilder. I gennemsnit viste det sig, at bioeffluenter fra mennesker kun udgjorde 13% af samtlige forureningskilder. Materialer i rum samt ventilationssystemer, ignoreret som forureningskilder i ventilationsstandarder i hundrede år, udgjorde den væsentlige årsag til den temmeligt dårlige luftkvalitet, der blev observeret i de 15 undersøgte kontorbygninger. Disse skjulte olf antages at være årsagen til de mange klager.

I nærværende artikel præsenteres en komfortligning for indeluftkvalitet. Den inddrager alle tilstedeværende forureningskilder, ikke kun forurening fra mennesker. Ligningen er baseret på de nye enheder, olf og decipol, der integrerer alle forureningskomponenter i luften, på samme måde som de opleves af mennesker (16,17). Ideen er at udtrykke alle forureningskilder i olf. For en total forureningsbelastning (i olf) i et rum er det så muligt at beregne den ventilation, der er nødvendig for at opnå en ønsket oplevet luftkvalitet (i decipol).

Komfortligning for indeluftkvalitet

Anvendelsen af olf- og decipol-enhederne gør det muligt at etablere en forureningsbalance for luften i et rum (fig. 1). Følgende ligning udtrykker, at forurening, der afgives fra kilder i rum (og ventilationssystem), optages af strømmen af udeluft til rummet:

$$C_i = C_o + 10 \frac{G}{Q}$$

hvor C_i = oplevet luftkvalitet i rummet (decipol)

C_o = oplevet luftkvalitet ude (decipol)

G = forureningskildestyrke ialt i rum og ventilationssystem (olf)

Q = tilført udeluftstrøm = ventilationsrate (l/s)

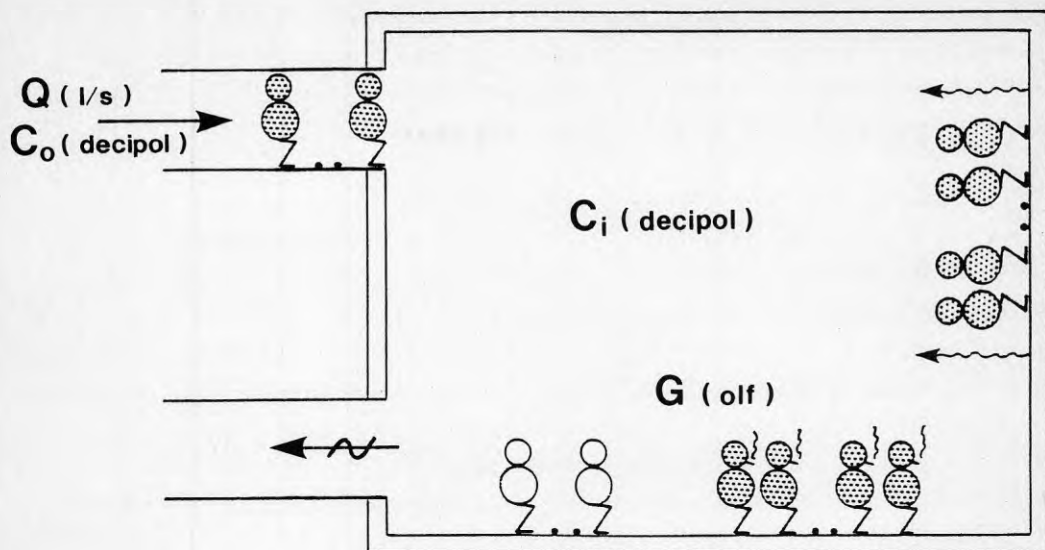


Fig. 1 Et rum med forureningskilder på ialt G (olf) og en oplevet luftkvalitet på C_i (decipol), ventileret med en udeluftstrøm på Q (l/s) med luftkvaliteten C_o (decipol).

COMFORT EQUATION FOR INDOOR AIR QUALITY

$$Q = 10 \frac{G}{C_i - C_o}$$

$$C_i = 112(\ln(PD) - 5.98)^{-4}$$

where Q = ventilation rate (l/s)
 G = total pollution sources (olf)
 C_i = perceived indoor air quality (decipol)
 C_o = perceived outdoor air quality (decipol)
 PD = percent dissatisfied (%)

Fig. 2 Den nye komfortligning for indeluftkvalitet.

For projektering er det sædvanligvis den nødvendige ventilationsrate, der ønskes bestemt, og ligningen rearrangeres derfor, og indeluftkvaliteten kan eventuelt udtrykkes ved procent utilfredse, PD. Den nye komfortligning fremgår herefter af fig. 2.

For en ønsket luftkvalitet i rummet angiver komfortligningen den ventilationsrate, der er nødvendig for at håndtere de tilstedeværende forureningskilder. Den oplevede udeforurening er også inkluderet i modellen og skal skønnes for at bestemme den nødvendige ventilation.

Komfortligningen kan også anvendes til at forudsige luftkvaliteten i et rum (i decipol), når kildestyrken og ventilationsraten er kendt. Komfortligningen kan yderligere anvendes til at bestemme kildestyrken i olf eksperimentelt ved at måle udelufttilførsel og bedømme indeluftkvaliteten med et panel af dommere (9).

Komfortligningen gælder for stationære forhold og fuld opblanding af luften i rummet. Men en tilsvarende ligning for instationære forhold og med vilkårlig ventilationseffektivitet kan let opstilles.

Et grundlæggende princip for ventilationsstandarder lige siden Pettenkofer (13) og Yaglou (14) har det været, at folk skulle opleve, at luften var acceptabel fra det første øjeblik, de kom ind i et rum. Det var vigtigt, at det første indtryk af luften var godt. Det var urealistisk at fortælle folk, at de ikke skulle bekymre sig om det første negative indtryk af luften efter indtræden i et rum, men at de blot skulle vente nogen tid, indtil de blev tilvænnet til forureningen, og luften ville så føles mere acceptabel. Komfortligningen respekterer det gamle princip om det første indtryk, og ligningen er derfor baseret på bedømmelsen af luftkvaliteten umiddelbart efter indtræden i rummet.

Fremtidige ventilationsstandarder

Komfortligningen for luftkvalitet kan bruges som et rationelt grundlag for fremtidige ventilationsstandarder. Den anerkender for første gang alle forureningskilder, ikke blot menneskelige bioeffluenter og rygning, og den kvantificerer for første gang kvaliteten af inde- og udeluft som oplevet af mennesker.

Det første trin i en ventilationsstandard er at fastsætte den luftkvalitet, der ønskes i et givet rum. Det gøres f.eks. allerede i den eksisterende ASHRAE

Standard (18), der specificerer, at luften skal være acceptabel for mindst 80% af de tilstedeværende. Dette svarer til 20% utilfredse eller 1,4 decipol. Men en fremtidig standard kunne meget vel specificere forskellige luftkvaliteter for rum med forskellige anvendelser.

Det næste trin er at skønne kvaliteten af den udeluft, der er til rådighed til ventilation af rummet. I mange tilfælde er forureningen ude negligibel i forhold til inde. Det gælder i hvert fald typisk i Skandinavien. Tabel 1 angiver nogle målte og skønnede værdier for oplevet udeluftkvalitet. Men yderligere data bør indsamles for typiske lokaliteter og højder over terrænet. Hvis udeforureningen er alvorlig, kan det i princippet blive nødvendigt at rense luften, før den er egnet til ventilation.

Det tredje trin kræver et skøn af alle forureningskilder i rum og tilhørende ventilationssystem, dvs den totale olf-belastning skal beregnes. Tabel 2 viser eksempelvis skønnede olf-belastninger i kontorer pr. m^2 gulvareal. Der er dels et bidrag fra personernes bioeffluenter. Det er ligetil, dvs 1 olf pr. person svarende til olf-definitionen (16,17). Med 0,1 personer pr. m^2 bidrager bioeffluenterne således med 0,1 olf pr. m^2 gulvareal. Hvis rygning er tilladt, er der et yderligere bidrag, der kan skønnes på basis af Cain's studier (19). For 40% rygere, der er typisk i Europa, bidrager rygning med 0,2 olf/ m^2 .

Den skønnede forureningsbelastning hidrørende fra materialer og ventilationssystem er baseret på den tidligere nævnte feltundersøgelse i 15 tilfældigt udvalgte kontorbygninger i København (15). Der blev fundet omfattende skjulte forureningskilder i bygningerne, når de var ubefolkede. Den gennemsnitlige forureningsbelastning var 0,4 olf/ m^2 men med store forskelle fra bygning til bygning i intervallet 0,1-0,9 olf/ m^2 . Forureningen stammer fra mange typer af bygningsmaterialer, inventar, møbler, bøger, papir, kontormaskiner, og et væsentligt bidrag hidrørte i mange tilfælde fra ventilationssystemet. Som et første groft skøn af forureningskilder i materialer og ventilationssystemer i eksisterende kontorbygninger foreslås det at benytte gennemsnitsværdien 0,4 olf/ m^2 .

For fremtidig projektering af ventilation i kontorbygninger anbefales det, at det nøje kontrolleres, at der kun anvendes lav-olf materialer til bygning og inventar. Endvidere bør der vælges et ventilationssystem med en lav olf-værdi, når det er nyt, og der bør opstilles en nøje plan for rengøring og vedligeholdelse, så olf-værdien kan holdes lav i hele anlæggets levetid. På denne måde

skønnes det, at lav-olf kontorbygninger kan projekteres med en forureningsbelastning på omkring $0,1 \text{ olf/m}^2$ fra materialer og ventilationssystem. Det svarer til de bedste bygninger fundet i feltstudierne i København (15). Yderligere feltstudier i et bredt udsnit af eksisterende og nye lav-olf bygninger anbefales.

Nærværende skøn af forureningsbelastning i olf pr. m^2 gulvareal er analogt med det grove skøn over varme- eller kølebelastning i rum udtrykt i W/m^2 . En mere detaljeret analyse af den termiske belastning kræver bl.a. information om k-værdier for de enkelte bygningskomponenter. På samme måde kræver en mere detaljeret analyse af forureningskilderne i et rum information om olf/m^2 for hvert af de anvendte materialer. Et olf-katalog for typiske materialer eksisterer ikke endnu, men vil være nyttigt i fremtiden til projektering og udvælgelse af lavforurenende materialer.

Tabel 2 indeholder også et skøn over den totale forureningsbelastning i kontorbygninger. Den fås ved addition af olf-værdierne fra de enkelte kilder (personer, rygning, materialer). For en eksisterende gennemsnitlig kontorbygning med 40% rygere er den totale belastning fra personer, rygning, materialer og ventilationssystem $0,7 \text{ olf/m}^2$. I lav-olf kontorbygninger uden rygning er den totale belastning kun $0,2 \text{ olf/m}^2$.

Ventilationsbehovet for kontorbygninger kan nu bestemmes af den nye komfortligning. For at opnå en indeluftkvalitet på 1,4 decipol (20% utilfredse) er en ventilationsrate på $5 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ nødvendig i en gennemsnitlig eksisterende kontorbygning (tabel 3). Dette er flere gange højere end eksisterende ventilationsstandarder foreskriver som minimum (tabel 3). En sådan forøgelse af ventilationen anbefales ikke. Derimod anbefales det indlysende alternativ, nemlig at reducere de unødvendige skjulte olf. Det vil på samme tid forbedre indeluftkvaliteten, formindske ventilationsbehovet og energiforbruget og reducere trækrisikoen.

I lav-olf bygninger bliver ventilationsbehovet ifølge komfortligningen omkring $1,4 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ (tabel 3). Denne ventilationsrate er af samme størrelsesorden eller højere end det foreskrevne minimum i eksisterende standarder. Det er imidlertid lavere end den gennemsnitlige ventilation på $2 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ målt i 15 eksisterende kontorbygninger i København (18). Nøglen til at opnå acceptabel indeluftkvalitet ved en rimelig ventilationsrate er givetvis at holde olf-belastningen i bygninger på et lavt niveau. Projektering, udvikling og vedligeholdelse af

lav-olf bygninger er en fascinerende udfordring i fremtiden. Det er en indlysende metode til at forbedre indeluftkvaliteten og skabe større tilfredshed blandt mennesker.

Konklusioner

- . En komfortligning for indeluftkvalitet er introduceret baseret på de nye enheder olf og decipol.
- . Komfortligningen foreskriver den ventilation, der er nødvendig for at opnå en given oplevet luftkvalitet (i decipol) i et rum med en given forureningsbelastning (i olf).
- . Komfortligningen anerkender for første gang alle forureningskilder, ikke blot mennesker og evt. tobaksrygning, og den kvantificerer kvaliteten af ude- og indeluften, som den opleves af mennesker.
- . Ligningen foreskriver mere ventilation end nuværende standarder, eller en reduktion af de skjulte olf, der findes i mange eksisterende bygninger
- . Komfortligningen udgør et rationelt grundlag for fremtidige ventilationsstandarder.

Støtte

Nærværende forskning blev økonomisk støttet af Byggestyrelsen i Danmark.

Referencer

- (1) I. Andersen and G.R.Lundqvist: Indoor climate in schools. Danish Building Research Institute, Copenhagen, 1966. 100p.
- (2) B.Berglund, I.Johansson and T.Lindvall: A longitudinal study of air contaminants in a newly built preschool. Environment International, 8, 1982, pp.111-115.
- (3) T.D.Sterling, E.Sterling and H.D.Dimich-Ward: Air quality in public buildings with health related complaints. ASHRAE Trans., 89, 2A, 1983, pp.198.
- (4) J.Melius, K.Wallingford, R.Keenlyside and J.Carpenter: Indoor air quality - the NIOSH experience. Ann. Am. Governm. Ind. Hyg., Vol. 10, 1984, pp.3-7.

- (5) M.J.Finnegan, C.A.C. Pickering and P.S.Burge: The sick building syndrome: prevalence studies. *Brit. Med. J.*, 289, 1984, pp.1573-1575.
- (6) J.A.J.Stolwijk: The sick building syndrome. In B.Berglund, T.Lindvall and J.Sundell (Eds.): *Indoor Air*. Vol. 1. Swedish Council for Building Research, Stockholm, 1984, pp.23-29.
- (7) P.Kröling: Gesundheits- und Befindensstörungen in klimatisierten Gebäuden. W.Zuckschwerdt Verlag, München, 1985.
- (8) A.S.Robertson, P.S.Burge, A.Hedge, J.Simms, F.S.Gill, M.Finnegan, C.A.C.Pickering and G.Palton: Comparison of health problems related to work and environmental measurements in two office buildings with different ventilation systems. *Brit. Med. J.*, 291, 1985, pp.373-376.
- (9) O.Valbjørn and P.Skov: Influence of indoor climate on the sick building syndrome prevalence. In B.Seifert et al. (Eds.): *Indoor Air '87*, Berlin, Vol. 2, 1987, pp.593-597.
- (10) H.Komine, S.Yoshizawa and Y.Tochihara: The investigation on IAQ and subjective evaluations of occupants for indoor environments in Japanese office buildings. In B.Seifert et al. (Eds.): *Indoor Air '87*, Berlin, Vol. 3, 1987, pp.123-128.
- (11) S.Wilson and A.Hedge: The office environment survey. A study of building sickness. Building Use Studies Ltd., London, 1987.
- (12) WHO, Indoor air pollutants: exposure and health effects. *EURO Reports and Studies* 78, 1983, pp.23-26.
- (13) M.V.Pettenkofer: Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.
- (14) C.P.Yaglou, E.C.Riley, and D.I.Coggins: Ventilation requirements. *ASHVE Transactions*, Vol. 42, 1936, pp.133-162.
- (15) P.O.Fanger, J.Lauridsen, P.Bluysen and G.Clausen: Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit. *Energy and Buildings*, Vol. 12, 1988, pp.7-19.
- (16) P.O.Fanger: Introduction of the olf- and the decipol-unit to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. *Energy and Buildings*, Vol. 12, 1988, pp.1-6.
- (17) P.O.Fanger: Olf og decipol - de nye enheder for oplevet luftkvalitet. *Dansk VVS*, nr. 2, 1988, pp.6-8.
- (18) Standard 62-81: Ventilation for acceptable indoor air quality. ASHRAE, Atlanta, 1981.
- (19) W.S.Cain, B.P.Leaderer, R.Isseroff, L.G.Berglund, R.J.Huey, E.D.Lipsitt and D.Perlman: Ventilation requirements in buildings: Control of occupancy odor and tobacco smoke odor. *Atmos. Environ.*, Vol. 17, No. 6, 1983.

(20) NKB-rapport nr 41: Inomhusklimat. Stockholm, 1981.

(21) DIN 1946 Teil 2: Raumlufttechnik Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln). Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin, 1983.

Tabel 1. Oplevet udeluftkvalitet

	decipol
Under smog episoder	1
I byer med moderat luftforurening	0,05-0,3
I bjerge eller på havet	0,01

Tabel 2. Olf-belastning i kontorer pr. m^2 gulvareal

Forureningskilde	olf/ m^2
Personer (en person pr. $10 m^2$)	
Bioeffluenter	0,1
Yderligere belastning fra 20% rygere	0,1
40% rygere	0,2
60% rygere	0,3
Materialer og ventilationssystem	
Gennemsnit i eksisterende bygninger	0,4
Lav-olf bygninger	0,1
Total belastning i kontorbygninger	
Gennemsnit i eksisterende bygninger, 40% rygere	0,7
Lav-olf bygninger, ingen rygning	0,2

Tabel 3. Ventilationsbehov i kontorbygninger*

	$l/s \cdot m^2$
Komfortligning (indeluftkvalitet = 1,4 decipol)	
Eksisterende bygninger ($0,7 \text{ olf}/m^2$) rygning	5
Lav-olf bygninger ($0,2 \text{ olf}/m^2$) ikke rygning	1,4
ASHRAE Standard 62-81 (18)	
Rygning	1,7
Ikke rygning	0,25
Den nordiske komité for bygningsbestemmelser, NKB (20)	
Rygning	1,0
Ikke rygning	0,4
DIN 1946 Standard, store kontorer (21)	
Rygning	1,9
Ikke rygning	1,4

*Forudsat $0,1 \text{ person}/m^2$ og negligibel udeluftforurening

LUFTFUGTIGHED I ETAGEBOLIGER VED 3 FORSKELLIGE VENTILATIONS LØSNINGER

Civilingeniør Ove Nielsen
Byggestyrelsen

Statens Byggeforskningsinstitut har i SBI-rapport 198, Luftfugtighed i renoverede højhuse med tre forskellige ventilationsløsninger, offentliggjort resultaterne fra indeklimateundersøgelser i etageboliger, der blev renoveret på forskellig vis, således at der bl.a. kan sammenlignes luftfugtighedsforhold i boligerne ved tre forskellige ventilationsløsninger. Artiklen redegør for de benyttede ventilationsløsninger, undersøgelsesmetodikken samt for de indhøstede erfaringer, hvad angår luftfugtighed og ventilation.

Projektets baggrund

Efter energikrisen i 1973 er der blevet gennemført en række undersøgelser vedrørende energibesparende foranstaltninger i etagehuse fx vedrørende tillægsisolering, vinduesudskiftning, tætning og renovering. Da der kun har været få projekter, der redegjorde for de forskellige foranstaltningers indvirkning på indeklimaet, blev der i Energiministeriets Energiforskningsprogram EFP-83 afsat midler til at gennemføre et projekt om indeklima i renoverede etageboliger. Projektet er udført i et samarbejde mellem P.E. Malmstrøm, Rådgivende ingeniørfirma A/S, Teknologisk Institut og Statens Byggeforskningsinstitut.

Det var projektets overordnede formål at bidrage til udbygningen af den generelle viden om energimæssige og indeklimatiske forhold i tætnede og tillægsisolerede boliger. Projektet kan tillige benyttes til en vurdering af de indeklimamæssige forhold, især luftfugtighedsforholdene, i boliger, der ventileres med et luftskifte, som kræves i bygningsreglementet. Samarbejdsprojektet var opdelt i 5 faser, hvoraf SBI stod for de 2 faser, der direkte omhandlede de indeklimamæssige aspekter.

...

Højhusene og renoveringen

Projektet er udført i bebyggelsen Milestedet i Rødovre tilhørende Arbejdernes Kooperative Byggeförening.

Undersøgelserne blev udført i to højhuse, højhus 1 med 4 opgange, 12 etager og ca. 100 lejligheder, og højhus 2 med 6 opgange, 16 etager og ca. 200 lejligheder. Lejlighedernes areal er fra 56 m² til 110 m². Bebyggelsen er fra 50'erne og hvad angår varmeisolerings, rumopbygning og byggematerialer, var bebyggelsen som datidens standard. Bebyggelsen var ikke forsynet med ventilationsanlæg, hverken mekaniske eller med naturligt aftræk over tag fra køkken og baderum. Ventilationen af boligerne er derfor alene foregået gennem utætheder og ved vinduesudluftning.

Renoveringen af højhus 1 bestod i udvendig tillægsisolering af ydervægge og gavle og tillægsisolering på loftsetagen. Alle vinduer og altandøre blev udskiftet. De nye vinduer og døre havde alle 2-lags termoruder. Der blev monteret mekaniske ventilationsanlæg med indblæsning af opvarmet og filtreret udeluft i stue, spisestue, soveværelse og kamre, samt udsugning fra køkken og baderum. Ventilationsanlæggene blev forsynet med varmegenvinding i form af både en krydsvarmevexsler og en varmepumpe, der overfører varme fra den udsugede luft til den indblæste luft.

Højhus 2 blev tillægsisoleret stort set som i højhus 1, men de oprindelige vinduer og døre blev bevaret og repareret, hvor det var nødvendigt. Samtlige fuger blev tætnet. Også ventilationsteknisk blev renoveringen af højhus 2 anderledes end højhus 1. Der blev ikke etableret ventilationsanlæg, hverken mekanisk ventilation eller naturligt aftræk over tag fra køkken og baderum. I stedet blev der i samtlige rum monteret en 30 cm² ventil i facaden. Af indbygningstekniske grunde blev følgende ventiltyper valgt: 1) i køkken og baderum en tallerkenventil, og 2) i opholdsrum en skydeventil. De to ventiltyper vides fra andre undersøgelser at have helt forskellige brugsegenskaber.

...

Tallerkenventilen filtrerer den indkomne udeluft, den er kondensisoleret og lydisoleret, den betjenes let fra gulv, og den giver ikke trækproblemer i opholdszonen, hvis den placeres over en radiator, enten under et vindue eller over et vindue.

Skydeventilen kan give kondensproblemer, og kan derved fryse fast om vinteren (det blev konstateret i højhus 2 under februarmålingen i 1986), den er generelt vanskeligere at betjene, og den kan give trækgener i opholdszonen.

De nævnte problemer med skydeventilen kan være en medvirkende årsag til, at beboerne kun i begrænset omfang brugte udluftningsventilerne. I hovedparten af lejlighederne blev udluftning med åbne ventiler i februar 1986 benyttet mindre end 60 minutter pr. døgn.

Indeklimaundersøgelsen

Undersøgelserne foregik på følgende tidspunkter:

April 1984 - spørgeskemaundersøgelse til beboerne og målinger af luftfugtighed i 30 lejligheder i højhus 1 efter renoveringen og i 30 lejligheder i højhus 2 før renoveringen.

Februar 1986 - målinger i 60 lejligheder i højhus 1 og 2 efter renoveringen af højhus 2. 44 lejligheder og beboere indgik også i undersøgelsen april 1984.

