



KRAVEN PÅ BRA INOMHUS

Både på arbetsplatser och i bostäder ställs idag höga krav på inomhusklimatet. Några av de faktorer som bestämmer inomhusklimatets kvalitet skall här behandlas. De flesta av klimatproblemen inomhus kan som framgår lösas med hjälp av väl fungerande luftbehandlingsystem.

Av Ove Strindehag, Fläkt Evaporator AB

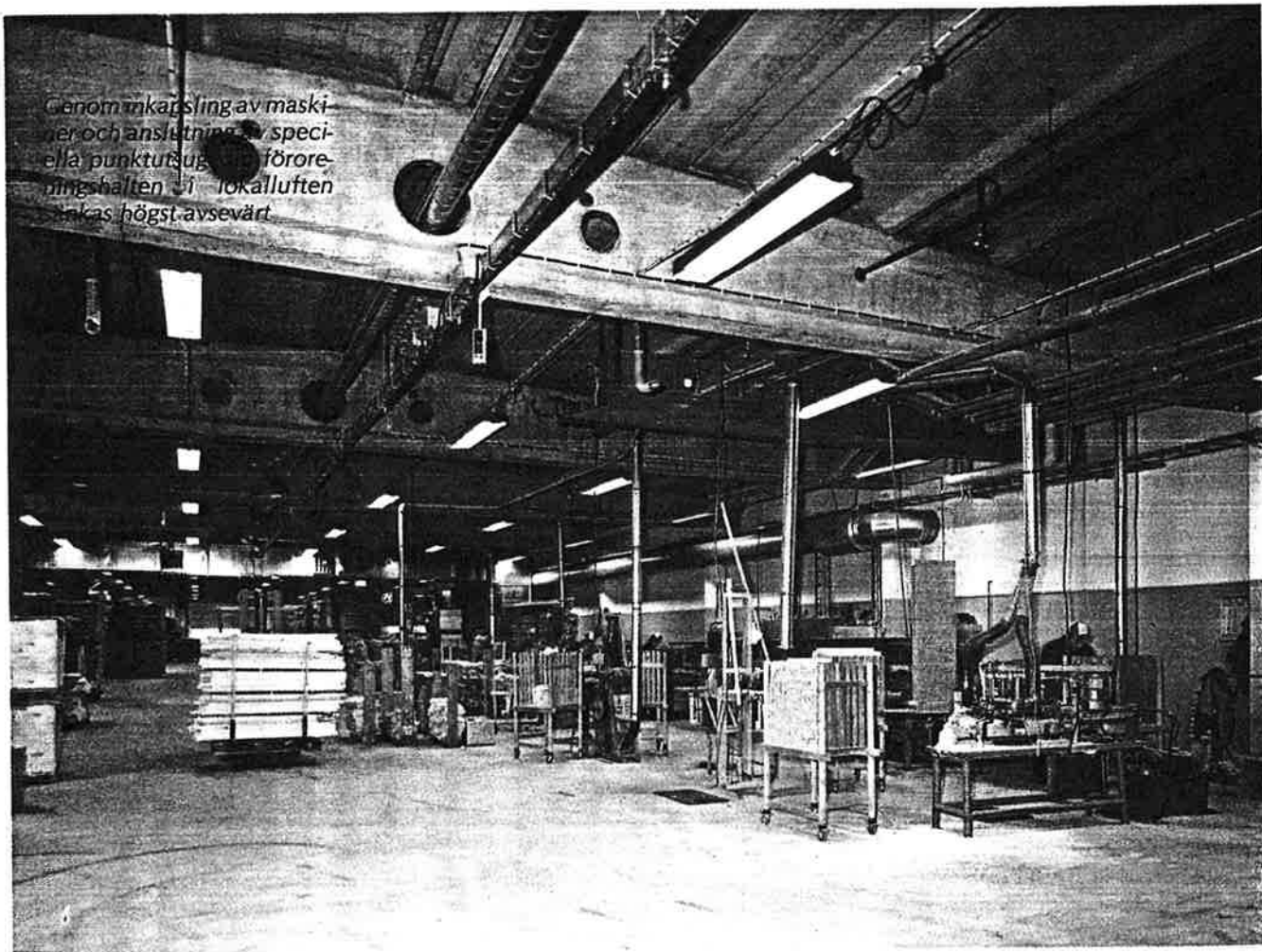
Allt större intresse har börjat ägnas åt inomhusklimatet och hur det påverkar hälsa och välbefinnande. Vetskapen om att inomhusklimatet i hög grad inverkar på prestationsförmågan kan också förväntas leda till att behovet av förbättringar uppmärksammas på många arbetsplatser.

