

INOMHUSKLIMAT

ÖREBRO 2000

**Konferens i Örebro
14 -15 mars 2000**

Konferensen är den sjätte i en serie beträffande inomhusklimat. Den första hölls i september 1985 och behandlade väsentliga utredningsstrategier, den andra i april 1988 inriktades mot mätteknik och den tredje i mars 1991 beskrev hur man kan erhålla ett bättre inomhusklimat i såväl nyproduktion som befintlig bebyggelse. I mars 1994 hölls den fjärde, som tog upp nya tekniker för att på ett objektivt sätt registrera medicinska effekter av inomhusklimatet och redovisade exempel på "goda" inomhusmiljöer. Den femte, som hölls i mars 1997, ägnades åt hälsoaspekter där frågor om allergi och annan överkänslighet togs upp, samt tekniska erfarenheter av fukt-, ventilations- och materialfrågor.

Förord

Konferensen "Inomhusklimat Örebro 2000" är den sjätte sedan 1985 som anordnas av Yrkes- och miljömedicinska kliniken vid Regionsjukhuset i Örebro.

Programkommittén har tillsammans med inbjudna föredragshållare utarbetat frågor kring konferensämnet. De inbjudna föredragshållarna har även ombetts att i förväg skriva en sammanfattning av presentationen under konferensen. I denna bok presenteras dessa sammanfattningar.

Programkommittén har inte krävt någon strikt form för de enskilda avsnitten utan föredragshållarna har kunnat välja mellan att mera formellt besvara frågorna eller att skriva en fri redogörelse kring ämnet. På samma sätt har valfrihet givits att presentera inlägget fullständigt eller i förkortad version. För sakinnehållet i varje inlägg ansvarar respektive författare.

Vid denna sjätte konferens behandlas under första dagen nya kunskaper vad gäller hälsa och inneklimat samt hur olika mätresultat kan tolkas.

Under andra dagen behandlas effekten av nya lagar, riskkommunikation samt framtidsvyer. Mäter vi rätt saker? Finns det fler viktiga faktorer utöver de tekniska som påverkar upplevelsen av ohälsa? Avslutningsvis spekuleras i hur framtida material och konstruktioner påverkas av fukt samt hur vi kommer att värma resp ventilera våra byggnader.

Göran Stridh

Kjell Andersson

Innehållsförteckning

Session 1.

Medicinska aspekter.

- Per-Olof Östergren:* Tredje vågens sjukdomar – en stor utmaning.
Örjan Strannegård: Allergi och inomhusklimat.
Jan-Erik Juto: Slemhinnereaktioner – möjliga mekanismer.
Sören Kjaregaard: Kontrollerade exponeringsförsök.

Session 2.

Tolkning av mätresultat.

- Ingemar Samuelsson:* Vilka slutsatser kan man dra av fuktmätningar?
Aino Nevalainen: Vilka slutsatser kan man dra av mikrobiologiska mätningar?
Göran Stridh: Vilka slutsatser kan dra av kemiska mätningar?
Kjell Andersson: Kan man från mätresultaten uttala sig om hälsorisker?

Session 3.

Aktualiteter.

- Christina Hjulström:* Miljöbalken.
Bengt Larsson: Förvaltarens vardag.
Lars-Erik Warg: Varför blir det lätt oro kring miljöfrågor?

Session 4.

Framtidsvyer.

- Aino Nevalainen:* Mäter vi rätt saker vad gäller mikrobiologi?
Peder Wolkoff: Mäter vi rätt saker vad gäller kemi?
Bengt Dahm: Helhetssyn på skolmiljön.
Kjell Andersson: Helhetssyn på boendemiljön.
Arne Elmroth: Fukt i material och konstruktion.
Sten Olaf Hanssen: Ventilations- och uppvärmningssystem.

Deltagande föreläsare

ANDERSSON KJELL, överläkare, Yrkes- och miljömedicinska kliniken, Regionsjukhuset, 701 85 Örebro.

DAHM BENGT, miljöchef, SISAB, Box 49, 121 21 Johanneshov.

ELMROTH ARNE, professor, Bygg- och Energiteknik, Möllerörs-gatan 27, 216 11 Malmö.

HANSEN STEN OLAF, professor, Institutt for klima- og kuldteknikk, Norges teknisk naturvitenskapelige universitet, NTNU Trondheim, Norge

HJULSTRÖM CHRISTINA, advokat, Advokatfirma Frenander AB, Kungsgatan 1, 702 11 Örebro.

JUTO JAN-ERIK, docent, Öron- näsa- halskliniken, Huddinge universitetssjukhus, 141 86 Huddinge.

KJAERGAARD SÖREN, docent, Institutionen för Miljø og Arbejdsmedicin, Aarhus Universitet, DK-800 Aarhus, Danmark.

LARSSON BENGT, fastighetsingenjör, AB Familjebostäder, Box 49103, 100 28 Stockholm.

NEVALAINEN AINO, docent, National Public Health Inst. PO Box 95, Fin 70701 Kuopio, Finland.

SAMUELSSON INGEMAR, professor, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Energiteknik, Box 857, 501 15 Borås.

STRANNEGÅRD ÖRJAN, professor, Virologlab, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Guldhedsgatan 10 B, 413 46 Göteborg.

STRIDH GÖRAN, teknisk chef, Yrkes- och miljömedicinska kliniken, Regionsjukhuset, 701 85 Örebro.

WARG LARS-ERIK, docent, Yrkes- och miljömedicinska kliniken,
Regionsjukhuset, 701 85 Örebro och Forskningscentrum Människa –
Teknik - Miljö, Örebro universitet, 701 82 Örebro.

WOLKOFF PEDER, Dr.med., Lic.scient., Arbejdsmiljøinstituttet,
Lersø Parkallé 105, 2100 København, Danmark.

ÖSTERGREN PER-OLOF, docent, Institutionen för
Samhällsmedicin, Universitetssjukhuset MAS, 205 02 Malmö.

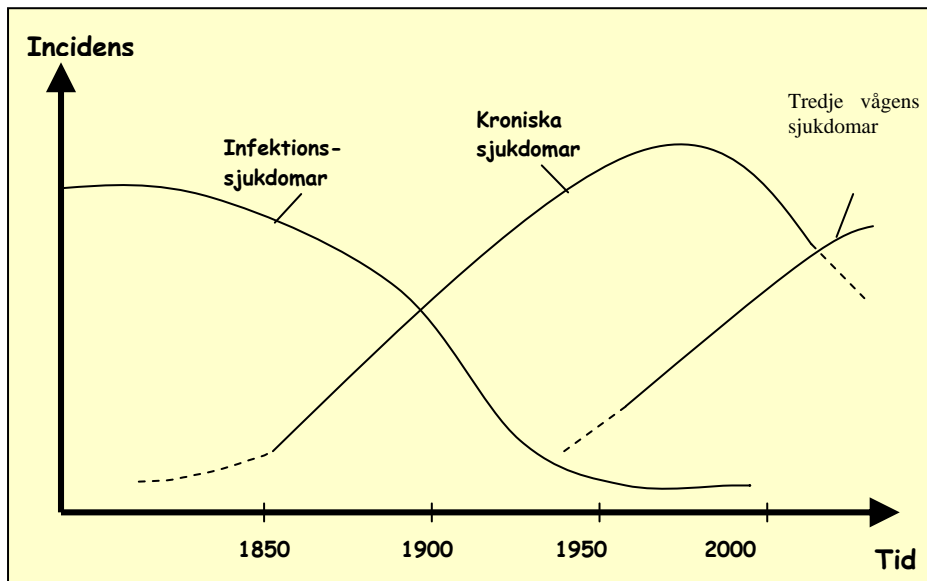
Session 1. Medicinska aspekter

Tredje vågens sjukdomar – en stor utmaning

- 1.1 Vad menas med tredje vågens sjukdomar?
- 1.2 Varför uppkommer dessa sjukdomar nu?
- 1.3 Vad betyder dessa ur folkhälsosynpunkt?
- 1.4 Vad kan sjukvården/samhället göra?

Per-Olof Östergren

Under den senaste tiden har det kommit alarmerande rapporter från Riksförsäkringsverket om en kraftig ökning av antalet långtidssjukskrivningar. Man konstaterar samtidigt att det delvis rör sig om ”nya” grupper av arbetstagare som står för en avsevärd del av denna ökning. Vidare att det ofta rör sig om oklara symptom som ibland kallas utbrändhet, kronisk trötthetssyndrom, kroniska smärtsyndrom, etc. Oftast förknippas dessa med stress, konflikter och arbetsorganisatoriska missförhållanden. Är detta början på en ny utveckling och vad beror den i så fall på? Och framförallt, vad kan vi göra för att förebygga denna typ av sjuklighet?



Figur 1

Tanken i Figur 1 lanserades för ca tjugo år sedan och kan tjäna som utgångspunkt för en diskussion. Den illustrerar sjukdomspanoramata i de ekonomiskt mest utvecklade länderna i ett tidsperspektiv. Det är välbekant att infektionssjukdomarna under lång tid dominerade mänsklighetens sjukdomspanorama, en trend som bröts i vår del av världen under den senare delen av 1800-talet. Samtidigt såg man under första hälften av 1900-talet en kraftig ökning av kroniska icke smittsamma sjukdomar, d v s framför allt hjärtkärlsjukdomar och tumörsjukdomar. Det diskuterades till att börja med om detta var ”ersättningsjukdomar” d v s om de ökade för att

befolkningen i genomsnitt blev äldre och således gamla nog för att insjukna i dessa tillstånd eller om det rörde sig om en reell ökning av denna typ av sjukdomar.

Åtminstone vad det gäller den största gruppen, nämligen hjärt-kärlsjukdomar så blev man snart varse att det gällde en reell och mycket kraftig ökning. I vissa länder som t ex USA och Finland ökade incidensen av kranskärlssjukdom mycket kraftigt för att kulminera på 1970-talet. Då bedömdes situationen som mycket allvarlig och mycket stora ansträngningar initierades för att bryta denna trend. Uppenbarligen lyckades det också, trots att de interventioner som gjordes (och fortfarande görs) riktade sig mot riskfaktorer som man bedömer ligga bakom högst hälften av sjukligheten. Det är därför oklart hur kranskärlssjukdomarna kunnat minska med cirka 50% i såväl USA som Finland.

Samtidigt menar många forskare att man redan under 1980-talet sett tendenser till en ny typ av sjuklighet som kan komma att bli en dominerande orsak till ohälsa i vårt moderna samhälle. Denna sjuklighet är visserligen inte av dödlig natur i de flesta fall, men medför stort individuellt lidande och funktionsbortfall som bl a visar sig i form av sjukskrivningar, förtidspension och ökat vårdutnyttjande. Denna ”tredje vågens” sjukdomar har kallats ”samhällssjukdomar” (Grund och medarbetare, 1982) alternativt ”tillitsbristsjukdomar” (Borgenhammar, 1997).

Begreppet ”samhällssjukdomar” lanserades för att markera att de på något sätt tydligt har med samhället att göra, t ex genom att människor blir socialt marginaliserade, segregerade eller diskriminerade, vilket på olika sätt leder till sämre välbefinnande och hälsa. I den första vågens sjukdomar var den sjukdomsframkallande faktorn infektiösa agens, d v s virus eller bakterier, i den andra vågen förknippades sjukdomsorsakerna framförallt med individuella levnadsvanor medan den tredje vågens sjukdomar tydligare knyts till förändringar i samhällsutvecklingen.

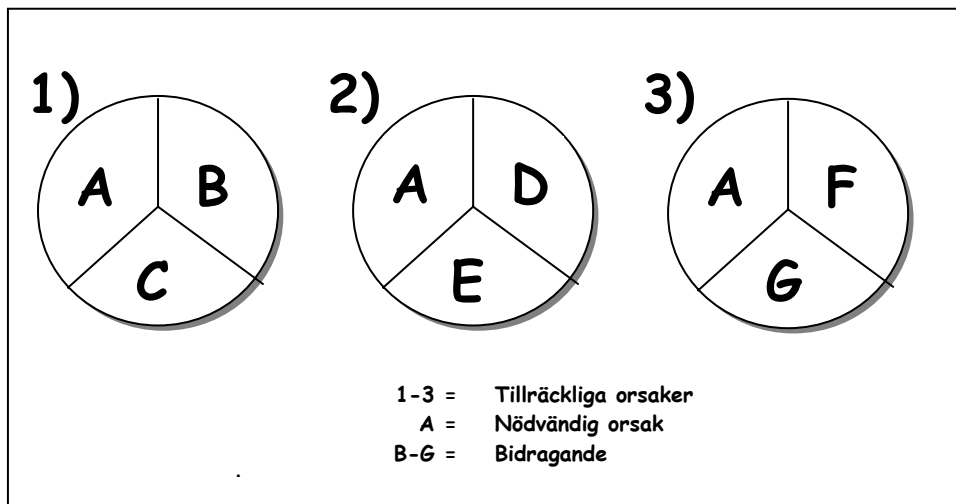
Begreppet ”tillitsbristsjukdomar” pekar på en del i en tänkt orsakskedja där samhällsförändringar leder till en situation där många individer förlorar sin tillit till varandra och till samhällets förmåga att fungera som en pålitlig resurs i olika sammanhang. Detta knyter an till den aktuella diskussionen om det sociala kapitalets betydelse för folkhälsan. I denna har man fört fram just tillit som ett centralt begrepp (Östergren, 1999).

"Tredje vågens" sjukdomar (?)

- ▶ **Kroniskt trötthetssyndrom**
- ▶ **Kroniska smärtsyndrom**
- ▶ **"Sensiteringssyndrom"**
 - **El-allergi**
 - **Amalganöverkänslighet**
 - **Symtom relaterade till inomhusklimat**
 - **Bronchiell hyperreaktivitet**

Tabell 1

Vilka tillstånd kan då tänkas ingå i den tredje vågens sjukdomspanorama? Sannolikt finns det olika meningar om detta men jag skulle vilja hävda att diagnoser som kroniskt trötthetssyndrom, kroniska smärtor i rörelseorganen och olika "sensiteringstillstånd" t ex elallergi, amalgamöverkänslighet, bronkiell hyperreaktivitet, symptom relaterade till inomhusklimatet, etc; bör ingå i denna grupp. Anledningen till att sammanföra dessa mycket olika tillstånd, som dessutom förefaller ha helt olika orsaker, bygger på en hypotes om en gemensam nämnare. Nämligen att en viktig och möjligen nödvändig, men oftast inte tillräcklig faktor i deras uppkomst kan knytas till stressfysiologiska mekanismer.



Figur 2 (Efter Rothman 1986)

I Figur 2 framgår i form av sk-pajdiagram epidemiologen Rothmans (1986) sätt att illustrera sjukdomsorsaker. Han framhåller att de flesta sjukdomstillstånd har mer än en orsak, vidare att dessa orsaker i sin tur oftast är sammansatta av flera delkomponenter. En viss grupp av sådana delkomponenter som tillsammans kan orsaka en sjukdom, benämns av Rothman som en tillräcklig orsak till denna sjukdom. Om en delkomponent återfinns i alla tillräckliga sjukdomsorsaker kallas de för en nödvändig orsak. Delkomponenter som bara förekommer i en del av de tillräckliga orsakerna kallas bidragande orsaker. En bidragande orsak kan ibland vara den utlösande faktorer och därför lätt uppfattas som den enda orsaken till tillståndet.

Av detta följer givetvis att det räcker med att undanröja den nödvändiga orsaken för att utrota sjukdomen ifråga. När en bidragande orsak finns i många av de tillräckliga orsakerna eller i den eller de tillräckliga orsaker som är vanligast förekommande så är det givetvis ett gott alternativ att undanröja en sådan, även om inte riktigt alla fall av sjukdomen då förhindras.

Om man vänder på perspektivet så kan denna modell hjälpa oss förstå hur ”nya” sjukdomar plötsligt kan uppstå. Nämligen om den gemensamma nämnare som antyddes är just en sådan nödvändig orsak (eller en vanlig bidragande orsak) till dessa sjukdomstillstånd. Om exempelvis denna nödvändiga orsak är en stressfaktor som uppträder med en snabbt ökande

förekomst i befolkningen, p g a samhällsförändringar som skapar en brist på tillit, så skulle det kunna resultera i en snabbt ökande förekomst av sjukdomar som uppfattas som nya.

Det finns i denna situation en uppenbar möjlighet att om dessa sjukdomar består av flera, ganska olika, symptom eller syndrom som dessutom uppträder i helt olika miljöer, så kommer dessa tillstånd att tolkas som helt olika sjukdomar med helt orelaterade orsaker. Nämligen om det är på det sättet att det finns ett stort antal bidragande orsaker som bara finns i en mindre del av de tillräckliga orsakerna och dessa bidragande orsaker i många fall bara finns i specifika miljöer.

En annan följd av denna situation blir lätt att alla försök att hitta orsaken eller orsakerna till en viss variant av dessa nya sjukdomar kommer att ske med en snäv inriktning mot en viss specifik miljö. Det är då tänkbart att ansträngningarna då i själva verket inriktar sig på bidragande orsaker som bara förekommer i en viss del av de tillräckliga orsakerna även i denna specifika miljö och man missar då den/de nödvändiga orsaken/erna.

Denna konferens handlar om symptom relaterade till inomhusklimatet och jag vill därför använda dessa tillstånd som exempel. Det är nog ganska allmänt erkänt att sådana tycks uppstå i ett sammanhang där såväl fysikaliska, psykologiska och sociala mekanismer skapar ett ganska typiskt mönster (Thörn, 1999). När dessa symptom uppstått genomförs vanligen mätningar av fysikaliska och kemiska exponeringar, vilket sällan ger en entydig bild. Vissa delvis framgångsrika saneringsåtgärder grundade på dessa mätresultat genomförs, men symptomen återkommer inte sällan utan att de tidigare misstänkta faktorerna kan påvisas denna gång. Situationen leder till motsättningar mellan olika aktörer, t ex fastighetsägare, verksamhetsföreträdare, miljöexperter och anställda/hyresgäster. Ett karakteristiskt mönster utvecklas, där just avsaknaden på tillit är mycket påtaglig.

Frågan är då hur brist på tillit kan skapa dessa symptom. Saknar fysikaliska och kemiska exponeringar helt betydelse? Jag menar att problemet är att man ofta ser en motsättning mellan dessa faktorer. Låt oss undersöka tesen att de samverkar vid uppkomsten av symptom relaterade till inomhusklimatet. För att utveckla detta tar jag Rothmans modell för orsaker och den s k stress-sjukdomsteorin till hjälp.

Stress-sjukdomsmodellen innebär helt kort att individer som utsätts för någon form av hot reagerar på ett fysiologiskt stereotypt sätt genom att skapa ett "undantagstillstånd" i kroppen. Detta har kallats kamp-flyktreaktionen, vilket människan intressant nog har gemensamt med alla ryggradsdjur. Man kan därför anta att denna reaktion har ett mycket stort överlevnadsvärde för alla arter av ryggradsdjur, inklusive människan.

Ett problem för vår art är att de vanligaste hoten som individer upplever i det moderna samhället inte kan hanteras med direkt kamp eller flykt. Exempelvis ett diffust upplevt hot mot den egna hälsan. Detta får hanteras på andra sätt, d v s genom mer indirekta former av coping. Coping handlar om att hantera situationer som utgör ett potentiellt eller manifest hot mot individen. Dessa kännetecknas av att individen bedömer sig ha otillräckliga resurser för att hantera olika belastningar i omgivningen. Sådana belastningar kan i princip vara av vilken form som helst, fysikaliska, kemiska, psykologiska eller sociala.

En viktig form av individens coping är att söka socialt stöd från det sociala nätverket. Detta stöd kan vara av olika typer, t ex materiellt stöd, stöd genom information eller känslomässigt stöd. Brist på tillit kan mycket väl definieras som en förväntad brist på socialt stöd. D v s upplevd avsaknad av en viktig möjlighet till coping. Detta är givetvis en subjektiv upplevelse som kan vara objektivt korrekt. D v s det finns inte tillgång till socialt stöd när individen söker det. Det kan också vara objektivt felaktigt, vilket betyder att individen inte använder sitt sociala stöd även om det skulle vara möjligt. En uttalad upplevd brist på socialt stöd eller tillitsbrist, kan medföra att relativt måttliga belastningar inte kan hanteras av individen. Med andra ord så minskar copingförmågan påtagligt och sårbarheten för potentiella stressfaktorer ökar. Detta innebär att kamp-flyktreaktionens fysiologi kan lätt utlösas av olika former av hot i omgivningen.

Denna reaktion skall omprioritera fysiologins långsiktiga funktioner, d v s metabolism och reparation och en ur energisynpunkt kostnadseffektiv balans med omgivningen, till en kortsiktig överlevnad där fysisk styrka och förmågan att hantera akut skada står i centrum. Detta innebär en kedja av händelser. Så snart vi genom medveten bearbetning av sinnesintryck har kommit till insikt om ett manifest hot så följer ett antal länkade händelser. Via nervbanor i hjärnstammen (där viktiga samordningsfunktioner av såväl våra s k vitalfunktioner som andning, cirkulation, etc, styrs såväl som våra känslor) så initieras via perifera nervbanor och s k

stresshormoner (framförallt adrenalin och noradrenalin) bli följande: En ökad andningsfrekvens och hjärtfrekvens, en omdirigering av blodvolymen från inre organ till skelettmuskulatur, en höjning av blodsockernivån, en ökning av blodets koagulationsförmåga och en ökad vakenhet och förmåga till mental fokusering. Detta upplevs på ett mycket påtagligt sätt av individen själv, vilket vi alla har erfarenhet av då vi blivit mycket arga eller rädda. Förutom att det sker en nivåhöjning av noradrenalin/adrenalin så påverkas frisättningen av korticosteroider framförallt kortisol. Detta påverkar också olika immunfunktioner på ett komplicerat sätt.

Kamp-flyktreaktionen förefaller adekvat i lägen där den omedelbara fysiska överlevnaden står på spel, t ex när en björn plötsligt rusar mot oss från ett buskage. Vi får då betänka att vi under de första 98% av vår existens var jägare/samlare, där detta verkar vara ytterst ändamålsenligt. Så även i viss mån under de 1,95% av vår stund på jorden som vi varit jordbrukare och levt nära naturen. Mer tveksamt blir det i industrisamhället som representerar mindre än 0,5% av vår arts historia och informations-samhället som existerat mindre än 1/10 av denna minimala andel.

Det krävs betydligt längre tider för att även kraftiga genetiska selektionstryck skall påverka vår genetiska sammansättning. Särskilt om det gäller för genetiskt så gamla egenskaper att de delas av alla ryggradsdjur. Det är därför inte så konstigt att informationssamhällets människor fortfarande fungerar som stenåldersmänniskan då vi fastnar i bilkön, råkar ut för datorstopp eller känner att jobbet är hotat genom ytterligare en omorganisation av verksamheten. Dessa händelser har ju också det gemensamt att de inte lämpar sig att slåss fysiskt med eller bokstavligen springa ifrån.