Den relative luftfugtighed i køkkener og stuer blev målt ved hjælp af en lille bølgeklods med dimensionerne 50 mm x 48 mm x 15 mm. Princippet i denne måling er, at træfugtigheden vil være i ligevægt med den relative luftfugtighed i luften omkring klodsen. Trækklodsens fugtmængde findes ved en vejning, og ved hjælp af en kalibreringskurve beregnes den relative luftfugtighed. Resultatet er en gennemsnitsværdi for den relative luftfugtighed. I denne undersøgelse blev klodsen eksponeret 1 uge.

De 30 lejligheder i højhus 1 og de 30 lejligheder i højhus 2, der blev målt i april 1984, udvalgte af SBI tilfældigt blandt samtlige ca. 300 lejligheder.

...

Et par uger før målingerne skulle starte, blev der uddelt et brev til alle ca. 300 lejligheder. Brevet, der var forfattet af SBI, men skrevet på Arbejdernes Kooperative Byggeforenings brevpapir, beskrev forskningsprojektet, og at der skulle foregå luftfugtighedsmålinger i 60 tilfældigt udvalgte lejligheder.

De 60 udvalgte lejligheder fik ved måleperiodens start leveret en kuvert med 2 træklodder i plastposer til måling af den relative luftfugtighed, et brev om målingen, et spørgeskema, 2 forsendelsesplastposer samt en frankeret svarkuvert til SBI. Da beboerne i højhus 2 i februar 1986 aktivt skulle sørge for udluftning, indeholdt spørgeskemaet uddelt i dette højhus særlige spørgsmål om udluftningsprocedure.

SBI-medarbejdere skulle således ikke have adgang til de lejligheder, hvori målingerne foregik.

Fra målingen i april 1984 mangler resultater fra 6 køkkener og fra 6 stuer. Det skyldes, at træklodder fra 4 lejligheder ikke blev returneret rettidigt, at et spørgeskema ikke blev returneret rettidigt, at et spørgeskema ikke blev returneret, samt at et sæt træklodder var våde og fedtede ved modtagelsen på SBI. Fra målinger i februar 1986 mangler resultater fra 3 køkkener og 2 stuer. Det skyldes, at træklodder fra 2 lejligheder ikke blev returneret rettidigt, og at én klods var våd ved modtagelsen på SBI.

Ved målinger af luftfugtighedsforholdene i de to højhuse i april 1984 og i februar 1986 optrådte 3 forskellige ventilationsløsninger:

- Ventilationsløsning 1:
højhus 2 i april 1984 før renoveringen.
- Ventilationsløsning 2:
højhus 1 både i april 1984 og i februar 1986 med mekanisk indblæsning og udsugning på fuld ydelse.
- Ventilationsløsning 3:
højhus 2 i februar 1986 efter renoveringen med tætnet facade og 30 cm² ventilatorer i facaden i alle rum.

...

Resultater

Luftfugtighederne er angivet i følgende tabel 1 for køkken og stue og for hver af de to måleperioder. Der er angivet den relative luftfugtighed, som findes ved trækloidsmålingerne. Desuden er angivet differensen mellem den absolutte luftfugtighed inde og ude. Ved omregning fra relativ luftfugtighed til absolut luftfugtighed benyttes den temperatur, som beboerne af de pågældende lejligheder har angivet.

Ventilationsløsning - måleperiode	Relativ luftfugtighed, pct.		Differens mellem absolut luftfugtighed inde-ude, g/kg	
	Køkken	Stue	Køkken	Stue
Højhus 2: Oprindelig ventilation (1) April 1984				
Gennemsnit	47,8	45,9	2,2	1,8
Spredning	5,4	5,7	0,9	0,9
Højhus 1: Mekanisk indblåsning og udsugning (2) April 1984				
Gennemsnit	40,0	37,2	0,9	0,5
Spredning	4,1	4,0	0,7	0,5
Højhus 1: Mekanisk indblåsning og udsugning (2) Februar 1986				
Gennemsnit	28,4	25,2	2,7	2,2
Spredning	4,1	3,6	0,6	0,6
Højhus 2: Tætnet facade og ventiler (3) Februar 1986				
Gennemsnit	38,5	37,7	4,1	3,9
Spredning	8,0	8,6	1,2	1,3

Tabel 1. De gennemsnitlige luftfugtigheder, udtrykt ved den relative luftfugtighed og ved differensen mellem den absolutte luftfugtighed inde og ude, i køkkener og stuer i de to højhuse og i de to måleperioder.

...

Det ses af tabellen, at der generelt var højere luftfugtighed i køkkener end i stuer, og at der i april 1984 var en lavere luftfugtighed med mekanisk indblæsning og udsugning (ventilationsløsning 2) end med den oprindelige ventilation (ventilationsløsning 1). Forskellen er statistisk signifikant med et 0,1 pct. signifikansniveau. Det ses tillige, at der i februar 1986 var en væsentlig højere luftfugtighed i højhus 2, med tætnet facade og ventil i facaden i hvert rum (ventilationsløsning 3) i forhold til højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning (ventilationsløsning 2). Forskellen er statistisk signifikant med et 0,1 pct. signifikansniveau.

Der er foretaget målinger i højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning både i april 1984 og i februar 1986. Resultaterne viser, at differensen mellem absolut luftfugtighed inde og ude var større i februar 1986 end i april 1984, mens den relative luftfugtighed var størst i april 1984.

Figur 1-4 viser sammenhængen mellem antal procent køkkener og stuer og relativ luftfugtighed i de to højhuse og i de to måleperioder. Figur 5-8 viser de tilsvarende sammenhænge, her blot med luftfugtigheden udtrykt ved differensen mellem den absolutte luftfugtighed inde og ude.

Det ses af figurerne, at:

- 90 pct. af køkkenerne i højhus 1 havde en relativ luftfugtighed lavere end 45 pct., mod 28 pct. af køkkenerne i højhus 2, ved målingerne i april 1984,
- de tilsvarende værdier for stuerne var 97 pct. henholdsvis 48 pct.,
- alle køkkenerne og stuerne i højhus 1 havde en relativ luftfugtighed lavere end 45 pct., mod 70 pct. af køkkenerne og 74 pct. af stuerne i højhus 2, ved målingerne i februar 1986,
- alle køkkenerne i højhus 1 havde en differens mellem absolut luftfugtighed inde og ude lavere end 3,5 g/kg, mod 95 pct. af køkkenerne i højhus 2, ved målingerne i april 1984,
- de tilsvarende værdier for stuerne var 100 pct. henholdsvis 92 pct.,
- 96 pct. af køkkenerne i højhus 1 havde en differens mellem absolut luftfugtighed inde og ude lavere end 3,5 g/kg, mod 40 pct. af køkkenerne i højhus 2, ved målingerne i februar 1986,

...

- de tilsvarende værdier for stuerne var 100 pct. henholdsvis 47 pct.

Konklusion og vurdering

Der var en tydelig sammenhæng mellem ventilationsløsning og luftfugtighed, både for den relative luftfugtighed og for differensen mellem den absolute luftfugtighed inde og ude. Forskellene var statistisk signifikante med et 0,1 pct. signifikansniveau.

Luftfugtigheden var højere før renoveringen end efter renoveringen med installering af mekanisk indblæsning og udsugning. I det renoverede højhus 2, der fik tætnet facader og monteret ventiler i ydervæggen i hvert rum, var luftfugtigheden væsentlig højere end i det renoverede højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning.

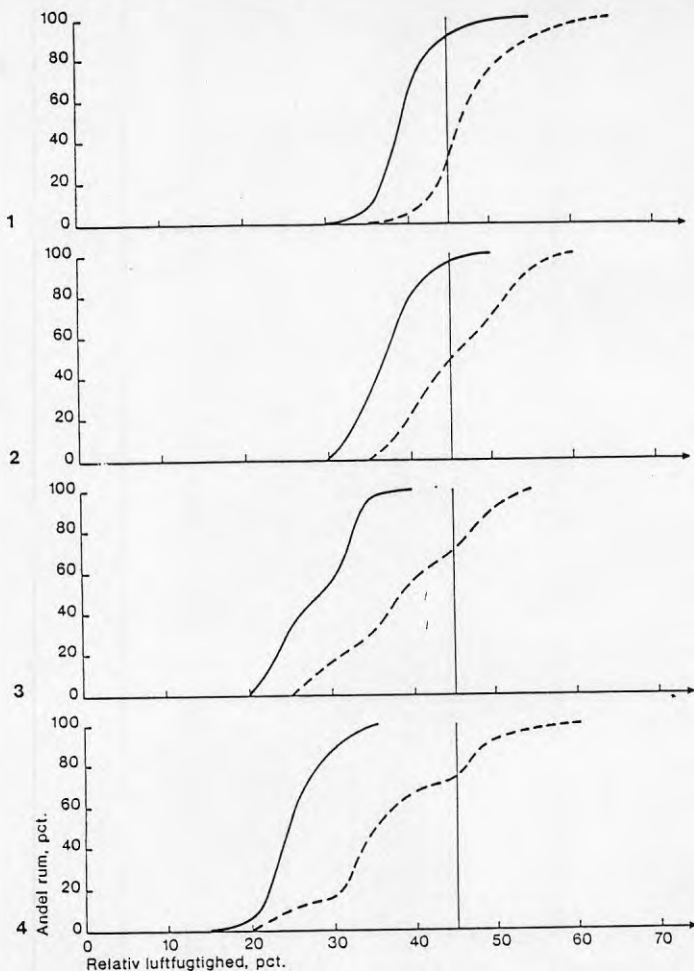
De maksimale luftfugtighedsforhold i en bolig kan anskues ud fra 2 forskellige synspunkter. Det ene synspunkt er, at der bør stilles krav til fugtforholdene for at forhindre kondensation på et vindue i en vinterperiode. En differens mellem absolut luftfugtighed inde og ude på 3,5 g/kg vil normalt ikke give kondensation i en vinterperiode i boliger med 2-lags vinduer. Et andet synspunkt er, at den absolutte luftfugtighed inde bør være under 7,0 g/kg, svarende til ca. 45 pct. relativ luftfugtighed ved 20-22 °C, i en typisk dansk vinterperiode for at reducere antallet af husstøvmider til ingen eller til få pr. g husstøv.

Det ses af måleresultaterne, at i det oprindelige højhus 2 var der i april 1984 i 72 pct. af køkkenerne en højere relativ luftfugtighed end 45 pct. sammenlignet med 10 pct. af køkkenerne i det renoverede højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning, og med et luftskifte som krævet i bygningsreglementet.

Desuden kan det ses, at i det renoverede højhus 2 med tætning og montering af ventiler i ydervæggen var der i februar 1986 i 60 pct. af køkkenerne en højere differens mellem den absolutte luftfugtighed inde og ude end 3,5 g vand pr. kg luft sammenlignet med 4 pct. af køkkener i det renoverede højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning, og med et luftskifte som krævet i bygningsreglementet.

...

Der var således for høje luftfugtigheder indendøre i en væsentlig større andel af de målte lejligheder, i både det oprindelige højhus 2 og det renoverede højhus 2 med tætning og montering af ventiler i facaderne, i forhold til højhus 1 med mekanisk indblæsning og udsugning, og med et luftskifte som krævet i bygningsreglementet.



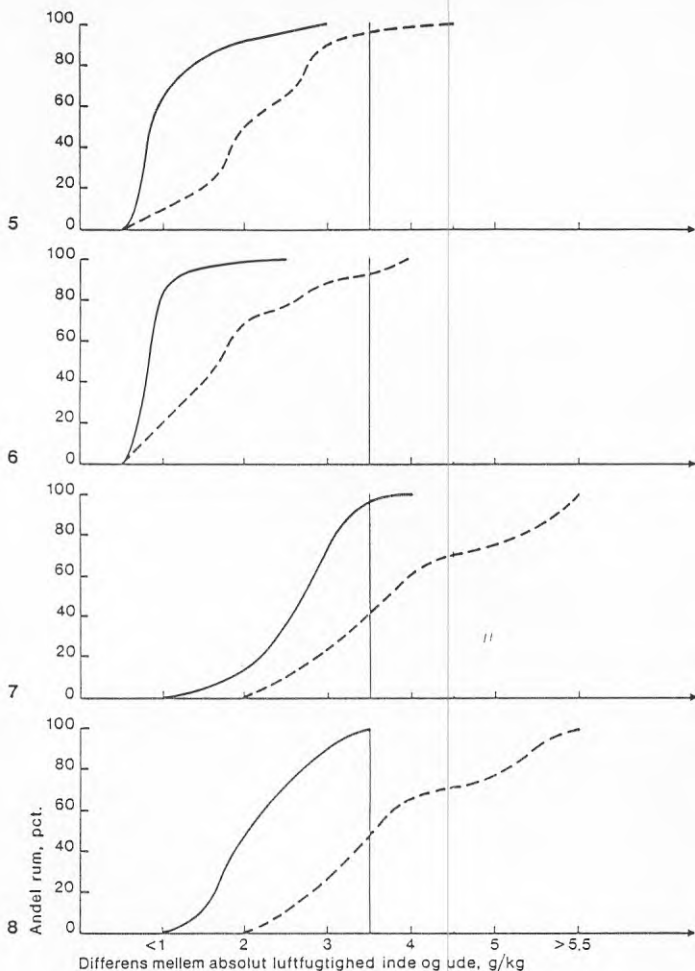
Figur 1-4. Kurverne viser fordelingen af lejlighederne efter den gennemsnitlige relative luftfugtighed over en uge. Den fuldt optrukne kurve gælder for lejligheder i højhus 1. Den stiplede kurve gælder for lejligheder i højhus 2. Kurverne viser de procentdele af lejlighederne køkkener og stuer, hvori der målt lavede relative luftfugtigheder end angivet på den vandrette akse.

Figur 1. Målinger i køkken, april 1984. Højhus 1 er renoveret med mekanisk indblæsning og udsugning. Højhus 2 er som oprindeligt.

Figur 2. Målinger i stue, april 1984

Figur 3. Målinger i køkken, februar 1986. Højhus 1 er renoveret med mekanisk indblæsning og udsugning. Højhus 2 er tætnet og der er monteret ventiler i facaden i alle rum.

Figur 4. Målinger i stue, februar 1986.



Figur 5-8. Kurverne viser fordelingen af lejlighederne efter differensen mellem den absolutte luftfugtighed inde og ude baseret på ugemålinger. Den fuldt optrukne kurve gælder for lejligheder i højhus 1. Den stiplede kurve gælder for lejligheder i højhus 2. Kurverne viser de procentdele af lejlighedernes køkkener og stuer, hvori der målttes lavere differens mellem absolut luftfugtighed inde og ude end angivet på den vandrette akse. Figur 5. Målinger i køkken, april 1984. Højhus 1 er renoveret med mekanisk indblæsning og udsugning. Højhus 2 er som oprindelig. Figur 6. Målinger i stue, april 1984. Figur 7. Målinger i køkken, februar 1986. Højhus 1 er renoveret med mekanisk indblæsning og udsugning. Højhus 2 er tætnet og der er monteret ventiler i facaden i alle rum. Figur 8. Målinger i stue, februar 1986.

HUMIDITY, VENTILATION AND MICRO-ORGANISMS

Matti J Jantunen

National Public Health Institute
 Department of Environmental Hygiene and Toxicology
 POBox 95/ SF 70701 Kuopio/FINLAND

BACKGROUND: humidity and humidification

* "Sick building syndromes" have generally been associated with mechanical ventilation, air conditioning and humidifiers^{1 2}. Most studies are not made in cold climates, where very low indoor air humidity could also be a source of health problems. In a Finnish epidemiological study on the effects of humidification on perceived indoor air quality and the "sick building syndrome" the result was that humidified air was felt to be more dusty, smelly and stale. No significant differences were found in the prevalence of flu and other upper respiratory infections. Humidifier fever symptoms were somewhat more frequent, but the "sick building symptoms" were quite systematically lower in the humidified vs. non-humidified buildings.³

* The relationship of air humidity and fungal spore count in indoor air, and the effect of humidification of dry indoor air in winter were studied in the field. A positive correlation was found between air humidity and spores count in the year-round data. When winter season was separated from the rest of the year, the correlation disappeared, ie. it was due to the association of indoor air dryness with

low outdoor air fungal spores count in the winter. To separate the effects of season and humidity, steam humidifiers were used in a winter humidification experiment in 9 urban homes. Air humidities were increased from 2..7 to 7..10 g(H₂O)/kg(air), and spore counts were reduced 500..2 000 to 200..1 000 cfu/m³. A reduction in the spores count was observed in each individual case.⁴ In the same study the year-round data associates increased humidity with increased levels of particulates and bacteria, but also this association appears to be a result of seasonal variations, not humidity per se. Humidification had no effects on bacteria or particulate counts in indoor air.⁵

* To further evaluate the effect of moisture and temperature on the growth of some fungi, a laboratory experiment using A.Fumigatus and Penicillium was set up. Its results show that the minimum growth temperature for both fungi is 10°C, and that the growth rate is independent of air humidity as long as the growth medium could supply a sufficient amount of moisture (condensation, leak). Sporulation of the fungi decreased significantly at high humidities (RH > 90%).⁶ Further, yet unpublished, work has revealed that spore release of these two fungi is suspended when the relative

humidity of air increases from 30 to 60 %, and again increased when the humidity is reduced. This makes ecological sense, because the fungi must choose between two competing alternatives of proliferation, spore release and local growth. Spore release makes sense, when local growth conditions deteriorate, and local growth should be favored when the conditions are ideal.

* In a Dutch field study on fungal spores and bacterial counts in the air in damp vs. dry homes, significantly elevated levels of both spores and bacteria were found in homes classified as damp by the inhabitants, but when objective classification was used, only spores levels were elevated in the damp homes, and even this elevation was not statistically significant (due to high variation).⁷ This indicates that humans do not have a sense for humidity, but humidity complaints raise from certain smells, which are associated to microbial growth more directly than humidity.

* In a somewhat related Finnish study on 30 homes with suspected mold problems, the apparent reason for most cases was moisture damage. No statistically significant difference was found in the airborne fungal spores or bacteria counts of the suspected homes vs. reference homes. An interesting finding was, however, that while no actinomycete were found in the reference homes, they were quite frequent, up to 154 cfu/m³, in suspected moldy homes.⁸ Typical reasons to suspect mold problems or moisture damage are visible mold or a moldy odor. Interestingly enough, most molds are quite odorless, but a colony of actinomycete smells exactly like "that stale moldy odor", like moist dirt.

Ventilation

* In a Finnish study on the behavior of particles, fungal spores and bacteria in ventilation systems and

indoor spaces of forced air heated homes and mechanically ventilated office buildings, the most important findings were:⁹

- Ventilation equipment does not normally act as a dust source, because there are rarely any particle forming processes in them. With filtering ventilation reduces indoor air particulate levels. (In the rooms the particle levels are increased due to human activities. Both are especially true for larger than 2 µm particles.)
- In most cases the air entering the room from a vent contains less bacteria than the air leaving it, and at least in office buildings less bacteria than outdoor air. (While the outdoor air bacteria levels are an order of magnitude lower in the winter than in the summer, the room air levels vary little by the season.)
- Ventilation does not normally act as a fungal spores source, yet, there are distinct individual cases, where this is not true. (What was said about the seasonal variations for bacteria, is equally true for spores).
- * In a field experiment on three identical and adjacent buildings with A) natural ventilation, B) mechanical exhaust ventilation, and C) two way mechanical ventilation with intake air filtering, no systematic and significant differences were observed in the levels of spores or total particulates between the ventilation systems. The ventilation rates were highest, and the bacteria counts were smallest in the building with two way mechanical ventilation. During fall, when the outdoor spore counts were high, a significant difference was observed in the I/O-ratios of the spores counts in favor of the two way mechanical ventilation system, obviously due to its filter system.^{10 11}

*Indoor air bacteria are mostly emitted from humans (and pets). Therefore a high bacteria count indicates crowding or poor ventilation. This presumption was validated in a study of 11 Finnish day care centers. Increasing the ventilation rate from its normal value to maximum effect significantly reduced the levels of bacteria, and also fungal spores. The latter result indicates that in winter in the studied day-care centers the major source of fungal spores was also indoors.¹²

*In a related study on single family homes, increasing the ventilation rate significantly reduced the counts of bacteria and particulates in indoor air, but had an opposite effect on the spores counts.¹³ The result indicates that in typical Finnish single family homes the dominant bacteria and particulate sources are indoors, but the dominant fungal spores sources are outdoors, and that the filtering effect of the ventilation system is reduced, when the air exchange rate is increased.

*In a recent WHO working group meeting on Biological Contamination in Indoor Air the following conclusions are to my judgement most relevant to ventilation and moisture: ¹⁴

- C.1 A substantial portion of disease and absenteeism from work or school, is associated with infectious and allergic episodes caused by indoor air exposure. Since these exposures are often due to building-generated biological contaminants or occupant crowding, such morbidity can be reduced significantly.
- C.3 Biological aerosols in buildings including residences are predominantly caused by persistent moisture and inadequate ventilation of spaces and building elements; proper design and construction are essential in the preven-

tion of these conditions.

- C.7 Use of biocides in the cleaning and maintenance of HVAC systems, or surfaces in buildings, present risks both directly and through promotion of resistant microbes.

THE TRIANGLE: Fresh air flow, indoor air humidity, viable aerosol particles.

Both fresh air flow and humidity affect the levels of bioaerosol particles in indoor air. In addition, the fresh air flow rate affects indoor air humidity. I will now look at these effects one at the time, and I will then try to combine them.

Fresh air ventilation rate on bioaerosol particles: Fresh air (outdoor air, which may have been heated, cooled, filtered and/or humidified before room vent - for now I ignore cooling, filtering and humidification and the possibility that the ventilation system may also have contaminated it) brings its own bioaerosol particles, but the level, which enters the room, is lower than the outdoor air level, because some filtering (save an open window) always occurs in the ventilation system. Indoors we find additional sources of fungal and especially bacterial aerosols. Therefore increased fresh air in principle always decreases the viable particle counts. However, in the summertime, when outdoor air fungal spores counts are high and dominate the indoor air levels, increasing ventilation rate may decrease the filtering effect of a ventilation system and therefore actually increase indoor air spores counts up to outdoor air levels.

Humidity on bioaerosol particles: Moist construction or surface materials are often good growth media for certain bacteria (notably actinomycete and other soil bacteria) or fungi, while permanently dry materials do not

support such growth. But condensation and leaks from water systems or storm waters may keep growth sites moist regardless of indoor air humidity. Of course condensation requires smaller temperature gradients and is more likely in high vs. low indoor air humidity, but with the exceptions of badly insulated windows, reverse pressure gradients (indoor air pressure higher than outdoors) and missing or damaged vapor seals in the walls and ceilings, normally existing indoor air humidity levels (RH = 20...60%) are not likely to have major effects on bioaerosol levels in Scandinavia. Very dry air seems to accelerate the spore release from existing fungi, and permanently very humid air may result in excessive microbial growth on materials and surfaces, and consequently in high bioaerosol counts.

Ventilation on humidity: Indoor air humidity is a direct physical product of outdoor air temperature and humidity, indoor air moisture sources, indoor air temperature, and fresh air ventilation rate (forgetting (de)humidifiers).