Samtidigt som kraven på inomhusklimatet ökat de senaste åren har förutsättningarna för att åstadkomma ett bra inomhusklimat i viss mån ändrats i ogynnsam riktning. Framför allt under 1970-talet har de ökade energikostnaderna i många fall lett till åtgärder som medfört försämrat termiskt klimat. Likaså har användningen av nya byggnadsmaterial och nya material i inredningar och möb-

ler samt den ökade halten av föroreningar i utomhusluften inneburit sämre luftkvalitet inomhus. Det finns nu all anledning att försöka vända denna utveckling.

Ökade krav på termisk komfort och luftkvalitet inomhus medför att kvalificerade luftbehandlingsystem måste installeras i nära nog alla slag av byggnader. Att man behöver göra mer omfattande insatser än tidigare beträffande drift och underhåll av dessa installationer är också uppenbart. Dessutom har fordringarna på luftbehandlingsystemen ökat på senare år i och med att byggnaderna utförs allt tätare.

De tekniska lösningarna på flertalet av klimatproblemen inomhus finns dock redan idag. Man kan därför förmoda att det



Genom inkapsling av maskiner och anslutning av speciella punktsugare föroreningshalten i lokal luften kan högst avsevärt

KLIMAT KAN TILLGODOSES

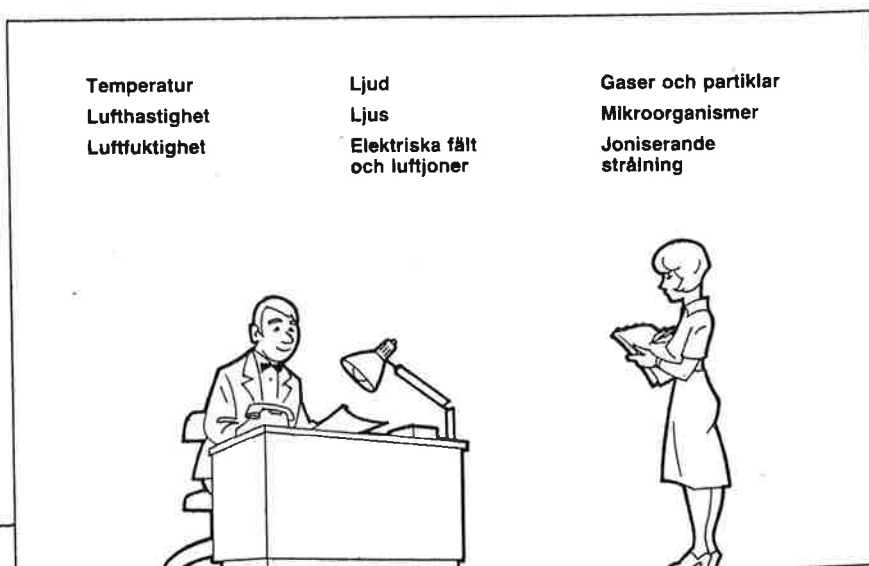
stora intresse för inomhusklimatet som nu kan skönjas också kommer att resultera i påtagliga förbättringar.

Viktiga klimatfaktorer

Ett flertal undersökningar har visat att inomhusklimatet på våra arbetsplatser och i våra bostäder inte alltid fyller de krav som man idag har rätt att ställa. Klagomål på drag, torr luft och för höga eller för låga temperaturer är dessvärre inte ovanliga. Att föroreningshalterna i inomhusluften ibland är så höga att hälsoeffekter kan befaras är också välkänt.