Om vissa sådana händelser tenderar att hända ofta, eller bli långt utdragna i tiden uppträder kroniska effekter, som förhöjt blodtryck, muskelspänningar, olustkänslor/nedstämdhet, rubbningar i den metabola balansen, mag/tarmstörningar, störningar i immunförsvaret, etc. Detta är direkta följder av ett kroniskt ökat pådrag av de sk stresshormonerna. Vissa forskare har påpekat att detta kanske inte är detsamma som manifest sjukdom men individen blir mer sårbar för utveckling av sjukdom under sådana förhållanden. Med andra ord så kanske ett samtidigt förhöjt blodkolesterol snabbare leder till en åderförkalkningsprocess, en olämplig fysisk belastning mer sannolikt leder till kronisk muskelsmärta, en exponering för virus leder oftare till en infektion, etc. Denna sårbarhet kan spela stor roll i tredje vågens sjukdomar.

Viktigt i detta sammanhang är också att även om de fysiologiska konsekvenserna av kronisk eller ofta återkommande akut stress inte är direkta sjukdomstillstånd, så uppfattas de ofta av individen som symptom som skapar oro för sjukdom (t ex hjärklappning, muskelsmärta, symptom från mag/tarmkanalen) och leder till sjukvårdskontakter. Ofta blir resultatet av dessa kontakter att alla prover visar sig vara bra och att problemen uppges ha troliga ”psykiska” eller ”psykosomatiska” orsaker. Sannolikt menar då den medicinska professionen precis det som jag beskrivit ovan. Dessvärre tolkas ofta detta av patienten/lekmannen som att man inte tar de mycket påtagliga fysiologiska symptomen på allvar, eller som att man uppfattas som ”inbillningssjuk”, etc. Detta kan lätt leda till att tilliten till sjukvården minskar och oron för den egna hälsan kan bli en egen påtaglig orsak till stress. D v s en ond cirkel kan lätt etableras.

Vi har i vår forskargrupp intresserat oss för sambandet mellan ospecifika symptom och stress och försökt klarlägga detta i en studie av 300 medelålders kvinnor som utvaldes slumpvis ur befolkningen i en kommun, d v s de var inte rekryterade från en patientpopulation. Ett index konstruerades av de femton vanligaste kontaktorsakerna i primärvården (Krantz, 1998).

Vanligaste orsakerna till kontakt med primärvården	
i en allmän vuxen befolkning (ej rankade)	
▶ Andningsbesvär	▶ Nedstämdhet
▶ Bröstmärta	▶ Nervositet, oro eller ängslan
▶ Hjärklappning	▶ Håglöshet
▶ Huvudvärk	▶ Rastlöshet
▶ Irritation	▶ Ryggbesvär
▶ Ledbesvär	▶ Sura magbesvär
▶ Magsmärtor	▶ Trötthet
▶ Muskelspänning	

Tabell 2 (Krantz, 1998)

Kvinnor som angav tre eller fler av dessa symptom klassades som "fall". Dessa utgjorde ungefär en fjärdedel av denna "normalfriska" befolkning. Vi fann vidare att risken att vara fall fördubblades om man var arbetslös, om man arbetade i ett högstressande arbete eller om man hade ett dåligt socialt deltagande eller dåligt socialt stöd. Vår slutsats är att ospecifika symptom sällan är ett uttryck för en etablerad sjukdom utan starkt knutna till levnadsförhållanden som skapar stress och att detta är mycket vanligt i vårt moderna samhälle och sannolikt ett ökande problem.

Låt oss nu vända tillbaka till symptom relaterade till inomhusklimatet. Låt oss anta att det finns ett antal kemiska och/eller fysikaliska faktorer som kan framkalla ospecifika symptom från ögon och slemhinnor i en viss koncentration. Detta inträffar och leder till mätningar varvid det konstateras att halten av t ex flyktiga organiska substanser är för hög. En sanering genomförs och kontrollmätningar visar att halterna är långt under gränsvärdena. Hyresgästerna/arbetstagarna flyttar tillbaka och symptomen återkommer inte omedelbart.

I den händelse att arbetsplatsen är föremål för omorganisation eller vissa av arbetstagarna är utsatta för en psykologiskt anspänd (dvs stressande) arbetssituation, vilket ju förekommer på de flesta arbetsplatser, så kan detta leda till att en del av arbetstagarna drabbas av stressrelaterade diffusa symptom. Arbetsplatsen är nu redan "sensiterad" för inomhusmiljön, vilket leder till en ökad uppmärksamhet mot diffusa symptom, vilket i sin tur leder till att en ökning kan upplevas även om detta inte är fallet (alternativt till att en måttlig ökning uppfattas som alarmerande). Nya mätningar initieras som inte ger något konklusivt resultat. En del exponeringar kan vara strax under de gränsvärden där dokumenterade nivåer börjar ge symptom, men bedöms dock inte utgöra orsaken till besvären. Detta godtas inte av de exponerade arbetstagarna, tilliten sjunker snabbt och stressnivån ökar kraftigt genom oron för den egna hälsan.

Här kan man tänka sig två alternativ: Antingen leder stressen till en sårbarhet som sänker tröskeln för känd skadlig inverkan av något existerande agens (sådana trösklar är ofta fastställda genom exponering av försökspersoner som inte kan antas vara mer stressade än normalt). Alternativt är dessa symptom övervägande orsakade av en ökad stressnivå. I båda fallen är det omöjligt att dra några slutsatser av sedvanliga exponeringsmätningar. Den enda möjligheten torde vara att försöka mäta både stressnivå

och exponering, alternativt att omvärdera exponeringsnivåerna avseende fysikaliska och kemiska faktorer för "sårbara populationer".

Ytterligare en faktor bör nämnas, nämligen möjligheten att en psykologisk betingning kan spela en stor roll. Detta kan tänkas ske när tydligt förnimbara stimuli existerar som kan förknippas med närvaro av en misstänkt exponering, t ex ljud, ljus, smak, lukt eller känselsensationer. När det gäller symptom relaterade till inomhusklimatet, kan rimligen luktförmålor vara av sådan betydelse. Det handlar då om lukt som av individen sätts i samband med en exponering som misstänkts framkalla besvären.

Detta leder till ett upplevt hot som genom stress framkallar ospecifika symptom där särskilt de symptom som förväntas uppträda i samband med den misstänkta exponeringen fokuseras av individerna. Sådan betingning kan framkalla förvånansvärt specifika symptom. Det är t ex välbekant att en person som är allergisk mot prästkragar, kan drabbas av sina specifika allergiska symptom vid åsynen av prästkragar, trots att dessa vid en kontroll visar sig vara konstgjorda (d v s specifikt agens saknas helt!). Detta medför som allmänt bekant en ytterligt stor pedagogisk utmaning för den som är satt att intervensera i exempelvis en situation som gäller symptom relaterade till inomhusklimatet där tilliten är mycket låg.

Sammanfattningsvis: Vissa forskningsresultat ger stöd för teorin att en allmänt ökande stressbelastning i det moderna samhället ligger bakom den "tredje vågens" sjukdomar.

Detta riskerar bli extra påtagligt när tilliten i befolkningen sjunker som en följd av en utarmning av det s k sociala kapitalet vilket minskar möjligheterna till effektiv coping i allt större andelar av befolkningen. Rothmans orsakmodell visar på möjligheten att stress kan vara såväl bidragande, nödvändiga och kanske t o m tillräckliga orsaker till syndrom/symptom som ofta räknas till den tredje vågens sjukdomar.

Detta kan vara förklaringen till att mätningar av fysikaliska/kemiska exponeringar ger långt från konsekventa resultat när det exempelvis gäller symptom relaterade till inomhusklimatet, utan att betydelsen av sådana exponeringar behöver ifrågasättas. Om så är fallet behövs kompletterande mätningar av psykosociala faktorer som arbetsrelaterad stress eller tillitnivå, för att förstå sjukdomsmekanismerna och kunna intervensera på ett adekvat sätt.

Referenser

Borgenhammar E, Olin R. Tillitsbristsjukdomar - myt eller verklighet. Stockholm: Nationella Folkhälsokommittén, 1998.

Grund J, Hjort PF, Lerche C, Mork T, Norman T, Quivey M, Siem H. Helseplan for 1980-åra. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag, 1982.

Krantz G. Mätinstrument för symptom hos medelålders kvinnor. MPH 1998:4. Göteborg: Nordiska Hälsovårdshögskolan, 1998.

Rothman KJ. Modern Epidemiology. Boston: Little, Brown and Co., 1986.

Thörn Å. The emergence and presevation of sick building syndrome. Research challenges of a modern age disease. Academic thesis. Stockholm Karolinska Institutet, 1999.

Östergren P-O. Sociala relationer och social miljö i ett preventivt perspektiv. I: Orth-Gomér K, Perski A (Red). Preventiv medicin i teori och praktik. Lund: Studentlitteratur, 1999.

Allergi och inomhusklimat

- 2.1 Varför ökar allergierna?
- 2.2 Vad betyder en förändrad mikrobiologisk belastning?
- 2.3 Vilken roll spelar inomhusklimatet?
- 2.4 Vad är det för skillnad mellan allergier och annan överkänslighet?

Örjan Strannegård

Ordet allergi betyder ”ändrat reaktionssätt” och används som samlingsnamn för flera olika typer av överkänslighetsreaktioner. Den vanligaste formen av allergi är den som betecknas som ”atopisk” och främst innefattar hösnuva, astma och eksem. Den atopiska allergin är medierad av IgE-antikroppar och de allergiska reaktionerna utlöses efter bindning av allergen till IgE-antikroppar som är bundna till i första hand mastceller. En annan typ av allergiska reaktioner (typ 3) medieras av IgG-antikroppar, som efter bindning till ett antigen bildar immunkomplex, som kan ge lungskada med påföljande astma-liknande andningsbesvär. Typexempel för dessa reaktioner är beträffande IgE-medierad (typ 1) allergi, pollenutlöst hösnuva och har beträffande IgG-medierade (typ 3) reaktioner ansetts vara ”farmer’s lung”.

När det gäller de eventuella sambanden mellan allergi och inomhusmiljö är det viktigt att skilja mellan dessa typer av reaktioner. En ytterligare immunologisk reaktionstyp (typ 4) som är associerad med fördröjd överkänslighet, t. ex. i form av kontaktallergi, kan i vissa fall vara av intresse och det anses numera att alveolit, exemplifierad av farmer’s lung, utgör ett resultat av en kombinerad typ 3 och typ 4 reaktion.

I många fall kan man inte påvisa en immunologisk orsak till överkänslighetsreaktioner. Man talar i sådana fall ofta om ”hyperreaktivitet” eller ”intolerans”. Gränsdragningen mellan dessa typer av överkänslighet och allergi är ibland flytande. I praktiken reserveras ofta ordet allergi för tillstånd som är orsakade av IgE-medierade reaktioner (med undantag för kontaktallergi) medan ordet överkänslighet har en vidare innebörd.

Olika typer av samband mellan inomhusmiljö och allergi

Frågan om det finns samband mellan inomhusmiljö och allergi sönderfaller i följande två delar:

1. Vilken effekt har inomhusmiljön på utvecklingen av *allergisk sensibilisering*, dvs. på utvecklingen av en benägenhet att få allergiska sjukdomssymptom vid senare exposition för allergiframkallande ämnen?

2. På vilket sätt kan inomhusmiljön inducera *utlösandet av allergiska reaktioner*, dvs. förorsaka sjukdomssymptom?

Det är viktigt att komma ihåg att allergisk sensibilisering och symptomutlösande är två skilda fenomen. Det är sålunda teoretiskt möjligt att en och samma substans kan verka hämmande på allergisk sensibilisering (t. ex. genom induktion av immunologisk tolerans) samtidigt som den kan förorsaka allergiska symptom (hos en redan sensibiliserad människa). Detta komplicerade förhållande gör att det ofta är svårt att bedöma samband mellan olika miljöfaktorer och allergiska besvär. Ett exempel på detta är att en person som tillbringat sina första levnadsår på en lantgård med husdjur, kor och hästar utvecklar allergisk sensibilisering i mycket lägre grad än en person som vuxit upp i stadsmiljö (Braun-Fahrländer o.a., 1999; Riedler o.a., 1999). Om, å andra sidan, stadsbon, som i staden blivit sensibiliserad mot t. ex. katt och björkpollen gör besök i den lantliga miljön blir sannolikheten för att hon/han får allergiska besvär i denna miljö mycket stor. Alltså är den lantliga (inomhus) miljön i den skisserade situationen ur allergisynpunkt välgörande för lantbon men skadlig för stadsbon. Frågan om miljön på en bondgård är bra eller dålig ur allergisynpunkt kan därför inte entydigt besvaras.

Möjliga orsaker till ökning av allergiprevalensen

I en nyligen publicerad översikt i Läkartidningen (Strannegård och Strannegård 1999) har vi gjort ett försök till en kritisk värdering av frågan om vilka miljöfaktorer, som kan tänkas ligga bakom den mycket markanta ökning av allergiprevalensen, som drabbat alla västliga industrialiserade länder. Vid denna värdering har vi beaktat förhållandena att allergier är vanligare hos rika än hos fattiga människor, vanligare i västliga än i östliga länder och vanligare i stad än i landsbygd. Dessutom har vi antagit att en given miljöfaktor, för att utgöra en trolig orsak till allergiökningen, bör ha egenskapen att stimulera s.k. Th2 immunitet, dvs. den immunitet som bl.a. kännetecknas av hög bildning av IgE, det immunglobulin som utgör en markör för atopisk allergi.

Med dessa kriterier som utgångspunkt kan flera faktorer identifieras som troliga bidragande orsaker till allergiökningen som framgår av Tabell 1. Av dessa är det särskilt ett ändrat infektionspanorama, med minskad förekomst av Th1 immunitetsstimulerande infektioner jämte en ändring av den normala bakteriella tarmfloran, vilken är en förutsättning för den normala utvecklingen av immunologisk tolerans, som utgör de troligaste

orsakerna till allergiökningen. Beträffande den möjliga betydelsen av tarmfloran är det bestickande att nyligen framlagda resultat (Farooqi och Hopkin, 1999; Wickens o.a., 1999) antyder att behandling av spädbarn med antibiotika av en typ som påverkar tarmfloran kan medföra en starkt ökad benägenhet för senare allergiutveckling.

Data som antyder att det finns samband mellan allergiökningen och en minskad mikrobiell belastning sammanfattas ofta under beteckningen ”hygienhypotesen”. Denna hypotes är naturligtvis i hög grad intressant när det gäller fråga om samband mellan inomhusmiljö och allergi. Är det möjligen så att vår förbättrade hygieniska standard, som åstadkommer en minskning av mängden mikrober i inomhusmiljön, skulle kunna bidra till den ökande allergiprevalensen? Eller är det så att den förbättrade hygienien visserligen bidrar till en ökad tendens till allergisk sensibilisering mot skilda allergener, men att avgörande för förekomsten av allergiska *symptom* i en given miljö i första hand är beroende av mängden allergen i omgivningen?

Beträffande allergiprevalensen måste det betonas att den konstaterade omfattande ökningen endast rör typ 1 (atopisk) allergi. Ingen motsvarande ökning har konstaterats beträffande andra typer av allergiska reaktioner, även om antalet kontaktallergier har ökat, t.ex. p.g.a. ökad användning av nickelhaltiga smycken etc.

Specifika allergener i inomhusmiljön

1. Dammkvalster

Bland de allergener som förekommer i inomhusmiljön intar *kvalster*, främst *Dermatophagoides pteronyssinus*, en särställning. Kvalster förekommer fr.a. i miljöer med hög luftfuktighet och hög värme, d.v.s. i just den typ av miljö som finns i täta, dåligt ventilerade hus. Ett flertal studier har visat att mycket klart samband mellan kvalster- och allergiförekomst. I vissa studier har det dessutom påvisats ett dosberoende på så sätt att frekvensen av atopisk allergi hos barn har visat sig vara direkt korrelerad till mängden kvalsterallergen i inomhusdammet i barnens hemmiljö (Munir, 1998).

Det har föreslagits att en global ökning av kvalsterförekomsten skulle kunna vara ansvarig för allergiökningen. Som ett stöd för detta antagande har man t.ex. anfört att allergiförekomsten i Nya Guinea ökade närmast

explosionsartat efter införandet av dammkvalster genom importerade filter (Anderson, 1974). Allergiökningen har dock varit påtaglig också i områden som haft låg eller ingen förekomst av husdammkvalster, som t.ex. Kuwait (Strannegård och Strannegård, 1990) eller norra Sverige (Åberg 1989) och det är därför inte troligt att kvalster är av någon avgörande betydelse för den globala ökningen av allergiförekomsten. Även om sambandet mellan allergi och kvalsterförekomst är otvetydigt är det inte givet att en allergisanering som särskild syftar till att få bort kvalsterallergen ur inomhusmiljön har någon primärpreventiv effekt. Det är möjligt, men inte bevisat, att mycket stora mängder kvalsterallergen i omgivningen skulle kunna skydda det nyfödda barnet mot senare allergisk sensibilisering, t.ex. via utveckling av oral tolerans. Man måste också komma ihåg att allergisk sensibilisering kan ske efter stimulering med ytterst små allergenmängder. För att en allergisanering skall vara effektiv ur primärpreventiv synvinkel bör den därför resultera i ett fullständigt borttagande av allt kvalsterallergen från miljön, något som i praktiken är ogörligt.

Helt annorlunda förhåller det sig med sekundärpreventiva åtgärder och resultaten av flera studier antyder att allergibesvärerna faktiskt kan lindras hos barn i hem som genomgått allergisanering (Platts-Mills, 1999), men effekten har i många fall varit tveksam. Det måste dock understrykas att den sekundärpreventiva effekten mäts med avseende på allergiska symptom, vilka i de flesta fall kan utlösas även av andra allergener än kvalster och den specifika effekten är svår att mäta.

2. Djurepitel

Epitel från våra vanligaste husdjur, hund och katt, förekommer i riklig mängd i inomhusmiljön i hem där djur förekommer, men även i andra miljöer. Studier av förekomsten av kattallergen visar emellertid att detta allergen är förvånansvärt vanligt förekommande, t.ex. i skolor eller hem där överhuvudtaget inga husdjur förekommer (Berge o.a., 1998). Detta antyder att primärpreventiva åtgärder borde ha små utsikter att bli lyckosamma. Att sekundärpreventiva åtgärder, å andra sidan, bör kunna vara effektiva vet varje småbarnsförälder som tagit med sitt allergiska barn till ett hem med katter, och där fått uppleva hur expositionen medfört omedelbara allergiska besvär hos barnet.

Distributionen mellan allergisk sensibilisering och utlösande av allergiska besvär illustreras väl av förhållanden vid hund- och kattallergi. Nyligen

publicerade studier har visat att små barn som direkt exponerats för hund och katt under de första levnadsåren löper *mindre* risk att utveckla hund- och kattallergi än barn som tillbringat sin första levnadstid i hem utan hund eller katt (Svanes o.a., 1999; Hesselmar o.a., 1999). Mekanismerna bakom detta förhållande är outredda, men skulle kunna ha samband med specifik immunologisk tolerans, eller möjligen med ospecifik stimulering av Th1typ- immunitet, via t.ex. överföring av vissa apatogena bakterier från husdjur till det späda barnet.

3. Mögel

Det kan anses vara väl belagt att mögel i inomhusmiljön har kausalsamband med en ökad frekvens av besvär från respirationsorganen i form av hosta och bronkit. Däremot är associationen med astma mindre klar. I en nyligen publicerad studie av allergi och respirationssjukdomar hos barn i en skola med mögelproblem fann man inga skillnader mellan frekvensen av astma hos barn i denna skola jämfört med den hos barn i en kontrollskola (Taskinen o.a. 1999). Däremot var frekvensen av väsende andning, d.v.s. tecken på bronkobstruktion, och långvarig hosta förhöjd hos barnen i ”mögel skolan”. Dessa fynd stämmer med andra fynd som visar att mögel visserligen kan ge besvär från andningsvägarna, men att allergisk sensibilisering mot mögel är *ovanlig* och väsentligen endast ses hos barn som är mer än 10 år gamla. Hos ett fåtal starkt mögelexponerade individer som utvecklar en allergisk sensibilisering ses dock en utveckling av astma.

Verkningsmekanismerna för effekten av mögel på andningsvägarna är inte klarlagda, men det är troligt att IgG-medierade (typ 3) och cell-medierade (typ 4) reaktioner kan spela en roll och att toxiner som produceras av mögelsvamparna kan ha en slemhinneskadande effekt som resulterar i respiratoriska symptom. Det förefaller troligt att olika glukaner som finns i cellväggarna hos svampar och bakterier spelar en patogenetisk roll i sammanhanget (Wan o.a., 1999). Sådana glukaner kan i lungorna inducera ett cytokinsvar som leder till en uttalad inflammatorisk reaktion. Exposition för svindamm hos slakteriarbetare leder till en sådan inflammatorisk reaktion, vilken är associerad med frisättning av fr.a. proinflammatoriska cytokiner, som i särskilt hög grad stimulerar cellförmedlad (Th1) immunitet (Wang o.a., 1997). Med hjälp av denna mekanism kan alltså mögelsvampar möjligen förhindra allergisk sensibilisering och därmed utvecklingen av (IgE-medierad) allergi.

Även om den ovan föreslagna allergihämmande effekten av mögelexposition skulle vara reell förblir dock nettoeffekten av mögel i inomhusmiljön negativ, d.v.s. mögelexpositionen medför en signifikant ökning av respiratoriska sjukdomar i form av bronkit, hosta och troligen också en ökad känslighet för vanliga luftvägsinfektioner. Mögelsanering utgör därför i många sammanhang en effektiv hälsofrämjande åtgärd.

4. Andra inomhusallergener

Dammkvalster tycks vara det ur global synpunkt viktigaste inomhusallergenet, men i många länder kan kackerlackorna vara nästan lika betydelsefulla. Liksom hos kvalstren utsöndras mycket allergena ämnen i kackerlackornas avföring och det kan vara nästan omöjligt att genomföra en fullständig sanering beträffande dessa insekter. Samma synpunkter som ovan framförts beträffande kvalster gäller sålunda beträffande kackerlackor.

Djurepitel, även annat än det som kommer från hund och katt, förekommer ofta i inomhusmiljön. Allergi utvecklas i hög frekvens hos t.ex. barn som har marsvin eller möss som husdjur. Hästallergen förs ofta hem till bostaden av barn som går i ridskola i tillräckliga mängder för att åstadkomma allergisk sensibilisering och senare allergisk sjukdom hos t.ex. barnets småsyskon. Beträffande samtliga dessa epitelallergener gäller att de är lättare att bli kvitt än hund- och kattallergener och allergisaneringen blir därför i dessa fall oftare framgångsrik.