CONCLUSION:

Ventilation is used to control indoor air contaminants, humidity and temperature. Intake air filtering, cooling, heating, and/or (de)humidifying are used to add extra teeth to indoor air control when this is necessary for air pollution, heat, humidity and/or energy conservation. The normal contaminant control principles apply to bioaerosols just like they do for other particulate contaminants. The difference comes from the effects that the ventilation system may have on the indoor sources of bioaerosols.

Bioaerols are formed either "unintentionally", when material, which contains microbes (dander, dust, humidifier water), is spread into the air, or "intentionally", when growing

colonies of bacteria produce spores, which are spread into the air to fulfill the eternal program of all living organisms - proliferation. Ventilation (through humidity and temperature control) can be used to restrict the growth of microbial colonies, and to restrict the emission of viable particles from such colonies. Unfortunately, at least in short term, the same ventilation measure, which advances the first purpose may set back the second one.

Ventilation may itself become a source of bioaerosols (water leaks, dust accumulation, bad humidifiers and contaminated filters). If extreme cases are ignored, the possibilities of controlling microbial growth on indoor surfaces or structural materials by ventilation are limited. The most obvious function of ventilation in biological contaminant control is replacement of the contaminated air with fresh air.

LITERATURE CITED:

1. J Harrison, AC Pickering, MJ Finnegan, PKC Austwick: **The sick building syndrome; further prevalence studies and investigation of possible causes.** Indoor Air '87, Vol 2., Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 487-491.
2. MJ Finnegan, AC Pickering: **Prevalence of symptoms of the sick building syndrome in buildings without expressed dissatisfaction.** In Indoor Air '87, Vol 2., Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 542-546.
3. L Reinikainen, J Jaakkola, M Lindholm, OP Heinonen: **Sisäilman kostutuksen vaikutus terveyteen ja viihtyvyyteen.** TKK, LVI-laboratorio, Raportti B:18, Espoo 1988, 82 p.
4. MJ Jantunen, A Nevalainen, A-L Rytönen, M Pellikka, P Kalliokoski: **The effect of humidification on indoor air fungal spores counts in apartment buildings.** In Indoor Air '87, Vol 1., Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 643-647.
5. M Pellikka, E Pitkänen, P Vilenius, P Kalliokoski, M Jantunen, J Tengström, A Nevalainen. **Sisäilman biologiset pölyt ja niiden pitoisuuksiin vaikuttavat tekijät.** TKK, LVI-laboratorio, Sisäilmastoprojekti, Raportti C:19, Espoo 1985, 82 p.
6. A-L Rytönen, P Pasanen, P Kalliokoski, A Nevalainen, M Jantunen: **The effect of air temperature and humidity on the growth of some fungi.** In: Healthy Buildings '88, Vol 1, Planning, Physics and Climate Technology for Healthier Buildings, Proceedings of Healthy Buildings Symposium, Stockholm 1988, pp 345-350.
7. N v Wageningen, M Waegemaegers, B Brunekreef, J Boleij: **Health Complaints and indoor molds in relation to moist problems in homes.** In Indoor Air '87, Vol 1., Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 723-727.

8. A Nevalainen, MJ Jantunen, A-L Rytönen, M Niininen, T Reponen, P Kalliokoski: **The indoor air quality of Finnish homes with mold problems.** In: Healthy Buildings '88, Vol 1, Planning, Physics and Climate Technology for Healthier Buildings, Proceedings of Healthy Buildings symposium, Stockholm 1988, pp 319-323.
9. M Pellikka, M J Jantunen, P Kalliokoski, E Pitkänen: **Ventilation and bioaerosols.** In Ventilation '85, H D Goodfellow (ed.), Elsevier, Amsterdam 1986, pp 441-450.
10. T Reponen, A Nevalainen, T Raunemaa: **Airborne fungal spore and bacteria levels in Finnish homes with different ventilation systems.** In Indoor air '87, Vol 1: Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 632-636.
11. T Savolainen, T Reponen, H Kokotti, T Raunemaa, A Nevalainen, P Kalliokoski: **Neulamäen koetalot: Ilmanvaihto ja sisäilmasto.** Kuopion yliopiston ympäristöhygienian laitosten monistesarja 4/1988, 168 p.
12. A Nevalainen, M J Jantunen, M Pellikka, E Pitkänen, P Kalliokoski: **Airborne bacteria, fungal spores and ventilation in Finnish day-care centers.** In Indoor Air '87, Vol 1., Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin, 17-21 August 1987, pp 678-680.
13. M Pellikka, E Pitkänen, A Nevalainen, M Jantunen, P Kalliokoski: **Partikkeli-, bakteeri- ja sieni-itiöpitoisuudet ilmalämmitteisissä pientaloissa, päiväkodeissa ja muutamissa valituskohteissa.** TKK, LVI-laboratorio, Sisäilmastoprojekti, Raportti C:25, Espoo 1986, 43 p.
14. JAJ Stolwijk (ed.) **Working group report on biological contaminants in indoor air (DRAFT).** Report on a WHO meeting, Rautavaara, 29/8-2/9 1988.

ANVISNINGAR ANGÅENDE UTELUFTSFLÖDEN I FINLANDS BYGGBESTÄMMELESAMLING

Föreskrifter för inomhusklimat och ventilation i Finlands byggbestäm-
melsesamling

Nya föreskrifter angående inomhusklimat och ventilation trädde i kraft år 1988 i Finland. Den viktigaste saken vid föreskrifternas be-
redning var att definiera inomhusklimatet. I föreskrifterna precise-
rar man ett hälsosamt och med tanke på trivseln tillfredställande
inomhusklimat. Riktvärdena för inomhusklimatets delfaktorer definie-
rades med den noggrannhet som det enligt de dåvarande uppgifterna
var möjligt. Ventilationen och ventilationsbehovet behandlas i fö-
reskrifterna utgående från användningen och belastningen av utrym-
men. Föreskrifterna för ventilationsanläggningar gjordes så, att man
kan välja ventilationssystem fritt. Med tanke på allmänt förekomman-
de brister i ventilationsfunktionerna betonar man ibruktagandet och
rätt drift och underhåll av ventilationsanläggningarna.

Finlands byggbestämelsesamling innehåller både bindande föreskrif-
ter och anvisningar, som ger godtagbara lösningar på hur föreskrif-
terna kan tillämpas. Föreskrifterna innehåller funktionella krav.
Riktvärden och tekniska lösningar framställs på anvisningsnivå. Den-
na struktur gör det möjligt att ge också sådana normvärden, som det
inte ännu finns exakt kunskap om, men som dock är viktiga med tanke
på konsumentskyddet.

Uteluftsflöden

Som föreskrift framställer man följande:

"Till vistelseutrymmen bör ledas en sådan mängd uteluft att inneluf-
tens tillfredsställande kvalitet säkerställs".

I anvisningarna ges följande riktvärden för grundprinciper:

- i utrymmen där rökning är tillåten $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ person
- i utrymmen där rökning är förbjuden enligt bild 1, dock minst
 $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ person
- luftväxlingen i normalhöga rum 0,5 gånger per timme

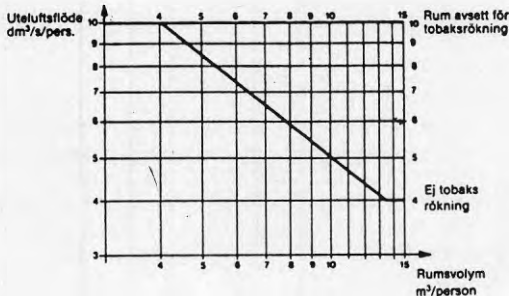


Bild 1. Uteluftsflöde per person

Att checka ventilationens tillräcklighet enligt rumsutrymme är lätt. Däremot finns det inte alltid tillräckliga uppgifter om antalet personer i planeringsskedet. Därför har man tilläggat som bilaga till anvisningar en tabell där utelufts- och frånluftsflöden räknade enligt rumsutrymmenas golvarea, framställs. Dessa riktvärden för luftflöden har räknats för att motsvara normalanvändning i genomsnitt. Man måste ta hänsyn till, att uteluftsflöde per person ges som ett primärt dimensioneringsråd och först sekundärt kan man använda uteluftsflöden enligt utrymmets golvarea.

I anvisningarna påminner man också om, att de ovannämnda dimensioneringsprinciperna inte alltid säkerställer tillräcklig ventilation. Större luftflöden kan behövas exempelvis:

- för att uppnå tillräcklig kyl- eller värmeeffekt
- på grund av livligare aktivitet eller större luktintensitet än normalt
- för att avlägsna större fukt- eller föroreningsmängden än normalt
- för att säkerställa god luftfördelning
- för att motsvara dimensioneringen av punktutugningarna.

Å andra sidan ger man i anvisningarna också möjlighet att reducera luftflöden, om man endast tillfälligt vistas i utrymmena och luftens nedsmutsning är ringa. Sådana utrymmen kan vara till exempel rena laborerutrymmen.

I anvisningarna ger man en möjlighet till att reducera luftflödena tillfälligt med högst 50 %, då uteluftens temperatur är högst 15°C högre än den lokala dimensionerande utetemperaturen.

Motiveringar för uteluftsflöden

Å ena sidan måste man ärligt medge, att det inte finns helt exakta kunskaper om uteluftsflöden som säkerställer en hälsosam och med tanke på trivseln tillfredsställande ineluft. Å andra sidan handlar myndigheterna ansvarslöst, om de inte ger några riktvärden för luftflöden. I Finlands byggbestämmelsesamling löstes problemet genom att ge uteluftsflöden på anvisningsnivå.

När man beredde anvisningarna, studerade man andra länders normer och de viktigaste forskningsresultaten. Uteluftsflödena varierade i dessa från 2,5 l/s person till ungefär 10 l/s person. Som grund valde man rekommendationerna i NKB rapport nr 40. Det var ganska naturligt att välja NKB:s rapport som grund, eftersom den var en ganska ny rekommendation och där fanns en färdig kompromiss till lämpliga uteluftsflöden i det nordiska klimatet.

När man omarbetar föreskrifter, är en av grundprinciperna att de nya föreskrifterna inte höjer byggnadskostnaderna. Eftersom linjen i NKB rapport inte väsentligt ändrade uteluftsflödena från tidigare praxis i Finland, var inverkan på byggnadskostnaderna också ringa. Man måste konstatera, att om uteluftsflödena ökas från den nuvarande nivån, måste man finna, som motvikt till kostnadsstägning, särskilt klara motiveringar och bevis för det, att dessa större luftmängder gör inomhusklimatet hälsosammare.

Huvudregeln i uteluftsanvisningarna är, att om röknigen är tillåten enligt rökninglagen, uteluftsflödena dimensioneras som alla rökte. Dock finns det inte alls t.ex. i alla kontorsrum en-rökare. Så måste man klart skilja på byggandet och användningen. Luftmängder skall ganska lätt kunna regleras till lämpliga värden. Finlands anvisning-

gar föreskriver också, att uteluftsflödena måste på ett enkelt sätt rumsvis kunna minskas med minst 50 % och ökas med 20 % räknat på dimensionerande luftflöde. Om man försöker dimensionera uteluftsflödena exakt enligt personbelastning, stöter man på kravet på lätt reglerbara ventilationsanläggningar.

Anvisningarna ger en möjlighet att reducera luftflöden tillfälligt, då uteluftens temperatur är högst 15°C högre än den lokala dimensionerande utetemperaturen. Denna punkt togs med för både byggnads- och driftkostnadernas skull. I Finlands tidigare anvisningar fanns den här "frost-paragrafen" och om man ha lämnat den bort, skulle byggnadskostnaderna ha ökat med cirka 3 o/oo per år och driftkostnaderna också litet. Sådana ringa kostnadsökningar fördömdes så klart och "frost-paragrafen" lämnades krav i anvisningarna.

Riktvärden för inomhusklimat och ventilation i olika utrymmen

Om riktvärdena enligt bilaga 1 följes, är inomhusklimatet i normala utrymmen vanligen tillfredsställande. Om man strävar till ett gott inomhusklimat bestämmas planeringsvärdena från fall till fall med hänsyn till belastningen i de olika utrymmena.

Riktvärdena för lufttemperatur och operativ temperatur gäller uppvärmningsperioden. Vanligen tas lufttemperaturen till utgångsvärde för dimensionering av värmeanläggningen. I utrymmen, där lufttemperaturen inte tillräckligt väl beskriver värmeförhållandena användes den operativa temperaturen som bas. Sådana utrymmen är t ex rum med stora fönsterytor eller med strålningsvärme.

På basen av dragkurvan kan luftens maximihastighet i vistelsezonen bestämmas ur bild 1.

Riktvärdena för luftflöden är minimiutluftflöden under vintern. Vid köldtoppar kan utluftflödet rumsvis reduceras enligt anvisningarna i punkt 3.2.1.5. Luft-

flödet bestäms i första hand av personantalet. Om personantalet i ett rum är okänt, kan golvytan användas som dimensioneringsgrund. I utrymmen vilkas personbelastning varierar rekommenderas behovsstyrd ventilation. Totalluftflödet måste ofta dimensioneras större än givna riktvärden för att temperaturerna skall kunna behärras.

Riktvärdena för ljudnivå gäller den minimiljudtrycknivå som förorsakas av ventilationsanläggningen i ett oinrett utrymme. I byggbestämmelsesamlingen, del C1, ges föreskrifter för tillåten sammanlagd ljudnivå för vvse-anordningar. Då tabellens riktvärden tillämpas bör hänsyn tas till samverkan av ventilationen och andra ljudkällor.

Om ventilationen eller cirkulationen individuellt kan ställas in på högre värden än riktvärdena, får under sådan effektiviserad drift riktvärdena överskridas enligt följande:

- lufthastighet, maximihastighet enligt dragkurva + 0,1 m/s
- ljudnivå, riktvärde + 10 dB.

Bilaga 1. Riktvärden för inomhusklimat och ventilation i olika utrymmen.

1. Bostadsbyggnader A)

Utrymme/användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde dm ³ s, enh.	Ljudnivå dB (A)
				dm ³ s, pers.	dm ³ s, m ²		
Bostadsutrymmen							
1.1 Vardagsrum	21	20	2		0,5		30
1.2 Sovrum	21	20	2	4	0,7		30
1.3 Tambur	19	17	5		(s)		35
1.4 Kök	21	20	2		(s)	20 B)	35
1.5 Separat matutrymme	21	20	2		0,5		30
1.6 Klädrum	19	17			(s)	3	35
1.7 Badrum, tvättrum	22	22	2		(s)	15	40
1.8 WC	21	19			(s)	10	35
1.9 Hemvårdsrum	21	19	3		(s)	15	35
1.10 Lägenhetsbastu					2 C)	2/m ² C)	35
1.11 Hobbyrum	21	19	3		0,7	0,7/m ²	35
Allmänna utrymmen							
1.12 Trapphus	17				0,5 1/h	0,51/h	40
1.13 Lagerutrymmen (även i bostad)	17				0,35 D)	0,35/m ²	45
1.14 Kalkällare (även kylrum i bostad), vars yta > 4 m ²)							
1.15 Omklädningsrum	5	20	2		0,20	0,20/m ²	45
1.16 Tvättrum	21	22	2		2	2/m ²	35
1.17 Basturum	22	22	2		3	3/m ²	40
1.18 Basturum					2	2/m ²	35
1.18 Tvättstuga	21				1	1/m ²	45
1.19 Torkrum	21				2 E)	2/m ² E)	45
1.20 Hobbyrum, klubbrium	20	18	3		1 F)	1/m ² F)	35

A) Bostäders ventilation dimensioneras i allmänhet på basen av tabellens frånluftvärden. Små bostäders frånluftflöden kan dimensioneras mindre än riktvärdena, dock sålunda att bostadens luftväxlingskoefficient är minst 1,0. I stora bostäder måste ofta frånluftflödena dimensioneras större än riktvärdena för att bostadsrummens utluftflöde skall uppfylla riktvärdena.

Luftväxlingen i bostäder kan reduceras då det inte finns behov av dimensionerande frånluftflöden i kök och i hygienrum. Härvid bör man försäkra sig om, att utluftflöden i sovrummen fyller riktvärdena samt att luftväxlingskoefficienten för hela bostaden är minst 0,4.

B) Riktvärde, då köket är försett med spiskupa eller motsvarande punktutugning; om inte är frånluftflödet minst 50 dm³/s.

C) Dock minst 6 dm³/s.

D) Till lagerutrymme inom bostaden kan överluft tas från bostadsrum eller tambur

E) Kan dimensioneras mindre då lufttorkare användes.

F) Förutsätter vädringsmöjlighet; i annat fall 1,5 dm³/s, m².

Utrymme/användning	Luft-temperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
2.1 Kontorsrum	21	20	2	10	1		35
2.2 Landskapskontor	21	20	2	10	1,5		35
2.3 Konferensrum	21	20	3	10	4		35
2.4 Ritkontor	21	20	2	10	1,5		35
2.5 Betjäningsrum för allmänheten	21 B)	19 B)	4 B)	6	2		40
2.6 Utställningsutrymme	20 B)	18 B)	4 B)	5	1,5		40
2.7 ADB-utrymme							
— maskinsal	21	19	5	4	0,4		55
— printerrum	21	19	4	4	0,4		55
2.8 Arkiv, lager (ej arbetsutrymme)	20	18			(s)	0,35/m ²	45
2.9 Kafé, pausrum	20	19	3	10	5		40
2.10 Kopieringsrum	20	18			1	4/m ² C)	45
2.11 Kontorskorridor, aula	20 B)	18 B)	5 B)		D)		40
2.12 Rökrum	20	19	3	10	5	10/m ²	40
2.13 Skolningsutrymme	21	20	3	10	4		35

A) Frånluft från smutsiga rum, se punkten "Hygienutrymmen".

B) För fasta arbetsplatser gäller dragkurva 2, temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C.

C) Om kopieringsförslaget förorsakar stark lukt, dimensioneras frånluftflödet större enligt anvisning 2.3.1.2 eller 2.3.1.4 och punktutugning användes.

D) Den behövliga utelufte kan helt eller delvis ledas in från korridorerna som överluft.

3. Undervisningsutrymmen

Utrymme/användning	Luft-temperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
3.1 Klassrum	21	20	2	6	3		35
3.2 Undervisningslaboratorium	21	19	3	6	3 A)	140/ drag- skåpsm., B)	35
3.3 Hemhushållningsklass	21	19	3	6	3 A)	A)	35
3.4 Klassrum för tekniska ämnen	21	19	4	6	3 A)	A)	40
3.5 gymnastiksal, festsal, C)							
— använd som gymnastiksal	21	20	5	12	2 D)		35
— använd som festsal	21	20	3	8	6		35
3.6 Föreläsningssal	21	20	2	8	6		35
3.7 Matsal	21	18	4	6	5		35
3.8 Aula/tamburkorridor/ utställningsutrymme	E)	E)	5 E)	4	1 F)		40
3.9 Lager för undervisningsutrustning						0,35/m ²	40

A) I allmänhet bestäms dimensioneringen av utsugningsbehovet. Vanligen bör utrymmena förses med punktutugning, dimensionering separat för varje fall.

B) Mindre luftflöde kan godkännas på basen av ett undersökningsutlåtande eller liknande som givits angående frånluftssystemet.

C) Inomhusklimatet och luftväxlingen dimensioneras efter den mest krävande användningen. Möjlighet bör finnas att reglera ventilationen enligt olika användningssituationer.

D) Aktivitet förutsätter större ventilationsbehov än normalt.

E) För fasta arbetsplatser gäller dragkurva 2, temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C.

F) Om utrymmet är i pausbruk, är luftflödets dimensionerande värde 4 dm³/s, m².

4. Restauranger och hotell A)

Utrymme/användning	Luft-temperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
4.1 Restaurangsal	21	20	3 B)	10	10		40
4.2 Kafé	21	20	4 B)	10	10		40
4.3 Bar	21	20	4 B)	10	10		40
4.4 Separat kabinett, konferensutrymme < 25 m ²	21	20	3	10	4		35
4.5 Hotellrum	21	20	2	10	1		30
4.6 Korridorer	20	18 B)	5 B)	10	0,5		40
4.7 Aula, hallar	20	18 B)	3 B)	10	2		40
4.8 WC i restauranger	21	20			(s)	30/plats	40

A) Frånluft, se punkten "Hygienutrymmen".

B) För fasta arbetsplatser gäller dragkurva 2, temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C.

Utrymme/användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (överluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
5.1 Livsmedelsbutik	18 A)	15 A)	4 A)	4	2		45
5.2 Annan butik	18 A)	15 A)	4 A)	4	2		45
5.3 Butik med stark luktbelastning	18 A)	15 A)	4 A)		4 B)		45
6. Teatrar m m							
6.1 Salong	21	20	2	8			30
6.2 Aula, foajé	21	18 C)	2	10	5		40
6.3 Scen	21	20	3	8	3		30
6.4 Biografteater	21	20	2	8			35
6.5 Konsertsal	21	20	2	8			27
6.6 WC	21	20			(s)	30/plats	40

A) För fasta arbetsplatser gäller dragkurva 2, temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C.

B) På grund av luktintensiteten.

C) Biljettförsäljning: operativ temperatur 20°C.

7. och 8. Idrottsutrymmen, simhallar och kaserner

Utrymme/användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (överluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
7.1 Motionsutrymme	21	17	4	12	3 A)		40
7.2 Läktare	21	19	3	8			40
7.3 Aula, korridor där man vistas	19 B)	17 B)	5 B)	10	7		40
7.4 Korridor där man ej vistas				10			50
7.5 Simbassängutrymme	27	24	3	14		2 C)	40
8.1 Manskapsutrymmen	20	18	3	5	1		35
8.2 Matsal	20	18	4	6	5		45
8.3 Tvättutrymme	22	22	3		(s)	5/plats	40
8.4 Korridorer	18	16	5	4	0,8		40
8.5 Vistelseutrymme	21	20	4	10	5, s D)		35

A) På grund av aktiviteten större luftväxlingsbehov än normalt.

B) Arbetsplatser, t ex biljettförsäljning: temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C, dragkurva 2.

C) Avlägsnande av fukt är dimensionerande faktor. Förhållandet mellan vatten- och lufttemperatur beräknas från fall till fall.

D) Kan tas som överluft från korridoren.

9. Vårdanstalter

Utrymme/användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (överluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
9.1 Patientrum i sjukhus	22	21	2	8 B)	1,2		30
9.2 Behandlingsrum i sjukhus	21	20	2		A)	8	30
9.3 Rehabiliteringsrum i sjukhus	21	20	2			8	35
9.4 Vistelseutrymme i sjukhus	21	20	3	10	3 C)		30
9.5 Barnvårdsrum	22	21	2	4	2		30
9.6 Behandlingsutrymme för kroniker	22	21	2	8	2 B)		30
9.7 Korridor	21	20	3	10	C)		35
9.8 Vätrum	21	20	3	10	3		35
9.9 WC, sköljrum för patient- och väntrum	21	19			(s)	30	40
9.10 Rum för anhållna	21	19	3	10	2 B)		35
9.11 Fångcell	21	19	3	5	1		35
9.12 Förhörsrum	21	19	3	5	1		35
Daghem:							
9.13 Lek-, vil- och grupprum	21	20	2	5	2		30
9.14 Vattenlektrum, hemkök	21	20	2	5	2	2/m ²	35
9.15 Tambur	21	20	3	5	2	2/m ²	35
9.16 Våt tambur	21	20	5		(s)	D)	35

A) Ventilationen för speciella utrymmen, såsom operationssalar, behandlingsrum, röntgenutrymmen, servicerum för redskap och utrustning samt patientvårtrum planeras separat från fall till fall.

