



Teckning: Hasse Cedergran, Bildidé



INNEKLIMAT OCH LUFTKVALITET

Ulf Rengholt ger här en kommenterande översikt över vad som rör sig på inneklimatforskningens områden. Utgångspunkten är "Indoor Air-84" i Stockholm och andra konferenser och seminarier på inneklimatområdet.

Inneklimatbegreppet och forskningen inom det området är en av spin-off-effekterna från 1974 års energikris. Problemen omkring energiförbrukning, ventilation, inneklimat, hälsa och välbefinnande fanns givetvis latent redan förut. Men först några år efter energikrisen hade den ekonomiska situationen och symtombilden förändrats så mycket att inneklimatfrågan blev ett "problem".

Idag är inneklimatet ett eget FoU-område. Inneklimatfrågor har en given plats i programmet på alla större vvs-konferenser, t o m har det skapats en återkommande internationell forskarträffpunkt i "Indoor air", som senast genomfördes i Stockholm i augusti 1984. Tidigare har konferensen gått i Köpenhamn 1978 och Amhurst i USA 1981.

Ett tecken på att vi rör oss inom ett ungt forskningsområde är att en mångfald av divergerande uppfattningar, ifrågasättande av "gamla sanningar" förekommer och att en ökande mängd av kvalificerade och okvalificerade undersökningar ges ut.

Inneklimatfrågorna representerar en intressant men krävande blandning av teknik, fysiologi, psykologi och krav på sunt förnuft. Att det sunda förnuftet inte alltid sätts högt kan illustreras av följande händelser.

Vid en ASHRAE-konferens för

några år sedan redovisades resultat från omfattande mätningar av inneluftens kvalitet i slumområden resp moderna kontorshus i norra USA. Man hade fått det förvånande resultatet att inomhusluften i slumbostäderna med trångboddhet, barnrikedom och fotogenkök var bättre än i kontorshus med moderna luftkonditioneringsystem. Ett dyrbart bevis för att om fönster kan öppnas så öppnas de också för vädring.

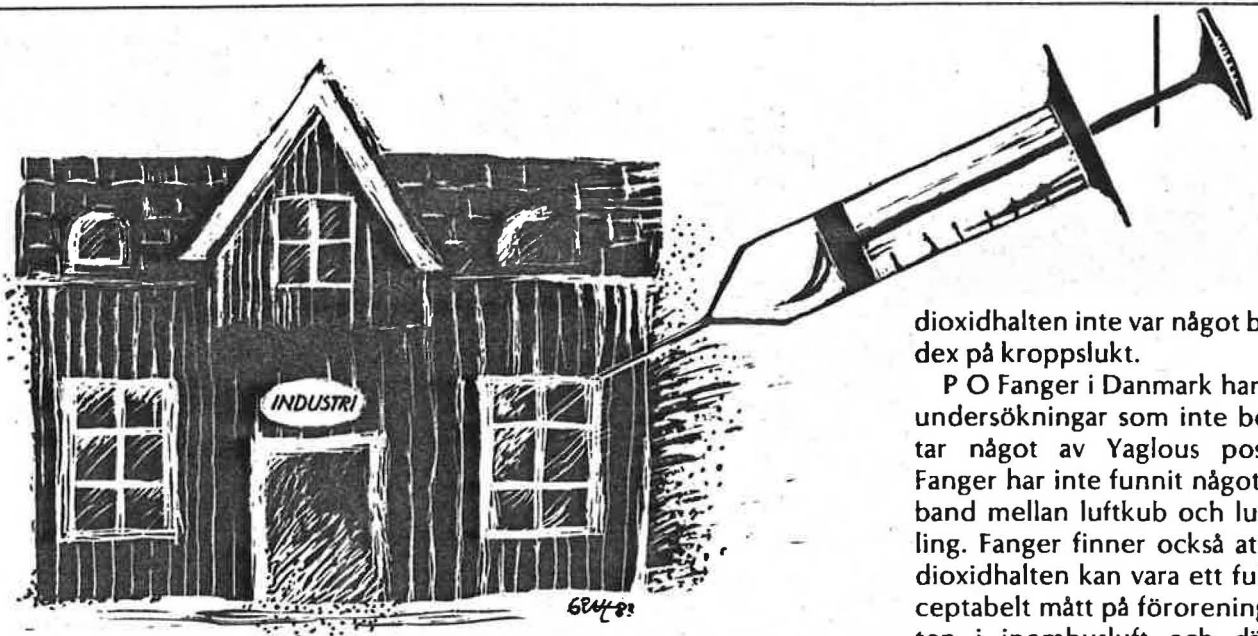
Internationellt informationssystem behövs