Os specifika s.k. "triggerfaktorer" i inomhusmiljön

Om dammkvalster utgör den viktigaste immunologiskt specifika faktorn bland de allergiframkallande faktorerna utgör cigarettök den viktigaste bland de os specifika. Cigarettöken är slemhinneskadande och kan därför accentuera de allergiska luftvägsbesvären och i vissa fall utlösa astmatiska attacker. Dessutom har det visats att cigarettök kan öka bildningen av IgE antikroppar, troligen via en stimulering av cytokinet interleukin-4 (IL-4). Förutom att passiv rökning kan utlösa allergiska reaktioner kan den därför hos små barn medföra en ökad risk för allergisk sensibilisering mot olika luftburna allergener.

Ett flertal andra ämnen som kan förekomma i inomhusmiljön i varierande utsträckning som t.ex. SO₂, NO₂, formalin och emittenter från exempelvis golvbeläggning har effekter som tillsammans med redan existerande allergisk inflammation i slemhinnorna leder till förvärrade luftvägsbesvär hos den allergiska individen. Inget av dessa ämnen påverkar dock utvecklingen av allergisk sensibilisering eller atopisk astma. Detta är uppenbart

t.ex. från resultaten av jämförande studier i Tyskland, där det gamla Öst-tyskland kännetecknades av hög grad av luftföroreningar och låg frekvens av atopiska sjukdomar, medan det motsatta gällde för Västtyskland (von Mutius o.a., 1994).

Ospecifika, potentiellt allergihämmande faktorer i inomhusmiljön

Som nämnts ovan är hög hygienisk standard associerad med hög allergifrekvens. Den troligaste förklaringen till detta är att den goda hygien leder till minskad mängd infektioner och en ändrad normal svalg- och framförallt tarmflora av bakterier. Eftersom många bakterier och virus påverkar immunsvaret åt det icke-allergiska (Th1) hållet skulle mikrober av olika slag kunna tänkas skydda mot allergiutveckling. För denna hypotes talar fynd av ökad frekvens av vissa infektioner hos icke-allergiska jämfört med allergiska individer och förhållande att förekomsten av allergi är omvänt proportionell mot antalet barn i en syskonskara. Nyligen publicerade undersökningar visar dessutom att för barn i daghem gäller att risken att utveckla allergi är mindre om barnet placeras tidigt, d.v.s. före 1 års ålder, i daghemmet än om barnet börjar där vid en senare tidpunkt (Krämer o.a., 1999). Ytterligare stöder de resultat som nyligen framlagts beträffande den allergiskyddande effekten av bondgårdsmiljö (Braun-Fahrländer o.a., 1999; Riedler o.a., 1999) hypotesen att mikrober av olika slag (patogena eller icke-patogena) kan ha en hämmande effekt på allergiutveckling. Ett barn som växer upp i en inomhusmiljö som kännetecknas av trångboddhet, bristfällig hygien och djurkontakt löper sålunda en väsentligt lägre risk att utveckla allergi än ett barn som växer upp i en steril miljö, utan syskon och långt från ladugård och stall.

Konklusioner

Två typer av möjliga samband mellan inomhusmiljö och allergier kan särskiljas; effekter av inomhusmiljön på allergisk sensibilisering och effekter på utlösandet av allergiska reaktioner. Det finns inga hållpunkter för att en ökad mängd allergener, t. ex. kvalster, i inomhusmiljön skulle kunna vara ansvarig för den stora ökning av allergiprevalensen som skett under senare år. För redan sensibiliserade individer gäller att det finns ett klart förhållande mellan mängden allergen i inomhusmiljön och utlösandet av allergiska besvär. Trångboddhet, bristfällig hygien och djurkontakt under de första levnadsåren tycks skydda mot allergiutveckling. Dessa förhållanden förklaras enklast av antagandet att mikrober av olika slag kan

styra immunsystemet mot en hämning av den typ av immunitet som är associerad med IgE-medierade, allergiska reaktioner.

Tabell 1. Miljöfaktorer som utgör tänkbara orsaker till allergiökningen. Faktorerna är rangordnade uppifrån och ner i ett försök till värdering av deras relativa betydelse. Tabellen publicerad i Läkartidningen 1999, vol. 40, sid. 4312 i artikel av Ö Strannegård och I-L Strannegård.

Faktor	Förskjutning av Th1/Th2 balans mot Th2	Epidemiologiska kriterier uppfyllda	Trolig bidragande orsak
Lägre frekvens infektioner och annan mikrobiell belastning (p g a bättre hygien, antibiotika och vaccinationer)	Ja; minskad IFN- γ syntes	Ja	Ja
Ändrad tarmflora (fr.a. p g a förbättrad hygien)	Ja; olika bakterier påverkar Th1/Th2 balans på olika sätt	Ja	Ja
Ändrad kost; mer omega-6 och mindre omega-3 fettsyror	Ja; PGE2 ger högre IL-4/IFN- γ kvot	(Ja)	Ja
Dieselavgaser	Ja; ökad IL-4 syntes	(Ja)	(Ja)
Dåligt inomhusklimat	Ja, men endast indirekt via t.ex. tobaksrök och "nya" allergener	(Ja)	(Ja)
"Nya" allergener	Ja, men inte generellt	(Ja)	(Ja)
Tobaksrök	Ja; ökad IL-4 syntes	Nej	(Ja)
Miljögifter (t.ex. PCB, DDT)	Ja; minskat antal NK celler ger lägre IFN- γ syntes	Nej	(Nej)
Ändrad kost; mindre antioxidanter	Ja; fria radikaler hämmar syntes av IFN- γ från NK celler	Nej	(Nej)
Alvedon istället för acetylsalicylsyra till små barn	Ja; PGE2 ger högre IL-4/IFN- γ kvot	(Ja)	Nej
Allmänna luftföroreningar	Nej	Nej	Nej

Referenser

Anderson, HR. The epidemiological and allergic features in the New Guinea highlands. *Clin Allergy* 1974; 4: 171-183.

Berge M, Munir AK, Dreborg S. Concentrations of cat (Fel d1) dog (Can f1) and mite (Der f1 and Der p1) allergens in the clothing and school environment of Swedish school children with and without pets at home. *Pediatr Allergy Immunol* 1998; 9: 25-30.

Braun-Fahrländer C, Gassner M, Grize L, Neu U, Sennhauser FH, Varonier HS, Vuille JC, Wüthrich B and The Scarpol Team. Prevalence of hay fever and allergic sensitization in farmer's children and their peers living in the same rural community. *Clin Exp Allergy* 1999; 29: 28-34.

Farooqi IS, Hopkin JM. Early childhood infection and atopic disorder. *Thorax* 1998; 53: 927-932.

Hesselmar B, Åberg N, Åberg B, Eriksson B, Björkstén B. Does early exposure to cat or dog protect against later allergy. *Clin Exp Allergy* 1999; 29: 611-617.

Krämer U, Heinrich J, Wjst M, Wichmann H-E. Age of entry to day nursery and allergy in later childhood. *Lancet* 1999; 353: 450-454.

Munir AK. Risk levels for mite allergen: are they meaningful, where should samples be collected, and how should they be analyzed? *Allergy* 1998; 53 (48 suppl): 84-87.

von Mutius E, Martinez FD, Fritsch C, Nicolai T, Roell G, Thiemann H. Prevalence of asthma and atopy in two areas of West and East Germany. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 358-364.

Platts-Mills TAE. Effect of indoor allergens. *Allergologen, Norsk forening for allergologi og immunopatologi* 1999, Nr 2, pp 4-20.

Riedler J, Eder W, Oberfeld G, Schreuer M,. Austrian children living on a farm have less hay fever, asthma and allergic sensitization. *Allergy* 1999; 54: suppl 51.

Strannegård I-L and Strannegård Ö. Childhood bronchial asthma in a desert country. *Allergy* 1990; 45: 327-329.

Strannegård Ö, Strannegård I-L. Varför ökar allergiprevalensen? Förändrad mikrobiell belastning troligaste orsaken. *Läkartidningen* 1999; 40: 4306-4312.

Svanes C, Jarvis D, Chinn S, Burney P. Childhood environment and adult atopy: results from the European Community Respiratory Health Survey. *J Allergy Clin Immunol* 1999; 103: 415-420.

Taskinen T, Hyvärinen A, Meklin T, Husman T, Nevalainen A, Korppi M. Asthma and respiratory infections in school children with special reference to moisture and mold problems in the school. *Acta paediatr* 1999; 88: 1373-1380.

Wan GH, Lics, Guo SP, Rylander R, Lin RH. An airborne mold-derived product beta-1, 3-D-glucan potentiates airway allergic responses. *Eur J Immunol* 1999; 8: 2491-2497.

Wang Z, Larsson K, Palmberg L, Malmberg P, Larsson P, Larsson L. Inhalation of swine dust induces cytokine release in the upper and lower airways. *Eur Resp J* 1997; 10: 381-387 .

Wickens K, Pearce N, Crane J, Beasley R. Antibiotic use in early childhood and the development of asthma. *Clin Exp Allergy* 1999; 29: 766-767.

Åberg N. Asthma and allergic rhinitis in Swedish conscripts. *Clin Exp Allergy* 1989; 19: 59-63.

Slemhinnereaktioner – möjliga mekanismer

- 3.1 Varför fokuseras forskningsintresset så starkt mot nässlemhinnan när man vill studera miljöpåverkan på de övre luftvägarna?
- 3.2 Vilka nya mätmetoder har utvecklats för att studera mekanismerna i nässlemhinnan?
- 3.3 Vilka är de aktuella forskningsfrågeställningarna?

Bakgrund

Besvär och symtom från de övre luftvägarna är vanligt förekommande. De kan utlösas av infektioner, som exempelvis vanliga förkylningar, men också allergier eller icke-allergiska reaktioner. I vissa fall hänförs symtomen till irriterande ämnen i inom- och utomhusluften. Näsans slemhinnor är speciellt intressanta eftersom de har den närmaste kontakten med den omgivande miljön. Cirka 12 m³ luft av varierande temperatur, fuktighet och innehåll av mer eller mindre irriterande föroreningar passerar näsan varje dygn. Huvuduppgiften är att värma och befukta inandningsluften och att spara värme och fuktighet från utandningsluften men också att delta i försvaret mot främmande ämnen. Genom att näsans slemhinnor är mer lättillgängliga än andra slemhinnor i kroppen kan man se näsan som ett "fönster" genom vilket det går att studera olika generella fysiologiska processer i kroppen. I den fortsatta framställningen behandlas därför specifikt nässlemhinnan och dess reaktioner.

Mekanismer

Symtom från näsans slemhinnor uppträder i form av nästäppa, rinnsnuva, klåda eller som nysningar och registreras genom att impulser från nässlemhinnan förs till central medvetandenivå med hjälp av näsans känselnerv, den s.k. trigeminusnerven. I den normala näsan svullnar slemhinnan av och till spontant och utan viljans kontroll. Ofta andas man exempelvis med "en nashåla i taget", vilket man kan observera vid röntgenundersökning av nashålorna. Slemhinnesvullnaden kan variera mellan de två hålorna och kan vara mycket uttalad på en sida, dock förekommer aldrig helt täppt nashåla i friskt tillstånd. I vila regleras svullnadsgraden delvis av lokala sensoriska mekanismer i slemhinnan, dvs den styrs delvis av trigeminusnerven. Även hormoner som cirkulerar i blodet kan påverka nässlemhinnan. Så verkar exempelvis stresshormonerna avsvällande på näsans slemhinna.

Stimulering av trigeminusnerven kan ske direkt via dess nervändslut och förmodligen också indirekt genom påverkan från omgivande vävnad. Undersökningar av sensoriska nerver har framför allt genomförts på hud. Man vet från dessa studier att de sensoriska nervernas nervändar innehåller receptorer av olika typ, exempelvis sådana som är känsliga för tryck och

beröring, temperaturer eller smärta men också grupper av receptorer som har förmågan att reagera mot flera av ovannämnda faktorer. Man har också kunnat visa att vid stimulering av en sensorisk nerv en inflammation uppkommer intill nervändsluten. Detta brukar kallas en neurogent inducerad inflammation i motsats till en infektionsinducerad inflammation. Man har ännu inte övertygande kunnat visa att neurogent inducerad inflammation förekommer också i näsans slemhinna, men det förefaller troligt att så är fallet. Direktstimulering av näsans slemhinnor kan åstadkommas genom att exempelvis luftburna irriterande ämnen i omgivningsluften når de ytligt belägna nervändsluten. Indirekt kan sannolikt nervändsluten påverkas av omgivande vävnad genom inflammatoriska reaktioner till följd av immunologiska processer som medför förändrad blodcirkulation och kärl-läckage.

Människokroppen har ett centralt hormonsystem som styr och reglerar processerna i enskilda celler och organ i hela kroppen. Bl.a. produceras ett hormon (CRP) som påverkar hypofysen och som via hormonet ACTH påverkar binjurarna att producera steroiden kortisol. Kortisol påverkar varje cell i kroppen och har många kända och sannolikt ännu fler okända funktioner. Bl.a. verkar kortisol membranstabiliserande, motverkar kärl-läckage och vätskebildning (s.k. ödem) samt dämpar inflammatoriska reaktioner i vävnaden. Kortisol är därför ett av kroppens viktigaste försvarsmedel mot såväl yttre som inre påverkan på vävnaderna. Det är därför viktigt att ha kontroll över individernas hormonspegel vid studier av irriterande ämnen, som kan försaka vävnadsreaktioner i slemhinnorna.

Nya mätmetoder

För att studera aktiviteten i trigeminusnerven och samtidigt följa de inflammatoriska processerna lokalt i slemhinnan krävs tillgång till metoder som möjliggör att man kan följa händelserna över tiden. Eftersom näs-slemhinnan är känslig för beröring och fysiologiskt kan förändras avsevärt vid oförsiktig beröring krävs metoder som inte ”stör” slemhinnan. Slemhinnensvullnaden är avhängig av förändringar i blodcirkulationen, ändrad blodfyllnad i kärlen och ändrat vätskeinhåll i vävnaden mellan blod-kärlen. Det senare kan uppstå genom t.ex. kärl-läckage av blodplasma eller ändrad sekretion och fyllnadsgrad i slemhinnans körtlar. Framför allt beror svullnadsförändringarna på ändrat blodinhåll i de djupare liggande kärlen, de s.k. sinusoiderna. Denna blodfyllnad styrs bl.a. av trigeminus-nerven.

Det finns en optisk teknik med vars hjälp man kan återkommande mäta blodfyllnadsgraden i sinusoiderna, eftersom svullnadsförändringarna väsentligen beror på ändrad fyllnad i dessa. Denna teknik benämnes rhinostereometri (RSM) och utgörs av ett ”ögonmikroskop” med vars hjälp man kan mäta svullnadsförändringar i nässlemhinnan med hög noggrannhet på ett repeterbart sätt. Med hjälp av laser-Doppler teknik (LDF) kan man inom samma slemhinneområde samtidigt mäta såväl det ytliga blodflödet som graden av kärlläckage till vävnaden. Ämnen som bildas eller frisläpps från den studerade slemhinneytan kan fångas upp med hjälp av en liten filtrerpappersbit som därefter analyseras på sitt innehåll. Med en avancerad metodik kan man också elektriskt registrera aktiviteten i trigeminusnervens ändslut (s.k. negativ mucosal potential, NMP).

Aktuella frågeställningar

Beror en förändrad mikrocirkulation i nässlemhinnan på ändrad känslighet i trigeminusnerven?

Individer med överretbara nässlemhinnor (s.k. icke-allergisk hyperreaktivitet) som har besvär och symptom i form av svullnad, sekretion, klåda och nysningar utan att ha en konstaterad allergi är vanliga i befolkningen. Sannolikt har trigeminusnerven stor betydelse vid detta tillstånd eftersom behandling med capsaicin (grönpeppar), som släcker ut funktionen i trigeminusnervens nervändar under lång tid, gör individerna helt besvärsfria.

Nässymtom är också vanligt förekommande hos individer med ”sjukhus-symtom”. Retning av nässlemhinnan med histamin (ett kroppseget ämne) har i flera studier medfört en onormalt kraftig svullnadsökning hos dessa individer. Eftersom svullnadsförändringarna vid provokation med histaminlösning till största delen tycks vara orsakad av en retning av känselnerven lokalt i slemhinnan med förändrad blodfyllnad i sinusoiderna som följd, är det högst troligt att det finns en förändrad funktion i känselnerven hos dessa individer.

Retning av nässlemhinnan med histaminlösning innehållande konserveringsmedlet bensylalkohol ger också ett annorlunda svullnadsmönster än vid användning av histaminlösning utan konserveringsmedlet. Det är troligt att konserveringsmedlet påverkar känselnerven, speciellt som bensylalkohol är en substans med känd nervtoxicitet.

Beror en förändrad mikrocirkulation i slemhinnan på en bakomliggande inflammation?

Jämförande studier av friska individer, patienter med pollenallergi samt patienter med icke-allergisk hyperreaktivitet har visat olika reaktionsmönster vid mikrocirkulationsmätningar. Det har också framgått att enbart patienterna med icke-allergisk hyperreaktivitet har besvär under vintern och cirkulationsmätningarna har också visat att dessa individer då har ett högre blodflöde i nässlemhinnans ytskikt jämfört med de övriga. Det är möjligt att detta beror på en bakomliggande inflammation även om övertygande bevisning härpå ännu inte lagts fram.

Vilken betydelse har kortisol för retbarheten i nässlemhinnan?

Klinisk erfarenhet visar att såväl allergiker som icke-allergiker förbättras vid kortisonbehandling. Man har också visat att pollenallergiker under vintern i obesvärat och medicinfritt tillstånd har en reducerad hjälp av steroider jämfört med vad som gäller för friska personer. Hormonundersökningar har också visat att deras binjuror då också producerar mer kortisol jämfört med friska individer och har en högre produktion av ACTH. Under pollensäsongen normaliseras känsligheten för kortisol i nässlemhinnan. Orsaken är ännu okänd men sannolikt sker en aktivering av olika inflammatoriska processer på grund av allergenexponeringen. Den normaliserade kortisolkänsligheten torde vara en orsak till att pollenallergier kan behandlas framgångsrikt med kortison under besvärperioderna.

Referenser

Hallén H, Juto J-E. Evaluation of a test for objective diagnosis of non allergic nasal hyperreactivity. *Am Journal of Rhinology*, 1993;7:117-121.

Ohm M, Juto J-E, Andersson K, Bodin L. Nasal histamine provocation of tenants in a sick-building residential area. *Am Journal of Rhinology* 1977;11:167-175.

Grudemo H. Thesis. Karolinska Institute, Stockholm 2000.

Kontrollerade experimentella försök

- 4.1 För- och nackdelar med klimatkammarstudier relativt fältförsök?
- 4.2 Vilka objektiva metoder för effektregistrering används?
- 4.3 Erfarenheter från exponering för ångor och gaser resp damm i klimatkammarförsök?

Sören Kjaergaard

För och nackdelar ved klimatstudier relativt fältförsök.

Metoder til undersøgelse af skadelige effekter

Fordele og ulemper ved anvendelse af klimakammerforsøg til evaluering af indemiljøets effekter på mennesker, bør relateres til de muligheder, som der er til rådighed for at vise sådanne effekters sammenhæng med eksponering.

Undersøgelser som har til formål at beskrive årsags sammenhænge indenfor toksikologien kan opdeles i tre typer:

1. Undersøgelser på befolkningsgrupper (analytisk epidemiologiske studier), hvor en effekt på mennesker undersøges og sættes i sammenhæng med eksponeringsforhold. Sådanne undersøgelser er rent observationelle.

Disse kan deles i:

- Tværnsnittstudier, hvor observationen af effekt og måles samtidigt.
- I forløbsstudier, hvor en gruppe (kohorten) med eksponering følges samtidig med en tilsvarende gruppe uden eksponering, opståen af effekten (sygdom, symptom etc) måles da over tid.
- En tredje type, (case-control studiet), hvor de syge identificeres og man undersøger deres og en rask gruppes tidligere eksponering med henblik på at se om eksponering er hyppigere blandt de syge.

2. Eksperimentelle studier, hvor en påvirkning eller eksponering bevidst manipuleres i forbindelse med undersøgelsen.

Disse omfatter:

- Interventionsstudier, hvor man tilfældigt udvælger personer, hos hvem man bevidst ændrer eksponeringen og derefter måler effekten hos blandt interventionsgruppen og de ikke intervererede.
- Det kontrollerede eksperiment, hvor man ud over ovenstående, samtidig holder alle mulige andre påvirkninger væk eller i det mindste konstante.
- En tredje gruppe, som befinder sig midt mellem eksperiment og epidemiologi. Det er interventionsforsøg uden tilfældig udvælgelse

af personerne, fx. de såkaldt naturlige forsøg, hvor en eksponering 'tilfældigt' ændres i en befolkningsgruppe.

3. Model eksperimenter, er eksperimentelle undersøgelser på andre organismer end mennesker.

Disse omfatter:

- Dyreforsøg, hvor man kan studere effekter på organer ved eksponering af den levende organisme, typisk gennem eksponeringsveje svarende til forholdene hos mennesker.
- Undersøgelser udført på organer eller dele heraf, samt undersøgelser på mikroorganismer eller dyrkede celler. En særlig variant er eksperimenter med eksponering af levende celler fra mennesker.

Som en særskilt form kan man opbygge Kvantitative Struktur og Aktivitet Relationer (QSAR), som kan prediktere en ukendt stoffeffekt ud fra tilsvarende stoffers kemiske struktur og aktivitet. Det kan være aktive kemiske grupper (alkoholer, syrer, etc) og opløselighed i forskellige medier fx vand (Abraham et al 1996).

De ovennævnte metoder har alle styrker og svagheder i relation til indemiljøundersøgelser (Tabel 1).

Tabel 1. Vurdering af væsentlige styrker og svagheder ved de forskellige metoder til vurdering af indeklima relaterede effekter.

Studietype	Styrker	Svagheder
Epidemiologiske metoder	Personerne, som undersøges er ikke selekteret, hvilket medfører god generalisering. Langtidseksponering kan undersøges.	Confounding, kan spille en stor rolle ved uspecifikke effekter. Det er vanskeligt at adskille effekter af mange samvarierende eksponeringer. Eksponeringsvurdering er omkostningstung. Det er ofte vanskeligt og dyrt at anvende objektive metoder.
Model undersøgelser	Økonomiske at udføre. Invasive undersøgelser kan udføres. Eksponering er kontrolleret og randomiseret.	Ekstrapolation, fra model til menneske er meget vanskelig. Modellerne mangler ofte validering. Det subjektive element kan ikke undersøges. Ethiske begrænsninger !
Eksperimentelle undersøgelser	Eksponering kan kontrolleres og er randomiseret. Komplicerede måleteknikker kan anvendes.	Ethiske begrænsninger. Kun enkelte eller få faktorer kan undersøges ad gangen. Ofte begrænsninger i generaliserbarheden.