B) Större luktintensitet än normalt är sannolik.

C) Tilluft till vistelseutrymmen kan även tas som överluft från korridorer och liknande utrymmen.

D) Torkskåpet bestämmer utsugningsbehovet. Allmän utsugning 2 dm³/sm².

Utrymme/Användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
Stationsutrymmen:							
10.1 Väntsäl	18		3	10	5 A)	5/m ²	45
10.2 Korridor				10	3	3/m ²	50
10.3 WC	21				(s)	30/plats	40
10.4 Utställningsutrymmen (kommersiella utställningsrum)							
10.5 Muséer, konstatställningar	20 B)	18 B)	3 B)	6	3 C)	3	40
	20 B)	18 B)	3 B)		C)	3	35
Bibliotek:							
10.6 Allmän läsesal, betjäningstrymme	21	20	2	4	2		35
10.7 Studiesal	21	20	2	4	1		35
10.8 Aula	19	17	4	4	1		40
10.9 Lager	19	17			(s)	0,35/m ²	45
Kyrkor:							
10.10 Kyrksal	19	17	3	6	6		35
10.11 Andra offentliga utrymmen	20	18	3	6	6		35

A) Kan delvis ersättas med övertluft från försäljningsutrymmen i anslutning till väntrummet. Ventilationen i försäljningsutrymmen i väntsäl beräknas enligt prövning antingen som kontors- eller som butiksutrymme.

B) Fasta arbetsplatser: Temperatur/operativ temperatur 21°C/20°C, dragkurva 2.

C) Dimensioneras från fall till fall på grund av största tillåtna personantal. Möjlighet att reglera luftflödet efter behov bör finnas.

11. Arbetsutrymmen och liknande A)

Utrymme/Andvändning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (övertluftflöde = s)		Frånluftflöde $\frac{dm^3}{s, enh.}$	Ljudnivå dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, pers.}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
Fabriksarbete:							
11.1 Lätt	20 B)	18 B)	2 B)	10	1,5 B)		
11.2 Medeltungt	17 B)	16 B)	6 B)	10	1,5 B)		
11.3 Laboratorier (kemiska)	20 B)	19 B)	3 B)	5	1 B)	140/ drags- kåpsm. C)	40
11.4 Bilreparationsverkstad	17	16	6	4	7 D)	3	
11.5 Besiktningstrymmen							
11.6 Förvaringsutrymmen för fordon E)							

A) I kontorsutrymmen som hör till byggnaden tillämpas anvisningarna angående kontorsbyggnader.

B) Ventilationsanläggningen dimensioneras minst för ifrågavarande luftflöde. Anläggningen kan köras med mindre luftflöde på basen av utredning om arbetsmetoder m m. Processen fordrar vanligen betydligt större luftlöden och punktutugningssystem. Dimensioneras från fall till fall på basen av uppskattade föroreningsutsläpp och värmebelastningar. Dragkurvor och temperaturer är exempel. Arbetets art bestämmer temperaturnivå och dragkurva från fall till fall.

C) Mindre luftflöde kan godkännas på basen av ett undersökningsutlåtande som givits angående frånluftsystemet.

D) Förutsätter punktutugning av avgaser med en kapacitet av minst 100 dm³/s för personbilar och 300 dm³/s för lastbilar. Om permanent avgasutugning finnes, till vilken fordonen alltid är kopplade, kan luftflödet vara 2 dm³/s. Frånluftflödet dimensioneras med hänsyn tagen till punktutugningen så att utrymmet ej får undertryck. Se även SFS 3352.

E) Dimensioneras enligt bilaga 2.

Utrymme/Användning	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (överluftflöde = s)		Frånluftflöde dm ³ s, enh.	Ljudnivå dB (A)
				dm ³ s, pers.	dm ³ s, m ²		
12.1 Matberedning	20	18	4		15 A)	15/m ²	40
12.2 Centralkök	20	18	4		6 A)	6/m ²	40
12.3 Uppvärmning	20	18	4		10 A)	10/m ²	40
12.4 Hjälpkök	20	18	4		10 A)	10/m ²	40
12.5 Kokvrå					3 B)		
Lagerutrymmen							
12.6 — torrt lager och liknande	5	~			0,5		
12.7 — kallförråd						0,35/m ²	
12.8 Matserveringar där rökning är förbjuden	21	20	4	5	3		40
12.9 Matserveringar där rökning är tillåten	21	20	4	10	6		40

A) Minimiluftflöden. Dimensionering från fall till fall på basen av värmebelastningen.

B) Dock minst 22 dm³/s.

13. och 14. Hygienutrymmen för kontors-, affärs- och offentliga byggnader och övriga utrymmen i allmänhet

Utrymme/Användningen	Lufttemperatur °C	Operativ temperatur °C	Dragkurva	Uteluftflöde (överluftflöde = s)		Frånluftflöde dm ³ s, enh.	Ljudnivå dB (A)
				dm ³ s, pers.	dm ³ s, m ²		
13.1 WC	20				(s)	20/plats	40
13.2 Badrum	22	22	2		(s)	16/plats	40
13.3 Omklädningsrum	21	20	2		(s)	4/klädskåp	40
13.4 Basturum	18				(s)	4/person	40
13.5 Utrymmen för städredskap							
14.1 Avfallsrum					5	5/m ²	
14.2 Hissar A)							
— hissstrumma				4	8 B)		50
— hissmaskinrum						16 C)	60

A) Ventilation i hissar utföres enligt elektriska inspektionscentralens anvisningar.

B) Om överluft genom trumman ledes till maskinrummet är luftflödet i motsvarande grad större.

C) Kontrollräknas enligt värmebelastningen; maskinrummets maximitemperatur är 35°C.

MILJØBETINGEDE LUFTVEISLIDELSER - INNEKLIMA - EN OVERSIKT

Jan Vilhelm Bakke
Arbeidstilsynet 3.distrikt
Hamar

Sammendrag

Det er stor variasjon og økende risiko for utvikling av kroniske luftveislidelser i befolkningen, særlig hos barn. Dette synes å ha sammenheng med eksponeringsforhold i yrke og bomiljø. Samvirkning mellom irritanter, allergener, smitterisiko og annen biologisk aktiv eksponering, har betydning for den risiko den enkelte har for å utvikle kroniske lidelser i øvre og nedre luftveier. I utvikling av allergiske og ikke-allergiske luftveislidelser spiller skader i slimhinner og luftveier med utvikling uspesifikk hyperreaktivitet en sentral rolle. Dette har betydelige konsekvenser for profylaktiske og terapeutiske tiltak og nødvendiggjør betydelig økt offentlig oppmerksomhet rundt, og kontroll med, befolkningens eksponering for vanlige innemiljøsituasjoner.

1. Innledning

Ved en røntgenavdeling utviklet de fleste av de 30 ansatte kroniske øvre og nedre luftveislidelser med tildels sterkt behandlingstrengende astma og kronisk bronkitt med relasjon til eksponering for irriterende stoffer i arbeidsmiljøet (1). Ingen fikk påvist immunologiske holdepunkter for spesifikke allergitilstander. De fleste fikk likevel påvist uspesifikk bronkial hyperreaktivitet. Det antas at komplisert samspill mellom miljøfaktorer og de ansattes helse over lengre tid skadet luftveiene med utvikling av langvarige, muligens permanente, luftveisskader.

På mange måter kan den ekstreme eksponering gjennom mange år av en populasjon som i utgangspunktet var lungefrisk ses på som en ekstrem inneklimasituasjon. Det var multifaktoriell eksponering gjennom lang tid. Symptomene fortsatte å utvikle seg lenge etter at miljøforholdene var betydelig bedret. Fortsatt, år etter at miljøtiltak ble iverksatt og det meste av kliniske symptomer er gått tilbake, har 19 personer bronkial hyperreaktivitet hvorav 13 har, eller har hatt, subjektive symptomer på obstruktiv luftveissykdom.

Forekomst og dødelighet av astma har økt i hele den vestlige verden både for barn og voksne (2). Variasjonen er stor og det er mange holdepunkter for miljøbetingede årsaksforhold (2). Ofte vil samvirkingseffekter mellom aktiv og passiv røyking og andre miljøfaktorer spille en vesentlig rolle, men røyking kan likevel bare forklare noe av variasjonen.

Astma og allergi hos barn har også i Norge vist betydelig økning de siste 30 år. Mens prevalensen for astma hos barn på 50-tallet kunne ligge på 1 - 2 % finner en nå tall i størrelsesorden 6 - 10 %. Nye, upubliserte data fra en større undersøkelse i Nord-Norge, synes å bekrefte dette (Roald Bolle, Regionsykehuset i Tromsø, personlig meddelelse). Selv om vi korrigerer for bedre og mer følsom diagnostikk, peker dette i retning av at forekomsten kan være tre-doblet på 30 år og at miljøforhold spiller en vesentlig rolle.

Innsikt i spillet mellom miljøforhold, eksponering og helse er viktig, særlig for å kunne gi råd om forebyggende miljøtiltak generelt (primærprofylakse) og tiltak for personer med økt sykdomsrisiko (sekundærprofylakse). Også ved behandling av luftveislidelser kan eksponeringsforhold ha stor betydning for forløpet (tertiærprofylakse).

2. Miljøbetinget overfølsomhet (hyperreaktivitet).

"Ikke-allergisk", uspesifikk, bronkial hyperreaktivitet som følge av eksponering for SO₂ er vel kjent (3,4), tilsvarende også for H₂S, ozon og nitrogenoksyder (4,5,6,7,8). Langvarig, muligens permanent, skade av luftveiene med varig hyperreaktivitet, kan

oppstå som følge av en akutt skade av luftveiene hos tidligere helt lungefriske, i litteraturen omtalt under betegnelsen "Reactive Airways Dysfunction Syndrome" (RADS) (4,5,6). Gassenes, dampenes, støvets eller røykens toksiske/irritative effekt synes å være viktigste årsak.

Gjennomgang av sykehistorier viser at tilstanden kan skjule seg under en rekke andre kliniske diagnoser som "kjemisk bronkitt", "bronkitt", "kjemisk pneumonitt", "lett lungeødem" og "astma" (3).

Gass og dampformige forurensingers deponering i luftveiene avhenger av vannløsligheten slik at lett vannløslige irritanter vil ha størst effekt i de øvre luftveier. Tungt vannløslige irritanter kan utøve sine skadelige effekter perifert i luftveiene uten at den eksponerte "varsles" av irritasjon i øyne/nese (7). For partikkelformige forurensinger vil det være den aerodynamiske diameter som bestemmer deponeringsforholdene. Det er særlig den "respirable" fraksjon, for det meste partikler mindre enn 5 mikron, ikke større enn 10 mikron, som trenger ut i alveolene. Effekter lemger oppover i bronkialtreet vil ha vetydning både for utvikling av obstruktive luftveislidelser, bronkitter, og andre irritative og infeksjøs tilstander i luftveiene.

I den praktiske virkelighet ser en resultatet av kompliserte samvirkninger. SO₂ alene deponeres på fuktige overflater i øvre luftveier og gir irritasjonseffekter der på grunn av sin vannløslighet. Sammen med partikulær forurensing kan SO₂ utøve sin irritasjonseffekt perifert i luftveiene med økende risiko for utvikling av obstruktiv luftveislidelse fordi gassen binder seg til overflaten av respirable partikler (9).

Høy fysisk aktivitet ved hard fysisk arbeidsbelastning medfører økt respirasjon og dermed sterkere eksponering i luftveiene. I tillegg ledes forurensingene lenger perifert i luftveiene før de deponeres på slimhinnene, slik at effekten også kan bli kvalitativt anderledes enn ved lav fysisk arbeidsbelastning.

Øvre luftveisinfectionsjoner hos normale kan lede til midlertidig, uspesifikk bronkial hyperreaktivitet som kan vare i uker til måneder (10). Det ser ut som at skader i luftveisepitelet kan eksponere og "sensibilisere" raskt adapterende luftveisreceptorer for inhalerte irritanter (10). Den reduserte terskelen som derved oppstår for patologisk respons i luftveiene, kan medføre at daglig eksponering som vanligvis tåles godt, under og etter en slik infeksjon blir skadelig og kan forlenge og forverre tilstanden.

Skader i luftveiene kan således oppstå som følge av mekaniske forhold, inhalerte kjemikalier, forurensinger som ozon, infeksjoner, eller muligens også av endogent frigjorte stoffer eksemplvis fra mastceller, hvite blodlegemer eller blodplater (10).

Uspesifikk bronkial hyperreaktivitet er tilstede hos de fleste

pasienter med astma (11). For pasienter med allergisk astma vil denne hyperreaktiviteten øke over lengre tid etter inhalasjon av allergener (12). Det er viktig å unngå allergener for å redusere hyperreaktiviteten.

For pasienter med allergisk astma vil grad av sykdomsbesvær være relatert til den bronkiale hyperreaktivitet (11,13). Det synes som den uspesifikke hyperreaktivitet er fundamental for utvikling av den kliniske astma (3). Det er mulig at det ikke bare forutsettes frigjøring av de kjemiske mediatorer for anafylaksi, men at også en overdreven respons fra lungene er nødvendig for at det skal resultere i en klinisk astmatilstand. Risiko for ny og/eller ytterligere allergisk sensibilisering er økt i dårlige perioder med økt, uspesifikk, bronkial hyperreaktivitet hos pasienter med allergisk astma. Astmasykdommen har en komplisert variasjon og dynamikk med et komplisert samspill med omgivelsene (11).

Mange irritasjonseffekter og medfølgende helseproblemer vil begrense seg til de øvre luftveier. Nyere erfaringer fra forskning på helseproblemer som følge av uheldig inneklime, viser at blandingseksposeringer for irritanter er viktig og at et viktig symptom på irritasjonseffekter er fornemmelse av "tørr luft" (2).

Utvikling av uspesifikk hyperreaktivitet er en viktig mekanisme ved utvikling av "inneklimesykdom" (2). Overfølsomhet i hud og slihinne i øvre og nedre luftveier er viktig ved en rekke symptomer og sykdomer.

De nedre luftveienes sensitivitet og reaktivitet kan måles objektivt ved hjelp av provokasjonstesting for eksempel med Metacholin og måling av PC₂₀ (13). Irritasjonseffekter i øvre luftveier og på slimhinner kan måles objektivt ved undersøkelser av overflatefenomener på øyet (14).

For utvikling av "reactive airways dysfunction syndrome (RADS)" legges det betydelig vekt på kortvarige massive eksponeringer med påfølgende hyperreaktivitet som årsak til luftveisskader (4,5,6). Når hyperreaktivitet først er oppstått, er imidlertid terskelnivået for helseeffekter av irritanter betydelig redusert og vil bidra til å opprettholde og muligens forverre hyperreaktivitetstilstanden selv om eksponeringen kommer ned på et "vanlig" nivå eller endog lavere enn det de eksponerte tidligere har tålt uten besvær. Dette ble også tydelig observert ved røntgenavdelingen i Molde (1). Det er grunn til å anta at mindre, men hyppige, toppeksposeringer ("peaks"), eksempelvis i kombinasjon med fysiske anstrengelser og/eller infeksjoner kan medføre betydelig belastning av luftveiene, særlig hvis hyperreaktivitet allerede er tilstede.

2.1. Den vesentligste miljøbetingede luftveissykeligheten er "ikke-allergisk" - noen særlig utsatte grupper:

Astmatilstander uten IgE-mediert allergisk reaksjon, men med

uttalt uspesifikk bronkial hyperreaktivitet, er funnet i en rekke yrker og etter eksponering for en rekke irritanter (Tabell 1).

Hyppig forekomst av obstruktive luftveislidelser hos sveisere (15) og aluminiums-arbeidere ("hallastma") (16) skyldes sannsynligvis slike mekanismer med direkte skade av luftveiene med potente irritanter. Wergeland og medarbeidere (16) undersøkte en gruppe på 35 aluminiumsarbeidere med hallastma. Irritative luftveisskader synes å være årsak til utvikling av langvarig uspesifikk bronkial hyperreaktivitet. De ansatte i denne bedriften hadde i tillegg til et basalt eksponeringsnivå for irritanter også vært eksponert for kortvarige ekstreme verdier av SO₂ og aluminiumfluorider.

Donham og medarbeidere (8) omtaler en overlevende etter akutt H₂S-forgiftning med vedvarende luftveissymptomer to måneder etter ulykken. Slike høye eksponeringsnivåer forekommer regelmessig også i Norge, i forbindelse med håndtering av "blautgjødsel" vår og høst i landbruket, uten at det er vanlig at en tar dette i betraktning ved vurdering av luftveislidelser hos bønder.

Bønder utsettes ofte for blandingseksponeringer av organisk og uorganisk støv, bakterier og soppsporer, lagermidd, allergener og irritanter som ammoniakk, H₂S og nitrogenoksyder (17). Konsentrasjonene kan variere sterkt og kan ofte nå topper på det mangedoblede av administrativ norm. Epidemiologiske undersøkelser viser tildels betydelig økt forekomst av luftveislidelser og nedsatt lungefunksjon hos bønder sammenlignet med kontrollgrupper. Den irritative effekten av blandingseksponering som er viktigste årsak mens allergi synes å spille mindre rolle (17).

Som følge av langvarig eksponering for hårspray har frisører økt risiko for utvikling av lungelidelser i form av bronkitt og obstruksjon i de perifere luftveier (18). Tilsvarende forhold etter eksponering for isocyanater (4) og metylmetacrylat er kjent. For medisinsk personell er det av interesse å vite at bensement som brukes under ortopediske inngrep kan inneholde metylmetacrylat (19) og hydrokinon (20) som begge er potente irritanter. Det er rapportert om yrkesbetingede lidelser hos operasjonspersonell etter slik eksponering (20,21).

Dersom slike tilstander som dette ikke ses i sammenheng med eksponeringsforhold vil de bli oppfattet som "endogene" (6). Mye av den miljø- og yrkesbetingede luftveissykeligheten er dårlig utredet og det er et stort forskningsbehov tilstede (22). Likevel antas det fortsatt at den IgE-medierte allergiske astma er den viktigste yrkesastmatilstanden (22).

2.2 Hyperreaktivitet, blandingseksponering og inneklima.

Det er konstatert at en stor og økende del av befolkningen er plaget av overfølsomhet - uspesifikk hyperreaktivitet - i hud og slimhinner og i øvre og nedre luftveier. Denne økningen er miljøbetinget og eksponeringen skyldes luftforurensing. Effektene

er også for en stor del knyttet til sykdommer i luftveiene. Kun en begrenset del har direkte relasjon til allergi eller andre former for spesifikk overfølsomhet.

Miljøforhold og irriteranter er viktig både for allergiske og ikke-allergiske luftveislidelser. I begge tilfelle spiller den uspesifikke hyperreaktivitet en sentral rolle for utvikling av den kliniske tilstand.

Den generelle uspesifikke hyperreaktivitet, som for en stor del kan betraktes som en inflammasjonstilstand i luftveiene, synes dermed å representere en felles "pathway" for en rekke forskjellige årsaksfaktorer til en rekke kliniske tilstander. Man kan tenke seg en modell forsøkt illustrert i figur 1.

Det er interessant at en slik modell også er i tråd med den vekt Korsgaard legger på betydningen av hyperreaktivitet hos astmapasienter i relasjon til inneklimateksponering (27).

Det er grunn til å anta at mange tilfeller av "endogen astma" og andre kroniske luftveislidelser kan være miljøbettinget. En stor andel, kanskje hovedandelen av "vanlige luftveislidelser" kan være miljøbettinget gjennom de mekanismer som er beskrevet og ved at økende deler av befolkningen får forbigående, mer langvarige og varige tilstander med hyperreaktivitet i luftveiene.

Vi kan likevel få gode anamnestiske holdepunkter for at det foreligger uspesifikk hyperreaktivitet ved å spørre om subjektive symptomer som anstrengelsesastma, kuldeastma, uttalt tørrhetsfølelse osv. Kontrollerte, målrettede, epidemiologiske undersøkelser i befolkningen vil kunne gi indikasjoner på hvor store disse problemene er. Det er imidlertid viktig å være klar over metodebegrensninger når det gjelder mer detaljerte problemstillinger i et så komplisert fagfelt som her.

Behandlingsmessig bør dette øke forståelsen for faren ved å la pasienter med hyperreaktive slimhinner og luftveier eksponere seg for irriterende stoffer i en dårlig fase. Om nødvendig må pasientene sykemeldes der det er nødvendig for å unngå ytterligere irritasjon av luftveiene.

3 Forebyggende tiltak - inneklimateksponering.

Forebyggende tiltak må rettes mot forurensninger i miljøet, enten det gjelder sigarettøyk, forurensning fra arbeidsprosesser, dårlig inneklimateksponering eller annen luftforurensning.

De viktigste tiltakene er helt klart de som retter seg mot det daglige miljø for oss alle, der vi er lengst eksponert, nemlig de vanlige innemiljø i hjem, skole, barnehage og på arbeidsplass. Barn er den mest sårbare gruppe som vil ha de sterkeste og mest langvarige negative helseeffektene av skadelige luftforurensninger. De blir eksponert i hjem, skoler, barnehager og på sykehus og er en gruppe som kommer særlig dårlig ut i denne sammenheng.

At inneklimaforhold er særlig dårlig i barnehager, er påvist (29) og bekreftes gjennom en rekke enkeltsaker fra skoler og barnehager i Norge og med data fra en pågående undersøkelse av de offentlige barnehager på Lillehammer.

Det kan idag fastslås at fukt i boliger og andre bygg er en alvorlig risikofaktor for helseskader, ikke bare på grunn av husstøvmiddproblemet, men også på grunn av en rekke andre uheldige biologiske miljøeffekter (mugg og metabolitter fra disse, insekter mm(2)).

Rehabiliterings- og nybyggproblemer i form av toppeksponeringer kan medføre at mange får utvikling av hyperreaktivitet av luftveiene og derpå vedvarende symptomer eller til og med forverring selv om eksponeringsnivået gradvis synker. Det er derfor viktig å unngå at slike eksponeringsforhold får fortsette.

4. Praktiske konsekvenser og tiltak.

At ikke det ikke bare er de allergiske tilstander som er årsak til miljøbetingede luftveislidelser, har konsekvenser for en rekke samfunnsmessige kontrolltiltak.

4.1 Merkeforskriftene

I de norske merkeforskriftene har kriteriegrunnlaget for R-setning R-42 om fare for allergi ved innånding blitt endret i tråd med at det nå erkjennes at de allergiske mekanismer spiller en mer underordnet rolle i utvikling av miljøbetingede luftveislidelser.

Det antas at overfølsomhet i luftveiene kan være spesifikk og/eller uspesifikk og et agens kan gi overfølsomhet gjennom direkte irritasjonseffekter og/eller allergiske og/eller farmakologiske mekanismer. Det antas at spesifikk overfølsomhet kan forekomme uten at det samtidig forekommer uspesifikk hyperreaktivitet, selv om det ikke er tilstrekkelig dokumentert og det motsatte synes å være hovedregelen.