Lennart Holm, Statens planverk, hälsningstalade vid Indoor Air-84 i Stockholm med en uppmaning till ökat samarbete mellan klimatforskare och tekniker. Han ansåg att det borde skapas ett internationellt informationssystem med lättillgängliga uppgifter om hur olika byggnadsmaterial, ventilationssystem o d inverkar på inneluftens kvalitet. Särskilt när det gäller behovet av ett ökat samarbete mellan ventilationstekniker, läkare, hygieniker m fl är Lennart Holm talesman för många forskare, som säger att tekniken idag inte tar vara på de kunskaper som ändå finns.

Ventilationen överskattad?

Det räcker inte alltid med att bara ventilera för att åstadkomma godtagbar inneluftskvalitet, menar bl a James Stirling från Canada. Faktorer som i ännu högre grad kan påverka inneluftens kvalitet är bl a uteluftens sammansättning, personbelastning och inomhusaktiviteter, byggnadsmaterial, drift- och underhållsmetodik o d. Det finns exempel på asymptotiska samband mellan föroreningsgenererande faktorer och ventilationsintensitet när ökad ventilation inte ger någon förbättring alls.

Med andra ord är inneluftens kvalitet byggnadsrelaterad mer än ventilationsrelaterad menar denna skola. Om så är fallet måste slutsatserna rimligtvis bli att val av



ventilationsparametrar och ventilationsstandard inte kan göras oberoende av byggnadskonstruktion och byggnadsmaterial.

Kontroversiella standarder

De standarder som internationellt är intressanta är huvudsakligen tre. Det är den nya ISO-standard ISO 7730, ASHRAEs standard 62-1981 "Ventilation for acceptable indoor air quality" och NKBs förslag till nordisk standard. Dessutom har ASHRAE en standard 55-1981 "Thermal environmental conditions for human occupancy" som definierar inneklimatets parametrar. Alla standarderna är mer eller mindre kontroversiella, speglade konflikterna mellan energihushållning och inneklimat.

ASHRAEs standard anses vara dogmatisk och ange för låga luftflöden. Den är nu under revision. Värdet på luftväxling allt mellan 2,5 liter/sek (som bara tillfredsställer 50 % av antalet personer) till 20 liter/sek (som ska kunna eliminera lukten från tobaksrök) är aktuella.

Förslaget till nordiska ventilationsbestämmelser och ISO-standard ligger relativt nära varandra. Båda utgår ifrån antagandet att man inte samtidigt kan åstadkomma full termisk komfort för alla involverade personer. En viss procent otillfredsställda finns alltid. En viktig uppgift i ventilationsbestämmelser och -standar-

der består därmed i att ange vilken andel otillfredsställda som kan accepteras. Värdet mellan 10 och 20 % är aktuella.

Mer och mer anses det att ventilationsbestämmelser (standarder) bör definiera tre olika ventilationsnivåer. Den första nivån anger den luftväxling som behövs för att föroreningar och fukt från byggnaden ska ventileras bort. Den andra nivån anger vad som erfordras med hänsyn till den aktuella personbelastningen. Den tredje nivån tar hänsyn till särskilda föroreningskällor såsom rökning, användning av speciella apparater o d.

Gamla sanningar ifrågasätts

Ventilationskonferenser har ofta innehållit påståendet "inget nytt efter Yaglou". Yaglous arbeten från 1936 har varit ett rättsnöre för både normbyggare och projektörer. Men nu börjar t o m Yaglou att ifrågasättas.