Målet med undersøgelserne

Det endelige mål med alle disse undersøgelser er en risikoanalyse, som kan lede til en adækvat risikohåndtering. I risikoanalysen indgår en række elementer, hvor de centrale hovedområder er:

Risikoidentifikation:	Er påvirkningen overhovedet skadelig. Eksempelvis, kan stoffet overhovedet fremprovokere irritation.
Dosis-response:	Hvorledes er sammenhængen mellem påvirkningens størrelse og antallet af personer, der bliver påvirket.
Eksponeringsvurdering:	Hvormange er udsat for hvor store doser. Fordelingen af eksponeringens størrelse i befolkningen.
Risiko estimering:	Hvormange personer, hvis nogen, kan ud fra dosis-response og eksponeringsfordelingen, forventes at blive syge af den givne påvirkning.

Ved risikoidentifikation, er det centrale spørgsmål vurdering af årsagssammenhænge. De forskellige grupper af undersøgelser ovenfor kan listes efter deres vægt i vurdering af årsagssammenhænge, således at gruppe 3 (modelforsøg) ovenfor vægter lavest, de epidemiologiske undersøgelser derefter, og det humane eksperiment som det optimale. I vurderingen af de forskellige metoder er det væsentligt at forholde sig til de videnskabelige krav, som kan stilles til årsagsbeskrivende forskning. Bradford-Hill har opstillet en liste over disse (tabel 2).

Tabel 2. Bradford Hills kriterier for årsagssammenhæng

Stærk statistisk association
Konsistente resultater i flere undersøgelser
Eksponering giver specifik sygdom
Tidsfaktor (sygdom efter eksponering)
Dosis-respons sammenhæng
Rimelig biologisk forklaring
Dyreforsøg eller lignende bekræfter humane fund
Analogi med belægtede eksponeringer

Af listen mange punkter er tidsdimensionen en vigtig faktor forstået således, at eksponeringen skal forekomme før effekten, hvilket oftest ikke er muligt at vurdere i tværsnitsundersøgelser. Et andet væsentligt kriterie er punkt tre, som bla.a. betyder, at fjernelse af årsagsfaktoren skal medføre at effekten ophører (eller ikke opstår), hvilket kun kan gøres i eksperimentet enten ved at gennemføre en intervention med fjernelse af påvirkningen eller ved at gennemføre et kontrolleret eksperiment, hvor undersøgeren suverænt bestemmer eksponeringen herunder en nul-eksponering.

Klimakammerforsøget fordele og ulemper.

Som det fremgår af ovenstående er det kontrollerede eksperiment principielt det optimale redskab til bestemmelse af årsagssammenhæng. Således er det kontrollerede klimakammerforsøg principielt det optimale redskab til bestemmelse af luftforureningers effekt på mennesker. I et klimakammer kan alle forstyrrende faktorer holdes konstante og samtidig kan den ene faktor, man ønsker at undersøge, varieres mellem alle niveauer af interesse. Således kan man både dokumentere årsagssammenhæng og relevante dosis-responskurver til henholdsvis risikoidentifikation og til dosis-response sammenhæng.

Andre fordele er at man på den mest optimale måde kan gennemføre undersøgelser af interaktionseffekter. Ved at variere fx. temperatur og VOC niveau kan man undersøge hypotesen om at temperatur og VOC har en samvirkende effekt som er rent additiv, hypo- eller hyperadditiv. Dette vil sjældent kunne lade sig gøre i feltstudier, hvor de to faktorer ofte i en eller anden grad er kausalt forbunde (øget temperatur medfører øget VOC emission). Dette har været gjort succesfuldt i to tilfælde (Mølhav et al 1993, Fang et al 1999). Det første forsøg dokumenterede, at VOC og temperatur er additive med hensyn til luftkvalitet og lugt, men ikke til irritationseffekter. Det andet forsøg bekræfter associationen for luftkvalitet og lugt og at luftfugtigheden har en tilsvarende rolle. Tilsvarende kombinationsforsøg, kan man forestille sig udført med kombinationen af fysiske faktorer (støj, lys) med atmosfæriske eksponeringer (VOC'er, husstøv (damm)). Også detaljerede undersøgelser af kombinations-eksponeringer kan gennemføres, fx udføres, pt i Århus i samarbejde bla.a. med Yrkes- og Miljømedicinska Kliniken i Örebro, en undersøgelse af om husstøv med tilsatte aldehyder eller Glucan bevirker større effekt end husstøv uden. På den måde kan specifikke effekter relateret til støvets kvalitet undersøges.

Andre hypoteser, som kan være vanskelige at afprøve i feltstudier er hypoteser om særlige gruppers følsomhed overfor påvirkningerne i indemiljøet. Fra feltstudierne har vi mange informationer om særlige undergrupper, der udviser høj respons. Eksempler er kønsforskelle, allergi, alder. Problemet ved feltundersøgelserne er, at vi ikke ved om det skyldes eksponeringerne i miljøet eller om, der er andre forhold der gør sig gældende. Dette kan afprøves i et klimakammerforsøg. Ved sådanne forsøg er det påvist, at høfeber patienter reagerer kraftigere på VOC'er end raske (Kjærgaard et al 1995). Noget tilsvarende kunne ikke påvises for astmatikere eller for høfeber patienter udsat for husstøv (Johnsen et al 1991, Harving et al 1991, Hauschildt et al 1999). Kjærgaard et al (1990, 1991), kunne derimod vise, at personer, der var defineret som indeklimasyg, reagerer kraftigere på irriterende end raske.

De væsentligste problemer ved klimakammerforsøget er:

- De etiske begrænsninger for, hvilke eksponeringstyper, eksponeringsniveauer og forsøgspersoner, det er acceptabelt at anvende. Således kan meget syge astmatikere ikke deltage i forsøg.
- Varigheden af eksponeringen. I praksis er den længste eksponeringstid 8 timer.
- Blinding af eksponeringen. Dette gælder især emner, som har en karakteristisk lugt. Problemet er dog mest betydende ved de subjektive respons.

Vilka objektiva metoder för effektregistrering används ?

I klimakammerforsøget kan i princippet anvendes alle typer af målemetoder, hvilket giver en fordel i relation til at vurdere den underliggende biologi af effekterne (Bradford-Hills 6. punkt). I relation til klimakammerforsøg har der traditionelt været anvendt en lang række lungefunktionsmålinger fra almindelig spirometri til avanceret kropsplethysmografi og bronchiale provokationstests. I relation til almindeligt indeklima har disse målinger dog ikke vist sig specielt relevante. Derfor har man gennem det sidste årti taget stadig flere metoder i brug, som fokuserer på fysiologiske forandringer i øjne, øvre luftveje og hud, samt på funktionelle

ændringer knyttet til centralnervesystemet. En liste over disse kan ses i Tabel 3.

Tabel 3. Objektive metoder til vurdering af indeklimateffekter, som har været anvendt i klimakammerforsøg.

Organ	Metode	Hvad måles
Hud	Sebumeter måling	Hudens fedtlag
	Corneometer måling	Hudens fugtighed
Central- nerve- systemet	Neuronbeh aveiral evaluation system (NES)	Psykologiske effekter, koncentration, memory, reaction time etc
	Additionstest	Koncentration, reaktionstid, korttidshukommelse
Øjne	Fotografi af conjunctiva	Øjnerødme (inflammation)
	Video	Blinkfrekvens som markør for irritation
	Vital farvning og inspektion i spaltelampe	Tårefilmes stabilitet (Breakup time) og kvalitet (lipidlagets tykkelse), Epitelskader på cornea og conjunctiva, Skumdannelse i øjenkrogen
	Pipettesamling af tårevæske	Epitelcelleafstødning, inflammationsmarkører i tågvæske og slimhinde
	Impressions cytologi	Inflammationsmarkører i slimhinde, og slimhindeceller
	Schirmer i tåre test	Øjets tåre flow
	CO ₂ -provokations test	Slinhindens irritationsfølsomhed
Næse	Rhinomanymetry	Nasal luftvejsmodstand
	Inspiratorisk og ekspiratorisk peak flow	Den maximale luftgennemstrømning
	Akustisk rhinometri	Næsens geometri, indirekte mål for slimhindesvulmen
	Stereo.rhinometri og histaminprovokation	Slinhindesvulmen på næse-muslingen og nasal histaminfølsomhed
	Laser-doppler	Blodflow i næseslimhinden
	Nasal lavage	Inflammationsmarkører i næseslimhinden
	Skrap, biopsi, etc	Inflammationsmarkører og epitelceller

Erfarenhetar från exponering för ångar och gaser respektive damm i klimatkammerförsök.

Klimakammerforsøg har været anvendt til en række forskellige indeklimaforureninger (se Tabel 4).

Tabel 4. Eksempler på Klimakammerstudier gennemført til belysning af atmosfærisk indeluftforurening

Eksposering	Type	Koncentrations Range	Antal studier
Gasser og dampe	Formaldehyd	0,15-1,2 mg/m ³	1
	Mixture (22 forskellige non-reaktive VOC)	1-25 mg/m ³	4
	Mixture (3 forskellige kombinationer af non-reaktive VOC)	1-15 mg/m ³	1
	Mixture (3 aldehyder)	50-300 µg/m ³	1
	Mixture (3 alkoholer)	50-300 µg/m ³	1
	Saltpebersyrling (HONO)	77-395 ppb	1
Husstøv (damm)	Støv fra kontor miljøer	100-500 µg/m ³	4
Afgasninger fra	Byggematerialer	1-2 mg/m ³	2
	Kontormaskiner		1

Erfaringen fra disse studier er generelt, at det er muligt at påvise irritationsgener og for en dels vedkommende også objektive effekter, for eksempel på øjnene. Et gennemgående træk ved disse forsøg er, at det er vigtigt at arbejde med baseline målinger. Således kan der korrigeres for personernes aktuelle før eksponeringsniveauer. Tilsvarende er det vigtigt at kende til og analysere for personernes individuelle forhold fx. alder, køn, og følsomhedsmål, da de ofte spiller en rolle for responset.

Det er endvidere en erfaring, at det er vigtigt at kontrollere for personernes eget bidrag til indemiljøet ved de meget lave eksponeringer. I det for eksempel partikkel koncentrationen i et klimakammer kan øges betragteligt hvis forsøgspersoner og personale har eget tøj og egne sko på. Derfor har vi i de husstøv studier, vi har gennemført på Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, altid udstyret personerne med rentrumsdragter, som ikke afgiver partikler. Tilsvarende kan indtagelse af nogle fødevarer og især krydderier, brug af parfume medføre en lugtafgivelse, som påvirker lugten i kammeret. Dette kan modvirkes ved en god instruktion af personerne.

Referencer

Abraham MH, Andonian Haftvan J, Cometto Muniz JE, Cain WS. An analysis of nasal irritation thresholds using a new solvation equation. *Fundam Appl Toxicol* 1996;31:71-76.

Harving H, Dahl R, Mølhave L. Lung Function and Bronchial Reactivity in Asthmatics during Exposure to volatile Organic Compounds. *American Review of Respiratory Disease* 1991;143:751-754.

Hauschildt P, Mølhave L, Kjærgaard SK. (1999) "Reactions of healthy persons and persons suffering from allergic rhinitis when exposed to office dust", *Scand J Work Environ Health* 25; 442-449.

Johnsen CR, Heinig JH, Schmidt K, et al. (1991) A Study of Human reactions to Emissions from Building Materials in climate Chambers. Part I: Clinical Data, Performance and Comfort. *Indoor Air* 1;377-388.

Kjærgaard S. (1990). "Eye irritation and indoor air pollution". Ph.D Thesis (in Danish with English summary). Inst. for Miljø- og Arbejdsmedicin, Aarhus Universitet. Aarhus Denmark.

Kjærgaard S, Rasmussen TR, Mølhave L, Pedersen OF. (1995) An experimental comparison of indoor air VOC effects on hayfever and healthy subjects. In Maroni M (Ed.) *Proceedings of Healthy Buildings '95 Milan*. Vol 2; 567-572

Mølhave L, Zunyoung L, Hempel-Jørgensen A, Pedersen OF, Kjærgaard S. (1993) Sensory and Physiological Effects on Humans of Combined Exposures to Air Temperatures and Volatile Organic Compounds. *Indoor Air*. 3; 155-169.

Session 2. Tolkning av mätresultat

Vilka slutsatser kan man dra av fuktmätningar?

- 5.1 Vilka typer av fuktmätningar kan man nytta av vid utvärdering av en inomhusmiljö?
- 5.2 Vilken osäkerhet har dessa mätningar?
- 5.3 Vilka slutsatser kan man dra?

Ingemar Samuelson

Bakgrund, vanliga skador, kritiska fuktillstånd

Fukt i eller på material kan orsaka nedbrytning, rörelser och missfärgning. Vissa material tål fukt, andra inte. Även om materialet i sig tål fukt kan damm och skräp ge förutsättningar för mikrobiologisk påväxt som kan leda till både missfärgning och lukt samt spridning av såväl partiklar (sporer) som gaser. Fuktskador i byggnader medverkar ofta till dålig inomhusmiljö.

Vid undersökning av orsaken till dålig inomhusmiljö brukar man finna olika källor som på ett eller annat sätt har samband med fukt. Följande är exempel på skador som kan ge problem inne:

- Påväxt av mikroorganismer (mögel och bakterier). Påväxten kan sitta ytligt eller, vilket är vanligast, inne i konstruktionerna. Påväxten behöver inte vara synlig för ögat utan först i mikroskop.
- Nedbrytning av golvlam och mattor.
- Lukt eller missfärgning orsakad av nedbrytning av kaseinhaltigt flytspackel.

Man brukar anse att värdena i Tabell 1 är kritiska för några olika byggmaterial, observera att värdena inte anger någon exakt gräns för vad materialen tål:

Material	Kritisk gräns för fuktighet
Betong	Tål 100% RF under lång tid
Lättbetong	Tål 100% RF under lång tid, dock måste man ta hänsyn till risken för armeringskorrosion
Golvmattor av PVC	Ca 90% RF
Vattenbaserat lim under golvmattor	85 – 90% RF
Kaseinhaltigt flytspackel (från före 1983)	Ca 75% RF
Typgodkänt flytspackel (efter 1983)	Ca 85% RF
Trä och träbaserade material	Ca 75% RF med hänsyn till risken för påväxt Obs att trägolv inte kan läggas på betong med högre RF än 60% med hänsyn till risken för sprickbildning
Damm och skräp	Ca 75% RF med hänsyn till risken för påväxt

Tabell 1. Kritisk gräns för den relativa fuktigheten för några byggmaterial.

Uttorkning av betong

Betong kan innehålla relativt stora mängder vatten vid tillverkningen. En del av detta vatten krävs för betongens härdning, en del kommer att bindas i materialets porer när betongen befinner sig i jämvikt med fuktigheten i huset. Resten skall torka ut. Denna mängd fukt brukar man kalla byggfukt. Byggfukten tar lång tid att torka och alltför ofta har entreprenörerna i tidpressade lägen lagt täta mattor för tidigt. Detta har lett till fuktskadade golv med förtvålat lim och elak lukt.

Ett sätt att minska torktiden för betongen är att ge andra blandningsproportioner mellan sand, cement och vatten. Genom att öka cementhalten och minska vattenhalten minskar mängden byggfukt. Så kallad "själv-torkande" eller "höghållfast" betong är exempel på material med låg eller ingen halt byggfukt. Det finns dock risker med denna nya betongtyp. Som ett av namnen antyder har materialet hög hållfasthet och en följd av det höga cementinnehållet är ökad täthet. Om man på denna betong våtlimmar en matta kan limfukten orsaka skada och om golvet i framtiden fuktas upp t ex i samband med ett läckage kommer uttorkningen att ta lång tid.

Eftersom många skador har inträffat när man alltför tidigt har lagt täta golv på betong har man från entreprenörshåll krävt bättre mätningar före mattläggning. Det finns idag (våren 2000) ett system för auktorisering av fuktkontrollanter (genom Rådet för Byggkompetens RBK). Dessa kontrollanter har erforderlig kunskap för att mäta och bedöma om betongen har torkat tillräckligt. Det är emellertid viktigt att notera att denna auktorisation gäller fuktmätning i samband med golvläggning, ingenting annat. Fuktmätning vid skadeutredning kräver kunskap om mätmetoder, mätinstrument, vanliga, förväntade fuktförhållanden, fuktvandring osv för att rätta slutsatser skall kunna dras. Eftersom skadeutredningen skall ligga till grund för val av åtgärder krävs det betydligt mer av utredaren än bara kunskap om hantering av prover och instrument och var proven skall tas ut.

Skadeutredning

Skadeutredningen skall visa:

- Dels om det föreligger en skada dvs om det är eller har varit så fuktigt att skada kan uppstå. Utredningen skall även visa skadeutbredningen.
- Dels orsaken till denna skada dvs var fukten kommer eller har kommit ifrån.

Med skadeutredningen som grund skall man kunna välja åtgärd och föreslå omfattning.

Utredningen skall för det första visa om det är fråga om en fuktskada dvs om den relativa fuktigheten överskrider eller har överskridit de kritiska värdena i Tabell 1. I denna del mäter man företrädesvis just den relativa fuktigheten. Detta gör man normalt med elektriska instrument. Till hjälp i skadeutredningen brukar man även ta analyser av olika slag t ex avseende mikrobiologisk aktivitet, materialinnehåll eller emissioner.

Men utredningen skall även visa varifrån fukten har kommit. Det är i detta skede som skadeutredarens kunskaper sätts på prov. Fuktvandringen styrs av olika mekanismer beroende på om det är fråga om diffusion, luft rörelser, kapillärsugning eller vatten som rinner från ett läckageställe. Det betyder att man måste visa vilken typ av transport det är fråga om. Detta framgår av Tabell 2.

Typ av fuktvandring	Potential för fuktvandring	Storheter som mäts för att beskriva fuktvandringen	Exempel på mätmetoder
Diffusion	Skillnad i ånghalt	Temperatur och relativ fuktighet	Termometer Psykrometer Elektrisk fuktmätare Hårhygrometer Fuktindikering
Luft rörelser, konvektion	Skillnad i lufttryck	Tryckskillnad Skillnad i ånghalt	Manometer Termometer Elektrisk fuktmätare
Kapillärsugning	Skillnad i fukthalt	Fukthalt	Elektrisk fuktkvotsmätare Fuktindikering Provtagning
Vatten som rinner	Höjdskillnad ev lufttryckskillnad		

Tabell 2. Olika transportmekanismer, potential för dessa samt lämpliga storheter att mäta och exempel på mätmetoder.

Diffusion

Inne i ett material drivs fukten att vandra på grund av diffusion. Därför skall man mäta skillnaden i ånghalt mellan olika delar av materialet eller i materialets omgivning för att få reda på transportriktningen. Nedanstående exempel kan illustrera principen.

Ute Temperatur 0°C Relativ fuktighet 90 % Ånghalt 4,3 g/m ³	Inne Temperatur 20°C Relativ fuktighet 40 % Ånghalt 6,9 g/m ³
--	--

Figur 1. Exempel på normala fuktförhållanden vid yttervägg under vintern.

Den relativa fuktigheten i exemplet är hög ute 90 % och lägre inne 40 % men ånghalten är högre inne än ute 6,9 resp 4,3 g/m³. Det är ånghalten och inte den relativa fuktigheten som är drivkraften för diffusion. Fukten diffunderar därför inifrån och ut.

Konvektion

När inneluft strömmar ut genom otätheter i en konstruktion kan fukten kondensera på kalla ytor i de yttre delarna. Förutsättningarna för att kondens på grund av konvektion skall inträffa är att följande tre förhållanden samtidigt inträffar:

- Invändigt övertryck, luften vill blåsa inifrån och ut
- Otätheter i konstruktionen
- Fuktig inneluft och kallt uteklimat som medger kondens

Drivkraften för konvektion är en skillnad i lufttryck.

Ute Temperatur 0°C Relativ fuktighet 90 % Ånghalt 4,3 g/m ³	Inne Temperatur 20°C Relativ fuktighet 40 % Ånghalt 6,9 g/m ³ Övertryck gentemot ute
--	--

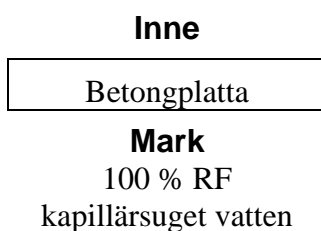
Figur 2. Exempel på förutsättningar för konvektion genom en yttervägg under vintern.

Om inneluft strömmar ut genom otätheter kan kondens inträffa på ytor som har en temperatur under inneluftens daggpunkt. I detta exempel har inneluften daggpunkten 5,0°C . Eftersom det råder invändigt övertryck kan luft strömma ut. Konvektion kan ge stora mängder kondens på yttre, kalla, vattenavledande delar av väggar och tak t ex på vindsyddet i en vägg eller på underlagstaket i ett tak med ventilerad vind. Det är inte ovanligt att kondens på grund av konvektion ger så stora fuktmängder att det tolkas som läckage av regnvatten utifrån.

Kapillärsugning

Fritt vatten i material kan omfördelas på grund av kapillärsugning. Vattnet kommer att sugas från blöta mot torrare delar tills fukthalten når kritiskt värde. Då upphör kapillärsugningen. Från detta läge skall fukten omfördelas eller torka med hjälp av diffusion. Om ett material eller en konstruktion fuktas upp med kapillärsugning tar det relativt kort tid jämfört med den tid uttorkningen sedan tar innan all fukt lämnat materialet.

Ett annat exempel på kapillärsugning visas i Figur 3. Marken antas vara mättad med fukt, vatten sugas upp i betongplattan. Om betongplattan är obehandlad utan målning eller matta kommer fukten att avdunsta inåt. Det tillförs hela tiden ny fukt underifrån i samma takt som avdunstningen sker. Men om det ligger en tät matta på betongen kommer avdunstningen att avstanna och hela betongplattan under mattan får hög relativ fuktighet (100 %).



Figur 3. Exempel på fuktförhållanden över och under en oisolerad betongplatta på fuktig mark där kapillärsugning förekommer.

Vatten som rinner

Läckage från otäta tak, läckage från slagregn mot yttervägg, inrinnande vatten genom otät källarvägg eller läckage från installationer eller vattenrör detekteras genom fuktmätning. Genom att mäta höjdskillnad t ex väga av ett bjälklag kan man få information om hur golvet lutar vilket kan förklara vilka vägar vattnet tar.

Mätmetoder och noggrannhet

Tabell 3 nedan sammanfattar de mätmetoder som man har nytta av i samband med utredning av inomhusmiljöproblem.