Utarbeidelse av kriteriedokumenter etter disse nye kriteriene er kommet igang.

Forskriftene gjelder desverre ikke for faste produkter som byggematerialer m.m.

4.2. Andre forurensingskilder

Lite er gjort for å forebygge forurensing fra andre kilder: byggematerialer, rengjøringsforhold ved nybygg og under vanlig drift, både i og utenfor klimainstallasjoner, og de krav som bør stilles til ventilasjon for å "ventilere bort" de forurensinger

som blir produsert. Fortsatt prosjekteres nye skolebygg i Norge hvor det planlegges undervisningslokaler med 10-12 m³ luft/person/time (SBEDs DH-prosjekt på Lillehammer).

Det installeres alt for ofte klimaanlegg kun for å tilfredsstille primitive formelle, juridiske, minimumskrav og uten tanke på å sikre et forsvarlig inneklima. Resultatene kan ofte bli groteske og mye verre enn om en hadde utelatt installasjonene.

I Norge gjøres det lite eller ingenting for å unngå "nybyggproblemer" som følge av dårlig rengjøring av bygg ved overlevering og sikring av forsvarlige "avgassingsforhold" for å unngå skader under "herdeprosessen".

-

4.3. Konklusjoner

Det må etableres et bedre grunnlag for de krav som må stilles til bygg og luftskifte:

- luftskifte og byggningskonstruksjonen må sikre at det ikke oppstår fuktproblemer knyttet til innemiljø og at fuktigheten er lav nok til å unngå uheldig biologisk aktivitet (bl.a. husstøvmidd)
- det må sikres mest mulig mot forurensinger fra byggematerialer og prosesser i bygget inkludert en rimelig sikkerhetsmargin. Dette involverer også en rekke krav til rengjøring, luftskifte og drift av bygget som må ses i sammenheng med byggets og klimainstallasjonenes funksjon og konstruksjon (jfr 28).
- ENØK eller forsvarlig energibruk må bety at det sikres at unødvendige forurensinger ikke må "ventileres bort", at det ikke fuktes unødige og at det ikke brukes for høye lufttemperaturer inne (28). Energien må "forvaltes riktig". Det er her betydelig sammenfall mellom ønske om ENØK og godt inneklima. Omluft eller annen resirkulasjon av forurensing gjennom varnegjenvinner kan ikke aksepteres.
- Nye bygg kan ikke anses som fullført før utharding og avdamping er senket til et akseptabelt nivå og ventilasjonen har fungert godt og luftet ut bygget en periode. Om nødvendig må slik overherding med høy varme, luftskifte og fukting(?) ses på som en del av byggeprosessen/perioden.
- det må avklares hvor stor betydning personforurensing har, jfr. CO₂-nivået, for helsepåvirkning i relasjon til annen forurensing, hvor stor er samvariasjonen mellom "olf"-verdi og reell helse-risiko (relasjon mellom "lukt"-effekt og irritasjons-effekt). Dette vil kunne gi et mer solid grunnlag for de krav vi stiller til ventilasjon av skoler, barnehager og andre lokaler med høy personbelastning.

TABELL 1

Eksempler på stoffer/irritanter som direkte kan lede til bronkial hyperreaktivitet uten påviselig IgE-respons (utelukker ikke at også allergiske mekanismer kan forekomme i noen tilfeller):

Irritant	omtalt under følgende litteraturreferanser
aluminiumfluorid og sulfat	5,16
aminer	21
avløpsrensere (etter blanding av flere forskjellige)	3
desinfeksjonsmiddel	3
etylendiamin (EDA)	23
formaldehyd	24
fosgen	4
gulvforsegler (løsemidler*)	3
hydrogensulfid	3,7
hydrazin	3
hydrokinon	19,26
hårspray	5,16
klorgass	4
kolofonium	6
"coating" fjerner (bl a klor)	3
metionin	26
metylmetylacrylat	19,20,21
nitrogenoksyder	4,13
oson	5,12
piperazin	23
polyesterresin	5
PVC-røyk ("meatwrappers disease")	25
røyking (hos røykere)	5
røyk ved brann	5
sprøytlakkerings**	3
sveiserøyk	3,4
svoveldioksyd	2,3
toluene diisocyanat (TDI)	3,13
uranium hexafluoride	3

* innhold av aromatiske hydrokarboner med bl a decane, etylbenzene, toluen, xylen og epiklorhydrin, inneholdt ikke isocyanater eller anhydrider.

** to pasienter: etter ekstrem eksponering for vinyl latex primer med ammoniak 25%, aluminium klorhydrat 16,6% mm, men uten isocyanater eller anhydrider

en pasient: ekstrem eksponering for oljebasert lakk

LITTERATUR

1. Bakke J V, Bjerkvik P S, Pedersen I L, Eldøen G, Seim H. Yrkesbetinget sykdom blant personale ved en røntgenavdeling. (akseptert for publisering i Tidsskrift dnlf)
2. HTI-nr. 4: Etter "Indoor Air'87". Inneklima i internasjonalt perspektiv. Sammendrag og kommentarer fra Indoor Air'87, The 4th international conference on indoor air quality and climate, Berlin (West) 17.-21. august 1987. Hovedkomite for Helse, Trivsel, Innemiljø (HK-HTI). HTI-rapport nr 4. Norske sivilingeniørers forening (NIF), Oslo 1988.
3. Boushey H A. Bronchial hyperreactivity to sulfur dioxide: physiologic and political implications. J Allergy Clin Immunol 1982;69:4:335-38.
4. Brooks S M, Weiss M A, Bernstein I L. Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS). Persistent Asthma Syndrome after High Level Irritant Exposures. Chest 1985;88:3:376-84.
5. Brooks S M, Weiss M A, Bernstein I L. Reactive Airways Dysfunction Syndrome. Case Reports of Persistent Airways Hyperreactivity Following High-Level Irritant Exposures. JOM 1985;27:7:473-476.
6. Saric M. Bronchial Hyperreactivity and Occupational Asthma. Editorial. Am J Ind Med 1986;9:217-19
7. Morgan W K C, Seaton A. Occupational lung diseases. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1984.
8. Donham K J, Knapp L W, Monson R, Gustafson M S. Acute Toxic Exposure to Gases from Liquid Manure. JOM 1982;24:142-5.
9. Godish T. Air Quality. Lewis publishers, inc: Chelsea 1985.
10. Empey D W, Laitinen L A, Jakobs L, Gold W M, Nadel J A. Mechanisms of bronchial hyperreactivity in normal subjects after upper respiratory tract infection. Am Rev Respir Dis 1976;113:131-39.
11. Aas K. Heterogeneity of bronchial asthma. Sub-populations - or different stages of the disease. Allergy 1981;36:3-14.
12. Cockcroft D W, Ruffin R E, Dolovich J Hargreave F E. Allergen-induced increase in non-allergic bronchial reactivity. Clinical Allergy 1977;7:503-13.
13. Hargreave F E, Ryan G, Thomson N C, O'Byrne P M, Latimer K, Juniper E F, Dolovich J. Bronchial responsiveness to histamine or methacholine in asthma: measurement and clinical significance. J Allergy Clin Immunol 1981;68:347-55.
14. Franck C. Eye symptoms and signs in buildings with indoor
Nordisk seminar "Ventilationsbehov - uteluftflöden", januar -89
JVB-20.12.88

climate problems ("office eye syndrome"). *Acta Ophthalmologica* 1986;64:306-11.

15. Bjørnerem H, Thomassen L M, Wergeland E. "Sveiserastma". *Tidsskr Nor Lægeforen* 1983;103:1286-8.

16. Wergeland E, Lund E, Waage J E. Respiratory dysfunction after potroom asthma. *Am J Ind Med* 1987;11:627-36.

17. Iversen M, Dahl R, Hallas T. Obstruktiv lungesykdom blandt landmænd. *Ugeskr læger* 1987;149:178-80.

18. Ameille J, Pagès M G, Capron F, Proreau J, Rochemaure J. Pathologie respiratoire induite par l'inhalation de laque capillaire. *Revue de pneumologie clinique* 1985;41:325-30

19. Bakke J V. Fotokjemikalier og helseeffekter. (akseptert for publisering i *Tidsskr. dnlf*)

20. Vedel P, Darre E. Metylmetakrylat-monomer. Toksicitet, mutagenicitet og lokalirriterende egenskaber. *Ugeskr Læger* 1986;148:1336-8.

21. Rajaniemi R, Tola S. Subjective symptoms among dental technicians exposed to the monomer methyl methacrylate. *Scand J Work Environ Health* 1985;11:281-6.

22. Brooks S M, Kalica A R. NHLBI Workshop Summary. Strategies for elucidating the relationship between occupational exposures and chronic air-flow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:268-73.

23. Hagmar L, Bellander T, Bergöö B, Simonsson B G. Piperazine-induced occupational asthma. *JOM* 1982;24:193-7.

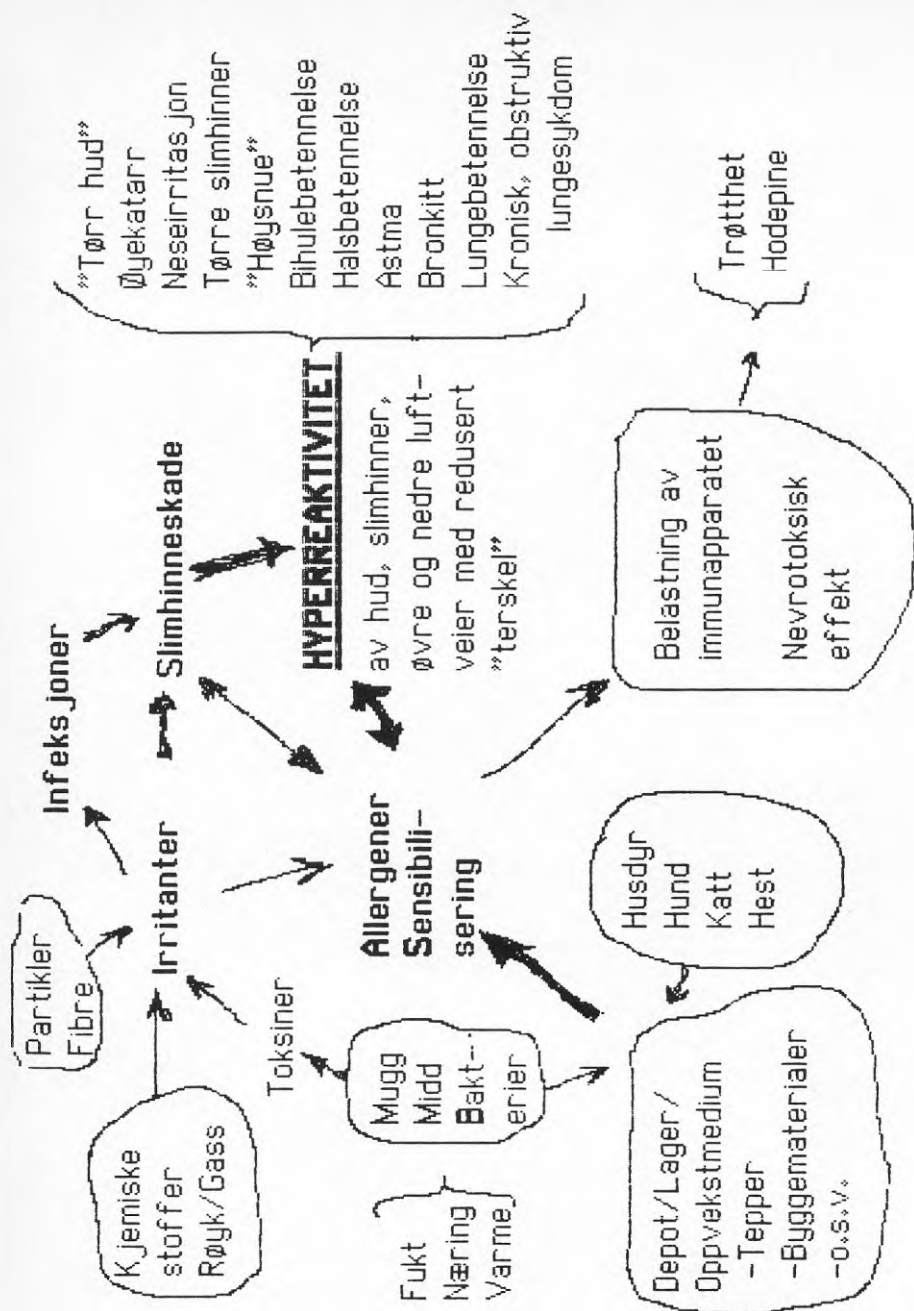
24. Sherwood Burge P, Harries M G, Lam W K, O'Brien, Patchett P A. Occupational asthma due to formaldehyde. *Thorax* 1985;40:255-60.

25. Boushey H A, Empey D W, Laitinen L A. Meat wrapper's asthma: Effects of fumes of polyvinylchloride on airways function. *Physiologist* 1975;18:148.

26. Choudat D, Neukirch F, Brochard P et al. Allergy and occupational exposure to hydroquinone and to methionine. *Br J Ind Med* 1988;45:376-80.

27. Korsgaard J. Demands of the allergic and hypersensitive populations. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Healthy buildings 1988 vol 1 state of the art reviews*. Swedish Council for Building Research Stockholm, Sweden, June 1988.

28. Bakke J V. Inneklima - ENØK. Forslag til spesifikasjoner for inneklima og ENØK i kontorbygg. *Norsk Byggtjeneste, Forlaget, Oslo* 1988.



Figur 1 Miljøfaktorer - Luftveislidelser

VENTILASJONSEFFEKTIVITET - LUFTVEKSLINGSEFFEKTIVITET

Betydning for ventilasjonsnormer

Eimund Skåret
Norges Byggforskningsinstitutt
Oslo

Nordisk seminar "Ventilationsbehov - uteluftflöden"
Januar 1989

Innledning

Det er stor enighet om at luftens strømningsmønster - kortslutning utenom oppholdssonen eller god gjennomspyling av denne spiller en stor rolle for opplevd luftkvalitet. Med tanke på marginal dimensjonering er det slått til lyd for at det bør tas hensyn til strømningsmønstret i form av korrigerende faktorer under fastleggelsen av friskluftbehovet i den enkelte situasjon. Strømningsmønstrets kvalitet uttrykkes i dag gjennom begrepene ventilasjonseffektivitet og luftvekslingseffektivitet. Kvantifiseringen av disse begrepene har gjennomgått en radikal utvikling de seneste 10 - 15 år spesielt i de nordiske land. Utviklingen på sporgassområdet i denne perioden har uten tvil bidratt til å gi begrepene mening og praktisk nytteverdi (1).

Ventilasjonseffektivitet er et "gammelt" begrep som har hatt varierende gjennomslagskraft innenfor ventilasjonsfaget opp gjennom årene. Luftvekslingseffektiviteten derimot, knyttet til tidskonstanter uttrykket gjennom aldersbestemmelse av romluften, er et helt nytt begrep innenfor ventilasjonsfaget utformet i løpet av de siste 10 årene. Imidlertid er dette begrepet gammelt og velkjent innenfor andre fagområder f.eks. den kjemiske reaktorteknikk. Ventilasjonsteknikk er på samme måte som reaktorteknikk noe mere enn tillførsel og avtrekk av luft, for ikke å si bare avtrekk som er vanlig praksis i f.eks. boliger.

Luftvekslingseffektivitet

En populær angivelse av ventilasjonsnivået har vært å oppgi antall luftvekslinger eller luftskifter pr. time. For boliger f.eks. har dette vært knyttet til hele boligen. Dette er i virkeligheten misvisende på to måter. For det første innebærer det en spesifikk ventilasjon pr m^3 romvolum som er ensartet i hele bygningen og for det andre kommer ikke størrelsen på de enkelte rom med i bildet i det hele tatt. Luftfordelingen i bygninger kan være svært variabel og det er belastningen i hvert enkelt rom som har betydning, ikke romstørrelsen.

Luftskiftebegrepet er i virkeligheten et tidsbegrep som har gjennomgått en misforstått transformering. Opprinnelsen har vært å angi tidsforsinkelsen for eller oppholdstiden til luftstrømmen gjennom et ventilert rom eller med andre ord alderen på avtrekksluften i forhold til luften som strømmer inn i rommet. Dette er en eksakt fysikalsk størrelse som ikke har noe å gjøre med luftvekslingen i det romvolumet som er gjennomstrømmet mere eller mindre effektivt. Denne størrelsen er:

$$\tau = V/\dot{V} \quad (s, h)$$

$$V = \text{Rommets volum (m}^3\text{)}$$

$$\dot{V} = \text{Ventilasjonsluftstrøm (m}^3\text{/s, m}^3\text{/h)}$$

Denne tidsstørrelsen, som altså er gjennomsnittsalderen på avtrekksluften og som kan bestemmes med sporgass, er helt uavhen-

gig av strømningsmønstret i rommet som gjennomstrømmes. Å beregne den inverse størrelsen og tillegge den et luftskifteinnhold er helt utillatelig fysikalsk sett.

Et annet navn på den foran beregnede tid er ventilasjonssystemets nominelle tidskonstant for rommet.

Den virkelig luftvekslingen er en helt annen problemstilling. Utgangspunktet er å bestemme alderen på luften i rommet. Denne kan bare bestemmes eksperimentelt med sporgass, med unntak av to tilfeller der den kan bestemmes analytisk, nemlig ideell stempelstrøm og fullstendig ideell omblending. Luftens gjennomsnittsalder kan bestemmes punktvis med sporgass gjennom f.eks. et uttynningsforløp fra en opprinnelig homogen konsentrasjon. Alderen finnes da ved å beregne arealet under den dimensjonsløse tidskurven for sporgasskonsentrasjonen. Ved å måle i tilstrekkelig mange punkter kan gjennomsnittsalderen for hele rommet bestemmes. Det er også mulig å bestemme alderen mere direkte gjennom måling av sporgasskonsentrasjonen i avtrekket. Matematikken er da noe mere komplisert noe som vi ikke skal gå nærmere inn på her, men viser til (1). Ved å oppdele et rom eller en bygning i soner og forutsette ideell omblending innenfor hver sone (noe som sjelden er helt riktig) kan luftens gjennomsnittsalder i hver sone også beregnes analytisk for en vilkårlig situasjon.

Ved fullstendig omblending, noe som nevnt sjelden forekommer i praksis, er romluftens gjennomsnittsalder og avtrekksluftens gjennomsnittsalder identisk. I denne situasjon er beregnet og virkelig spesifikk ventilasjon lik. Alder er det samme som ankomsttid for luften. Det tar like lang tid å tømme rommet for luft som å fylle det med ny luft, slik at tiden for et luftskifte i virkeligheten er dobbelt så lang som den målte alder. Ved fullstendig omrøring blir denne tiden da den dobbelte av den nominelle tidskonstant.

Ved ideell stempelstrøm er alderen på romluften bare halvparten i forhold til full omrøring og følgelig er utskiftingstiden bare halvparten og lik den nominelle tidskonstant. Stempelstrøm er den raskeste måten å skifte ut luften i et rom på. Luftvekslings-effektiviteten kan derfor for dette tilfellet settes til 100 %. Ved fullstendig omrøring blir den da 50 %.

Når den lokale alder er lavere enn den nominelle tidskonstanten er luftvekslingen mere effektiv en fullstendig omrøring. Effektiv luftveksling innebærer å sørge for å tilpasse strømningsmønstret i et ventilert rom til stempelstrøm. Et slikt strømningsmønster kaller vi i praksis for fortrenningsstrøm. Den laveste lokale alder får vi, uansett prinsipp, i tilførselssonen. Den mest effektive luftveksling oppnår vi da dersom vi, i tillegg til å anvende fortrenningsprinsippet, sørger for at oppholdssonen blir i tilførselssonen.

Å anvende fortrenningsprinsippet innebærer alt fra å plassere avtrekket i en antatt stagnasjonssone til bevisst å planlegge den mest effektive luftveksling. Et eksempel på bevisst planlegging av effektiv ventilasjon er å benytte fortrenningsventilasjon,

basert på termisk oppdrift, der det benyttes diffus (lavimpuls) lufttilførsel direkte til oppholdssonen. Et eksempel på "bevisstløs" planlegging av ventilasjonen er å tilføre luften i taksonen og trekke av fra samme sone samtidig som det planlegges at ventilasjonsanlegget skal benyttes til oppvarming av lokalene, det vil si å tilføre luften med overtemperatur i forhold til rommets temperatur.

Ventilasjonseffektivitet

Effektiv ventilasjon er å sørge for en mest mulig effektiv borttransport av forurensninger som frigjøres i et rom/lokale. Hovedprinsippet for forurensningskontroll er imidlertid å hindre at forurensningsutslipp finner sted. Det vil si at en skal ta hånd om forurensningskildene lokalt, benytte bygningsmaterialer som ikke forurenser etc.. Visse forurensninger er det vanskelig å ta hånd om lokalt (d.v.s. før de slipper ut i oppholdssonen.) Eksempler på dette er personrelaterte forurensninger eller forurensningsavgivelse fra bygningsmaterialer slik som lovgivningen på dette felt praktiseres i dag.

Effektiv borttransport av forurensninger karakteriseres gjennom forurensningenes alder i avtrekksluften. Forurensningenes alder er i motsetning til luftens alder sterkt avhengig av strømningsmønstret for forurensning og luft i lokalet. Er forurensningenes alder lik luftens alder i avtrekket tilsvarende dette full omrøring. Er alderen høyere tyder dette på stagnasjonstendenser. En lavere alder enn den nominelle tidskonstant indikerer en fortrenningsvirkning. Forurensningenes alder er direkte proporsjonal med midlere konsentrasjon av forurensningene i lokalet:

$$(\tau_t^c) = \tau_n (\langle C_i(\infty) \rangle / C_e(\infty))$$

$\langle C_i(\infty) \rangle$ = Midlere forurensningskonsentrasjon i rommet (ppm, mg/m³)

τ_t^c = Forurensningenes alder i avtrekket (s, h)

τ_n = Nominell tidskonstant (s, h)

$C_e(\infty)$ = Forurensningenes konsentrasjon i avtrekket (ppm, mg/m³)

Forholden er sterkt avhengig både av selve egenskapene til forurensningene og luftens strømningsmønster i lokalet. Med hensyn til forurensningenes egenskaper betyr deres tyngde (oppdrift) i forhold til luften omkring svært meget. Her er det viktig at oppdriften virker i samme retning som ventilasjonsluftens fortrenningsretning. For mange forurensningers vedkommende er oppdriften på disse termisk betinget, f.eks. personrelaterte forurensninger, varmeproduerende prosesser etc.. Emisjonsimpulsen er imidlertid også av stor betydning.

Et mål på ventilasjonseffektiviteten kan en få ved å sammenligne forurensningens konsentrasjonen i avtrekket med konsentrasjonen i oppholdssonen. Dette er den gamle definisjonen som Rydberg i sin tid benyttet for ventilasjonseffektivitet. Vi kaller dette nå for ventilasjonsindekset (1):

$$\epsilon_p = C_e(\infty)/C_p(\infty)$$

$C_p(\infty)$ = Forurensningskonsentrasjonen i et punkt eller en sone

I dag defineres ventilasjonseffektiviteten som forholdet mellom ventilasjonssystemets nominelle tidskonstant og forurensningens alder i avtrekket.

$$\epsilon_v = \tau_n / \tau_t^c$$

Denne effektiviteten er 1 ved fullstendig omrøring og større enn en ved fortrengende effekt.