Många olika klimatfaktorer måste beaktas för att man skall kunna göra sig en helhetsbild av inomhusklimatet i en byggnad (figur 1). Temperatur, lufthastighet,

Figur 1. Inomhusklimatets kvalitet beror av många olika faktorer.



luftfuktighet, gasformiga och partikelformiga föroreningar, mikroorganismer, ljud, ljus, luftjoner, elektriska fält och joniserande strålning är exempel på viktiga faktorer vid en sådan bedömning. Sammantaget kan problemområdet anses mycket omfattande — sett såväl ur teknisk som medicinsk synvinkel.

Åtskilliga av de faktorer som karakteriserar inomhusklimatet har på ett eller annat sätt med luftbehandlingssystemen att göra. Förutom att upprätthålla en bra kvalitet på inomhusluften utnyttjas ju ofta luftbehandlingssystemen i moderna byggnader även för värmning och kylning samt ibland också för uppfuktning och avfuktning. Väl fungerande luftbehandlingssystem är med andra ord en förutsättning för att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas.

Temperatur och lufthastighet

God termisk komfort är en av grundförutsättningarna för att inomhusklimatet skall upplevas som trivsamt. Det termiska klimatet har också mycket stor inverkan på människors prestationsförmåga. Även rätt obetydliga avvikelser från optimala värden kan i detta sammanhang ge en betydande försämring.

Det termiska klimatet uppfattas som komfortabelt när kroppens värmeavgivning står i viss relation till dess värmeproduktion. Härvid påverkas de termiska förhållandena av lufttemperatur, strålningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet, men också givetvis av den fysiska aktiviteten och av klädernas värmeisoleringsförmåga. I stället för att ange både lufttemperatur och strålningstemperatur sammanvägs dessa ofta till en enda temperatur som benämns operativ temperatur.

Genom omfattande undersökningar i klimatkammare med stora grupper av försökspersoner har man numera god kännedom om hur människor upplever det termiska klimatet. Ett viktigt resultat av dessa undersökningar är att det inte går att åstadkomma ett termiskt klimat som tillfredsställer alla människor. Det gäller i stället att finna ett klimat som upplevs som acceptabelt av så många som möjligt.

Rekommendationer beträffande det termiska klimatet finns bl a i Svensk byggnorm, i NKB-rapport nr 40 från Nordiska kommittén för byggnadsbestämmelser och i den internationella standarden ISO 7730. I den sistnämnda standarden anges som exempel komfortgränser

Tabell 1. Komfortkrav under vinterförhållanden och lätt, huvudsakligen stillasittande aktivitet. Enligt den internationella standarden ISO 7730.

1. Den operativa temperaturen skall ligga mellan 20° C och 24° C.
2. Den vertikala skillnaden i lufttemperatur mellan 1,1 m och 0,1 m över golvet (huvud- och ankelhöjd) skall vara mindre än 3° C.
3. Golvet yttemperatur skall normalt vara mellan 19° C och 26° C, men system med golvvärme kan tillåtas ha 29° C.
4. Luftens medelhastighet skall vara mindre än 0,15 m/s.
5. Strålningstemperatursymmetrin på grund av fönster eller andra kalla vertikala ytor skall vara mindre än 10° C (i förhållande till ett litet vertikalt plan 0,6 m över golvet).

6. Strålningstemperatursymmetrin på grund av ett varmt (uppvärmt) tak skall vara mindre än 5° C (i förhållande till ett litet horisontellt plan 0,6 m över golvet).