Mätmetod	Noggrannhet	Kommentar
Termometer	$\pm 0,2$ °C	Vätsketermometrar är känsliga för stötar. Elektriska termometrar av typ Pt100 har ofta god stabilitet och noggrannhet. Termometrar kan jämförelsemätas i vatten med smältande is som referens för 0°C.
Psykrometer	± 3 %	Assmanpsykrometrar (med fläkt) har större noggrannhet än slungpsykrometrar.
Elektrisk fuktmätare	± 3 %	Normalt är dessa instrument mycket känsliga för kondens. De behöver kalibreras med jämna mellanrum (åtminstone en gång per år) och bör jämförelsemätas mot andra instrument, t ex psykrometer vid varje mättillfälle.
Hårhygrometer	± 5 %	Tål kondens, den mår bra av att fuktas upp då och då. Instrumentet måste kalibreras minst en gång i månaden t ex genom att linda en våt handduk runt det. Vid jämvikt skall hygrometern visa 100%.
Mikromanometer	$\pm 0,2$ Pa	Elektrisk mikromanometer är mycket smidig, vätskemanometer är svårare att använda och har sämre noggrannhet.
Elektrisk fuktkvotsmätare	$\pm 0,01$	Lämplig för fuktmätning i trä. Metoden ger god noggrannhet i rent trä men i impregnerat eller på annat sätt smutsat trä kan felet bli stort ($> 0,05$). I övriga material kan metoden användas som indikering, ingenting annat.
Fuktindikator	-	Ger utslag för underlagets densitet i ett område några (eller flera) centimeter ner i materialet. Skillnader i fuktighet indikeras. Resultatet måste tolkas. Instrumentet ger inga mätvärden.

Tabell 3. Vanliga mätmetoder i samband med skadeutredning i hus med inomhusmiljöproblem.

Tolkning av mätresultat

Följande exempel är tagna från verkliga skadefall där mätresultaten visar hur fukten vandrar och vad som orsakat skadorna.

Exempel 1: Hus med platta på mark och uppreglat golv.
Huset har kraftig mögellukt, sannolikt från golvet. Mät punkt i hall:

	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m ³
inne	20,1	46	8,0
nere i golv, mot betongplatta	11,1	86	8,7
under betongplatta	10,9	93	9,3

Tolkning: Det är tillräckligt fuktigt för att mögel och bakterier kan tillväxa. Det är således visat att det är en fuktskada. Ånghalten är högst i marken, lägre i golvet och lägst inne. Fukten vandrar från marken och upp. Det är inte fråga om kapillärsugning (då skulle markens rel fuktighet vara 100 %).

Exempel 2: Hus med platta på mark och uppreglat golv. Huset har kraftig mögellukt, sannolikt från golvet. Mät punkt i vardagsrum, nära kök:

	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m ³
inne	21,6	41	7,8
nere i golv, mot betongplatta	15,9	98	13,2
under betongplatta	15,1	92	11,9

Tolkning: Det är tillräckligt fuktigt för att mögel och bakterier kan tillväxa. Det är således visat att det är en fuktskada. Ånghalten är högst i golvet, lägre i marken och lägst inne. Fukten vandrar från golvet och ner i marken. Det är sannolikt fråga om läckage av vatten ovanpå betongplatta.

Exempel 3: Hus med platta på mark och uppreglat golv.
Huset har kraftig mögellukt, sannolikt från golvet. Mät punkt i sovrum:

	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m ³
inne	20,6	45	8,1
nere i golv, mot betongplatta	12,8	97	10,9
under betongplattan	11,9	100	10,6

Tolkning: Det är tillräckligt fuktigt för att mögel och bakterier kan tillväxa. Det är således visat att det är en fuktskada. Ånghalten är högst i golvet, lägre i marken och lägst inne. Fukten diffunderar från golvet och ner i marken. Men samtidigt sker en kapillär uppsugning av vatten. Fukten kommer således från marken.

Exempel 4: Hus med ventilerad vind över ett isolerat bjälklag.

Några bräder i underlagstaket har fått missfärgningar.

	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m ³
ute	-3,2	93	3,6
på vinden	-0,8	79	3,6
inne	20,1	39	6,8

Tolkning: Fuktigheten på vinden varierar kraftigt både över dygnet och över året. Den uppmätta relativa fuktigheten skulle möjligen kunna orsaka påväxt om den hade mycket lång varaktighet men knappast under kort tid. Det är således inte visat med denna mätning om det förekommer någon allmän fuktskada. Ånghalten på vinden är lika med ånghalten ute. Detta tyder på att ventilationen fungerar på avsett sätt. Missfärgningarna skulle kunna vara orsakade av lokala läckage t ex där takpappen är spikad.

Exempel 5: Hus med ventilerad vind över ett isolerat bjälklag.

Hela underlagstaket har missfärgningar och "ludd".

	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m ³
ute	2,1	88	4,9
på vinden	6,6	86	6,5
inne	22,8	37	7,5

Tolkning: Fuktigheten på vinden varierar kraftigt både över dygnet och över året. Den uppmätta relativa fuktigheten skulle kunna orsaka påväxt. Ånghalten på vinden är emellertid avsevärt högre än ånghalten ute.

Detta tyder alltså på ett tillskott av fukt t ex genom konvektion inifrån. Missfärgningarna skulle kunna vara orsakade av kondens av fuktig luft som har läckt upp inifrån.

Sammanfattning

Fuktskador orsakar nedbrytning av material och ökar risken för emissioner. Dessa emissioner av lukt, andra flyktiga ämnen eller partiklar kan orsaka besvär i inomhusmiljön. Fuktmätningar används för att dels påvisa fuktskador och deras utbredning dels avgöra orsaken till dessa skador. Beroende på skadeorsak kan man behöva mäta med olika metoder och instrument.

Olika instrument är olika känsliga för den hantering de utsätts för i fält. Vissa måste kalibreras med relativt täta intervall, vissa måste kontrolleras mot andra instrument före varje mätning. Den svaga länken i samband fuktmätningar är emellertid inte instrumenten utan kunskapen och omdömet hos den som mäter. Det hjälper inte med dyra, välkalibrerade instrument för en okunnig utredare som inte kan tolka sina resultat. Även det omvända förhållandet gäller. Ett enkelt instrument med relativt stor onoggrannhet kan vara till hjälp för en kunnig skadeutredare.

Referenser

Samuelson I., m fl. Att undersöka innemiljö. En beskrivning av tillvägagångssätt och val av metoder vid skadeutredning. SP RAPPORT 1999:01.

Lind I. Inomhusmiljö.Handledning. Älvsborgs Kommunförb. mars 1999.

Manual. Fuktmätning i betong. Byggentreprenörerna Sthlm, 1999 10 04.

Vilka slutsatser kan man dra av mikrobiologiska mätningar?

- 6.1 Vilka typer av mikrobiologiska mätningar har man nytta av vid utvärdering?
- 6.2 Vilken osäkerhet har dessa mätningar?
- 6.3 Vilka material förekommer oftast vid mikrobiella skador?
- 6.4 Vilka slutsatser kan man dra?

Aino Nevalainen

Introduktion

Målsättningen med innemiljöprovtagning är antingen att bestämma exponeringen och använda informationen för riskbedömning eller för att få information om luftkvaliteten även om man inte direkt kan kombinera denna information med hälsodata. I sådana fall söker man kanske källan till luftföroreningarna eller studerar föroreningarnas transport i innemiljön. Det gäller för alla miljömätningar att såväl provtagningsstrategin som metoden skall anpassas för att ge svar på de frågor som ställs.

Vilka slutsatser man kan dra av mikrobiologiska mätningar beror på målsättningen. Mikroorganismer finns ju överallt i normala livsmiljöer och i naturen men mängden och mikrofloran varierar. Förenklat kan man säga att varje miljö, även byggnadsmiljön, har en viss mikrobiologisk normalbakgrund. Det aktuella kunskapsläget talar för att förändringar i denna normalbakgrund är associerad med hälsoeffekter. Den viktigaste orsaken till sådana förändringar är förekomsten av byggnadstekniska fuktskador som möjliggör mikrobiell tillväxt. Ur mätningssynpunkt är det inget nytt att man kan hitta mikroorganismer var som helst men det är avvikelserna från normala förhållanden, både kvantitativt och kvalitativt man söker. Informationen om den mikrobiella miljön är normal eller inte kan sedan användas vid utvärdering av innemiljöns kvalitet eller för utvärdering av exponeringen. Det är därför väsentligt att känna den normala förekomsten och artsammansättningen av mikroorganismer i den miljö man undersöker.

Ur arbets- och miljöhygienisk synpunkt är frågeställningen ”enkel”. Med mätningar konstaterar man om det är möjligt att i en viss innemiljö bli exponerad för förhöjda koncentrationer eller ovanliga arter av mikroorganismer. Exponeringen kan konstateras med direkta eller indirekta metoder. Luftprovtagning kan antas vara en direktmätning av exponeringen men i många fall är luftprovtagningen inte tillräckligt sensitiv och man måste även ta yt- och materialprover för att påvisa ett mikrobiologiskt problem. Tekniska observationer av fuktskador kan också anses vara ett indirekt sätt att visa på en exponering, men bästa sättet för att kunna dra säkra slutsatser är att kombinera informationen från tekniska observationer med mikrobiologiska analyser.

Är mikroberna mer skadliga i byggnader än i naturen?

Såväl många mögelarter som bakterier kan producera ytterst toxiska metaboliter. Förhållandena där mikroorganismerna växer reglerar deras toxinproduktion men man känner inte de kritiska förhållandena. Det finns alltmer som tyder på att vissa mikrobarter i byggnadsmiljön ofta är toxiska. Ett exempel som visar komplexiteten vid mikrobiologisk exponering kommer från ett experiment som gjordes med en streptomyket, ursprungligen isolerad från en mögelskadad byggnad. Den odlades på 6 olika byggnadsmaterial och sporens biologiska aktivitet mättes vad avsåg såväl akut celltoxicitet som potential att förorsaka ett inflammatoriskt svar hos makrofager. Resultatet visade att de sporer som kom från gipsskivan var mer toxiska och inducerade produktion av högre halter av inflammatoriska biomarkörer (cytokiner) än de som växt på mineralull eller på betong.

Även om man inte känner mekanismerna till hur skadliga agens transporteras från byggnadskonstruktionen till andningsvägarna och ännu inte har metoder att direkt påvisa toxiner i luftprover, pekar praktiska erfarenheter på att tillväxten av ett toxiskt mögel eller en toxisk bakterie kan medföra hälsorisker. Detta kan vara en förklaring till fenomenet att mikroorganismerna tycks vara mer skadliga i byggnader än i naturen.

Metoder för att påvisa fukt/mögelproblem i byggnader

I princip är det möjligt att använda alla typer av direkta och indirekta metoder för att karaktärisera innemiljöns mikrobiologi. Man kan ta prover för mikrobiologisk analys från luft, ytor, husdamm eller byggnadsmaterial. Inga provtagningsmetoder har nått internationell standardiseringsnivå, sannolikt på grund av de många valideringsproblemen. Förenklat kan sägas att vilka metoder som än kan används är det av yttersta vikt att mätningarna görs i enlighet med ett kvalitetssäkrat system.

Än mer krävande är tolkningen av resultatet. Det finns en relativt god konsensus om normalvärden för odlingsbara mögel, bakterier och artförekomsten i innemiljöer. Hittills saknar man referensvärden för de flesta andra parametrar, t ex totalhalten av partiklar, endotoxiner eller ergosterol, vilket begränsar användningen av dessa metoder då det gäller rutinarbete och praktisk utvärdering.

Svagheten med nutida metoder

När det gäller värdering av mätresultaten ur hälsosynpunkt är informationen bristfällig. Man saknar information från tre viktiga områden som är väsentliga vid en systematisk riskbedömning:

- Man känner inte mekanismerna som leder till symtom och sjukdomar i fuktskadade byggnader.
- Man känner inte betydelsen av olika mikrobiologiska agens för induktion av dessa mekanismer.
- Man känner inte exponeringsvägarna för de mikrobiologiska ämnena eller deras produkter.

Få mikrobiologiska mätmetoder har blivit tillräckligt validerade. I princip är två valideringskrav nödvändiga. Metoden bör mäta relevanta agens och metoden bör vara tillräckligt sensitiv för att påvisa skillnader mellan normal- och problemsituationer. Hittills vet man inte vilka agens som är mest relevanta. Ett kriterium vid valideringen är att mätningarna är relevanta ur hälsosynpunkt. Vid IgE-medierad allergi är det uppenbart att man skall göra mätningar för att påvisa exponering för den allergiframkallande mögelarten. Andra möjliga mekanismer ut hälsosynpunkt utgör inflammation, irritation och toxiska reaktioner som alla kan orsakas av många mikrobarter. Det finns inte många studier där kausala, dosberoende relationer påvisats mellan specifika mikrobiella agens och hälsoeffekter. Å andra sidan är de epidemiologiska beläggen för en association mellan fukt-/mögelskador och hälsoeffekter övertygande. Därför kan man dra slutsatser att eliminering av fukt-/mögelpå problem är väl motiverade även om man ännu inte förstår alla mekanismer.

Problem vid analyser och tolkning

Det finns inga metoder som kan påvisa både koncentration och arttyp av alla närvarande mikroorganismer. Vanligen kan man odla fram 1-30% av arterna i en viss miljö. Detta gäller alla mikrobiologiska analyser, oavsett om det gäller kliniska prover eller livsmedels-, vatten- och byggnadsprover. Det är nödvändigt att fokusera intresset och besluta vad man skall söka efter. Det finns provtagningsapparatur som fungerar på basen av partiklarnas aerosolfysikaliska egenskaper som är väl karakteriserade. De använder enkla fysikaliska principer som inte varierar i likhet med de biologiska egenskaperna.

Ändå är det välkänt att koncentrationen av biologiska partiklar i inommiljön varierar mycket på grund av flera faktorer, t ex källans typ, ventilationen, luftströmningar, sedimentering och resuspension. Alla dessa faktorer gör att enstaka korttidsmätningar, på t ex 15 minuter, inte ger en bra bild av hur koncentrationen varierar. Det har beräknats att man behöver tio provtagningar på olika dagar för att analyserna hemmets koncentration av mikroorganismer med 20% osäkerhet.

Under skandinaviska förhållanden är ineluftens koncentration av mikroorganismer inte särskilt hög. Totalhalten av mögelsporer är vanligtvis inte mer än några hundra sporer per m³. Inneluftkoncentrationen av mögelsporer har en årstidsvariation som följer uteluftskoncentrationen så att de högsta värdena ses på hösten medan betydligt lägre värden erhålls under vinterförhållanden med snö. Det är även möjligt att det kan förekomma förhöjda koncentrationer eller atypisk flora i ineluften utan att detta medför symtom på ohälsa. Exempel på normala aktiviteter som ökar mikrobhalten i ineluften utgör behandling av matvaror och trä, städning och ex v öppning av en källardörr. En ryttare eller bonde som kommer in i sina arbetskläder ökar tillfälligt inneluftkoncentrationen påtagligt. Bara av och till ser man höga luftkoncentrationer av mögel förorsakade av byggnadstekniska fuktproblem och associerad mikrobväxt.

Vid tolkningen av resultat från luftmätningar är det viktigast att titta på artförekomsten av mikroorganismer. Det finns en internationell konsensus om vilka mikrober som förekommer vid mögeltillväxt: *Aspergillus versicolor*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Strachybotrys*, *Streptomyces* och *Chaetomium*. De är alla potentiellt toxinproducerande. Andra mikrobytyper som förefaller vara indikatorer på tillväxt är *Acremonium*, *Phialophora*, *Oidio-dendron*, *Ulocladium* och *Wallemia*, men det finns ingenting som talar för att dessa skulle vara särskilt betydelsefullt ur hälsosynpunkt.

Mikrobväxt i byggnadsmaterial

Ett enkelt sätt att konstatera mikrobväxt i byggnader är att ta materialprov från skadade ställen. Materialprov har många fördelar jämfört med luftprover och det kan vara lättare att värdera resultaten. Koncentrationen varierar inte lika snabbt och koncentrationsskillnaden mellan skadade prover och kontrollprover är vanligen stora. Under skandinaviska förhållanden bör materialets mikroinnehåll inte överstiga 10 000 cfu/g. Man ser ofta flera mikroarter i såväl material- som luftprov.

Materialprov kan också observeras direkt med mikroskopi och även dött mikrobmaterial, t ex mycelium, kan observeras.

Naturligtvis blir exponeringsbedömningen indirekt. Standardisering av materialprovtagningen är inte enkel. Mikrobtiltväxten är spridd på materialet och varierar från punkt till punkt. Resultaten beror på använd analysmetod, odlingsmedium och växtförhållandena. En jämförande undersökning utfördes mellan tio laboratorer som normalt gör rutinanalyser av byggnadsmaterial. Bitar från samma, synligt skadade material sändes till varje laboratorium för rutinanalys. Resultaten visade att slutsatsen, om materialet var kontaminerat eller ej av mikroväxt, var oberoende av använd metodik, dvs odlingsmetod eller användning av ljus- eller elektronmikroskopi. I stället fanns det en stor variation vad gällde mikrobarter. Proverna hade tagit från verkliga skadeställen och därför visste man inte säkert vilka mikrobarter som fanns i proven. Både listan med mikrobarter och förekomsten varierade från laboratorium till laboratorium. Proven var naturligtvis inte identiska och därför kan man inte säga hur mycket av denna variation som förorsakat av själva provet och hur mycket av laboratoriet. I en andra del av undersökningen skickades tolv mikrobarter för identifiering. Inget laboratorium kunde analysera alla arterna rätt, men de flesta hade mer än 10 arter korrekt. Slutsatsen från denna undersökning är att resultat av materialprovets mikroflora och koncentration måste tolkas med försiktighet och att det är väsentligt med såväl standardisering som kvalitetssäkring av analysmetoderna.

Vilka typer av mikrobiologiska mätningar har man nytta av vid utvärdering?

1. Vid alla mätningar är det väsentligt att såväl provtagning som analys gjorts enligt ett kvalitetssäkringssystem. Mätstrategin måste planeras noga. Hur många prov behövs för att utvärdera hela byggnaden? Är det möjligt att använda referensrum eller referensbyggnad? Mäter man före och efter en viss aktivitet, t ex reparation? Det finns inget ”enda” riktigt sätt att göra mätningarna på, men det är av värde att ställa dessa frågor i förväg.
2. Luftprov kan användas för att utvärdera om mikrobkoncentrationen är normal eller ej, men även för exponeringsbedömningen. Man kan använda olika provtagningssystem baserade på odling eller räkning av talhalten biologiska partiklar. Man behöver ha tillgång till referens-

material för koncentrationsfördelningen och en konsensus om vad som anses vara normalt. Om koncentrationen är utanför normalgränserna bör orsaken (källan) identifieras och elimineras. Är koncentrationen låg eller hög skall mikrofloran analyseras. Närvaro av toxiska mögel, fuktindikatorarter eller en ovanlig rangordning av arter är tecken på en ovanlig mikrobiologisk situation.

3. Materialprov bör om möjligt tas från tveksamma ställen. Ett minimum av 10 g, eller ungefär en volym av 1 dl är nödvändig. Direktmikroskopi visar ofta snabbt om det finns mikroväxt i materialet. I många fall är denna information tillräcklig och någon odling behövs inte. Å andra sidan kan odlingen ge information om vilka arter som är närvarande vid mikrotillväxten och detta kan vara av betydelse vid såväl exponerings- som hälsoriskbedömningen. Närvaro av mycket toxiska mögelarter, t ex *Stachybotrys*, innebär alltid en signal.
4. Dammprov kan också tas från ytor eller som husdamm. I vissa fall kan man konstatera kontamination av ytor, men provtagningens resultat beror på städrutiner och andra faktorer som påverkar dammansamling.

Vilken osäkerhet har dessa mätningar?

Många osäkerhetskällor finns vid alla mätningar. Några faktorer har nämnts ovan. Mätprocessen börjar vid provtagningen och avslutas vid resultatbedömningen. På grund av våra bristfälliga kunskaper om byggnadens mikrobiologi och betydelsen av olika ämnen kan vi inte ge lika exakta direktiv som man ex v kan inom vatten- och livsmedelshygienen. Det väsentliga är vilka metoder som användes och att laboratoriet har ett bra kvalitetssäkringssystem för att garantera analysernas kvalitet, reproducerbarhet och dokumentation.

Om man inser de använda metodernas begränsningar är det inte så svårt att dra slutsatser från mikrobiologiska mätningar. I de flesta fall räcker det med att göra en mikrobiologisk bedömning med klassifikation i tre klasser: Inga fynd – några fynd - allvarliga fynd. I de fall där mikroväxten inte längre är levande är det nödvändigt med mikroskopisk analys. Å andra sidan kan man vid odlingen visa tillväxt som inte ses vid den mikroskopiska analysen.

Ur kvalitetssynpunkt är det nödvändigt att analysera och tolka de mikrobiologiska proverna ”blint” oberoende av annan information. Efter labo-

ratorieanalysen är det nödvändigt att kombinera den mikrobiologiska informationen med såväl byggnadstekniska som hälsomässiga värderingar. Idealt är om det i en grupp finns experter där dessa olika områden ingår för att möjliggöra riktiga slutsatser.

I princip är det möjligt att mikropåväxt kan påträffas på vilket material som helst. Mikropåväxt förekommer även på keramiska material, stål och glas om det finns tillräckligt med fukt. Å andra sidan är tillväxten vanligast på material som är biologiskt nedbrytbara, t ex cellulosa, papper och naturtextilier.

Vilka material förekommer oftast vid mikrobioell skada?

På basen av nuvarande kunskapsnivå utgör mikroväxt i en byggnad alltid en möjlig hälsorisk och ur såväl hälsomässig som på tekniska grunder är det viktigt att mikroväxt och fuktansamling elimineras.

Det finns inga mer omfattande studier publicerade om prevalensen av mikroskador i olika material. De flesta prov som kommer till laboratorierna består av byggskivor, väggpapper, isoleringsmaterial eller trä. Det finns dock dokumentation på att *Stachybotrys* och *Aspergillus versicolor* ofta är toxiska när de växer på gipsskiva. Tyvärr finns det inte tillräckligt med information om olika mikrobarter när det gäller toxinproduktion på olika material.

Vilka slutsatser kan man dra?

Mikrobiologiska mätningar hjälper i många fall till att påvisa exponering och hälsorisker orsakade av byggnadstekniska fuktproblem. Luftproven kan vara negativa även om det förekommer fukt-/mögelpåväxt i byggnaden. Materialprov från skadade ställen är viktiga för att komplettera informationen om omfattningen av mikrobiologiska agens. Alla mätningar måste därvid göras efter kvalitetssäkringsprinciper. I några fall är det klart att mikrobiologiska resultat ger tillräcklig grund för riskbedömning eller praktiska åtgärder. Om man påvisar att något av följande villkor är uppfyllda finns klara indikationer på att vidta åtgärder.

1. Närvaro av *Stachybotrys* (>en koloni) som talar för allvarligare fuktproblem och som anses vara toxiskt i innemiljön.

2. Närvaro av andra toxiska fuktindikatorer (>3 kolonier) och i högre halter än i uteluften.
3. Lokal tillväxt av vilken mögel- eller bakterieart som helst, som orsakats av tekniska fuktproblem.