Effektiv ventilasjon er altså å sørge for at de dimensjonerende forurensningers oppdriftsretning faller sammen med ventilasjonssystemets fortrengningsretning. En oppnår da både høy luftvekslingseffektivitet og høyeste ventilasjonseffektivitet.

På grunn av at forurensningene kan ha sitt eget strømningsmønster kan en altså oppnå både høyere ventilasjonseffektivitet og ventilasjonsindeks enn 1 selv om luftvekslingseffektiviteten er lavere enn 50 % (ventilasjon med stagnasjonssoner) og omvendt, lavere ventilasjonseffektivitet enn 1 selv om luftvekslingseffektiviteten er høyere enn 50 %. Ventilasjonssystemets funksjon er derfor ikke fullstendig spesifisert med mindre både luftvekslings- og ventilasjonseffektivitet er fastlagt.

Ventilasjons- og luftvekslingseffektivitet - ventilasjonsnormer.

Ventilasjonseffektiviteten har altså teoretisk stor betydning for luftkvaliteten ved en og samme luftmengde og omvendt, stor betydning for luftmengden ved en og samme luftkvalitet. Dette er også dokumentert i praksis for mange typer luftforurensninger. Spørsmålet er hvordan dette forhold skal gjenspeiles i ventilasjonsnormene.

I industrilokaler da i særdeleshet i prosessindustrien har en god erfaring med å dimensjonere ventilasjonsanlegg med utgangspunkt i ventilasjonseffektivitet når utgangspunktet er funksjonskrav basert på de administrative normer for forurensningskonsentrasjoner i arbeidsatmosfære og forurensningenes emisjonsstyrke er kjent. Det har også vært god praksis å benytte sikkerhetsfaktorer for å ta hånd om usikkerheter. Dimensjoneringsmetoden har da vanligvis vært en to-sone beregningsmodell. I mange lokaler der strømningssonene er mere diffuse blir nøyaktigheten i beregnin-

gene mindre. I lokaler, f.eks. sveisehaller, der ventilasjonseffektiviteten beregningsmessig er mindre enn 2 har en dimensjonert som om det ville bli fullstendig omrøring men valgt en lavere sikkerhetsfaktor en en ellers ville ha gjort. Normene inneholder ikke direkte krav om sikkerhetsfaktorer men det anbefales å holde konsentrasjonene betryggende under den administrative norm.

I arbeidslokaler av kontortype er ventilasjonseffektiviteten vanligvis under 2. altså ser en her dimensjoneringsmessig bort fra ventilasjonseffektiviteten, men funksjonsmessig kommer selvsagt både luftvekslings- og ventilasjonseffektivitet med i betraktning.

Erfaringen så langt er at det ikke er mulig å foreta en nøyaktig beregning av lokalers luftkvalitet. Det er to hovedårsaker til dette. Den ene er mangel på "naturrettlige" beregningsmodeller. Den andre er mangelfulle data vedrørende forurensningskilders emisjonsstyrke og forekomst, og manglende kunnskap om den helsemessige virkning av de mange kjemiske stoffer som finnes i innemiljøet. Grenseverdier kan i dag ikke settes.

Norske byggeforskrifters overordnede funksjonskrav er et godt inneklima. Dette er eksemplifisert i en veiledning med angivelse av minsteluftmengder i forskjellige typer rom/lokaler. Disse luftmengder er satt med utgangspunkt i god omrøringsventilasjon. Kan høyere ventilasjonseffektivitet dokumenteres gis det rom for en tilsvarende reduksjon av ventilasjonsluftmengdene. Det gis også rom for reduksjon av luftmengdene i den kalde årstid. At minsteluftmengder ikke alltid betraktes slik er en svakhet i bestemmelsene.

Det råder alltid stor usikkerhet med hensyn til mengden forurensning i hvert enkelt tilfelle. Utover dette varierer både luftmengde og ventilasjonseffektivitet for ventilasjonssystemene over tid. Dette skyldes, i tillegg til påvirkning av vær og vind, forskjeller i trykkfall mellom rent filter og mettet filter, begroing av ventilasjonskanaler, endret balanse og en rekke andre bruksmessige påvirkninger. Kort sagt er det alltid vesentlige usikkerheter til stede. Det er derfor galt å dimensjonere med luftmengder som settes lik minimumskravene. Fremtidige normer som vil være basert på helse- og komfortmessige kriterier vil heller ikke kunne fange opp all usikkerhet. På samme måte som for konstruktive forhold i byggeteknikken bør det innføres sikkerhetsfaktorer som tar hensyn til usikkerheten i en gitt situasjon. Standard sikkerhetsfaktorer som er årsaksrelaterte bør oppgis i forskriftene. I den grad høy ventilasjonseffektivitet kan dokumenteres bør sikkerhetsfaktorene kunne reduseres, men aldri til lavere verdier enn 1.

I multiromsbygninger bør en ta hensyn til multiroms ventilasjonseffektivitet. Denne ventilasjonseffektiviteten beskrives i korthet som måten de enkelte rom kommuniserer med hverandre på. Det er påvist at trykkforskjeller mellom naborom nesten aldri er null. Da ingen bygningsmessige skiller er 100 % tette vil det alltid finne sted en luftutveksling mellom rommene, selv med

lukkede dører. Dette vil kunne påvirke valget av sikkerhetsfaktorer.

I bygninger der alle rom ikke er i bruk samtidig, f.eks. boliger, vil samtidighetsfaktorer kunne komme til anvendelse, kombinert med multiroms ventilasjonseffektivitet. Dette vil få størst betydning der ventilasjonen kan styres i henhold til rommenes bruk.

Oppsummering

Luftvekslings- og ventilasjonseffektivitet har stor innflytelse på luftkvaliteten i ventilerte rom/lokaler.

I industrielle lokaler er det etablert praksis å dimensjonere ventilasjonsanlegg med utgangspunkt i forurensningskilders emisjonsstyrke og ventilasjonssystemenes luftvekslings- og ventilasjonseffektivitet. Sikkerhetsfaktorer benyttes.

I andre lokaler som kontorer, boliger etc. er forurensningsbildet så komplisert at ventilasjonsnormene ennå i lang tid må omfatte krav til ventilasjonsluftmengder. I tillegg må det settes sikkerhetsfaktorer. Det kan legges opp til at disse sikkerhetsfaktorer kan være gjenstand for fagmessig vurdering med utgangspunkt i dokumentert høy ventilasjonseffektivitet.

Sikkerhetsfaktorer bør aldri settes lavere enn 1 i forhold til normerte luftmengder.

Henvisninger:

Sandberg, M. og Skåret, E.: Luftvekslings- og ventilasjonseffektivitet. Norsk VVS 1985, nr.7, s. 527- .

Bidrag till Nordiskt Seminarium "Ventilationsbehov - friskluftsflöden" i Åre 16-17 jan 1989.

Återadsorption av föroreningar på inredningsmaterial - en faktor att beakta för ventilationsbehovet.

Hans Stymne, Statens Institut för Byggnadsforskning, Gävle.

Inledning.

Sedan länge har normer för ventilationsbehovet i byggnader i huvudsak baserats på de föroreningar som människan själv skapar genom sin metabolism. I många fall är sådana föroreningar också förhärskande, men föroreningar som förorsakas genom den ökade användningen av kemikalier och avgasning från nya inrednings- och byggnadsmaterial har fått allt större betydelse i inomhusmiljön.

Många av de symptom på dålig hälsa som människor upplever i kontor och bostäder kan vara förorsakade av otillräcklig ventilation i förhållande till emissionen av sådana föroreningar.

Nya, strängare krav på byggnadsmaterial och ventilation diskuteras nu i många länder för att förbättra luftkvaliteten i inomhusmiljön. Osäkerheten är emellertid stor både när det gäller vilka föroreningar som är relevanta för människors hälsa och vilka koncentrationsnivåer som kan anses acceptabla. Kraven och normerna för ventilationsbehovet måste ställas i relation till de krav man skall ställa på inrednings- och byggnadsmaterial och vice versa. Idealet vore givetvis att ställa så stora krav på material, som skall användas inomhus att de ger ett försumbart bidrag till försämrade luftkvalitet i förhållande till de oundvikliga föroreningarna från människan själv. Även om så vore möjligt kvarstår problemet med de stora mängder kemikalier som förbrukas inomhus och ger liknande problem som avgasning från byggnadsmaterial.

Luftkvalitebegreppet kan ses ur en fysiologisk synvinkel, men förhoppningsvis också ur en fysikalisk synvinkel. Om det inte finns någon relation mellan upplevelser av luftkvalitet och luftens koncentration av främmande ämnen, så får man svårigheter att beräkna effekten av olika åtgärder, som krav på inredningsmaterial, kemikalier för inomhusbruk och ventilationsflöden.

Föreliggande artikel avser att ge ett bidrag till förståelsen hur koncentrationen av gasformiga föroreningar i luften beror på ventilationsflödet. I de flesta modeller för beräkning av koncentrationer i inomhusluften antar man att denna är direkt proportionell mot "källstyrkan" och omvänt proportionell mot frisk-

luftsfloëdet. Om så inte är fallet har detta implikationer både på metodiken för att karakterisera materials avgasning av föroreningar och för att beräkna erforderliga ventilationsluftfloëden.

Avgivning av gaser från material - ett reversibelt fenomen

Vanligtvis härrör gaser från material inte från dess huvudbeståndsdelar (pigment, syntetiska polymerer, cellulosa-fibrer, proteiner, mineraler osv) utan från lösta, uppblandade eller adsorberade flyktiga ämnen, som kan vara en naturlig beståndsdel i materialet (ex.vis terpener i träprodukter) eller vara tillsatta i tillverkningsprocessen för att göra materialet formbart, applicerbart, beständigt o s v (ex.vis mjukgörare, lösningsmedel, flamskyddsmedel). Ofta är de flyktiga ämnena rester av komponenter, som är nödvändiga vid tillverkningen av polymerer (monomerer, härdare, lösningsmedel).

Vissa svärflyktiga huvudbeståndsdelar kan sönderdelas till mer flyktiga sönderdelningsprodukter (ex formaldehyd från karbamidplast eller alkoholer från ftalsyreestrar - en vanlig mjukgörare i plastprodukter).

Flyktigheten kan karakteriseras med jämviktsångtrycket, d v s det partialtryck av det flyktiga ämnet som skulle erhållas i gasfasen ovanför materialet om det lämnades i ett slutet utrymme utan ventilation tillräckligt länge. Vid jämvikt tas det upp lika mycket flyktigt ämne från gasfasen som det avges per tidsenhet - nettoavgivningen är noll. Skulle man öka koncentrationen i gasfasen skulle man få en nettoadsorption på materialet.

Flyktigheten av ett ämne, som är löst eller adsorberat i ett annat material, beror dels på bindningskrafternas storlek, dels på mängden adsorberat, eller löst ämne. Vid låga koncentrationer blir flyktigheten låg, vid högre koncentrationer blir den hög.

Vid tillräcklig låga koncentrationer råder för alla ämnen ett linjärt samband mellan jämviktskoncentrationen (C_1) i gasfasen och koncentrationen (X) i den kondenserade fasen (Henrys lag).

$$C_1 = h \cdot X \quad (1)$$

Vid högre koncentrationer i den kondenserade fasen ansluter sig jämviktskoncentrationen till adsorptionsisotermer av annan icke-linjär typ (Freundlich, Langmuir etc.).

Nettoavgivningshastigheten (S) av ett flyktigt ämne adsorberat i ett material är approximativt proportionell mot skillnaden i ångtryck inne i materialet (C_1) och utanför materialet (C) samt mot den mot omgivningen exponerade arean (A).

$$S = K \cdot A \cdot (C_1 - C)$$

I materialets inre kan jämvikt anses råda, d v s $C_i=C_j$. Härur följer att:

$$S = K \cdot A \cdot (C_j - C) \quad (2)$$

Konstanten K är en massgenomgångskoefficient för ämnet i fråga, som beror på en mängd faktorer, som den kemiska bindningens karaktär, materialets porositet, ytskiktets karaktär, temperaturen, lufthastigheten längs ytan mm.

Avgivningshastigheten anges t.ex. i dimensionen mg/h, medan massgenomgångskoefficienten har dimensionen $\frac{\text{mg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot \frac{1}{\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}} = \frac{\text{m}}{\text{h}}$

Vid konstant ventilationsflöde (Q), förorsakar ett material med en emissionshastighet S en koncentration i luften av C vid fortfarande stillståndet.

$$S = C \cdot Q \quad (3)$$

Ekvation 2 och 3 ger därför:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_j} + \frac{Q}{K \cdot A} \cdot \frac{1}{C_j} \quad (4)$$

Ekvation 4 visar att inverterade värdet av rumskoncentrationen kan väntas vara en linjär funktion av ventilationsflödet. Men en plottning av $1/C$ som funktion av Q kommer i allmänhet inte att gå genom origo, vilket skulle vara fallet i den enklare modellen med koncentrationsoberoende avgivningshastighet.

Linjens avskärning på $1/C$ -axeln ger jämviktskoncentrationen vid flödet 0 och ur lutningen kan man erhålla massgenomgångskoefficienten K. Förhållandena illustreras i figur 1.

Om koncentrationen i rummet är mycket mindre än jämviktskoncentrationen blir rumskoncentrationen approximativt omvänt proportionell mot flödet. Detta kan också uttryckas som att produkten av exponerad area och massgenomgångskoefficient är mycket mindre än ventilationsflödet Q ($K \cdot A \ll Q$). D v s om arean av det emitterande ämnet är litet, eller om ämnet har svårt att tränga ut ur materialet kan återadsorptionen försummas och det vanliga proportionella sambandet mellan koncentrationen och inversa ventilationsflödet gäller.

Ofta uttryckes ventilationsflödet som det specifika flödet (luftomsättningen) - ventilationsflödet per m^3 rumsvolym ($n = Q/V$). Ekvation 4 kan då skrivas:

$$\frac{1}{C} = \frac{n}{K \cdot L} \cdot \frac{1}{C_j} + \frac{1}{C_j} \quad (5)$$

där L är belastningsfaktorn (load factor) för emitterande material, dvs antal m^2 material per m^3 rumsvolym. Om modellstudier av emissioner görs i klimatkammare så är det flödet per m^2 material som är den intressanta storheten, som kan överföras till fullskala. Väljer man det specifika flödet som variabel, måste man se till att man har samma belastningsförhållande i modellskala som i fullskala. En avgasningshastighet som bestäms i klimatkammare kan leda helt fel vid överföring till fullskala om inte detta beaktas. Vid klimatkamarstudier bör undersökningen helst ske vid flera olika ytspecifika flöden (Q/A), så att båda konstanterna (C_j och K) kan bestämmas.

Återadsorption på annat material.

I ovanstående avsnitt har återadsorptionen på det emitterande materialet självt diskuterats. I verklig miljö finns det emellertid flera material närvarande, som dels kan emittera samma ämne, dels fungera som adsorbent av ämnet i fråga. I ett utrymme med många olika material och med en konstant ventilation, kommer efter tillräckligt lång tid alla material att uppvisa samma jämviktsångtryck av alla närvarande ämnen. En del material tar snabbt upp den lilla mängd som behövs för att komma i jämvikt med luftens koncentration av det betraktade ämnet. Andra material kan fortsätta att fungera som sänkor i årtal, utan att uppnå jämvikt.

Adsorptionen av föroreningar på olika material är ett fenomen, vars relevans för föroreningsnivån inomhus diskuterats mycket på senare tid. Höga tillfälliga koncentrationer av lösningsmedel inomhus kan leda till snabb adsorption av stora mängder föroreningar, som sedan avgas igen under lång tid. Rengöring, målning, limning, hobbyaktiviteter, rökning mm är exempel på sådana aktiviteter som kan ge extrema koncentrationer i luften under begränsad tid.

Rumskoncentrationens beroende av tiden.

Ur ekvationerna 1, 2 och 3 ovan erhålles:

$$C = \frac{h \cdot X}{\frac{Q}{K \cdot A} + 1} \quad (6)$$

Ekvation 6 uttrycker rumskoncentrationen vid ventilationsflödet Q som funktion av materialets kvarvarande koncentration (X) av det flyktiga ämnet.

Men totalmängden flyktigt ämne i ett material med tjockleken l ($A \cdot l \cdot X$) minskar med tiden:

$$\frac{d(A \cdot l \cdot X)}{dt} = -Q \cdot C \quad ; \quad C = -\frac{A \cdot l}{Q} \cdot \frac{dX}{dt} \quad (7)$$

Insättes detta i ekv. 6 erhålles:

$$\frac{dX}{dt} = -\frac{h}{l} \cdot \frac{X}{\left(\frac{l}{K} + \frac{A}{Q}\right)} \quad (8)$$

Vid konstant flöde kan variablerna (X och tiden t) separeras och differentialekvationen lösas och integreras:

$$X = X_0 \cdot e^{-\frac{h}{l} \cdot \frac{1}{\left(\frac{l}{K} + \frac{A}{Q}\right)} \cdot t} \quad (9)$$

Om det i stället uttrycks i rumskoncentration vid konstant ventilationsflöde erhålles.

$$C = C_0^Q \cdot e^{-\frac{h}{l} \cdot \frac{1}{\left(\frac{l}{K} + \frac{A}{Q}\right)} \cdot t} \quad (10)$$

där X_0^Q resp C_0^Q är koncentrationen i materialet och koncentrationen i luften vid tiden $t=0$.

Modellen ger alltså en exponentiellt avtagande rumskoncentration. Den vanligtvis observerade avvikelser från detta uppförande kan bero på följande faktorer.

- a) Succesivt försvårad massgenomgång (K minskar med tiden), vilket kan bero på att diffusionslängden i tjocka material succesivt ökar, vilket vi inte här har tagit hänsyn till.
- b) ämnet kan föreligga i olika bindningsförhållanden så att det sist avgivna är hårdare bundet (adsorptionsisotermen ej linjär vid högre koncentrationer).
- c) Emissionen från andra material tar över. Det kan vara fråga om material som i initialskedet har adsorberat ämnet och som sedan börjar desorbera detta.

NORDISKT SEMINARIUM -
ventilationsbehov - uteluftflöden
1989-01-16--17

Allergiutredningens direktiv och arbete

Allergiutredningens uppdrag är att utreda hur allergier och andra överkänslighetsreaktioner kan förebyggas. Utredningen skall undersöka samband mellan olika miljöfaktorer och allergibesvär. Den skall analysera åtgärdsbehov inom olika samhällsområden bl.a. skola, förskola, arbetsliv och boendemiljön. Behovet av forskning i synnerhet tvärsektoriell forskning skall lyftas fram.

Förutom att lägga förslag i slutbetänkandet, vilket planeras till våren 1989, skall utredningen uppmärksamma problem och i samråd med berörda söka lösningar under arbetets gång.

Som svar på den delen av uppdraget har utredningen bl.a. arrangerat en rad seminarier och konferenser och givit ut debatt- och informationsböcker för att skapa medvetenhet kring allergiproblem men också därigenom skapa processer som leder fram till åtgärder.

En av utredningens viktigaste frågor är sambandet mellan inomhusklimatet, därmed byggnaden och allergi och överkänslighet. Ett skäl till att frågan blivit så viktig i utredningen är att inomhusluftens betydelse för utveckling av allergi och överkänslighet tidigare varit en försummad och för det stora flertalet relativt okänd orsak till allergi och överkänslighetsbesvär.

Under det senaste året har frågan om inomhusklimatets betydelse för utveckling av ohälsa - s.k. sjuka hus frågorna fått stor uppmärksamhet i Sverige. Massmedia har ägnat frågan stort intresse. Initiativ har tagits på politisk nivå både centralt men också på kommunal nivå. Av intresse att nämna i detta sammanhang är följande:

Bostadsdepartementet har i juni 1988 tillsatt en sjuka hus grupp med uppdrag att

- redovisa kunskap ang. sambandet mellan ohälsa och konstruktion, installation eller material i byggnader
- föreslå åtgärder som syftar till att förebygga och undanröja förhållanden i byggnaden som kan vålla ohälsa
- belysa ansvarssystemet och dess ändamålsenlighet när olägenheter uppkommer.

Regeringen har givit i uppdrag, juni 1988, åt Statens råd för byggnadsforskning att belysa förutsättningarna för att infria redovisad energisparpotential med beaktande av att det skall finnas ett gott och hälsosamt inomhusklimat i bostäder och lokaler.

Riksdagens bostadskommitté har till regeringen överlämnat ett betänkande, december 1988, om byggnaders inomhusmiljö där riksdagen som sin mening anför nödvändigheten av ökad uppmärksamhet på inomhusmiljön i bostäderna.

Bl.a. anføres i betänkandet att brister i inomhusmiljön inte kan lösas med hjälp av några enkla för alla byggnader tillämpliga åtgärder. Kunskaperna om problemen måste öka och de som finns måste föras ut till berörda. Man efterlyser definition av begrepp och en kartläggning av problemens hitintillsvarande omfattning. Vidare sägs att en för inomhusmiljön avgörande faktor är ventilationens utförande och funktion. I sammanhanget bör också övervägas hur kravet på energihushållning i byggnader skall samordnas med kravet på en fullgod ventilation och en bra inomhusmiljö.

Fastställande av normer för uteluftflöden är i detta perspektiv mycket angeläget.

Regeringen har tillsatt en folhälsogrupp i april 1988. Gruppens främsta uppgift är att påskynda samhällets åtgärder på folkhälsoområdet. Bl.a. skall de analyser som utförts av HS-90 utredningen (hälso- och sjukvård inför 90-talet), cancerkommittén, allergiutredningen samt Folkhälsorapport 1987 från socialstyrelsen vara vägledande för arbetet. Bakgrund till gruppens tillkomst är att trots att Sveriges befolkning i historiskt och internationellt perspektiv har ett gott hälsotillstånd drabbas dock ett betydande antal människor av onödigt lidande och alltför tidig död till följd av en ohälsa som bör kunna förebyggas.

Ventilation och uteluftflöden i allergiutredningens perspektiv

I det utredningsarbete som allergiutredningen bedrivit kan vi konstatera att vi saknar en helhetsbild av det totala läget dels av omfattningen sjuka hus, dels om ventilationsbeståndet. Vi vet således inte hur många hus och antal människor som är berörda i Sverige. Vi har dock en rad fallstudier och rapporter att tillgå. Vi anar att de studier vi i dag har snarast kan betraktas som toppen på isberg. Vi står sannolikt inför ett gigantiskt miljöproblem.

Av de studier som genomförts kan vi konstatera att de ventilationsnormer och rekommendationer som gäller för bostäder, skolor och barnomsorgslokaler sällan uppfylls. Skrämmande rapporter med undermålig ventilation i så gott som samtliga undersökta skolor har bl.a. nyligen publicerats från en av våra storstäder.

I barnstugor rapporteras luftomsättning knappast nå upp till gränsvärden för bostäder än mindre således till de rekommendationer för barnstugor med en daghemsgrupp och personal. De undersökningar av luftomsättning i svenska bostäder som finns att tillgå pekar på att 0,5 luftomsättningar per timme sällan uppnås.