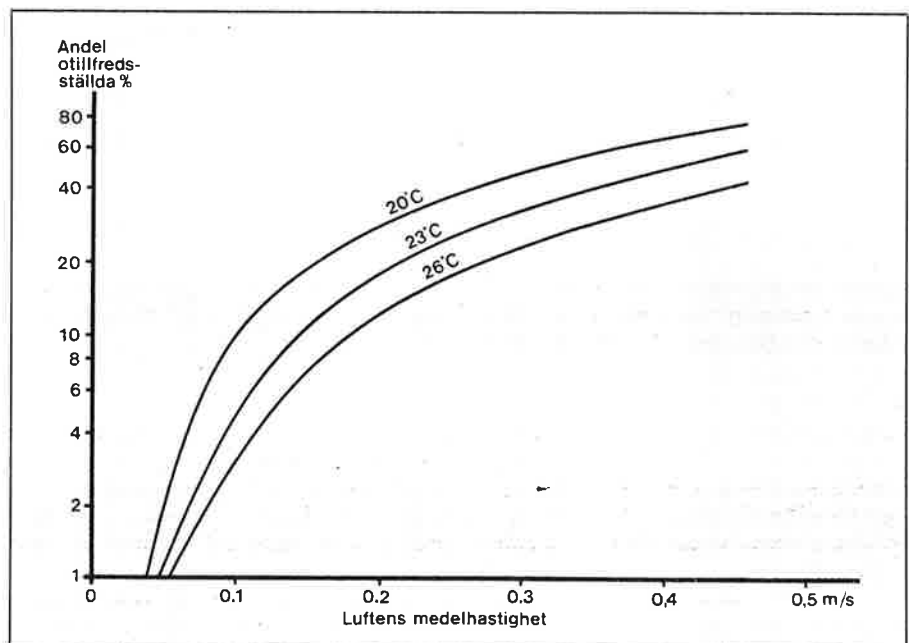
Tabell 2. Komfortkrav under sommarförhållanden och lätt, huvudsakligen stillasittande aktivitet. Enligt den internationella standarden ISO 7730.

1. Den operativa temperaturen skall ligga mellan 23° C och 26° C.
2. Den vertikala skillnaden i lufttemperatur mellan 1,1 m och 0,1 m över golvet (huvud- och ankelhöjd) skall vara mindre än 3° C.
3. Luftens medelhastighet skall vara mindre än 0,25 m/s.

na vid lätt, huvudsakligen stillasittande aktivitet, se tabell 1 och 2. De angivna komfortgränserna motsvarar ett termiskt klimat som upplevs som acceptabelt av åtminstone 80% av de människor som vistas i detta klimat.

Som framgår av tabell 1 och 2 räcker det inte att ange gränser för den operativa temperaturen för att specificera ett acceptabelt termiskt klimat. Även kriterier för den vertikala temperaturskillnaden och asymmetrin i strålningstemperatur

Figur 2. Procentuell andel otillfredsställda med klimatet (på grund av drag) som funktion av luftens medelhastighet vid tre olika lufttemperaturer. Enligt P.O. Fanger, Proceedings of the 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 20—24 augusti 1984. Vol. 1, 2. 91—98.





Bland annat i tryckerier är det viktigt att luftens fukthalt nog kan regleras

måste anges. Således framgår av ISO-standard 7730 att temperaturskillnaden mellan 1,1 m och 0,1 m över golvet (huvudhöjd vid sittande och ankelhöjd) skall vara mindre än 3° C både under vinter- och sommarförhållanden. Under vinterförhållanden anges dessutom att asymmetrin i strålningstemperatur skall vara mindre än 10° C på grund av kalla vertikala ytor och mindre än 5° C på grund av ett varmt tak.

Vid bedömningen av det termiska klimatet är lufthastigheten i vistelsezonen av stor vikt. Besvär på grund av drag, dvs en oönskad avkylning av kroppen till följd av luftrörelser, är ju fortfarande relativt vanliga. Som framgår av tabell 1 och 2 anges i den nämnda ISO-standard att luftens medelhastighet skall vara mindre än 0,15 m/s under vinterförhållanden och mindre än 0,25 m/s under sommarförhållanden. Vad som uppfattas som drag är således beroende av temperaturen. Detta framgår också av figur 2, där procentandelen otillfredsställda med klimatförhållandena anges som funktion av luftens medelhastighet vid tre olika lufttemperaturer. Om kraftiga variationer av lufthastigheten förekommer i vistelsezonen upplevs än lägre medelhastigheter som besvärande. Undersökningar, bl a vid Danmarks tekniska högskola, har visat att

i sådana fall ännu strängare dragkriterier bör tillämpas än vad som anges i ISO-standard.

De rekommendationer beträffande temperaturer och lufthastigheter i ventilerade lokaler som ovan relaterats innebär större fordringar på luftbehandlings-systemen än tidigare. Mer uppmärksamhet måste bli ägnas åt den tillförda luftens fördelning i lokalerna för att de angivna gränserna för temperaturskillnader och lufthastigheter skall kunna innehållas. En noggrann temperaturreglering är också nödvändig, såväl vintertid som sommartid. Det finns dessutom skäl att försöka utnyttja de möjligheter till individuell temperaturreglering som idag erbjuds.