Referenser

Hyvärinen A., Vahteristo, M., Meklin, T., Jantunen, M., Nevalainen, A., Moschandreas, D. Temporal and spatial variation of fungal concentrations in indoor air. Submitted.

Lehtonen M, Reponen T, Nevalainen A. (1993). Everyday activities and variation of fungal spore concentrations in indoor air. *International Biodeterioration and Biodegradation* 31:25-39, 1993

Macher, J., Ammann, H.A., Burge, H.A., Milton, D.K., Morey, P.R. (eds.). *Bioaerosols: Assessment and Control*, ACGIH, Cincinnati, OH, 1999

Nevalainen A., Pastuszka, J., Liebhaber, F., Willeke, K. Performance of bioaerosol samplers: collection characteristics and sampler design considerations. *Atm Env* 26A: 531-540

Roponen, M., Toivola, M., Meklin, T., Ruotsalainen, M., Komulainen, H., Nevalainen, A., Hirvonen, M-R. Differences in inflammatory responses and cytotoxicity in RAW264.7 macrophages induced by *Streptomyces anulatus* grown on different building materials. Manuscript

Toivola, M., Meklin, T., Luoto, K., Hyvärinen, A., Nevalainen, A. Utvärdering av mikrobskador i olika laboratorier (på finska). KTL Publikationer B9/1998

Vilka slutsatser kan man dra av kemiska mätningar?

- 7.1 Vilka typer av kemiska mätningar kan man ha nytta av vid utvärdering?
- 7.2 Vilka osäkerheter har dessa metoder?
- 7.3 Vilka slutsatser kan man dra?

Göran Stridh

Vilka typer av kemiska mätningar kan man ha nytta av vid utvärdering?

Mätning av kemiska ämnen, som finns i luft såväl inomhus som utomhus, förekommer frekvent vid utvärdering av inomhusklimat, särskilt i skadefall. Utredningsmaterialet, som skall ligga som underlag för åtgärder, innehåller ofta flera mätningar av oorganiska och organiska ämnen i luften. Vad har utredaren för nytta av alla påvisade kemiska ämnen? Den vanligaste anledningen till att mätningarna genomförts är brukares ohälsa kombinerat med klagomål på inomhusklimatet. De *hälsomässiga konsekvenserna* av exponering för låga halter av kemiska ämnen kommer att behandlas utförligt i ett kommande kapitel och kommer därför inte närmare att beröras här. Detta kapitel kommer att handla uteslutande om *tekniska problem*.

Permanenta gaser och partiklar

Eftersom den luft vi andas inomhus i de flesta fall kommer direkt utomhus ifrån, kan det vara fördelaktigt att redovisa utomhusluftens kemi. Detta är särskilt betydelsefullt om skadeobjektet ligger centralt i staden.

Tabell 1. Några oorganiska ämnen som därvid kan mätas med någorlunda lätthet är nedan angivna gaser och partiklar:

Ämne	Medel- värdestid	Svenskt gränsvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (År 2000)	Gränsvärdes-förslag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (År 2005)
Kvävedioxid	Dygn	75	60
Svaveldioxid	Dygn	100	100
Kolmonoxid	8 timmar	6000	6000
Ozon	1 timme	120	120
Partiklar - Sot	Dygn	90	90
- TSP	Dygn	115	115
- PM10	Dygn	100	

Referenser: SOU 1996:124 Utomhusluft och SFS 1998:897 Förordning om miljö kvalitetsnormer.

Observera att värdena för ozon, TSP och PM10 är rekommenderade värden och inte gränsvärden.

För de permanenta gaserna förkommer i regel inget tillskott i inomhusluften, dock med undantag då öppen eld förekommer, då halterna av kvävedioxid kan öka. För partiklar kan såväl öppen eld och material som framför allt personers aktivitet ge ett ansevärt bidrag till inomhusluftens halt.

Organiska ämnen

De organiska ämnena brukar indelas i VVOC (mycket flyktiga organiska ämnen), VOC (flyktiga organiska ämnen), SVOC (halvflyktiga kemiska ämnen) samt POM (partikulära organiska föreningar). På senare tid har även ett ökat intresse för så kallade kortlivade organiska ämnen uppkommit. Dessa ämnen uppstår till exempel då VOC reagerar med ozon och kvävedioxid och misstänks vara särskilt aggressiva mot människan. Dock förekommer endast sparsamt med uppgifter på att dessa ämnen påträffats i verkligheten. De organiska ångorna kan ha sitt ursprung utifrån, således är det vanligt att alifatiska, cykloalifatiska och aromatiska ämnen kan påvisas i utomhusluft. Dessa härrör då från avdunstning från bensin, motoravgaser och industriella processer. Utomhusluften innehåller ofta även lägre aldehyder från motoravgaser och terpenier från växter. I normalfallet är inomhusvärden högre än motsvarande utomhus, och det är vanligt att antalet påvisbara ämnen i halter över ca $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökar markant i inomhusluften. De vanligaste källorna härvidlag är emissioner från material och konstruktioner samt inte att förglömma människans egen verksamhet.

Partiklar inomhus

Om byggnadens ventilationssystem uppfyller myndigheternas krav kommer inomhusluftens innehåll av partiklar i regel att domineras av partiklar genererade av vår egen verksamhet. De allra minsta partiklarna (<0,3 μm) kan dock fortfarande komma från utomhusluften. Omfattande mätningar i olika inomhusmiljöer visar entydigt, att partiklar som avskiljs i övre luftvägarna, normalt i storleksområdet >5 μm , endast kan påvisas i inomhusluften då den aktuella lokalen används. Det är dock inte klarlagt, om dessa partiklar i luften uppkommer genom uppvirvlande damm och smuts på golvet eller genom fällning av textil- eller hudfragment från personerna.

Partiklar kan även tjänstgöra som bärare av kemiska eller biologiska ämnen samt mikrobiella organismer. På detta område är kunskaperna i nuläget sparsamma.

Partiklarnas storleksfördelning i inomhusluften kan ge värdefulla upplysningar om förhållandena, även om vi i nuläget saknar referensvärden. Nattetida avstängningar av ventilationen i energibesparande syfte kan ge högst oväntade effekter på storleksfördelningen i inomhusluften.

Tänk också på ...

Mätning av kemiska ämnen bör i första hand genomföras för att utreda om påvisade ämnen är normalt förekommande i den aktuella miljön samt att de förekommer i normal koncentration.

Det rekommenderas, att parallellt med den kemiska mätningen företa en ventilationsteknisk mätning alternativt att ha tillgång tidigare ventilationsmätningar eller till OVK-protokoll.

En vanlig mätstrategi är att försöka påvisa kemiska ämnen som ger kunskap om t ex fuktproblem i konstruktionen. Exempel på sådana ämnen är ammoniak (fuktig proteinhaltig avjämningsmassa), n-butanol och 2-etylhexanol (hydrolyserade lim och mjukgörarsystem) samt s k MVOC (mikrobiellt producerade VOC från fuktpåverkat organiskt material). Se nedan.

Vilka osäkerheter har dessa metoder?

I många utredningar förekommer redovisning av såväl enskilda kemiska ämnen som total-halter med en häpnadsväckande noggrannhet. Det är således inte ovanligt, att VOC anges med procent- ja t o m med promille-noggrannhet. Förutom att invagga beställaren i en falsk känsla av exakthet, torde det även avspegla det aktuella analyslaboratoriets bristande kunskap om felkällorna i analysen.

Låt oss beakta några vanliga mätsituationer. Vid mätning av inomhusluftens organiska kemi eller befintliga materials emission är vi hänvisade till provtagning på någon adsorbent (Tenax, Chromosorb, Porapak eller aktivt kol) och analys på laboratorium. Provtagning kan göras med diffusionsteknik över veckor eller med pumpad teknik över delar av timme.

Med vår kunskap om variationer under dagen kommer pumpade provtagningar i allmänhet att vara behäftade med stora urvalsfel, vilket medför att det totala felet i mätningen oftast uppgår till ca $\pm 20\%$.

Diffusionstekniken medför, att det totala felet kan uppskattas till ca $\pm 15\%$. Enskilda material eller material i kombinationer kan även undersökas på laboratorium, där variabler som temperatur och relativ luftfuktighet kan kontrolleras bättre. Även här uppges den totala osäkerheten ligga på ca $\pm 15\%$. I mitten av 90-talet genomfördes en laboratoriejämförelse i landet, där marknadens fyra huvudleverantörer av analyser deltog. De enskilda resultaten visade häpnadsväckande överensstämmelse, särskilt med beaktande av att standardiserad analysmetod inte fanns och att de fyra laboratorierna därför använde sig av olika adsorbenter och analysmetoder. Den maximala avvikelser för rapporterade TVOC-halter mellan laboratorierna låg inom $\pm 25\%$, dvs inom ramen för det förväntade. En standardmetod är under utarbetande inom ISO och förväntas vara accepterad inom något år och det skulle därefter vara intressant att upprepa laboratoriejämförelsen.

För de oorganiska gaserna finns utrustningar varmed direkt mätning kan göras i fält. Dessa görs i allmänhet under längre perioder (dagar till veckor), vilket är att fördra för att få ett representativt värde. Det totala felet för dessa instrument ligger vid ca $\pm 10\%$.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det i allmänhet är urvalsfelet, dvs felet som uppstår av att man inte är på "rätt" plats vid "rätt" tillfälle, som ger det avgörande bidraget till totala felet. För att minimera totalfelet är långtidsmätningar att föredra framför korttidsmätningar. Tro inte att rapporterade värden är så exakta som analysprotokollen visar! Jämförelser mellan före åtgärd - efter åtgärd måste göras med försiktighet och med beaktande av de förhållandevis stora felen i de enskilda värdena. Förhoppningsvis kommer laboratorierna i framtiden att bättre redovisa det uppskattade totalfelet i sina analyser.

Vilka slutsatser kan man dra?

Vid mätning av kemiska ämnen i inomhusmiljön torde den vanligaste slutsatsen vara om förhållanden är normala eller ej. I Tabell 2 anges vanligt förekommande koncentrationer av summan av alla VOC (TVOC) i olika typmiljöer.

Tabell 2. Samtliga värden representerar medelvärden från ett stort antal mätningar från sunda byggnader, dvs byggnader där inga särskilda klagomål framförts från brukarna.

Miljö	TVOC-värde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bostäder	
-enfamiljshus	450
-flerfamiljshus	300
Daghem	100
Kontor	80
Sjukvårdsinrättningar	70
Skolor	100

Angivna värden baseras på pumpad provtagning eller diffusionsprovtagning på Tenaxadsorbent och efterföljande analys på laboratorium med gaskromatografi-masspektrometri-teknik. Värdena är uttryckta i dekanekvivalenter. Särskilt för bostäder är spännvidden mellan lägsta och högsta uppmätta värde stor.

Normalt förekommande ämnen

TVOC-värdena i tabellen ovan byggs upp av många olika VOC, som i stor utsträckning är beroende på vilka material, som finns i byggnaderna. Dock brukar de största bidragen komma från glykoletrar och terpener. De förstnämnda avges från olika vattenburna system som vägg- och takfärger samt lim. Terpenernas ursprung är olika trämaterial, i allmänhet från trägolv och inredning. I miljöer med linoleumgolv och/eller linoljebaserade färger förekommer oftast högre aldehyder (n-hexanal - n-dodekanal) i luften. Vid värdering av normalt resp icke-normalt i miljöer är det viktigt, att dels känna vilka material som förekommer och dels vilka ämnen dessa avger som egenemission resp som emissioner till följd av normala reaktioner t ex oxidation.

Förekommande ämnen till följd av felaktig användning eller skada på byggnadsdel

Den vanligaste anledningen till mätning av kemiska ämnen i inomhusluften är dock för att utreda om onormala ämnen förekommer eller att normalt förekommande ämnen finns i onormal koncentration.

Den vanligaste mätningen torde vara att studera koncentrationen av koldioxid, som kan utgöra vara ett mått på ventilationens effektivitet. Det förekommer dock ofta att höga värden likställs med en dåligt fungerande ventilation, medan det verkliga skälet i stället torde vara att användningen av aktuell byggnad kraftigt avviker från vad som projekterats. Det är sålunda vanligt att höga koldioxidvärden uppmäts som följd av alltför hög personbelastning. Detta gäller särskilt i skolor och daghem. Det vanligen åberopade värdet, 1000 ppm (AFS 1993:5, Ventilation), är ett rent tekniskt värde och har inget som helst att göra med hälsan.

Vid mätning av VOC letar man efter särskilda ämnen, så kallade signalsubstanser, som anger att någon reaktion inträffat. Mätningarna kan ske genom provtagning av inomhusluft, genom mätning av emissioner från enskilda material eller materialkombinationer i fält eller genom att material tas till laboratorium för analys. Vanligtvis koncentreras analyserna kring att påvisa ett eller flera ämnen snarare än att exakt bestämma halten.

I **Tabell 3** anges några exempel på material, vilka signalsubstanser som uppkommer samt anledningen.

Material	Signalsubstanser	Anledning
Lim	alkoholer, särskilt n-butanol	fukt och högt pH-värde
PVC-mattor	alkoholer, särskilt 2-etylhexanol	fukt och högt pH-värde
Avjämningsmassa, särskilt äldre proteinhaltiga baserade på Portlandcement	ammoniak, o-aminoacetofenon	fukt och högt pH-värde
Limmade träprodukter	formaldehyd	inverkan av hög fuktighet och/eller hög temperatur
Träprodukter	furaner, geosmin m fl	hög fuktighet
Tryckimpregnerat virke	flera ämnen, särskilt anisolier	hög fuktighet
Matta på matta	flera ämnen bl a n-butanol	sannolikt fuktighet

Slutligen några allmänna råd:

- innan du mäter något överhuvudtaget, gör klart för dig vilka klagomål brukarna har, klagomålets omfattning samt dess utbredning i byggnaden. Enkäter eller intervjuer ger dig vägledning
- ha en klar strategi när du gör en mätning av kemiska ämnen. Vad vill du visa?
- gör klart för dig att du mäter för att påvisa tekniska felaktigheter i byggnaden inte för att uttala dig om hälsofrågor. Utom i extrema fall hamnar du annars i betydande svårigheter
- kom ihåg att alla mätvärden av kemiska ämnen är förknippade med betydande osäkerheter. Kräv inte bara mätvärden utan även osäkerhetsintervall från analyslaboratoriet. Bra att ha bl a vid jämförelse före resp efter åtgärd.

Kan man från mätresultaten uttala sig om hälsorisker?

- 8.1 *Vilka typer av mätningar är användbara vid utvärdering av hälsoeffekter av en enskild innemiljö?*
- 8.2 Vilken osäkerhet finns vid tolkning av enkätdata?
- 8.3 Vilka slutsatser om hälsorisker kan man dra av utfallet från en inneklimateundersökning?

Bakgrund

De koncentrationer av kemiska ämnen eller partiklar som uppmätes i icke-industriella inomhusmiljöer är låga och ofta lägre än de som uppmätes – och accepteras – i olika arbetsmiljöer. Uppmätta nivåer av temperatur, luftfuktighet och buller ligger oftast också inom gränser som uppfattas medföra komfort. Trots detta upplevs innemiljön ofta negativt och misstänks medföra hälsoproblem bland personer som vistas i olika icke-industriella arbetsmiljöer, i skolor och daghem eller i bostaden. I sådana ”fall” hittar man trots intensivt letande sällan anmärkningsvärda halter av uppmätta fysikaliska, kemiska eller biologiska exponeringsparametrar jämfört med vad som uppmätes i problemfria miljöer.

Det har inte varit möjligt att entydigt knyta någon enskild exponeringsfaktor till hälsoproblem i innemiljön. En orsak härtill är naturligtvis den diffusa ohälsobilden som rapporteras och som brukar benämnas SBS-symtom (SBS = sick building syndrome) eller sjukahussytom och den multifaktoriella exponeringssituationen. Symtomen uppfattas som ”allergiska” eftersom de ofta innebär irritation av ögon, näsa och hals samt hudsymtom. Otaliga forskningsrapporter har redovisat statistiska korrelationer mellan olika miljöfaktorer och rapporterade symtom men utfallen är svårvärderbara och ibland motsägelsefulla. Fuktskadade miljöer tycks dock i de flesta studier vara associerade med ohälsosymtom, främst i form av luftvägsbesvär. Genom ökad fuktbelastning ökar risken för emissioner av kemiska ämnen och mikrobiologisk tillväxt eftersom tillväxtmedier oftast finns tillgängliga. Fortfarande vet vi dock inte om och i så fall vilka enskilda ämnen som har betydelse ur hälsosynpunkt eller hur de interagerar med varandra och med andra förhållanden i miljön.

Vilka typer av mätningar är användbara vid utvärdering av hälsoeffekter av en enskild innemiljö?

Svårigheten att utifrån tekniska mätningar uttala sig om hälsopåverkan gör att man i det praktiska fallet måste utnyttja det mest informationsbärande mediet, dvs brukarna själva. Medicinska undersökningar ger dock tyvärr sällan hjälp vid utvärderingen. Vi saknar i dagsläget metoder för att genom kliniska undersökningar kunna ställa diagnos i dessa fall. Inte heller

brukar medicinsk provtagning ge någon hjälp, även om det naturligtvis i det enskilda fallet kan vara värdefullt att få veta om en "riktig" allergi föreligger som kan förbättras med hjälp av adekvat information och medicinering.

I de flesta medicinska sammanhang inleds kontakten med att exempelvis läkaren tar upp en "anamnes", dvs försöker fånga upp relevanta data om individens situation och erfarenheter för att få underlag för diagnosställande. På basen av personens redovisning av symtom och upplevelser, kompletterat med vissa bakgrundsfaktorer och en klinisk undersökning, ställs en preliminär diagnos. Denna testas därefter genom provtagning eller med olika mer eller mindre specifika undersökningsmetoder innan slutlig diagnos ställs och eventuell behandling sätts in. Samma förfarande bör gälla vid utredning av en specifik innemiljö. Det är lika galeat att påbörja en miljöundersökning med många tekniska (och kostsamma) mätningar innan man först inhämtat "anamnesen" från de som ansvarar för eller brukar miljön ifråga som att påbörja en medicinsk undersökning med en omfattande provtagning utan att först fråga patienten om vilka symtom och besvär han/hon har.

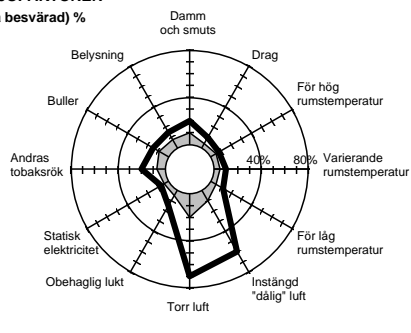
Ett enkelt och kostnadseffektivt sätt att fånga "anamnesen" för en inneklimatmiljö är att fråga brukarna på ett strukturerat sätt med hjälp av enkäter. Om antalet personer i en miljö är mycket litet kan man naturligtvis fråga de berörda direkt utan användning av enkäter. Genom användning av standardiserade enkäter kan jämförelser göras på ett enkelt sätt med andra grupper av individer eller andra miljöer. Olika enkäter har genom åren kommit till användning vid kartläggning av inomhusmiljöer. Själva har vi vid Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Örebro sedan 1989 använt samma standardiserade basenkäter för kartläggning av olika inomhusmiljöer och därigenom byggt upp omfattande erfarenheter och stora databaser som täcker olika individgrupper och miljöer. Standardiseringen föregicks av omfattande prövningar och tester under åren 1986 till 1989. Fortsättningsvis redovisas erfarenheter från arbetet med Örebroenkäterna. Information om övriga enkäter hämtas lämpligen från de som nyttjat de senare.

De standardiserade Örebroenkäterna med beteckningarna MMXXXNA, är uppbyggda i olika block med samma frågor i de olika versionerna. Detta gör att det är möjligt att jämföra utfallet för personal (MM040NA) och högstadieelever (MM060NA) vid en skola. I enkäterna efterfrågas före-

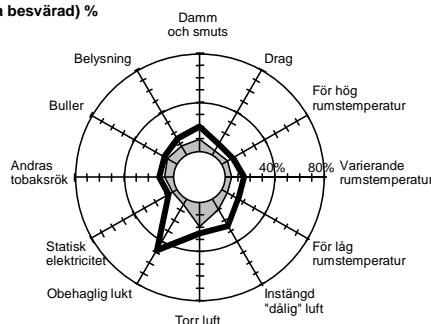
komsten av störande miljöfaktorer, upplevda symtom och deras eventuella relation till den aktuella miljön förutom relevanta bakgrundsfaktorer.

Genom användning av en grafisk presentationsform kan miljökartläggningen redovisas på ett utrymmessnålt och förståligt sätt. I samma grafer kan också olika referensmaterial presenteras och jämförelser göras visuellt. I figurerna nedan redovisas utfallet för två typfall av miljökartläggningar. I det ena fallet föreligger uppenbart ventilationsproblem så till vida att tillförseln av frisk luft inte förefaller vara tillräcklig för det antal personer som vistas i lokalen medan i det andra fallet någon typ av emissioner tycks föreligga som irriterar slemhinnorna, oftast förorsakat av någon typ av fuktskada.

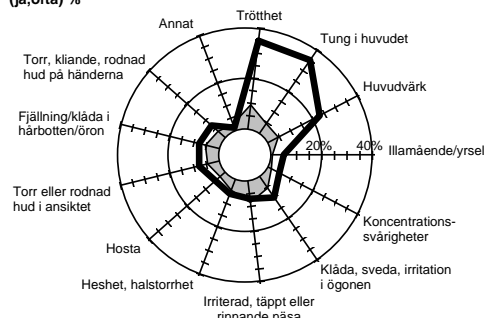
MILJÖFAKTORER
(ofta besvärad) %



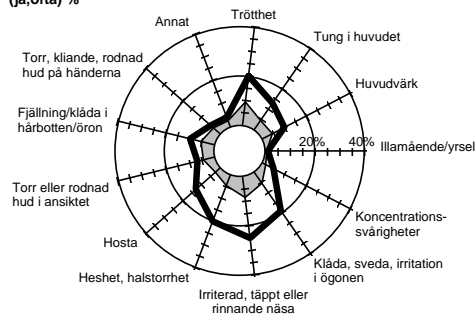
MILJÖFAKTORER
(ofta besvärad) %



BESVÄR/SYMTOM
(ja,ofta) %



BESVÄR/SYMTOM
(ja,ofta) %



Figur A. Utfallet med höga klagomålsfrekvenser på dålig luft och allmänsymtom talar för ventilationsproblem

Figur B. Utfallet med klagomål på obehaglig lukt och förhöjd frekvens av slemhinnesymtom talar för föroreningar i luften. Sannolikt finns här en bakomliggande fuktskada.

På basen av dessa grafer kan en preliminär ”diagnos” ställas på inommiljön och den fortsatta utredningen kan inriktas mot mer specifika tekniska undersökningar och mätningar för att utmynna i ett eventuellt åtgärdsprogram, dvs en ”behandling”.