Från allergiutredningens sida ser vi det därför angeläget - att skolor, barnstugor, bostäder och icke industriella lokaler kartläggs avseende "sjuka hus" och däri inbegripet också ventilationsstandard

- att människors upplevelse av sjukdom och besvär i dessa miljöer undersöks parallellt
- att människors upplevelser kompletteras med medicinska undersökningar.

Efterlevnaden av uppsatta ventilationsnormer är ett problem i dag. Den är eftersatt och måste vinnas uppmärksamhet. Frågan är i vilken mån regler kan bidra till att få en fullgod ventilationsstandard. Från vår sida tror vi att flera vägar måste användas. Vi anser alltså att det är angeläget

- att ventilationsnormer och uteluftsflöden utarbetas och får bilda underlag i de olika ländernas lagliga bestämmelser och rekommendationer
- att krav på ventilation ställs dels på nyproduktion av byggnader, dels på befintligt byggnadsbestånd
- att krav på återkommande funktionskontroll avseende ventilationen ställs
- att utbildning av berörd personal planeras och genomförs systematiskt.

I vårt utredningsarbete har vi funnit alarmerande höga siffror av allergi och överkänslighetsbesvär. Ett antal studier pekar på att vart 3:e skolbarn har eller har haft någon form av allergi eller överkänslighetsbesvär. Besvären varierar från temporära lätta slemhinnebesvär till svår astma. Orsakerna bakom är sammansatt av ärftlig benägenhet, utsatthet för allergen, miljöfaktorer och kanske också psykiska faktorer. Bland de miljöfaktorer som vi har skäl att misstänka bidragit till den höga allergifrekvens vi i dag känner till finns i inomhusluften. Det finns således starka hälsomässiga skäl till att garantera fullgod luftkvalitet inomhus i bostäder, icke industriella lokaler bl.a. skolor och barnomsorgslokaler.

Det höga antalet allergiska och överkänsliga gör det också nödvändigt att fundera över begreppet "något känsligare än normalt." Det är således inte endast en liten minoritet som skall betraktas som något känsligare än normalt. Vi måste räkna in vart tredje barn och var fjärde vuxen. Är det kanske normalt att vara "känsligare än normalt". Vi menar alltså att vid normering av inneluftflöden måste hänsyn tas till

- dem som är känsligare än normalt och till
- att de känsliga uppgår till åtminstone vart tredje barn och var fjärde vuxen.

Forskningsbehovet inom detta område är eftersatt och därmed stort. Här vill vi kortfattat framhålla några för allergiutredningen väsentliga punkter

- att forskningen bör bedrivas tvärvetenskapligt bl.a. medicinskt, tekniskt och beteendevetenskapligt
- att forskningen knyter an till och fördjupar breda miljökartläggningar av byggnadsbestånd och människors ohälsa
- att barns miljöer, skola och barnomsorgslokaler ges prioritet i forskning
- att forskning rörande sambanden mellan allergi - annan överkänslighet och faktorer i inneluften och byggnaden förstärks.

Avslutningsvis vill vi från allergiutredningens sida framhålla att vi ser mycket positivt på initiativet till samordning av ventilationsnormer och uteluftflöden i de nordiska länderna. Det är angeläget att så långt möjligt nå fram till gemensamma ventilationsnormer och uteluftflöden i Norden och i dessa överenskommelser ta hänsyn till det stora antalet allergiska och överkänsliga personer.

SEVEN NEW PRINCIPLES FOR "BIG SISTER" VENTILATION SYSTEMS

Discussion paper to Scandinavian seminar on ventilation requirements,
Åre, 890115-17

David P. Wyon

National Swedish Institute for Building Research, Box 785, S-801 29
Gävle, Sweden

Determinants

Subjective judgements of odour are necessary, but not sufficient determinants of ventilation requirements: odourless substances may cause unacceptable symptoms. The position that odour is a sensitive indicator is untenable if products that mask odour are in wide use.

Studies of single chemicals and their effects on man and animals, usually in the laboratory, are necessary but not sufficient determinants: complex interactions between many different chemicals may exist in the field. There are several orders of magnitude too many possible combinations to ever be able to test them all.

The conclusion is that empirical field studies of outdoor airflow versus symptom intensity, in real buildings, must become a permanent and even routine feature of building ventilation. Both formal scientific studies and day-to-day individual trial and error must be encouraged and made possible. It will be suggested below that this can best be achieved on a wide scale by giving occupants themselves control of ventilation rates. Several other advantages flow from this approach.

Important facts

1. New building materials emit pollutants at a higher rate, which decreases over a period of months and years.
2. New pollutants may be introduced at any time by changing carpets, curtains, and furniture; by painters and decorators; by building repair and improvements; by plant-care sprays and solutions; by cleaning spray and solvents; by hair sprays and other cosmetics and medication; by smoking; by cooking or other heat process; by copying machines and other electrical apparatus.
3. Even if the above pollutants are released at peak concentration over a relatively short period, adsorption on surfaces, ducts and walls and in textiles, damps the peak and leads to very long release times.

4. People are different. In particular, individual thresholds for symptom provocation are very different from person to person, from time to time, and from substance to substance.

Important Principles

1. Principle of high minimum flow rate, from which dispensation may or may not be made In new buildings, ventilation must be high initially. Permission to reduce outdoor air flow should then be given when it is shown that this will not provoke unacceptable symptoms. Gradual pre-determined reduction with time may be permitted, based on worst-case studies. "Bake-out" (abnormally high temperatures and ventilation rates for a limited time while the building is uninhabited) might justify accelerated reduction. Point extract for specific sources of pollution likewise. Potential savings due to earlier reduction in flow rate will pay for experimental study of symptom intensity, for bake-out, point extract, etc. Dispensation from high initial outdoor air flow rate may also be given if only inert, natural ("low-olf") materials have been used in the construction of the building.

2. Principle of individual control of outdoor air flow rate In general, occupants must be able to try out on themselves the effect of increasing or decreasing the outdoor air flow rate. They must have control over it, and feedback information on outdoor flow rate. Only with these possibilities can they learn their own requirements.

3. Principle of insight into functioning of the ventilation system Occupants must be able to understand what might be wrong with the system if they feel bad and suspect the air quality. They must be able to check the pressure drop over the filter that protects the air they breathe, which must be located near their place of work, so they can check it routinely, perhaps every day. They must be able to diagnose the state of the system so as to be able to initiate appropriate action. If pressure drop over filter is too low, to distinguish between fan stop and leaking filter; if too high, between blocked filter and blocked outlets, for instance.

4. Principle of delegated responsibility for ventilation system

Day to day responsibility for supervision, maintenance and repair must be delegated to those who breathe the air provided by the system. This becomes possible if insight is provided for and encouraged. It is cheaper, safer, faster responding and more effective than centralized routine maintenance can ever be. It is the ultimate way to reduce complaints, which should add to its appeal for building operators. This does not mean that occupants should carry out repairs and maintenance themselves, although they should certainly be able to change properly designed cassette filters. Their sole responsibility is otherwise to initiate repairs and see that they are promptly carried out.

5. Principle of individual trade-off

Each room should have a supply of fresh, perhaps untreated, outdoor air, of used return air, of heating effect and of cooling effect. The maximum heating and cooling effect may be limited to what would be required at that time for a "reasonable" ventilation rate. If the occupant wants higher air-change rates than are reasonable, he must accept reduced thermal standards, and vice versa, exactly as if he was insisting on opening a window. If some used air is accepted, thermal standards can more easily be maintained. The occupant experiments to find the compromise that suits him best, and can take account of fan noise and draughts as well.

6. Principle of individual benefit from economies

Up to 50% of energy and other savings achieved by accepting economically advantageous compromise solutions should be paid out to the occupant in some form. Persistently high energy use under these circumstances should then be taken as a signal for expert help to identify the cause, whether it is an unsuspected source of pollution or an unusually low personal threshold of tolerance.

7. Principle of work-station ventilation

The most effective place to apply heating, cooling and fresh air is right into the micro-climate of an individual, at the work-station. This also makes it easy to satisfy individual requirements without affecting other people in the same room. Room conditions become a background variable and can float freely, altered actively only if one or more work-station controls are set to maximum or minimum. Energy savings are substantial, and individual control is complete.

Practical consequences

Air supply ducts must be capable of supplying a wide range of volume flows to satisfy the above requirements. Fresh air and used air ducts should be actively maintained at constant pressure, so the supply rate available at any given room is unaffected by the supply rate to other rooms. This principle is not in general use in vehicles, but was introduced in an experimental vehicle and worked very well.

Filters for air to be breathed by occupants of a building should be where they can check them daily and associate the reading to how it feels and smells around them. Filters must be designed to be easily changed by people in office clothes.

New work-station ventilation solutions are required. They will probably look very much like those developed for vehicles. Supported floor systems make it easy to supply air and power to any point in a room without trailing cables or ducts.

Conclusions

There are no optimum outdoor air flows. "Acceptable" flow rates (which are always acceptable for everybody) will be unnecessarily high for many people most of the time. They would usually prefer a trade-off for other benefits, or for economy. There are no "minimum" flow rates (which will guarantee minimum standards of health)- something will always go wrong. People dislike having arbitrary compromises forced upon them, with no freedom of choice, particularly if they do not work as planned. The Heating and Ventilation Industry must abandon the prescriptive rôle of "Big Brother" and aim for a "Big Sister" rôle instead, always able and willing to provide what is required, understanding and considerate of individual differences and supportive of individual choice.

Ventilation systems and ways of running them must change. Not one of the above Principles are currently applied. The new systems need not be more expensive to build and run if total costs are considered. They will provide a maximum of individual choice and freedom to experiment. For these reasons they will be popular, and robust to the changing state of knowledge and to altered preferences.

GRUPPDISKUSSIONER

Seminariedeltagarna delades upp i tvärvetenskapligt sammansatta grupper. Grupperna fick olika uppgifter att behandla. Gruppens slutsatser drogs sedan i forum för en allmän diskussion. I det första grupparbetet behandlades hur olika typer av föroreningskällor inverkar på ventilationsbehovet. Följande föroreningskällor togs upp:

A1 Grupp Ämne

Fukt, mikroorganismer, smittskydd

- B1 Byggnads- inredningsmaterial och installationer
- C1 Processer och aktiviteter
- D1 Miljötabaksrök
- E1 Kroppsemissioner

Varje grupp fick i uppdrag att:

- 1 avgränsa problemet
- 2 redogöra för bedömningsunderlaget (korta fakta)
- 3 bedöma/föreslå erforderliga luftflöden och ange vilka kriterier som använts samt vilken luft som avses
- 4 ange behov och storlek av säkerhetsmarginaler pga:
 - osäkerhet i mätning/kontroll
 - osäkerhet i teknikens funktion
 - osäkerhet om bedömningsunderlaget tillförlitlighet och tillräcklighet
 - hänsyn till känsligare grupper
- 5 lista kritiska kunskapsbrister inom gruppens arbetsområde

I det andra grupparbetet diskuterades ventilationsbehovet för olika lokaltyper. Uppgifterna 3 och 4 från första grupparbetet skulle behandlas och dessutom skulle bedömningsunderlaget kompletteras. I 4 grupper behandlades följande typer av lokaler:

- A2 Bostäder
- B2 Skolor, barnstugor
- C2 Samlingslokaler, butiker, allmänna lokaler
- D2 kontor

GRUPP A1. FUKT, MIKROORGANISMER OCH SMITTSKYDD

Johnny Andersson (sekr.), Eric Christophersen, Nina Dawidowicz, Hans Formgren, Matti Jantunen (ordf.), Jens Korsgaard, Fritiof Salvesen, Allan Wallin

Inom området finns flera delproblem som måste behandlas var för sig, rörande kvalster, mögel, smittämnen. Alla är kopplade till luftens fukthalt. Viktigast är den relativa fuktigheten och ej den absoluta. Temperaturnivån spelar också roll.

Uppfattningarna om huruvida torr luft är ett problem varierar. Ingen entydig uppfattning finns i gruppen.

För människans komfort kan man ligga mellan 15 och 60 % RH. Känsliga grupper kan möjligen påverkas negativt i intervallet under 20 % RH. Med hänsyn till kvalster gäller övre gränsen 45 % under vintern. För vintern blir därför gränserna 15 - 45 % RH.

Ett problem kan vara samverkan mellan fukthalt, damm och data-skärmar.

Mögel är under senare tid studerat i bl.a. Finland (se appendix 1, "Humidity, ventilation and micro-organisms" av M Jantunen), fakta ges desutom i bl.a. HIM-utredningen (¹).

Frågan är om och på vilket sätt mögel är skadligt för människan? Mögel ingår som en naturlig del i vår ekologi. Höga halter mäts upp ute. Är det inandade sporer eller något annat från mögeltillväxt som är skadligt?

Ett gränsvärde av 1000 sporer/m³ inomhus under februari kan vara lämpligt. Källorna måste, för att sådana halter i inneluft skall uppnås, finnas inne i huset. Mer än 95 % av husen ligger under detta värde.

Luftfuktning bör ej brukas annat än lokalt och för känsligare individer. Bättre luftfuktare som ej sprider mikroorganismer behöver utvecklas. Bäst idag är ångfuktare.

Mikroorganismer har sitt ursprung inomhus. Mykobakterier kan växa i byggnadsmaterial vid fuktskador. Sådana skador beror ofta på dålig ventilation, läckande installationer eller kondensutfällning vid köldbryggor eller i badrum. Ytfuktighet av mer än 85 % ger tillväxt, värden som lätt uppnås vid sänkt ventilation nattetid.

Med avseende på smittskydd finns inget påvisat beroende av luftens fukthalt. De olika organismerna har olika fuktberoende. Några gynnas av låg fukthalt andra av hög. Summan är oklar. Återluft är ett risksystem vad gäller spridning av virus och bör därför begränsas.

¹ "Sunda och sjuka hus, Utredning om hälsorisker i inomhusmiljö". Rapport 77. PLANverket, Stockholm 1987.

Med Andersensamplers kan man mäta med en noggrannhet av +15 %

Vad växer i vattenlås ?

Från diskussionen i plenum:

D Wyon: 15 % RH är för lågt för vissa, och för "alla" vid temperaturer över 22 C. Gränserna uppåt och nedåt kopplat till temperaturen behöver utforskas (FoU). Komfortintervall bör ges i Mollier-diagram.

K Aas: 60 % RH är för högt (kvalster + mer avgasning av ämnen från material). 20 - 40 % RH är optimalt. Nära 40 % RH behövs för personer med kontaktklinser.

O Nielsen: Vi har över 40 % RH inomhus halva året.

J Korsgaard: Vi får ha högst 45 % RH med hänsyn till kvalstertillväxt under 1 till 3 månader under vintern.

M Jantunen: Avfuktning på sommaren är ej relevant i Norden.

O Valbjörn: Den nedre gränsen, 15 % RH, skall den hållas ?

allmänt: Nej !

J Korsgaard: Aldrig, luftfuktning !

K Aas: I vissa medicinska sammanhang kan erfordras luftfuktning, men inte i normala bostäder, kontor.

H Formgren: Alltför torr inneluft är ett problem för vissa människor.

J Andersson: Om man skall ha luftfuktning, så skall det vara ångfuktare.

P Nielsen: Ventilationen skall köras så att man aldrig får uppfuktning av ytskikt vilket annars leder till större avgasning.

GRUPP B1. BYGGNADER, INREDNING, INSTALLATIONER

Olav Björseth (ordf.), Hrafn Hallgrímsson,
Peter Nielsen (sekr.), Kristina Saarela, Hans Stymne,
Inger Sävenstrand, Olle Zetterström

1. Problematavgränsning

- * Endast föroreningar från byggnad, inredning och installationer behandlas.
- * Ventilationen förutsätts inte bidra med föroreningar och dessutom förutsätts ett allmänt gott byggnadsutförande.

2. Bedömningsgrunder

En grundläggande princip är att material som används i byggnad, inredning och installationer inte får bli dimensionerande för erforderliga luftflöden. Detta kan uppnås genom att ställa följande krav på materialen:

- * låg emission
- * de skall motstå normalt förekommande påverkningar av fukt, slitage, rengöring mm
- * de skall ha goda driftsegenskaper, tex vara lätta att rengöra utan att bruka för mycket eller aggressiva rengöringsmedel. De får inte adsorbera föroreningar, gaser, damm od
- * de får inte innehålla onödiga ämnen av typ biocider, eller tungmetaller

Nya material skall varudeklareraras. Det bör upprättas en databank över material och erfarenheterna från bruk av dem.

3. Luftflöden

Inga extra krav på luftflöden skall behöva ställas utifrån materialen. Dock skall ventilationen köras med max luftflöde, dygnet runt i 6 -12 månader i ny eller renoverad byggnad.

4. Säkerhetsmarginaler

Hur tar man hänsyn till känsligare grupper ?

5. Kunskapsbrister, FoU-behov

Kunskaper saknas rörande ämnens effekter på människan, materials hållbarhet och andra egenskaper under driftsförhållanden. Emissionsegenskaper i detalj saknas. Tvärfacklig forskning erfordras.

Från diskussionen i plenum:

D Wyon: Kanske skall man kräva 2 år med fullt luftflöde, dygnet runt, generellt för att klara de värsta fallen och sedan ge lättnader om man kan bevisa att endast lågemitterande material har använts. Dvs man lägger bevisbördan på byggherren (materialeleverentören). Överhuvudtaget är det viktigt att man har forceringsmöjlighet.

P Nielsen: Även golv av stenmaterial som betong kan ge problem. Bara avgivningen av fukt kräver 6-12 månader. Dvs "bra" material + god uttorkning kan ge dispens.

P O Fanger: Resonemanget ger kraftig kostnadsökning genom behov av större installationer, mera luft och högre energiåtgång.

O Björseth: "Miljömärkta" material bör ges dispens.

O Nielsen: Krav bör inte ställas bara på materialtillverkarna utan även på dom som väljer materialen dvs normalt arkitekterna.

J Andersson: Resonemanget om torknings- och avgasningsförloppen innebär att materialen bör märkas med "Bäst efter datum". Det är viktigt att det färdiga huset dokumenteras vad avser alla ingående material mm dvs en "As built specification" skall finnas för alla byggnader.

J Korsgaard: Diskussionen har varit långtgående men på ett svagt underlag. Vi har ingen databas rörande material att gå till och inte heller har ventilationsnivån preciserats. En varudeklaration kan vi idag möjligen få avseende ämnen men inte av effekter.

O Valbjörn: I större projekt kan vi mäta luftkvaliteten och avgöra om det krävs ytterligare forcering.

GRUPP C1. PROCESSER OCH AKTIVITETER

Jan Bakke, Pirjo Kimari, Henrik Nordman, David Smith (sekr.),
Ole Valbjörn (ordf.), Peder Wolkoff

Redovisningen skedde i form av kommentarer till följande tabell
där lämpliga åtgärder markerats med X:

Aktivitet	Ventilation	Eliminering	Forcering	Anmärkning
BOSTÄDER				
Matlagning	X		X	
gasspis	X		X	allergiker ?
Städning				
reng-medel		X	X	emiss.kontroll
dammsugn			X	centralsug
Tvätt/torkn	X	X	X	
Bad/dusch	X		X	
Hobby		X	X	emiss.kontroll
Bastu	X			överluft
Renovering		X	X	emiss.kontroll
Nybyggnad		X	X	emiss.kontroll
Soc.aktiv			X	
Förbränning		X		
luft				
rök/avgaser				
Aktiv./ute		X		
Växter				information
Husdjur				information
KONTOR				
Kopierings-				
mask., skrivare		X	X	punktutsug
mm				
Papper, avgasn	X	X		konditionering
				prod.kontr
Klientbelastning	X		X	
Rengöring				
reng.medel		X	X	emiss.kontroll
dammsugn			X	centralsug
Värmeberoende	X	X		
avgasning				

Med emissionskontroll avses att produkterna skall vara
lågemitterande, kontrollerade och deklarerade vad avser emission
av föroreningar till rumsluften.

Från diskussionen i plenum:

Först diskuterades den öppna förbränningen inomhus i gasspisar, fotogenkaminer od.

J Korsgaard: De medicinska effekterna av exponering för NOx är små.

O Vielsen: Ja, men effekter fås hos astmatiker.

T Lindvall: Den medicinska betydelsen av NOx är oklar.

O Nielsen: Vi har inget NOx-problem men väl en oro.

J Bakke: Jag håller inte med om att effekterna är små.

D Wyon: Särskild utsugning borde finnas för förråd av hushållskemikalier i form av tex ventilerade skåp.

J Andersson: Liksom för sopförvaring.

O Björseth: Lokaler skall bara användas för avsett ändamål.

P Nielsen: Om man inte har centraldammsugning , erfordras särskilt bra ventilation under dammsugning.

Grupp D1 MILJÖTOBAKSRÖK

Kjell Aas (ordf.), Ralph Dyhr (sekr.), Jan Hangslo,
Esko Kukkonen, Claes Wiklund

1. Problemavgränsning

Endast föroreningar från tobaksrökning behandlas. Industriella lokaler behandlas inte och ej heller samtidig exponering för tobaksrök och annan typ av förorening.

2. Bedömningsgrunder

Rökning är allmänt förekommande och:

- förorsakar kontamination av inneklimatet,
- kan klassas som den värsta föroreningskällan inomhus,
- föranleder ökning av luftens gas- och partikelhalt, speciellt av små partiklar.

Tobaksrökning medför enligt entydiga forskningsrapporter olägenheter av följande art:

- lukt
- ögonirritation
- luftvägsinfektioner, barn är speciellt känsliga
- försämring av astmatikers sjukdomstillstånd, både omedelbar verkan och långsiktig effekt
- förändringar i kroppens inre funktioner

Skadorna som förorsakas av passiv rökning kan aldrig helt elimineras med hjälp av ventilation, detta gäller speciellt för känsliga individer. Det enda säkra sättet är att helt avstå från rökning inomhus.

3. Luftflödesbehov

Ett konkret ställningstagande förutsätter bättre allmän kännedom om lokalers luftkvalitet vid passiv rökning. Men generellt sett torde nuvarande kravnivå vara för låg. En två- till tre-faldig ökning kan bli nödvändig (vilket förutsätter fläktstyrd till- och frånluft). Ju bättre de för rökning avsedda lokalerna kan avgränsas, desto lägre är luftflödesbehoven i angränsande rökfrå utrymmen.

4. Säkerhetsmarginaler

Erforderliga säkerhetsmarginaler är beroende av anläggningens utformning och dess luftutbytes- och ventilationseffektivitet samt tryckförhållandet mellan lokaler med olika föroreningsgrad. Ideliskt vore det med en "utsugshuv" för rökare.

Hyperkänsliga personer får ej utsättas för passiv rökning.

5. Kunskapsbrister, FoU-behov

- * Inneklimatets kvalitet i lokaler med passiv rökning bör kartläggas för att erhålla bättre underlag för bestämning av erforderliga luftflöden.
- * Praktiskt användbara bedömningsregler för ventilationsanläggningars ventilationseffektivitet bör tas fram.
- * Möjligheterna att förbättra luftkvaliteten med hjälp av luftrenare bör undersökas; renartyp ?, filtreringsgrad ?
- * Beteendevetenskapliga studier behövs om information angående tobaksrökning och passiv rökning. Hur bör information/motivation utformas för bästa möjliga effektivitet ?
- * Hur kan man koppla "högsta tillåtna rökintensitet" till ventilationsanläggningens typ (klass) Detta får ses som en framtidsvision ifall kartläggningen inte startas omedelbart.
- * Underlaget är bristande när det gäller att ange en nedre effektgräns för föroreningar.