Luftfuktighet

Den internationella standarden ISO 7730 avser i första hand ett temperaturområde med de ungefärliga gränserna +10° C och +30° C. Ett sådant klimat brukar beskrivas som ett neutralt termiskt klimat. Detta motsvarar ett klimat som gäller för de flesta lokaler, fränsett vissa tyngre industrier och exempelvis kylrum

inom livsmedelsindustrin. I ett neutralt termiskt klimat har luftfuktigheten i allmänhet liten inverkan på klimatupplevelsen, i varje fall vid små avvikelser från termisk komfort.

Vid speciellt varma eller kalla klimat används oftast andra klimatkriterier och klimatindex än vad som framgår av ISO 7730. Ett vanligt index vid varma klimat, motsvarande temperaturer över ca 30° C, är indexet WBGT (Wet Bulb Globe Temperature). Detta klimatindex beskrivs närmare bl a i den internationella standarden ISO 7243.

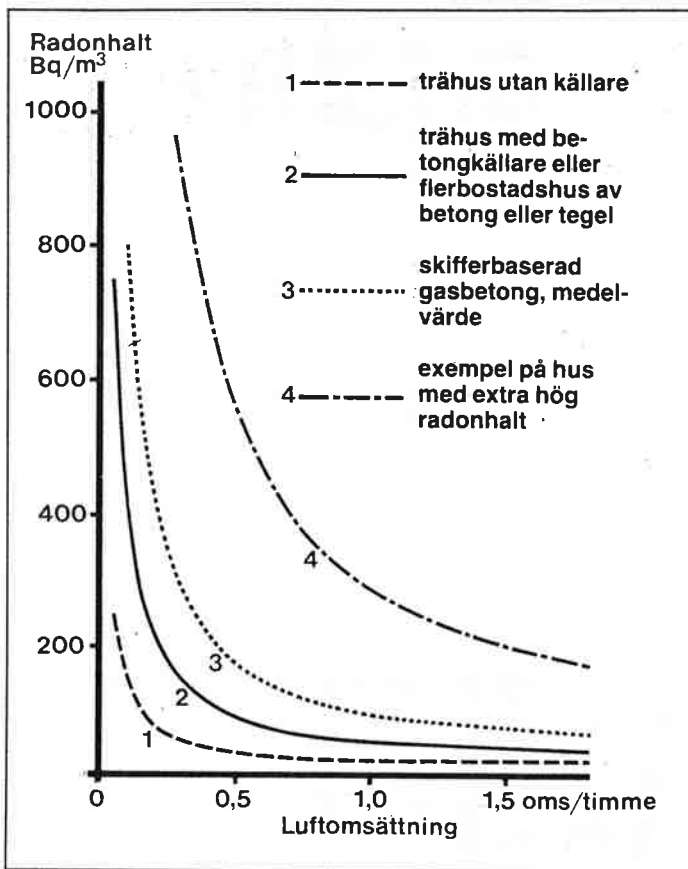
I inomhusmiljö är WBGT-indexet bestämt av naturlig våttemperatur och globtemperatur. Båda dessa temperaturer mäts med speciella givare som specificeras i standarden. I och med att den naturliga våttemperaturen mäts tas också hänsyn till luftfuktigheten vid klimatbedömningen. Det bör här observeras att den naturliga våttemperaturen inte är densamma som våttemperaturen bestämd med psykrometer.

Luftfuktighetens inverkan på klimatupplevelsen kan som framgått anses relativt välkänd. Mera oklart är däremot vilka hälsoeffekter luftfuktigheten kan ge, och då framförallt effekterna av mycket låg luftfuktighet. Flera undersökningar har visat att besvär som uppfattats bero på torr luft i många fall haft andra förklaringar. Vidare finns det exempelvis undersökningar som tyder på att antalet luftvägsinfektioner har reducerats när man vintertid uppfuktat inomhusluften. Att minska halten luftburet damm eller att minska risken för elektrostatiska urladdningar kan också vara skäl till att hålla uppe inomhusluftens fuktighet.