Yaglou påstod att ju fler personer som vistas i ett givet rum desto större luftväxling per person behövs. Uttryckt på annat sätt: med större luftkub per person kan luftflödet i l/p.s (m^3 per person och timme) minskas. Yaglous undersökningar visade också att kroppslukt i ett rum avklingar snabbt. Kroppslukten är instabil. Det kunde vara en förklaring till det förhållande mellan luftkub och ventilation som han observerat. Yaglou ansåg också att kol-

dioxidhalten inte var något bra index på kroppslukt.

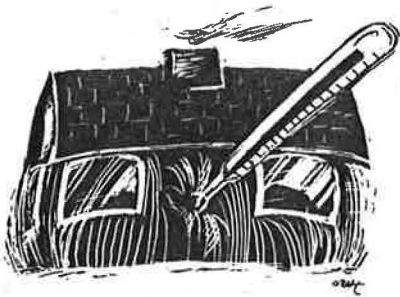
P O Fanger i Danmark har gjort undersökningar som inte bekräftar något av Yaglous postulat. Fanger har inte funnit något samband mellan luftkub och luftväxling. Fanger finner också att kol-dioxidhalten kan vara ett fullt acceptabelt mått på föroreningshalten i inomhusluft och därmed också på ventilationsbehovet. Fanger påstår att det i ASHRAEs standard angivna ventilationskravet på 2,5 l/p.s ger en "otillfredsställdhetsnivå" på 50 %. För att uppnå 10 % behöver man en luftväxling på 7 l/p.s.

Passiva rökare i farozonen

Den aktiva rökningens påverkan på människor är numera väl känd. Den passiva rökningen har det varit rätt tyst om trots att rökning är den ojämförligt viktigaste föroreningskällan inomhus. Några utländska forskare som ingående studerar den passiva rökningens effekter är A Weber i Zürich och J L Repace i Washington. Webers mätningar visar bl a att passiv rökning orsakar ögonirritation och problem för mellan 25 och 40 % av antalet personer på en arbetsplats. Mellan 30 och 70 % av föroreningarna i inomhusluften har vid dessa undersökningar visats härröra från tobaksrökning.

Tobaksrökning bör enligt Weber inte tillåtas ge upphov till mer än 1,5 eller 2 ppm (parts per million) förhöjning av halten kolmonoxid över bakgrunds-nivån. Det kräver en utelufttillförsel av 33 till 50 m^3 uteluft per rökt cigarrett och en luftväxling på 25 till 45 m^3 per timme och person (6,9-12,5 l/p.s. (Se även VVS Special 1981.)

J L Repace intresserar sig för den passiva rökningens hälsorisker. Han beräknar att livstidsris-



ken för lungcancer orsakad av passiv rökning är $2,5 \times 10^{-3}$ för personer som vistas i lokaler ventilerade enl ASHRAEs standard 61-1981 och med de genomsnittliga rökvanor som nu råder i USA. Detta är en 250 ggr högre risk än vad som accepteras för cancerogena ämnen i luft, vatten och föda.

Att rena inomhusluft med luftrenare, filter e d är ett alltför kostnadskrävande sätt att bli av med tobaksröken, säger Repace också. Den enda i praktiken användbara möjligheten att skydda icke-rökarna är att kombinera en ökad ventilation med insatser för att separera rökare och icke-rökare med hjälp av röktrum o d.

Andra riskuppskattningar i detta sammanhang går ut på att sjuk- och dödsfallsrisker på 10^{-1} till 10^{-2} som regel accepteras i frivilliga sammanhang. Livstidsrisken att råka illa ut genom "aktiv" rökning uppskattas till 10^{-1} , risken i samband med bilkörning till 10^{-2} beräknat över en livstid. Risken att ofrivilligt bli utsatt för allvarliga påverkningar i inomhusmiljön borde inte vara – men är i många fall – högre än 10^{-3} .

Radon

Sverige var ett av de första länder som uppmärksammade radon i bostäder som en hälsorisk. Till en början ansågs problemet begränsat till radioaktiva byggnadsmaterial (blå lättbetong). Så småningom visade det sig att markförhållanden också har stor betydelse. Inom vissa områden både i Sverige och USA kan mark och i vissa fall även grundvatten ge upphov till lika stora radonhalter som radioaktiva byggnadsmaterial.