Genom att man alltid bör utvärdera effekten av insatta åtgärder, exempelvis genom förnyad enkät och/eller tekniska mätningar, får man ett kvitto på att förhållandena förbättrats och att symtomen reducerats eller försvunnit.

Av ovanstående framgår att det i dagsläget knappast finns några tekniska mätningar på vars bas man kan uttala sig om hälsorisker för individen. Detta gäller också för mätningar av mikrobiologiska ämnen. Vi känner inte den hälsomässiga betydelsen av emissioner från mögel och bakterier, vare sig det gäller allergener, specifika lättflyktiga föreningar eller utsläpp av specifika toxiner från dessa organismer.

Vilken osäkerhet finns vid tolkning av enkätdata?

Liksom vid tekniska och mikrobiologiska mätningar kan man redovisa osäkerheten vid enkätundersökningar och för enkätmetoden som sådan. Reproducerbarheten kan exempelvis mätas genom att samma enkätfrågor ställs till samma personer vid två olika men relativt närliggande tillfällen så att yttre förhållanden inte förändras påtagligt mellan tillfällena. Olika studier av Örebroformulären har därvid påvisat en god reproducerbarhet. I statistiska termer brukar reliabiliteten för enkätfrågor ligga kring värdet 0.8 eller högre. Validiteten, dvs att metoden verkligen mäter det den avser att mäta, kan vara svår att bestämma vid upplevelsemätningar eftersom man saknar en ”golden standard”. Det är svårt att exempelvis mäta validiteten av upplevelsen ”torr luft” eftersom ”torr luft” inte korrelerar särskilt bra mot den relativa luftfuktigheten – och i än mindre utsträckning med den absoluta luftfuktigheten – utan påverkas av såväl lufttemperaturen som luftens innehåll av gaser eller partiklar. Örebroenkätens frågor har validerats mot expertbedömningar, med de brister detta har, och befunnits ha en acceptabel validitet.

Såväl miljöfrågorna som symptomfrågorna har också validerats i praktiken genom jämförelser av slutsatser dragna baserat på formulärfrågorna och motsvarande baserat på utfallet från tekniska bedömningar och mätningar. En väsentlig egenskap hos frågorna är deras stabilitet i relation till vissa

basfaktorer som kön, ”ålder” respektive allergi. Kvinnorna rapporterar generellt fler SBS-symtom och besväras i högre grad av inomhusmiljön än männen, skolelever rapporterar högre frekvens av allmänsymtom jämfört med den vuxna skolpersonalen och detta är mest påtagligt för upplevelsen av koncentrationssvårigheter. De som uppger sig vara allergiker rapporterar också fler SBS-symtom än icke-allergikerna även om det inte går att påvisa signifikanta samband mellan ”riktiga” allergier med positiva blodprover och dessa symtom.

Väsentliga källor till ökad osäkerhet vid tolkningen utgörs av låg svarsfrekvens och små materialstorlekar. Det är dock möjligt att använda enkättekniken också vid små materialstorlekar, vilket exempelvis nästan alltid gäller vid förskoleverksamheten, men osäkerheten ökar och större försiktighet erfordras vid tolkningen av resultatet. Vid stort bortfall måste man vara mycket försiktig i sin tolkning även om de flesta undersökningar vi själva genomfört tyder på att bortfallet vid denna typ av enkätundersökningar inte är särskilt starkt relaterat till hälsoutfallet utan mer till en allmän inställning till att besvara enkäter över huvudtaget. Det är oftast möjligt att uppnå svarsfrekvenser kring 70% eller högre. Vid enkätundersökningar bland högstadie- och gymnasieelever är det ofta möjligt att uppnå svarsfrekvenser över 80%.

Vilka slutsatser om hälsorisker kan man dra av utfallet från en inneklimatundersökning?

I det specifika fallet är det sällan möjligt att uttala sig om hälsorisker i annat än allmänna termer och på basen av ”bästa möjliga” sammanställning av tillgänglig kunskap. Möjligheterna beror som nämnts ovan också på materialstorlekar och bortfallets storlek. En väl genomförd undersökning, där de berörda informerats om syftet med undersökningen, garanteras anonymitet och utlovats information om resultatet ger goda möjligheter till rimliga slutsatser av en enkätundersökning. Man kan ofta peka på brister i miljön genom att förekomsten av besvärande faktorer är högre än för jämförbara grupper i miljöer utan påtagliga klimatproblem eller för grupper i aggregerade databaser från större populationer, exempelvis täckande alla skolbarn i kommunen.

Man kan aldrig, baserat enbart på enkätdata, fastställa orsakerna till aktuella hälsoproblem men väl peka på möjliga orsaksfaktorer. Denna bedömning får därefter prövas genom kompletterande undersökningar, oftast av

teknisk karaktär. I de flesta fall hittar man därvid rimliga förklaringar till besvären även om man i stort sett aldrig kan säga vilken eller vilka faktorer som är avgörande. Vid denna sannolikhetsbedömning måste hänsyn tas till många faktorer också av ickefysisk natur, då såväl socioekonomiska som psykosociala faktorer, och trivselfaktorer har betydelse för hur miljön upplevs och symtom rapporteras.

Oftast kan man vid en uppföljning av genomförda insatser avgöra om gjorda bedömningar medfört att förhållandena förbättrats.

Referenser

Andersson K. Epidemiological approach to indoor air problems. Indoor air 1998; Suppl. 4:32-39.

Session 3. Aktualiteter

Miljöbalken

- 9.1 Vilka fundamentala förändringar finns i miljöbalken relativt den gamla lagstiftningen inom inomhusklimat-/hälsoområdet?
- 9.2 Hur anser Du att miljöbalken stärker brukarnas ställning?
- 9.3 Tror Du att vi står inför en ”amerikanisering”, dvs att allt fler ärenden kommer att hamna inför domstol?

Kort historik

Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999. I balken har lagstiftaren samlat 16 miljö-och resurslagar. De lagar som upphörde att gälla är bl.a. miljöskyddslagen, miljöskadelagen, naturvårdslagen, naturresurslagen, hälsoskyddslagen och vattenlagen. Ett stort antal förordningar som gäller vid sidan av miljöbalken har meddelats. Ett par exempel är förordningen om miljökonsekvensnormer och förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Viktig fastighetsrättslig lagstiftning utanför miljöbalken, som alltså gäller är bl.a. fastighetsbildningslagen, plan- och bygglagen och expropriationslagen. Miljöbalkens principer skall emellertid även tillämpas vid användningen av dessa lagar varför balken får en central betydelse inom rättsområdet.

Miljörättslig lagstiftning har stiftats i takt med att behovet av regler för att skydda natur, miljö och hälsa blev alltmer nödvändig på grund av industrialiseringen och ökade kunskaper om hälso- och miljöfrågor. Denna miljölagstiftning utvecklades successivt och omfattade till slut en mängd lagar med delvis motstridiga bestämmelser. År 1989 tog regeringen det första steget att samordna miljölagstiftningen. Då bildades Miljöskyddskommittén som fick uppdraget att göra en översyn av miljöskyddslagstiftningen. Målsättningen var att samla alla lagar som i första hand avsåg att bevara, skydda och förbättra tillståndet i miljön, garantera medborgarna rätten till en ren och hälsosam miljö och att säkerställa en långsiktig god hushållning med naturresurserna i en miljöbalk. Kommittén utarbetade ett huvudbetänkande och år 1994 lade regeringen propositionen om "Miljöbalk" till riksdagen, men den återkallades efter regeringsskiftet samma år. I stället fick en annan utredning, Miljöbalksutredningen, i uppdrag att lägga fram ett nytt förslag till miljöbalk. I det nya uppdraget ingick bl.a. att inordna också vattenrätten under miljöbalken, en reform som Lagrådet hade föreslagit i samband med att man behandlade det tidigare förslaget. Miljöbalksutredningen lämnade sitt betänkande och regeringen föreslog genom proposition att en ny lag, miljöbalken skulle införas i Sveriges rikes lag. Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999.

Miljöbalkens mål

Miljöbalkens mål beskrivs i dess första paragraf, portalparagrafen.

Målen sägs vara att: ”bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö”.

Vidare sägs att: ”en sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl”.

I portalparagrafen finns även de fem grundstenar som tillämpningen av miljöbalken förutsätter för att målen ska kunna uppnås.

Dessa är:

1. människans hälsa och miljö skall skyddas mot störningar,
2. natur- och kulturområden skall skyddas och vårdas,
3. den biologiska mångfalden skall bevaras,
4. en god hushållning av mark och vatten skall tryggas,
5. återanvändning och återvinning skall främjas.

Portalparagrafen knyter an till principer som finns i det internationella miljöarbetet såsom Brundtlandkommissionens rapport år 1987 och det globala miljöprogram som antogs vid Riokonferensen 1992.

De allmänna principerna skall även tillämpas utanför miljöbalkens område när annan lagstiftning som berör miljön blir tillämplig. De kan givetvis komma att kollidera med ex. industri- och markägarintressen. Till hjälp för avvägningen mellan miljöhänsyn och motstående intressen finns de allmänna hänsynsreglerna i andra kapitlet miljöbalken. Dessa hänsynsregler är en viktig nyhet. Kapitlet är tillämpligt på all verksamhet och alla åtgärder av betydelse för miljöbalkens mål, exempelvis vid prövning av frågor om hälsoskydd. Reglerna kan läggas till grund för tillsynsmyndigheternas förelägganden eftersom de är rättsligt bindande. Hänsynsreglerna gäller parallellt med annan lag om det inte särskilt anges att de inte skall tillämpas på verksamheten eller åtgärden i fråga. Ett sådant undantag är arbetsmiljölagen.

Allmänna hänsynsregler

De allmänna hänsynsreglerna innebär en omkastning av bevisbördan. Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta (inte rent bagatellartad) en åtgärd skall visa att verksamheten kan bedrivas på ett miljömässigt godtagbart sätt i förhållande till hänsynsreglerna. Det gäller även den som tidigare har bedrivit miljöskadlig verksamhet. Den som exempelvis söker ett tillstånd skall visa att verksamheten kan bedrivas i enlighet med hänsynsreglerna, så att den inte medför skadliga miljöeffekter eller på annat sätt motverkar balkens mål. Bestämmelsen begränsar sig till bevisbördans placering vid prövning av tillstånd och villkor samt vid tillsyn. Den omkastade bevisbördan gäller däremot inte i brottmål eller i mål eller ärenden om skadestånd eller ersättning enligt miljöbalken. I dessa fall gäller normala bevisbörderegler, dvs. det är åklagaren respektive den som påstår sig ha lidit skada som skall visa att tillräckliga skäl föreligger för bifall till talan.

Förutom regeln om den omkastade bevisbördan finns ytterligare ett antal allmänna hänsynsregler i samma kapitel. I korthet kan sägas att reglerna anger hur man på olika sätt skall visa hänsyn till miljön när verksamheter bedrivs och åtgärder vidtas som inte är av försumbar betydelse i det enskilda fallet:

- Man skall skaffa sig behövliga kunskaper om miljöskydd,
- iaktta behövliga försiktighetsmått mot miljörisiker,
- lokalisera verksamheten på miljövänligt sätt,
- hushålla med naturresurser och energi,
- välja så miljövänliga produkter och varor som möjligt och
- ansvara för att skador och olägenheter avhjälpas.

Sådana principer skall således ligga till grund för myndigheters beslut.

Det går emellertid inte att tillämpa reglerna hur strängt som helst mot den enskilde. I 7 § sägs att dessa hänsyn gäller ”i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem”. Det är här fråga om en avvägning efter skälighet. Det finns också en stoppregel som beskriver när en verksamhet får förbjudas eller när den över huvud taget inte får komma till stånd. Regeln blir aktuell först när andra mindre ingripande åtgärder inte kan åstadkomma tillräckligt skydd för människors hälsa och miljön.

Miljökvalitetsnormer

En viktig nyhet i miljöbalken är reglerna om miljökvalitetsnormer. Dessa innebär att regeringen (eller ibland annan myndighet) får meddela föreskrifter om kvaliteten på mark, vatten, luft eller miljön i övrigt om det behövs för att varaktigt skydda eller avhjälpa skador eller olägenheter för människors hälsa eller miljön. Tanken är att säkra ett godtagbart allmänt miljöstillstånd i hotade områden. Redan tidigare har förekommit gräns- och riktvärden som gett riktlinjer för miljöskyddsmyndigheternas arbete, men nu skall de samordnas och få en tvingande verkan. Myndigheter och kommuner skall säkerställa att miljökvalitetsnormerna uppfylls när de prövar tillstånd, utövar tillsyn eller meddelar föreskrifter, liksom vid planering och att verksamheter skall bedrivas så att normerna inte överträds. Normerna visar vilken miljökvalitet på miljön som är godtagbar när ovan nämnda allmänna hänsynsregler tillämpas. Vid tillämpning av den s.k. skälighetsregeln får det aldrig accepteras att en miljökvalitetsnorm åsidosätts.

Miljökonsekvensbeskrivningar

Kraven på miljökonsekvensbeskrivningar har skärpts och blivit mera enhetliga och anpassats till EG-regler och andra internationella regler. Med sådana beskrivningar vill man uppnå ett bättre underlag för besluten i ett tidigare skede än vad som förut var fallet. Samråd skall ske med länsstyrelsen när ett projekt planeras där en miljökonsekvensbeskrivning behövs. Man skall också samråda med enskilda som är särskilt berörda av projektet t.ex. grannar. I vissa fall skall det ske ett utökat samråd med miljökonsekvensbedömning. Det gäller för fall där man kan förvänta sig betydande miljöpåverkan. En miljökonsekvensbeskrivning skall kungöras så att allmänheten får tillfälle att yttra sig över den. Den myndighet som skall pröva ansökningen har att ta ställning till om beskrivningen uppfyller miljöbalkens krav. Det är sökanden som betalar beskrivningen och förfarandet med miljökonsekvensbedömningen.

Tillståndsprovning och tillsyn

Från den 1 januari 1999 inrättades fem regionala miljödomstolar och en Miljööverdomstol som är en avdelning inom Svea hovrätt. Miljödomstolarna ersätter vattendomstolarna och Koncessionsnämnden för miljöskydd. De fem regionala miljödomstolarna finns i Umeå, Östersund, Stockholm, Vänersborg och Växjö, där de utgör en del av tingsrätten på respektive ort. Miljödomstolarnas avgöranden kan överklagas till Miljö-

överdomstolen. Högsta domstolen är slutinstans i mål som i första instans prövats i regional miljödomstol.

Högsta domstolen tar upp ett mål till prövning om s.k. prövningstillstånd meddelas. Det innebär att det är endast mål där det är av vikt för rättstillämpningen att viss fråga prövas som domstolen tar upp målet till prövning.

I miljödomstolarna förekommer olika typer av mål och ärenden såsom tillstånd till miljöfarlig verksamhet och andra miljöskyddsfrågor, frågor om hälsoskydd, skadestånds- och ersättningsfrågor med miljöanknytning.

Förutom att miljödomstolarna kan fatta beslut enligt balken kan olika myndigheter göra det - regeringen, länsstyrelsen, andra statliga myndigheter eller kommunala organ. Avgöranden från förvaltningsmyndigheter överklagas till miljödomstolen och därifrån till Miljööverdomstolen. När Miljööverdomstolen är tredje instans att pröva ett överklagande krävs prövningstillstånd för att domstolen skall ta upp målet för bedömning.

Det nya systemet har inneburit att åtskilliga ärenden har överförts från förvaltningsmyndighets prövning till domstolsprövning, bl.a. därför att länsstyrelser m.fl. statliga myndigheters beslut skall överklagas till miljödomstol.

Tillsynen över att miljölagstiftningen följs har skärpts enligt miljöbalken. Myndigheterna skall kontrollera att enskilda rättar sig efter balkens föreskrifter och beslut som meddelats med stöd av balken och annars ingripa med föreläggande och förbud samt vite. Denna kontroll utövas framförallt av Naturvårdsverket, länsstyrelserna och vissa kommunala myndigheter. I större grad än tidigare utövas kontrollen numera av kommunala organ såsom inom hälsoskyddsområdet.

Sanktioner

Miljöbalken innehåller även regler om straffansvar och miljöstraffavgifter. Överträdelse av miljöbalken och föreskrifter meddelade med stöd av balkens bestämmelser kan medföra straff vid uppsåt och oaktsamhet samt miljöstraffavgifter, som tas ut av företagaren (även juridiska personer).

Hälsoskyddsfrågor / inomhusklimat

Bestämmelser om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd finns i miljöbalkens nionde kapitel. Reglerna är allmänt hållna. (Miljöskyddslagen och hälsoskyddslagen upphörde att gälla i och med miljöbalkens ikraftträdande).

Meningen är att mera detaljerade regler skall ges i förordningar och myndighetsföreskrifter. I förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd finns mera preciserade regler, om vilka krav som kan ställas på bostäder och lokaler dit allmänheten har tillträde, för att hindra uppkomst av olägenhet för människors hälsa och om anmälningsplikt för vissa verksamheter eller åtgärder.

Regeringen, statlig myndighet eller kommunen kan också ge allehanda föreskrifter till skydd mot olägenheter för människors hälsa. Sådana kommunala föreskrifter får inte medföra ”onödigt tvång för allmänheten eller annan obefogad inskränkning i den enskildes frihet”.

Ett grundbegrepp i hälsoskyddslagstiftningen har tidigare varit ”sanitär olägenhet”. Med detta har avsetts en störning som kan vara skadlig för människors hälsa och som inte är ringa eller helt tillfällig. Lagreglerna har till stor del inriktats på att hindra sanitära olägenheter, och begreppet finns i åtskillig rättspraxis. I miljöbalken har denna term ändrats till ”olägenhet för människors hälsa”. Med detta avses ”störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig”. Några ekonomiska eller tekniska avvägningar förekommer inte i sammanhanget. Bedömningen skall utgå från vad människor i allmänhet anser vara en olägenhet, inte vad en enskild störd person anser. Man skall dock ta hänsyn till personer som är något känsligare än normalt, t.ex. allergiker. Att begreppet sanitär olägenhet ändrats till olägenhet för människors hälsa innebär ingen ändring i sak. Enligt förarbetena till miljöbalken kommer miljö kvalitetsnormer att vara betydelsefulla för bedömningen av vilka störningar som bör anses påverka såväl hälsan som välbefinnandet i sådan utsträckning att åtgärder enligt miljöbalken kan komma i fråga. Det finns särskilda bestämmelser om hälsoskyddet i miljöbalken vari bl.a. stadgas att ” bostäder och lokaler för allmänna ändamål skall brukas så att olägenhet för människors hälsa inte uppkommer och hållas fria från ohyra och andra skadedjur”. Ägaren eller nyttjanderättshavaren skall vidta ”de åtgärder som skäligen kan krävas för

att hindra uppkomsten av eller undanröja olägenheter för människors hälsa”.

Avsikten är att de ovan nämnda allmänna hänsynsreglerna skall tillämpas i hälsoskyddsfrågor. Detta innebär att möjligheterna att ingripa till skydd för människors hälsa har utvidgats.

Enligt förordningen om tillsyn enligt miljöbalken gäller att det inom kommunen är det den kommunala nämnden som utövar tillsyn över miljö- och hälsoskyddet med undantag av sådan miljöfarlig verksamhet som kräver tillstånd.

Vad gäller de ställda specifika frågeställningarna kan följande synpunkter ges.

En viktig fundamental förändring i miljöbalken är de allmänna hänsynsreglerna som även skall tillämpas vid frågor om hälsoskyddet i inomhusmiljön. Bevisbördan är omkastad såtillvida att ”alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd” skall visa att bestämmelserna iakttas dvs. att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer. En bostad skall bl.a ge betryggande skydd mot kyla, drag, fukt, radon, luftföroreningar och andra liknande störningar. Det är således inte hyresgästen som skall visa att fastighetsägaren brister härvidlag. Den omkastade bevisbörderegeln gäller dock inte i ärenden om skadestånd eller i brottmål. Den som påstår sig ha lidit skada har att visa att tillräckliga skäl föreligger för bifall till talan. Vidare har kraven på kommunens tillsynsutövning och uppföljning härav skärpts. En enskild person kan använda sig av miljöbalkens tillsynsregler och de allmänna och särskilda hänsynsreglerna för att kräva åtgärder. Om en person anser att inomhusmiljön i det flerfamiljshus han eller hon bor i påverkar hälsan negativt är det fastighetsägaren som skall visa att bestämmelserna efterlevs. Hur omfattande krav som kan ställas får prövas i det enskilda fallet. Miljökvalitetsnormerna kan få betydelse för bedömningen.

Även ”verksamhetsutövaren” har en skyldighet att planera och kontrollera verksamheten så att den inte medför olägenhet för människors hälsa eller påverkar miljön och hålla sig underrättad om verksamhetens eller åtgärdens påverkan på miljön. På begäran skall han också lämna förslag till kontrollprogram eller förbättrande åtgärder. Detta gäller för all verksamhet

av betydelse för miljöbalkens syften oavsett om det avse näringsverksamhet eller åtgärder som vidtas av någon privat.

Brukarens ställning - med brukare avses då den som nyttjar bostad eller lokal för allmänt ändamål – stärks av hänsynsreglerna och särskilt av regeln om den omkastade bevisbördan. Skärpningen av reglerna om tillsyn stärker också brukarnas ställning. Skärpta straffskalor och införande av miljöstraffavgifter torde också innebära en ”förstärkning” av brukarnas ställning.

Domstolsordningen har förändrats i och med miljöbalkens ikraftträdande. Miljödomstolarna och miljööverdomstolen har inrättats. I och med denna nyordning kommer fler ärenden att prövas av domstol. I vissa fall skall miljödomstolen såsom första instans pröva tillstånd till miljöfarlig verksamhet. Avgöranden av kommun eller en förvaltningsmyndighet kan överklagas till domstolen. Miljöbalken är en ramlagstiftning och den närmare innebörden av exempelvis de allmänna hänsynsreglerna kommer rättspraxis att utvisa.

Någon offentlig rättsfallssamling från dessa miljödomstolar eller från miljööverdomstolen finns dock inte för närvarande. Det vore önskvärt att en praxissamling liknande den som finns för hovrättsavgöranden kunde publiceras.

Referenser

Svensk miljö rätt, Gabriel Michanek, Uppsala 1993, tredje tryckn. 1997.

Speciell fastighetsrätt – miljöbalken, Bertil Bengtsson, Uppsala 1998, sjunde upplagan.

Miljöbalken- Den nya miljö rätten, Stefan Rubenson, andra upplagan, 1999 Jordbruksutskottets betänkande 1997/98:JoU 20, Miljöbalk.

Regeringens proposition 1997/98:45 Miljöbalk del 1 och 2.

Advokaten nr 1, 1999, Artikel ”Ny domstolsordning inom miljö rätten. Premiär för fem regionala miljödomstolar och Miljööverdomstolen”. Miljöbalksutbildningen. ”Vad alla bör veta om miljöbalken”.