Även alltför hög luftfuktighet bör undvikas. På platser med varmt och fuktigt klimat är det angeläget att utnyttja luftbehandlingsystemen för att sommertid minska luftfuktigheten inomhus. Problemet kan dock uppkomma även på platser med kallt klimat. Ett exempel på detta är mögelproblemen i bostäder, som ofta sammanhänger med att luftfuktigheten stigit till för höga värden på grund av otillräcklig luftomsättning.

Gasformiga föroreningar

Det förekommer ett flertal gasformiga föroreningar i inomhusluften som kan ge upphov till hälsoproblem eller besvär av olika slag. De gasformiga föroreningarna



Figur 3. Radonhalt i hus byggda av olika material som funktion av luftomsättningen. Enligt rapport 54, 1981, från Statens Planverk.

kan i detta sammanhang vara svåra att komma tillrätta med genom ventilations-tekniska åtgärder. Exempelvis är det svårt att finna lämpliga reningsanordningar för att kontinuerligt rena ventilationsluft till en rimlig kostnad, speciellt som halterna av många ämnen i gas- eller ångform måste hållas mycket låga. I vissa fall kan man också befara att det är en samverkan mellan flera av dessa ämnen som leder till besvär, även vid ytterst låga halter.

I industrilokaler hanteras ofta material som avger hälsovådliga föroreningar i gasform. Så långt det är möjligt bör man här kapsla in föroreningskällorna och även ansluta speciella punktutsug för att förhindra att gaserna sprids ut i lokalluften. De föroreningar som ändå inte kan tas omhand på detta sätt måste avlägsnas med hjälp av effektiva system för allmänventilation. Relativt stora flöden av uteluft kan då behöva tillföras.

Då det gäller andra slag av lokaler än industrilokaler är det i första hand avgivningen av gasformiga ämnen från byggnadsmaterial, inredningar och möbler som kan vålla problem. En förorening som bör ägnas speciell uppmärksamhet i detta sammanhang är formaldehyd. Myc-

ket låga halter, ned till ungefär 0,05 ppm (0,00005 procent), har rapporterats ge besvär i form av exempelvis ögonirritationer och huvudvärk.

Som jämförelse kan nämnas att det hygieniska gränsvärdet för formaldehyd på arbetsplatser för närvarande är 0,8 ppm. Då det gäller nya byggnader är formaldehydproblemet i första hand en fråga om materialval. I befintliga byggnader kan däremot ökade luftflöden vara den mest ekonomiska lösningen på problemet.

Oacceptabelt höga halter av gasformiga föroreningar i inomhusluften kan också bero på att uteluften är förorenad. Vanligtvis är halterna i utomhusluften betydligt lägre än de hygieniska gränsvärden som gäller för dessa gaser. Högre värden än gränsvärden kan dock förekomma, bl a för kolmonoxid på hårt belastade trafikleder. Man bör därför noga beakta placeringen av uteluftsintag i byggnader nära sådana trafikleder. Även gränsvärdet för ozon överskrids vid vissa tillfällen i, eller i närheten av, större tätorter.

För uteluft som tillförs bostäder rekommenderas, exempelvis enligt NKB-rapport nr 40, betydligt lägre föroreningshalter än vad som framgår av gällande

Tabell 3. Exempel på högsta tillåtna halter av föroreningar i uteluft som tillförs bostad. Enligt NKB-rapport nr 40, 1981 från Nordiska kommittén för byggnadsbestämmer.

Förorening	Tidsperiod	Tidsvägt medelvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	1 år	60
	24 tim	260
Fotokemiska oxidanter*	1 tim	120
Kolväten (ej metan)	3 tim	160
NO ₂	1 år	100
	1 tim	200

*I huvudsak ozon.

Tabell 4. Hygieniska gränsvärdet för asbest (utom krokidolit).

År	Arbetskyddsstyrelsens anvisning/författningssamling	Hygieniskt gränsvärde (fiber/ml)
1974	Anvisning nr 100	2
1978	Anvisning nr 100, reviderad upplaga	1
1984	AFS 1984:5	0,5

hygieniska gränsvärden, se tabell 3. Generellt rekommenderas enligt denna rapport en högsta föroreningshalt som motsvarar en tiondel av det hygieniska gränsvärdet om inte annat anges.