Trots att många undersökning

gar nu publicerats finns det ännu ingen allmänt accepterad uppfattning om riskerna med radon i inomhusluft. Riskuppskattningarna baseras på studier av gruvarbetare, och sådana studier kan inte extrapoleras till befolkningen i dess helhet. Det antas att lungcancerriken ligger mellan 10^{-3} och 10^{-4} per arbetad månad i risk (radon) miljö. Radon anses vara en viktig orsak till lungcancer hos icke rökare. Både i Sverige och USA finns det de som påstår att radonet är en tidsinställd bomb som kommer att explodera inom några årtionden.

Teknikerna har dock fått klart för sig att de flesta radonproblemen går att ventileras bort med ökad luftväxling. Men det finns tyvärr inget enkelt eller generellt giltigt samband mellan ventilation och radonhalt.

Botemedlet kan också förväntas till sin motsats. Ventilation med undertryck kan dra in radonhaltig tilluft från husgrunder, mark e d och öka radonhalten vid ökad luftväxling.

Sjuka byggnader

Begreppet sjuka byggnader (sick buildings) väcker opposition. Det är inte byggnaden som är sjuk men frågan är vad människor blir sjuka av i "sjuka byggnader"? Svenska forskare vid SML, Tomas Lindwall, Birgitta Berglund m fl har gjort många undersökningar för att klarlägga bl a detta problem. Forfarande är man oklar över om det är summaeffekter av ett stort antal föroreningar med små halter eller om det är enskilda faktorer av fysisk eller psykisk natur som utlöser sjukdomssymptom i sjuka byggnader. I varmare klimat finner man en föroreningskälla som inte får underskattas. Det är befuktningssystemer som lätt blir förträffliga grogrunder för bakterier och virus som kan spridas med ventilations-systemet.

Det är inte enbart bakterier och virus som är farliga. En del studier påvisar högre frekvens av

sjukdomar i andningsorganen vid högre halt av kvävedioxid eller vid låga fukthalter o d.

Kontroversiellt med fukt

Börje Löfstedt sade på sin tid att en torr inomhusluft var till skada bara för personer med astma, allergier o d. Friska personer tog inte skada ens av mycket torr luft om de inte utsattes för detta under mycket lång tid.

Nu är problemet på tapeten igen. En forskare (G H Green från Canada) presenterade vid ASHRAEs Chicagomöte 1985 en undersökning om hur kontorsanställdas frånvaro påverkas av inne-luftens relativa fuktighet. Han fann en visserligen liten men signifikant inverkan. Torr luft ökade förkylningsfrekvensen, särskilt bland yngre människor.

Denna undersökning är emellertid av den typ där man inte registrerar mer än två faktorer (förkylning resp luftfuktighet).

Resultatet presenteras som små skillnader mellan stora tal. Diskussioner om andra faktorer som kan ha påverkat sjukdomsfrekvensen eller orsakssamband mellan många, varandra påverkande faktorer förs inte. Att det i detta fall är just luftfuktigheten som påverkar förkylningsfrekvensen är alltså ingalunda bevisat. Den typen av undersökningar måste man se upp med.

Personlighetstest eller fältstudier

Vad är det man egentligen mäter när man studerar människors reaktioner och respons på olika faktorer i inneklimatet? Kanske har man att göra med problem som i grunden är psykiska mer än fysiska och då finns det inga säkra relationer mellan mätta klimatparametrar och registrerad uppfattning om komfort o d.

Det finns de som påstår att personligheten är den signifikanta faktorn när man mäter tillfredsställelse eller otillfredsställelse

med visst inneklimat. Det skulle alltså vara fråga mer om personlighetstest än klimatmätningar som många av inneklimatforskarna ägnar sig åt. Sådana uppfattningar kan inte helt avfärdas. Särskilt viktigt är det att åtminstone fundera över detta problem när man bedömer resultatet av inneklimatundersökningar och sättet på vilket undersökningarna och utfrågningarna genomförts.