Från diskussionen i plenum:

P O Fanger: Det finns data att tillgå vid dimensionering utifrån miljötabaksrök. Lukt är dimensionerande och ej irritation. Det erfordras 120 m³/cigarett för 20 % missnöjda (utilfredse) vilket vid normal rökfrekvens och 30 % rökare ger ett luftflöde av 20 l/s.p. Sammanhanget kan redovisas i en dos-respons kurva vad gäller acceptabilitet.

J Korsgaard: Det är en 3-faldig ökning av luftvägsallergi hos barn där bägge föräldrarna röker.

K Aas: Det är inte bara känsliga personer som drabbas. Infektionsbenägenheten ökar hos alla barn om de utsätts för passiv rökning.

O Björseth: Det är viktigt med regler för var man får röka. Rökrum skall vara kopplat till ett separat system som inte är kopplat till ett återluftssystem.

GRUPP E1. KROPPSEMISSIONER

Povl Ole Fanger, Thomas Lindvall, Ove Nielsen (sekr.),
Eimund Skaaret, Helena Vuorelma, Dawid Wyon (ordf.)

1. Problemavgränsning

Gruppen behandlar inte:

- rökning
- smittämnen
- bakterier och lukt från vissa operationer
- industriarbetare
- värme- och fuktavgivning med undantag för när de är dimensionerande som tex i sovrum

2. Bedömningsunderlag

Relevanta data föreligger från Norden (i viss mån från Nordamerika och Japan). Data från andra kulturer, med andra vanor, annan acceptabilitet mm, är svåra att översätta till våra förhållanden.

* En stor homogen grupp (kontorsarbetare) i termisk komfort är bedömd av samma homogena grupp.

* Få data föreligger för skolbarn.

* Luktintensiteten är dimensionerande för ventilationen, fränsett för sovrum där fuktkriteriet gäller.

* CO₂ är en god indikator på personbelastningen.

* Nyare undersökningar visar att för alla praktiska förhållanden så kan man se bort från rumsvolymen/person vid bestämning av erforderligt luftflöde.

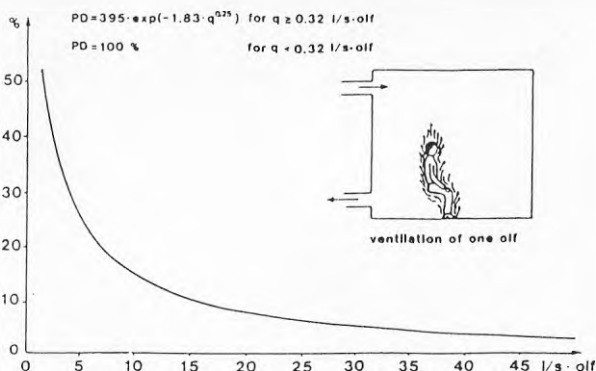
* Det är det omedelbara luktintrycket vid inträdandet i en lokal som är dimensionerande.

* Allmänna kroppsemissioner förmodas inte ge uphov till allergi.

* Det är förmodligen mindre irritation av kroppsemissioner vid lägre temperatur.

3. Luftflödesbehov

Erforderligt uteluftsflöde ges av dos-respons kurva enligt figur 2, med % missnöjda på ena axeln.



Figur E1. Missnöjda (%) som funktion av uteluftsflödet per person (olf)⁽²⁾.

4. Säkerhetsmarginaler

I lokaler, där luktkriteriet används enligt ovan är en säkerhetsfaktor, vad avser den biologiska variansen, inbyggd i dos-respons kurvan.

I lokaler där fuktkriteriet används finns inget behov av säkerhetsfaktor med hänsyn till särskilt känsliga grupper, så länge som gränsen för tillväxt av dammkvalster ej överskrids (45 % RH).

Säkerhetsfaktorer för mäteteknik är inte nödvändiga, då fukt och CO₂ (indikatorer för lukt och personbelastning) kan mätas med stor noggrannhet.

5. Kunskapsbrister, FoU-behov

Människan är bara en av många föroreningskällor inomhus. Det finns behov av att få utvecklat matematiska modeller för hur man tar hänsyn till (beräknar) en mängd olika typer av källor.

Kroppsemissionen från barn och från vuxna inhomogena grupper är dåligt kända.

Mer kunskap behövs rörande speciella "kroppsemissioner" som tex då man har djurhår i kläderna. Även textilfibrers betydelse för tex slemhinneirritation är dåligt känd (Danska studier har visat ca 200 000 fibrer/m³ i skolor och barninstitutioner).

² Fanger, PO., et al, "Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit. Energy and buildings, 1988, Vol. 12 No. 1, pp 7-19.

Det direkta och indirekta inflytandet på uteluftbehovet av ändringar i temperatur och fukt behöver studeras.

Kan resultaten från försök i klimatkammare och speciella hörsalar på DTH omedelbart överföras till praktiken, dvs hur generaliserbara är forskningsresultaten ?

Från diskussionen i plenum:

allmänt: Dos - respons kurvor skall redovisas i möjlig mån.

O Valbjörn: Det finns inte enbart undersökningar från klimatkammare.

P O Fanger: Den totala föroreningen bestäms av summan av föroreningar från material, kroppsemissioner, tobaksrök mm och denna summa avgör besvärsggraden.

J Andersson: Tobaksrök sätter sig i kläderna och sprids på så sätt till andra rum. Vi behöver återinföra rökrocken.

H Formgren: Deodoranter, parfymersod är lika besvärande för överkänsliga personer som tobaksrök

GRUPP A2. BOSTÄDER

Eric Christophersen, Jan Hongslo (sekr), Jens Korsgaard,
Ove Nielsen, Eimund Skaaret, David Smith,
Olle Zetterström (Ordf)

Grupparbetet redovisades genom följande uppställning

	Bedömningsunderlag		Lösning	
	Hälsa	Komfort	Ventilation	Annat
Biologiska agens kvalster	+++	-	+++	-
mögel smittämnen	+ -	+ -	+ -	++
Byggmaterial				
Formaldehyd Elimination,	+++	+++	+	
VOC	?	+	+	Prod.kontr. -:-
Annat	?	?	+	-:-
Aktiviteter				
i kök gasspis	+	++	+++	-
i bad	+	+++		
hobby	+	+		Uppllysning
dammsugning	++			Information
luftförbruk- ande app.		+++		
Tobaksrökning	+++	+++		Elimination, information
Emission från människor	-	+	+	

Förklaring: + betyder att kunskaper finns (ju fler + ju bättre kunskaper). - betyder att kunskaper saknas.

Det framfördes också en variation på detta tema till problem-identifikation:

FUKT

Källor: Mat, bad, tvätt, torkning, bastu, växter.

Tvätt, torkning och växter kan elimineras som källor.

Ventilationskravet baseras på att luften skall vara torr. Det krävs en viss konstant ventilation samt forceringsmöjligheter med god effektivitet.

Ett frågetecken är huruvida ackumulering kan ersätta forcering

FÖRBRÄNNINGSPRODUKTER

Källor: Gasspisar, kaminer od

Det förordas att gasspisar elimineras av hänsyn till astmatiker och pga tvivel på ventilationens funktion.

Ventilationen skall dimensioneras så att luftens strömningsriktning blir till (rum med) förbränningsapparater, så att man inte får spridning ut i bostaden i övrigt. Tryckförhållandena är således viktiga. Forskning erfordras rörande ventilationseffektiviteten.

AVGASNING FRÅN MATERIAL

Källor: Rengöringsmedel, renovering, hobby, ämnen absorberade i tyg,mm

Ventilationskravet bygger på behov av utspädning med ren luft = uteluft. Ev erfordras forcering.

DAMM, MIKROORGANISMER

Källor: Dammsugning, yttre miljön, husdjur, växter mm.

Av dessa kan damm utifrån, husdjur och växter som källor minskas genom elimination och information.

Ventilationskravet = ren luft

Gruppens slutsats var att ett behov av uteluftsflöde av mellan 0,5 - 1,0 luftväxlingar/tim. Dock erfordras en fördjupad diskussion rörande kvalster och den mängd okända ämnen vi har inomhus.

GRUPP B2. SKOLOR, BARNSTUGOR

Matti Jantunen, Pirjo Kimari, Kristina Saarela,
Inger Sävenstrand (ordf), Ole Valbjörn, Claes Wiklund (sekr),
David Wyon

Kunskaperna är bristfälliga om miljöfaktorers betydelse för komfortförluster och hälsoeffekter i skolor och barnstugor. Förekommer det mer överkänslighetsreaktioner hos barn i barnstugor jämfört med i annan vårdform (eget hem, dagmamma)? Vilken roll spelar heltäckningsmattor? Hur är det för barn med svår astma, som har det sanerat hemma, när de kommer till skolor med heltäckningsmatta? En kartläggning erfordras av förekomst av allergena ämnen i dessa miljöer, emissionskällor, adsorptions-egenskaper. Skolor och barnstugor har idag ofta utsträckt nyttjandetid (kurser mm kvällstid). Vad betyder detta för lokalernas "återhämtning", erfordras mer ventilation?

Erforderliga luftflöden och säkerhetsmarginaler

Utgångspunkten för luftflödeskrav är att barn och vuxna kräver lika mycket uteluft. Kravnivån kan väljas utifrån personbelastningen och de dos-responskurvor som föreligger. För 20 % "missnöjda" ger det ett flöde av 7 - 8 l/s.p.

Frågor finns rörande behovet av ventilation med hänsyn till solinstrålning samt för aktiviteter i klassrum/lokaler som:

- matförtäring
- förvaring av ytterkläder
- andra föroreningskällor

Forceringsmöjlighet upp till minst 15 l/s.p. med styrning från varje rum och tidsbegränsning (typ trapphusbelysning) bör därför finnas. Värdet skall ses som ett medelvärde för 1 tim. Vid forcering endast kortare tid (tex rast) måste luftflödet kraftigt ökas. Öppningsbara fönster skall finnas. Aterluftföring rekommenderas ej.

Ett problem är hur dessa riktvärden skall kunna uppfyllas i befintlig bebyggelse.

GRUPP C2. SAMLINGSLOKALER, BUTIKER, ALLMÄNNA LOKALER

Kjell Aas, Olav Björseth, Hans Formgren, Hrafn Hallgrímsson,
Allan Wallin (sekr), Peder Woldkoff (ordf)

Gruppen menade att följande kvaliteter med föreslagna exempel på normvärden är avgörande för luftflödesbehovet i butiker, samlingslokaler, teatrar, biografier, varuhus, simhallar, gymnastiklokaler mm:

Kriterium	"Norm"	Anmärkning
CO2	1000ppm	
Lukt, OLF		Kulturellt bestämt
Partiklar	75mg/m3	Organiska och oorganiska
Formaldehyd	0,10 mg/m3	WHO
Summa aldehyder	0,12 mg/m3	
Toluen	8 mg/m3	WHO
TVOC	4 mg/m3	
Fukt	20 - 45 % RH	
Drag		
Flexibilitet		

Dessutom tillkommer krav utifrån behovet att hålla temperaturen på viss nivå. Betydande värmekällor är personer, apparater och solinstrålning.

Erforderliga luftflöden bestäms således av flera kriterier, i första hand av luktemissionen, temperaturlansen och ventilationens effektivitet. En självklarhet är att dessa miljöer hålls rökfria. Gruppen menade att en stor svårighet ligger i hur man skall sammanväga olika luftkvalitetskriterier till ett krav på luftflöde.

GRUPP D2. KONTOR

Jan Bakke (sekr), Ralph Dyhr, Povl Ole Fanger (ordf),
Peter Nielsen, Henrik Nordman, Hans stymne

Följande typer av föroreningskällor medför krav på luftflöden:

Källa	Luftflöde
Personer	7 l/s.p (ca 0,7 l/s,m ²)
Rökning	Bör elimineras. Om det tillåts erfordras att flödet ökas med 15 l/s.p (vid 30 % rökare)
Byggnadsmaterial	Vid korrekt val av material och ventilationsinstallation samt korrekt drift och underhåll av klimateinstallationer erfordras en ökning av flödet med 7 l/s.p. Värdet förutsätter systematiskt val av lågemitterande byggnadsmaterial. Alla andra förorenande processer måste vara optimalt sanerade (pappersarbete, maskiner, rengöring mm)

Dessutom måste hänsyn tas till om installationen rutinmässigt stängs av eller körs med reducerat flöde vissa tider samt till ventilationens effektivitet. Högre flöden kan därför erfordras.

Den luft som avses är filtrerad uteluft utan kontaminering från installation för värmeåtervinning.

Erforderliga säkerhetsmarginaler bestäms av i vilken mån saneringsåtgärder eller medvetet val av lågemitterande material sker. Teoretiskt kan föreligga behov av en 7-faldig ökning av flödet. Behov av reservkapacitet för forcering kan föreligga för särskilda krav/belastningar.

Vissa allergiker och andra extremt överkänsliga kan behöva speciellt rena rum (?). Det går ej med generella säkerhetsmarginaler för dessa eftersom deras känslighet kan vara 1000-faldigt högre än för andra (ca 5 % av befolkningen har astma och ca 10 % hyperreaktivitet i näsans slehinna)

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

I avslutande plenardiskussion drogs följande 7 konklusioner:

1. HUR UPPNÅS LAGSTADGADE MINIMIVÄRDEN FÖR VENTILATION ?

"Vi är överens om att kräva att bostadsventilationen injusteras till och vidmakthålls enligt gällande norm (0,5 rumsvolymer /tim) samt att detta är ett minimivärde som inte får underskridas. En metod att uppnå detta är att inreglera ventilationen till en viss överkapacitet, tex 0,6 - 0,9 med ett medelvärde av ca 0,8 rumsvolymer/tim. Detta med hänsyn till normalt förekommande variation. För konventionella lägenheter motsvarar detta ett flöde av 10 - 20 l/s.p.

För att uppnå detta krävs bättre driftkontroll och information till ansvarig personal, utbildare och brukare.

Angivet minimivärde förutsätter att lågemitterande material använts samt att luften inte förorenas av tex tobaksrök "

2. HUR VÄGS FÖRORENINGAR FRÅN OLIKA KÄLLOR SAMMAN FÖR BEDÖMNING AV TOTALT LUFTFLÖDESBEHOV ?

"I komplexa blandningsexponeringar, som i normal icke-industriell inneluft, kan man inte identifiera och analysera de många samverkans effekter som förekommer (antagonistiska, additiva och synergistiska). Därför måste vi basera oss på empiriska data för att utvärdera effekten av sådan inneluft. Sådana data föreligger till viss mån beträffande luftflöden och lukt. Dessa data pekar i riktning av additiva effekter.

FoU är nödvändig för att få mer sådana empiriska data och för att få klarlagt relationerna mellan lukt och irritationseffekter samt mellan irritationseffekter och hälsoeffekter i övre och nedre luftvägarna."

3. VILKEN KAPACITET UTÖVER MINIMIVENTILATIONEN ERFORDRAS ?

BOSTÄDER

"Baskravet är öppningsbara fönster. Fläktsystem skall ha sådan reservkapacitet att avsedda flöden kan vidmakthållas trots nedsmutsning etc. Luftutbyteseffektiviteten skall vara god (ca 50 %). Systemen skall möjliggöra driftskontroll och kunna regleras av brukaren"

KONTOR

"Utöver ovanstående skall man ha punktuttag vid speciella källor (tex vid kopieringsmaskiner och datorer)"

4. VILKET FUKTINTERVALL ÄR LÄMPLIGT ?

"Vi rekommenderar att vatteninnehållet i rumsluft i bostäder hålls under 7 g vatten/kg torr luft vintertid under minst 1 - 3 månader för att förhindra tillväxt av dammkvalster.

Lägre värden kan erfordras för att förhindra kondensproblem.

Vi ansluter oss i övrigt till uttalandet i "Det Sunda Huset" om luftbefuktning: (" Ur hygienisk synvinkel rekommenderas inte generell luftfuktning. Generell luftfuktning kan medföra sido-effekter, exempelvis dammkvalstertillväxt, luftfuktarfeber, andra allergier. Symptom på "torr luft" skall främst bekämpas med andra metoder än luftfuktning. För speciella individer/miljöer/processer kan selektiv luftfuktning erfordras. Det är då viktigt att en "säker" teknik väljs")"

5. VILKEN EGENSKAPSREDOVISNING AV BYGGNADER OCH INGÅENDE MATERIAL OCH KOMPONENTER ERFORDRAS ?

" Byggnadsmaterial och speciellt ytskikt, liksom material i inventarier och system skall vara lågemitterande och ha kända och dokumenterade egenskaper över kort och lång tid.

Material, komponenter och system som ingår i den färdiga byggnaden skall vara specificerade, dokumenterade och tillgängliga vid behov.

De sundhetsmässiga egenskaperna skall anges på samma sätt som de tekniska. Utöver partikelavgivning skall emission av formaldehyd, flyktiga organiska ämnen (VOC) och lukt vara dokumenterade. Innehåll av cancerframkallande, allergiframkallande, slemhinneirriterande och neurotoxiska ämnen skall helst inte förekomma men om så är fallet vara deklarerat. Avgasningsförlopp (med tidsskala) skall anges (med och utan "bake-out"). Arbete pågår både inom de Nordiska länderna, EG och USA (ASTM) för att få fram standardiserande provnings- och värderingsmetoder.

Dessutom skall egenskaper som beständighet, vid olika belastningar samt rengörbarhet dokumenteras."

6. VILKA LUFTFLÖDEN REKOMMENDERAS ?

Baserat på diskussionen i Are samt den fortsatta diskussionen inom NKB40 (arbetsgruppen för revidering av de Nordiska riktlinjerna för byggnadsbestämmelser rörande inomhusklimat).

" För bostäder, kontor, skolor, barnstugor od kan val av uteluftsflöde per person göras utifrån luktkriteriet se fig 1. För exempelvis kriteriet 20 % otillfredställda fås flödet 7 l/s.p. Antalet otillfredställda bör helst vara lägre än 20 %.

Uteluftsflödet med hänsyn till avgivning av föroreningar från andra källor än personer bör uppgå till lägst 0,35 l/sm² i tillägg till ovanstående flöde per person. Ett betydligt högre flöde kan erfordras vid ej genomtänkt val av byggnadsmaterial, inventarier mm (gäller många befintliga byggnader).

Med hänsyn till mätonoggrannhet samt svårigheten att uppnå perfekt injusterade och fungerande system bör erforderliga toleranser vid dimensionering anges som plustoleranser."

För ett enpersonsrum på 10 m² medför detta ett totalt uteluftsflöde av $7+3,5 = 10,5$ l/s.

7. VILKA YTTERLIGARE KRAV MÅSTE UPPFYLLAS ?

"Angivna ventilationskrav förutsätter kontroll av föroreningsalstringen inomhus.

Detta innebär att det måste införas:

- sträng kontroll av byggnadsmaterial och emissioner från byggnader, inventarier och klimatinstallationer
- eliminering av tobaksrökning
- stark förbättring av drift, underhåll och rengöring av byggnad och installationer, vilket medför stora pedagogiska uppgifter för samhället gentemot
 - * brukare
 - * driftspersonal
 - * andra berörda grupper.

Bristande uppföljning av ett eller flera av dessa punkter kan medför att angivna värden på luftflöden blir otillräckliga."

DELTAGAREFÖRTECKNING

Kjell Aas, Voksentoppen, Rikshospitalet, Boks 50, Voksenkollen, N-0326 Oslo 3

Johnny Andersson, Scandiaconsult AB, Box 35, S-164 93, Kista

Jan Vilhelm Bakke, Arbeidstilsynet 3. distrikt, Vangsveien 73, N-2300 Hamar

Olav Bjørseth, Institutt for organisasjons og arbeidslivsfag, Norges tekniske Høiskole, N-7034 Trondheim

Eric Christophersen, Statens Byggeforskningsinstitut, Postboks 119, DK-2970-Hørsholm

Nina Dawidowicz, Byggeforskningsrådet, S:t Göransgatan 66, S-112 33 Stockholm

Ralph Dyhr, Helsingfors Byggnadstillsynsverk, Broholmmsgatan 13, SF-00530, Helsingfors

Povl Ole Fanger, Laboratoriet for Varme og Klimatteknik, Danmarks Tekniske Højskole, Bygning 402, DK-2800-Lyngby

Hans Formgren, Are sjukhus, Kurortsvägen 20, 83013 Are

Hrafn Hallgrímsson, Nordisk ministerråds sekretariat, Store strandstraede 18, DK-1255, Köpenhamn

Jan Hongslo, National Institute of Public Health, Geitmyrsvägen 75, N-0462, Oslo 4

Matti Jantunen, National Public Health Institute, P.O. Box 95, SF-70701, Kuopio

Pirjo Kimari, Miljöministeriet, Box 399, SF-00121, Helsingfors

Jens Korsgaard, Lungeklinikken, Aarhus Kommunehospital, DK-3000, Aarhus C

Esko Kukkonen, Helsingfors Universitet, Regeringsgatan 8, SF-00100, Helsingfors

Thomas Lindvall, Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, Box 60208, S-104 01 Stockholm

Ove Nielsen, Byggestyrelsen, 3. kontor, Stormgade 10, DK-1470, Köpenhamn

Peter Nielsen, Statens Byggeforskningsinstitut, Postboks 119, DK-2970-Hørsholm

Henrik Nordman, Institute of Occupational Health, Topeliuksenkatu 41 a A, SF-00250 Helsinki

Kristina Saarela, VTT, Kemilaboratoriet, Biologigränd 7, SF-02150,

Esbo

Fritiof Salvesen, A/S Miljøplan, Kjörboveien 23, N-1300 Sandvika

Eimund Skåret, Norges Byggeforskningsinstitutt, Forskningsveien 3b,
Postboks 123, Blindern, Oslo 3

David Smith, Arbetarskyddsstyrelsen, S-17184, Solna

Hans Stymne, Statens Institut för byggnadsforskning, Box 785, S-
801 29 Gävle

Jan Sundell, syntax ab, Lignells väg 21, S-831 42 Östersund

Inger Sävenstrand, Allergitredningen, Socialdepartementet,
Jakobsgatan 26, S-103 33 Stockholm

Ole Valbjörn, Statens Byggeforskningsinstitut, Postbox 119, DK-2790
Hörsholm

Allan Wallin, Marknadsvägen 6, S-67170, Edane

Claes Wiklund, Karolinska Institutet, S-10401, Stockholm

Peder Wolkoff, Arbeidsmiljøinstituttet, Lerso Parkalle' 105, DK-
2100, Köpenhamn

Helena Vuorelma, NKB, Box 152, SF-02 101 Esbo

David Wyon, Statens Institut för Byggnadsforskning, Box 785, S-801
29 Gävle

Olle Zetterström, Karolinska Sjukhuset, Box 60500, S-104 01
Stockholm

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 889318-2 från Statens råd för byggnadsforskning för seminarium arrangerat i samarbete med NKBs grupp för revidering av Nordiska riktlinjer för byggnadsbestämmelser (NKB40), NBS-Inneklimat, Nordiska Ventilationsgruppen (NVG) samt Allergiutredningen.

Art.nr: 6811002

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

R2 : 1991

ISBN 91-540-5298-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Cirkapris: 64 kr exkl moms