Partiklar, fibrer

I motsats till de gasformiga föroreningarna kan de partikelformiga avskiljas från ventilationsluft till en rimlig kostnad. Detta betyder bl a att höga halter av partiklar i utomhusluften sällan behöver innebära några problem inomhus. De mera svårbehandlade problemen uppträder i stället vid kraftig emission av partiklar inne i byggnaden. Som en allmän regel gäller dock, liksom för gasformiga föroreningar, att inkapsling av föroreningskällor och inkoppling av speciella punktutsug i första hand bör komma till användning.

Eftersom kostnaderna för rening av ventilationsluft från stoftpartiklar är ganska måttliga ligger det nära tillhands att försöka rena en del av den luft som sugts ut från en byggnad och sedan återföra luften för att därmed minska behovet av uteluft. Det är på detta sätt möjligt att

spara energi i betydande omfattning. Med tanke på att inomhusluften oftast innehåller både gasformiga föroreningar och mycket små partiklar, t ex rökpartiklar, kan dock metoden rekommenderas endast i undantagsfall. Ett mera generellt tillvägagångssätt är att hålla nere föroreningshalterna genom tillförsel av uteluft i erforderlig mängd men samtidigt begränsa energiförbrukningen genom att med värmeväxlare återvinna värme ur den luft som lämnar byggnaden.

Rening och återföring av luft kan dock ha fördelar i speciella tillämpningar. Detta gäller exempelvis i skolorna rum, som numera används bl a inom elektronikindustrin, finmekanisk industri och i operationssalar för ortopediska operationer. I dessa sammanhang är det i första hand en partikelfri luft som eftersträvas. Genom användning av kvalificerade filter med mycket hög avskiljningsgrad, även för partiklar med en diameter ned till 0,1 µm, har extremt låga partikelhalter kunnat uppnås.

Det är dock inte enbart i industrier med mycket ren tillverkning eller på sjukhus som lägre partikelhalter i inomhusluften krävs. De hygieniska gränsvärdena för partikelformiga föroreningar har i många fall sänkts under senare år, vilket innebär att bättre inkapsling och effektivare ventilationssystem måste tillgripas på många arbetsplatser. Trots önskvärdheten av att spara energi kan det också betyda att uteluftsflödena behöver ökas.

Speciell uppmärksamhet måste i detta sammanhang ägnas åt luftburet stoft i fiberform, i första hand asbest. I äldre byggnader förekommer asbest både i värme- och ventilationssystem, ja t o m i tilluftssystemen. Att avlägsna, eller på ett betryggande sätt inkapsla, asbesthaltiga material är därför en angelägen uppgift. Som framgår av *tabell 4* har det hygieniska gränsvärdet för asbest nu sänkts till 0,5 fiber per milliliter.

Mikroorganismer

En mängd olika slag av mikroorganismer förekommer i inomhusluften. Det är dock relativt sällan som de leder till allvarliga hälsoproblem. Detta beror på att luften är för torr och för kall för att många av de vanliga infektionsframkallande bakterierna skall överleva någon längre tid. Andra slag av bakterier och mikroorganismer, som exempelvis kan ge upphov till allergier, överlever och tillväxer däremot ofta i inomhusmiljö.

En bakterie som bör ägnas särskild uppmärksamhet är Legionella-bakterien.

Denna bakterie kan ge upphov till legionärssjuka som är en besvärlig form av lunginflammation. Det är framförallt två spridningsvägar som är vanliga i byggnader. Dels kan bakterien tillväxa i varmvattensystem och spridas via duschar och tappvattenkranar, dels kan den tillväxa i kyltornsanläggningar och sedan överföras till inomhusluften via öppna fönster eller luftintag till luftbehandlingssystem. Var kyltorn placeras är förhållande till omgivande byggnader är därför viktigt. Likaså är det viktigt att kyltornen underhålls för att minska risken för bakterietillväxt. Det är värt att notera att det inte finns några rapporterade fall av legionärssjukan där spridningen skett via luftbehandlingssystem, förutom de fall då Legionella-bakterien växt till i kyltorn eller evaporativa kondensorer.