Jonisering

Ligger det någonting i uppfattningen att moderna ventilations-system där luften passerar många fläktar och mycket plåt förändrar luftens joninnehåll och att det påverkar människors välbefinnande?

Att elektrostatiske fenomen i luft kan påverka människor det vet man. Kan man "känna" åskväders ankomst kan man kanske också "känna" inneklimatförändringar av elektrostatisk natur. Vissa belägg finns. Förändringar i luftens jonhalt påverkar halten signalsubstanser i blodet, bl a serotoninhalten.

Luftens jonhalt kan också ha betydelse i annat avseende. Joner kan uppträda som konglomeratbildare och dra till sig dammpartiklar, radioaktiva partiklar, sjukdomsbakterier m m och därigenom ha en filtrerande inverkan på ineluften.

Jonhaltens inverkan är en lika omstridd fråga som så mycket annat på inneklimatets område. Svenska tekniker som Ove Strindhag avvisar jonhalten som en faktor av betydelse medan andra i den ser en ännu alltför utforskad men sannolikt viktig faktor. Ämnet kommer upp då och då men tycks inte nu vara särskilt inne i forskarkretsar.

Man varnar för en okritisk användning av luftjonisatorer. De arbetar med höga spänningar som visserligen kan producera negativa joner men också ozon och

EN LITEN SAMMANFATTNING

Inneklimatområdet har blivit komplicerat. Alltmer sofistikerade metoder används för att mäta fysikaliska parametrar i luft och för att kvantifiera obehags- och stressreaktioner (diskomfort) hos människor. Mängden föroreningar i vår inomhusomgivning är mycket stor. Det rör sig om många hundratals föroreningar av vilka en del förekommer i ytterst små halter. Det är inte lätt att hitta rätt i denna blandning av komplicerade föroreningar och fysikaliska och psykiska reaktioner. Cost-benefit studier är en annan del av inneklimatforskningen.

De visar att en låg (lägsta) livstidskostnad för en anläggning inte uppnås med låga värden på luft-

kväveoxider. Och det är definitivt inte önskvärt.

Inte bara inneklimat

Inneluftens kvalitet har givetvis nära samband med uteluftens. Använder man försmutsad uteluft som tilluft är det svårt att få godtagbar inneluftkvalitet. Stoffmängd och förorenad uteluft är ett problem på många ställen, särskilt i de stora städerna. Intresset för filtrering och behandling av tilluften förefaller öka.

Det finns flera rapporter som talar om att även en förhållandevis enkel filtrering med filterverkningsgrader mellan 85 och 95 % kan förbättra tilluften avsevärt. Eftersom stoftpartiklar ofta är bärare av tungmetaller och andra luftföroreningar kan filter faktiskt fungera både som luftrenare och stoftavskiljare. Undersökningar från användning av aktivt kol och andra granulära filter förekommer sparsamt. Framför allt inom USAs rymdindustri finns dock



kvalitet och ventilation (energiförbrukning). Merinvesteringar för bättre luftkvalitet kan betala sig i reda pengar. Det är framför allt Jim Woods, numera vid Honeywell i USA, som studerat dessa samband. Få företeelser har större betydelse för vardagsmänniskan än inneklimatet. Därför är forskningen viktig. Och den går framåt.

många, öppet tillgängliga erfarenheter som borde kunna nyttiggöras mera inom ventilations- och luftbehandlingsområdet.

Ventilationseffektivitet och styr- och regler teknik

Inneklimatforskarna konstaterar att dålig ventilationseffektivitet med kortslutningseffekter o d kan vara en väl så viktig orsak till dålig inneluft som föroreningskällor av olika slag.

Särskilt i USA diskuterar man VAV-systemen (variable air volume) från den utgångspunkten. Det noteras att VAV-system visserligen sparar energi men att de också kan ge ett alltför lågt luftflöde när ventilation behövs som mest. Allt fler forskare noterar att begreppet ventilationseffektivitet behöver studeras och utvecklas. I Sverige kan vi vara glada för att vi, som på många andra områden, ligger i täten. De forskning som utförts t ex vid byggforskningsinstitutet i Gävle ligger väl framme.