Ett annat mer omfattande problem med mikroorganismer i inomhusmiljön är tillväxten av mögel på grund av hög luftfuktighet eller fuktiga byggnadsmaterial. Detta problem är särskilt vanligt i bostäder. På arbetsplatser där fuktiga material hanteras, t ex inom träindustrin, är det också relativt vanligt att tillväxt av mikroorganismer ger upphov till hälsoeffekter. Oftast uppträder besvären då i form av akuta feberreaktioner. Inom grafisk industri har det också förekommit liknande problem i och med att mikroorganismer tillväxt i de luftfuktare som används för att fukta upp luften i lokalerna. Genom regelbundet underhåll av luftfuktarna och genom att välja sådana fuktare som inte avger vattnet i droppform kan problemerna undvikas.

Om utomhusluften innehåller oacceptabelt höga halter av bakterier, sporer eller pollen kan en stor del av dessa avskiljas i lämpliga filter i tilluftssystemen. För detta ändamål fordras dock filter som har hög avskiljningsförmåga även för mycket små partiklar.

Radon och luftjoner

Av föroreningarna i inomhusluften hör radon till de allvarligaste. Det är i första hand alfastrålningen från radonets dotterprodukter som kan ge skadeeffekter. Problemet är vanligast i bostäder, främst i småhus med låg luftomsättning. Radon bildas genom sönderfall av radium som förekommer i många material i naturen. Eftersom radonet är en gas frigörs det lätt från olika byggnadsmaterial eller från marken under byggnaden.

Höga radonhalter har uppmätts i hus byggda av gasbetong som är baserad på alunskiffer. Alla stenmaterial innehåller

dock radium i större eller mindre mängd. Med otillräcklig ventilation kan därför radonhalten bli betydande även i hus byggda av andra stenmaterial. Till och med i trähus utan källare kan radonhalten bli oacceptabelt hög om inte god ventilation upprätthålls, jämför *figur 3*.

De högsta radonhalterna i bostäder har uppmätts då radonet kommer från marken under byggnaden. I sådana fall bör ventilationssystemen inte utformas så att kraftiga undertryck uppstår i byggnaden, eftersom detta kan leda till att radongas suges in. Det kan i stället vara fördelaktigt att installera ett speciellt ventilationsystem för att suga ut radongasen från marklagret under byggnaden.

Radonets hälsoeffekter är sedan länge relativt väl kända från gruvmiljöer. Med utgångspunkt från dessa erfarenheter har högsta rekommenderade värden för bostäder framräknats. I befintliga bostäder bör med nuvarande bestämmelser radon-dotterhalten inte uppgå till mer än 400 Bq/m³. Det är då viktigt att observera att radon-dotterhalten vanligtvis motsvarar endast ca halva radongashalten i bostäder med normal luftomsättning, dvs ca 0,5 omsättningar per timme.

Om radonets hälsoeffekter kan anses relativt väl kända råder det betydligt större osäkerhet om, och i vilken grad, luftjoner kan påverka hälsan eller leda till någon form av besvär. Vad som är klart är att halten av lätta luftjoner oftast är betydligt lägre inomhus än utomhus.

Speciellt låga jonhalter har uppmätts i lokaler med kraftigt förhöjda partikelhalter, exempelvis lokaler där rökning förekommer. Genom att rena inomhusluften från partiklar kan man hålla jonhalten i nivå med de halter som råder utomhus. Luftbehandlingssystemens utformning, t ex tilluftskanalernas längd, har däremot endast marginell inverkan på halten av luftjoner inomhus.

Lösningarna finns

Som ovan framgått kan flertalet av de klimatproblem som uppträder inomhus lösas med hjälp av effektiva och rätt dimensionerade luftbehandlingssystem. Kraven på bra inomhusklimat, i form av bra termisk komfort och bra luftkvalitet, kan således tillgodoses genom att installera mer kvalificerade system för uppvärmning och ventilation — system som redan idag finns tillgängliga. Oftast är en sådan investering mycket lönsam med hänsyn till att inomhusklimatet i hög grad påverkar hälsa, trivsel och prestationsförmåga.