Förvaltarens vardag

- 10.1 Vilka klagomål på inomhusmiljön träffar Du på i Ditt arbete?
- 10.2 Hur hanterar Du dessa klagomål?
- 10.3 Kan Du ge några exempel ur Din vardag?

Bengt Larsson

Inledning

Familjebostäder är ett av Stockholm stad ägt bostadsföretag som äger ca 800 fastigheter med totalt 30 000 lägenheter. Det innebär att vi äger mellan 7 och 8 % av bostäderna i Stockholm.

Familjebostäder övertog under 70-talet större delen av stadens bostadsfastigheter och har under 80- och 90-talen använt stora ekonomiska resurser för att rusta dessa hus. Det har inneburit att upprustning av vårt fastighetsbestånd i förorter, som utgör en tredjedel av beståndet, har fått anstå. Familjebostäder har därför 13 000 lägenheter från 40- och 50-talen som är i stort behov av upprustning. Det är förorter som Svedmyra, Stureby, Högdalen, Bandhagen, Bläckeberg m m.

De miljöproblem vi har i lägenheter, finns mer sällan i de gamla och dåligt underhållna husen, utan problemen dyker upp i hus byggda eller ombyggda under 80- och 90-talen. Det är ekonomiskt och personellt tungt att behöva lägga ner stora resurser på de moderna husen när vi skulle vilja rusta våra 50-60 år gamla hus.

Vilka klagomål på inomhusmiljön träffar du på i ditt arbete ?

Temperatur

Det allra vanligaste skälet till att folk klagat på inomhusmiljön är att hyresgäster anser det vara för kallt. Familjebostäders policy är att det ska vara minst 20°C men många hyresgäster vill ha flera grader varmare. När vi kommer till en lägenhet är det i 70-80% av fallen så att hyresgästen har tillräckligt varmt, men det händer givetvis också att det är för kallt. Det kanske verkar enkelt att bara höja temperaturen, men då vår värmenota är ca 200 mkr medför varje grads ökning en ökning av kostnaden med 6%. Det innebär också en konflikt med Miljöförvaltningen som dels arbetar för att vi ska minska energiförbrukningen, dels vill att vi ska höja inomhus-temperaturen. Det är heller inte helt enkelt hur vi ska ställa oss i de fall då de boende i lägenheterna är gamla eller sjuka som behöver mer värme. Vi kan dock konstatera att för låg inomhustemperatur medför sämre luftomsättning och sämre inomhusmiljö samtidigt som högre temperatur ofta ger torrare och sämre luft.

De senaste åren har vi arbetat med OVK-besiktningar. Om hyresgäster upplever inomhusklimatet för kallt tejpas man igen ventilerna vilket resulterar i att ventilationen försämras och att risk för fukt- och mögelskador uppstår. Jag är därför något kluven till att hålla ned temperaturen till en nivå som hyresgästen tycker är för låg. Det kan som sagt innebära för låg luftomsättning med fukt och mögelskador som följd.

Ljud

Den näst vanligaste orsaken till klagomål är ljud. Hyresgäster visar allt mindre hänsyn till grannar, möblerar ibland mindre med möbler och mattor som dämpar ljud, men kräver samtidigt en mycket tyst boendemiljö. Det är också vanligt att de hyresgäster som valt att bo utmed en tättrafikerad innerstadsgata klagat på trafikljud.

Mögel

Den vanligaste orsaken till mögel är ett våtrumsläckage som spridit sig i golv och in i väggar till sovrum. Om det pågått under lång tid kan det även ta lång tid att reparera, bli kostsamt samt kräva evakuering av hyresgäst. Mögelskador av denna typ är dock tekniskt enkla att reparera då orsaken är helt klar och man kan efter avslutad reparation vara ganska säker på att problemen är ur världen.

Ett alltför vanligt problem är att man är dålig på att hålla rent i våtrum. Vi svenskar använder stora mängder av flytande tvål men vi gör sällan rent i våra hygienutrymmen.

Radon

Radon är ett problem som dyker upp efter att människor skrämts upp av tidningsartiklar. Problemen i flerbostadshus är dock ganska små. De stora problemen finns i bostäder på markplan och på vissa orter. Familjebostäder har i Jordbro Haninge kommun ett antal villor och marklägenheter som åtgärdats men fram till sommaren 1999 fanns inga bostäder inom Stockholm stad med dessa problem. Sommaren 1999 fick vi efter miljöförvaltningens mätningar åläggande om att åtgärda fyra lägenheter i Rågsved i södra Stockholm. De är samtliga lägenheter på markplan och vi har nu vidtagit åtgärder och arbetar nu med nya mätningar som ska vara klara innan denna eldningssäsong slut. Vi tror det är osannolikt att vi kommer att finna ytterligare mer än någon enstaka lägenhet med radonhalt överstigande gällande gränsvärde.

Hur hanterar du dessa klagomål?

Problem med mögel, allergier och sjukdomar som kan hänföras till dålig inomhusmiljö är inte så många, men de är svåra att utreda och det är inte alltid vi träffar rätt.

Det första vi gör är att husvärden ska besöka lägenheten och för detta har vi tagit fram ett formulär som husvärden eller biträdande områdeschefen ska arbeta efter. Det gäller att lyssna på hyresgästen, lukta i lägenheten och se om det finns fukt. När man som tekniker börjar känna sig osäker är då allt verkar torrt, det är välstädat och det inte känns någon lukt. Vi blir då ofta tvingade att kontakta någon konsult som kan ta prover etc. Vi försöker dock av ekonomiska skäl att göra så få utredningar som möjligt.

Några exempel ur min vardag

Exempel 1

En lägenhet på bottenplan i ett 50 år gammalt trevåningshus där det uppenbarligen var för låg inomhustemperatur. Hyresgästen hade kontaktat såväl miljöförvaltningen som hyresgästföreningen. Miljöförvaltningen hade misslyckats med att mäta temperaturen då den termometer som använts visat fel och man i efterhand gjort justering av uppmätt temperatur. Hyresgästföreningen hade mycket ringa kunskap om mätning av inomhustemperaturer. Hyresgästen ansåg att det var mögel och krävde omfattande åtgärder. Vi konstaterade att det var dålig värmeisolering i skarv mellan bjälklag och yttervägg och att isoleringen mot källaren var ganska dålig. Vi fick lösa problemen genom att höja värmen, lägga på en ny linoleummatta och valde då en matta med extra stegljudsdämpning vilket gav en känsla av bättre värmeisolering. Vi tilläggsisolerade dessutom ytterväggarna i sovrum med 50 mm cellplast och gipsskiva. Detta var relativt dyra åtgärder för en enskild lägenhet men lägenheten kändes kall och hyresgästen hade dessutom någon form av reumatisk sjukdom, varför hon egentligen behövde lite mer värme.

Exempel 2

Ett modernt hus byggt 1978 utan tidigare inomhusmiljöproblem. Vintern 1999 fick vi påringning av en hyresgäst som svullnade igen i ögon och hade ständiga förkylningar. Hyresgästen som är mellan 30 och 40 år hade bott i lägenheten i 2,5 år och under det senaste året blivit sambo. Biträdande områdeschefen besökte lägenheten och konstaterade att det

intefanns fukt, inte kunde kännas någon lukt och att det var välstädat. Fastigheten har ett väl fungerande frånluftssystem och vi försökte med att förbättra tilluften genom att montera tilluftsventiler i fönster men det hade ingen verkan.

Jag blev ombedd att besöka lägenheten. Hyresgästen berättade då om besvär med svullnader i ansikte, problem med ögonen, eksem och allmän trötthet. Sambon hade efter inflyttning till lägenheten börjat snarka i sådan omfattning att läkare låtit utföra snarkutredning. Hyresgästen hade varit sjukskriven i 2 ½ vecka och omtalade användning av massor av kortison. De påstod också att deras enda möjlighet att fungera var att vistas i lägenheten så lite som möjligt, varför de tillbringade de flesta helger hos föräldrar, goda vänner eller på hotell.

Familjebostäder lät då göra en undersökning av mögelförekomsten i lägenheten. Det konstaterades att det var "synnerligen låga" mögelhalter i luften men att det i sandfyllningen fanns mögel. Bjälklagens konstruktion är betongbjälklag 160 mm, 40-50 mm torrsand, 0,1 mm plastfolie, 6,5 mm hård träfiberskiva och linoleummatta. Detta var en mycket vanlig golvkonstruktion från tidigt 60-tal till slutet av 70-talet. Konstruktionen gav släta golv som var sköna att gå på, gav bra ljudisolering, tillförde inte ytterligare vatten till konstruktionen samt var billiga.

Det var inte möjligt att sanera golv utan evakuering och vi valde då att göra en permanent evakuering. När lägenheten var tom lät vi riva ut sandgolvet, ersätta det med ett Nivellgolv som är ett golv av spånskiva på fötter av plast. Innan spångolvet las in sanerades betonggolvet med antimögelmedel. Kostnaden för reparationen inklusive moms uppgick till 100 000:-.

Hyresgästen som evakuerades har kontaktas brevledes men har ej svarat. Vi har ej heller haft kontakt med den nya hyresgästen i den sanerade lägenheten.

Exempel 3

En hyresgäst har via advokat, som anlitat konsult med mögelhund, krävt sanering av lägenheten. Lägenheten är belägen på bottenplan i gårdshuset av ett hus, byggt ca 1910 och ombyggt i mitten av 1980-talet. Hyresgästen påstår att det kommer upp källarlukt genom golv och vill ha lägenheten sanerad.

Familjebostäder har med två konsulter för inomhusmiljö undersökt lägenheten. Den första hittade inga fel, medan den andre konstaterade att det fanns mögelförekomst på undersidan av trägolvet. Vid undersökning av luften i undergolv, genom att frånluftsfläkt monterades så att luft söks från undergolv, kunde ingen lukt konstateras

Golven har beläggning av linoleum under vilket det finns golvspackel, 50 mm trägolv varunder det finns fyllning och bjälklag över källare.

Det är väl troligt att det under ombyggskedet har förekommit mycket vatten på golv i bottenplan och det är väl möjligt att i det har blandats spackel, betong, fästmassor etc. och att man inte varit särskilt noggrann med att inte spilla ut vatten. Det är okänt vilken fyllning det är över källare, men det kan väl antas att det är putsbruk med tegel eller koksaska.

I denna lägenhet fanns en mängd lukter. Det finns tvättmaskin i badrum med parfymerade tvättmedel, det finns en byrå i hall som används som sminkbord och i köket finns lök och kryddor av orientalisk typ. Lägenheten innehas av en vuxen med två barn. Familjebostäder har erbjudit att, i enlighet med konsultens förslag, göra en mindre sanering vid kök och i klädskåp. Hyresgästen avvisar detta och kräver en fullständig sanering av lägenheten. Familjebostäder har konstaterat att detta skulle innebära evakuering och total utrivning av hela lägenheten, något som skulle kosta 400 000 - 500 000:-. Miljöförvaltningen har accepterat Familjebostäders ståndpunkt.

Det har i detta fall inte varit möjligt med en permanent evakuering. I denna fastighet har hyresgästerna bildat bostadsrätt och begärt att få köpa fastigheten. Detta innebär att hyresgästen kan "tjäna" flera hundra tusen kronor och vill därför naturligtvis inte byta bort lägenheten. I en lägenhet med bostadsrättsförening, som anmält önskemål om att få köpa fastigheten, är vi också restriktiva med underhåll.

Exempel 4

Denna fastighet är byggd 1981 och består av en byggnad mot en gata och två huskroppar mot en annan gata med en gård emellan. Huset är byggt av platsbyggd betong med golv av linoleum eller parkett på flytspacklad betong. Huset har balanserad ventilation med från och tilluft. En familj tre trappor upp kontaktade under hösten 1997 Familjebostäder och påtalade att det mindre barnet, som då var drygt ett år, ständigt var förkyllt.

Familjebostäders representanter gjorde några besök under senhösten och vid ett besök gjordes också mätning av ammoniak som visade 3-5 ppm.

Första arbetsdagen efter jul kontaktades vi åter av familjen som informerade om att de tillbragt jul- och nyårshelgen på Sachsska Barnsjukhuset som är ett barnakutsjukhus i anslutning till Södersjukhuset. Vi kunde givetvis inte låta en familj vara sjuka genom dålig boendemiljö, varför vi omgående lät familjen flytta till en annan lägenhet på Söder. Familjen fick en något mindre lägenhet på Söder med lite lägre standard men med lägre hyra. Familjen mår nu bra.

När lägenheten var tom lät vi en konsult ta prover varvid konstaterades att det inte fanns något mögel på eller i golv. Det fanns dock höga halter av 2-etylhexanol och vid kontroll av ammoniakförekomsten konstaterades 10-12ppm.

Då vi kände stor osäkerhet om det fanns problem även i övriga lägenheter lät vi Yrkes- och miljömedicinska kliniken vid Regionsjukhuset i Örebro genomföra en enkät som skickades ut till samtliga 42 boende. Denna visade att det var vissa problem och att problemen var något större för lägenheterna på ena gatan. Det är möjligt att detta beror på att de bägge huskropparna byggs vid olika väderlek eller att det varit olika förutsättningar för uttorkning. Resultatet av enkäten redovisades för hyresgästerna vid ett möte på kvällstid där dock endast ett tiotal hyresgäster deltog.

Vi har efter detta lagt in ventilerade golv på Platonmatta i den lägenhet som evakuerats våren 1999 och i en lägenhet under senhösten 1999. Det är vår avsikt att nu avvakta ett eller två år med vidare åtgärder.

Exempel 5

Familjebostäder har i en fastigheten 388 lägenheter. Fastigheten är byggd 1982 och vi uppmärksammades på att det förelåg problem under 1991. Familjebostäder har fram till nu, då vi anser projektet avslutat, sanerat 337 lägenheter till en produktionskostnad på cirka 61 mkr. Saneringen har gjorts genom avrivning av golvmatta samt inläggning av Platongolv. Det har under åren varit mycket diskussioner och mycket olika viljor hos hyresgäster, hyresgästförening och Miljöförvaltning. Det har också förekommit att hyresgäster framfört krav på sanering av golv på grund av

medicinska problem, då den egentliga anledningen varit att de önskat nya ytskikt.

Exempel 6

Fastighet byggd under början av 80-talet, alltså efter det att problemen med flytspackel aktualiserats. Några år efter att huset stod klart anmäldes miljöproblem. Vi har konstaterat att det vattenbaserade limmet reagerat mot den fuktiga betongen och att det vatten som funnits i limmet förvärrat det hela. Familjebostäder har under tre-fyra år åtgärdat ungefär hälften av lägenheterna. När det nu återstår hälften av lägenheterna är det få som vill ha sanerat och vi vet inte riktigt hur vi ska agera. Det är inte ekonomiskt möjligt att sanera enstaka lägenheter vid hyresgästbyte, men vi kan heller inte låta bli att sanera om det är så att det föreligger problem.

Den metod för sanering som valts har varit avrivning av linoleummatta, behandling av golv med försegling och inläggning av ny matta. Det är en något omdebatterad metod men det har fungerat och hyresgästerna mår efter sanering bra. Det har dock i detta hus funnits hyresgäster som med dålig boendemiljö som motiv argumenterat och lyckats få bättre lägenhet med lägre hyra.

Sammanfattning

1999 kom en ny miljöbalk. Under våren och sommaren genomfördes utbildning främst för personal från miljöförvaltningar. Jag gick en kurs på 6 timmar men i övrigt är det endast ett fåtal inom företaget som är insatta i den nya Miljöbalken. Vi har därför behov av vidare utbildning.

Vi har känt en oro för ökade kostnader med anledning av fastighetsägarens ansvar att utreda men vi har hittills inte drabbats av särskilt höga utredningskostnader.

Vi är på Familjebostäder medvetna om att det knappast går att finna gränsvärden för mögel och kemikalieavgång från flytspackel. Men vi önskar att vi får lite mer klarhet i vilken omfattning vi ska ta hänsyn till människor med speciella behov som det står i Miljöbalken.

Familjebostäder har kvar det hyresgäststyrda målningsunderhållet med 12 års intervall på målning av bostadsrum medan vi sedan 1993 förhandlat bort golvunderhållet. Det förekommer därför att hyresgäster med dålig boendemiljö som motiv önskar lägenhetsunderhåll. Det finns också många

lägenheter där ytskikten i våtrum inte uppfyller dagens krav. Det finns lägenheter där flera boende duschar på morgonen, efter joggingrundan och på kvällen och det finns hyresgäster som av religiösa skäl uppger att de måste duscha flera gånger dagligen. Detta klarar inte 50 år gamla badrum.

Det finns också hyresgäster som av många skäl har det svårt och när ingen annan vill lyssna kontaktar man hyresvärden och påtalar brister i boendemiljön.

Det är svårt att skilja tekniska problem i boendemiljön med de problem som kan föreligga med allergier och andra medicinska problem. Familjebostäder vill dock ta varje anmälan om boendemiljöproblem på allvar och göra en seriös utredning men det finns gränser vad denna får kosta.

Varför blir det så lätt oro kring innemiljöfrågor?

- 11.1 Varför blir folk så lätt oroliga när det gäller miljöfrågor?
- 11.2 Hur bemöter man folks oro för miljöfaktorer?
- 11.3 Hur ser Du på massmedias roll i dessa frågor?
- 11.4 Är folk mer oroliga idag än tidigare?

Lars-Erik Warg

Inledning

Det är ej någon överdrift att påstå att handläggning och utvärdering av risker fått en alltmer framskjuten och betydande roll i de industrialiserade länderna under de senaste 25 åren. I dagens samhälle finns ett starkt uttalat krav från allmänheten att få leva i en så säker miljö som möjligt. Som svar på detta har nya professioner, lagar, vetenskapliga discipliner och byråkratiska organisationer skapats.

Behovet att identifiera, värdera och kommunicera risker i det moderna samhället ökar varje år. Det gäller såväl mer globala risker som är förknippade med t ex AIDS, växthuseffekten eller internationella konflikter som de av mer lokal karaktär, förvaring av miljöfarligt avfall, byggnadstekniska ingrepp i naturen, sanering av radonbostäder, eller problem eller risker som förknippas med inomhusmiljöer.

Riskkommunikation är det uttalade syftet i de flesta fall att tillhandahålla människor den information de behöver för att kunna fatta beslut som rör den egna hälsan, säkerheten och närmiljön. Syftet kan aldrig tolkas som att man "ska övertala allmänheten att acceptera risker med viss teknologi och att den skulle vara liten och därför försumbar".

Idag finns det en mängd artiklar, böcker och seminarier som behandlar olika aspekter av mellanmänsklig kommunikation av risker i samhället. En fråga som man möjligen kan ställa är varför det är så stort intresse för riskkommunikation just nu? Är det kanske bara en lite nyare och mer märkvärdig rubrik på vad forskare och specialister hållit på med sedan länge? Mycket talar för att intresset är relativt nytt och reellt och mera går att söka i de olika konflikter mellan allmänhet och myndigheter/experter som man kunnat rapportera världen över. Dessa konflikter är inte sällan av den arten att man från allmänhetens sida har givit uttryck för att experterna inte lyssnar, att de inte tar tillräcklig hänsyn till den oro och upprördhet som "den vanliga människan" känner. Viljan och förmågan att under sådana omständigheter aktivt delta i olika beslutsprocesser blir sannolikt påverkade i negativ riktning. Myndigheter/experter å sin sida anser ofta att allmänheten i alltför hög utsträckning bekymrar sig för "fel" sorts risker, dvs risker som experterna själva anser vara viktigast. Till detta kan man addera ett mer akademiskt problem som handlar om vad risk

egentligen är och om möjligheterna att göra korrekta uppskattningar av risk som föreligger.

Varför blir folk så lätt oroliga när det gäller miljöfrågor?

Det är svårt att säga om människor lätt blir oroliga eller om de inte blir det. Man kan uppfatta och definiera såväl oro som miljöfrågor på olika sätt. Vad man emellertid torde kunna säga är att miljöfrågor ofta engagerar människor - en del blir oroliga av detta engagemang medan andra tycker sig bli lugnade. I dagens samhälle finns det en tydlig koppling mellan det vi kallar för miljöfrågor och vår trygghet, hälsa och närmiljö. Dessutom stannar effekterna av dessa miljöfrågor inte bara här och nu, många av de miljöfrågor som under de senaste årtiondena engagerat människorna, är sådana vars konsekvenser även ligger i utdragen framtid. Vissa av miljöfrågorna brukar man kalla för irreversibla, dvs det går inte backa tillbaka på ruta ett och ta ett annat beslut. Kärnkraftsfrågan har ibland pekats på som en sådan fråga, har vi beslutat att vi ska ha kärnkraft i Sverige får vi också acceptera att vi kommer att ha ett stort avfalls- och förvaringsproblem under en lång tid.

Med ökad kunskap bland en berörd allmänhet kan man också förvänta sig att engagemanget i frågor som rör miljön också kommer att öka. Miljöfrågorna är av den arten att de inte begränsar sig till att enbart vara enskilda sakfrågor, de har tydliga samband med livsstil, allmänna värderingar och politisk inriktning på hur vi vill utveckla vårt samhälle. Möjligen skulle man kunna vända lite på frågan och uttrycka en viss oro om människor *inte* uttryckte engagemang (och eventuellt oro) inför våra miljöfrågor. Den här konferensen fokuserar på innemiljö, en miljö som vi alla kommer i kontakt med och som vi tenderar att vistas i allt längre tid av dygnet. Kommer det indikationer på att denna miljö inte alltid är så hälsosam, då har man nästan alla förutsättningar för ett miljöengagemang.

Hur bemöter man folks oro för miljöfaktorer?

Människor reagerar ofta på risker på ett mer komplicerat sätt än att bara ta hänsyn till de faktorer eller fakta som experterna vill peka på. Detta betyder inte att man ska underskatta allmänhetens förmåga att förstå de mer vetenskapliga aspekterna av en risksituation. Folk vill i regel känna till fakta och de har oftast också en rättighet till denna kunskap.

Riskkommunikation handlar inte om att föra människor bakom ljuset eller att dämpa en befogad oro bland berörda människor. Ytterst är syftet med

en god riskkommunikation att stärka människors påverkansmöjligheter i enlighet med det demokratiska samhällets grundprinciper.

En av de viktigaste av de indignationsfaktorer som människor i allmänhet tar med i sin riskbedömning, handlar om förtroende. *Riskinformation som kommer från trovärdiga källor blir lättare accepterad än den som kommer från icke trovärdiga.* Om man misstror ett företag, en organisation eller en myndighet, så kommer man självklart inte att fästa så stor vikt vid den information som erbjuds. Det kan t o m vändas till sin motsats, informationen betraktas som falsk och i motsatsförhållande till sanningen. Betraktad som strategi för riskbedömning är detta förhållningssätt inte helt orationellt. Det kan vara ytterst svårt för en allmänhet att göra oberoende bedömningar av hur farligt t ex ett visst styrenutsläpp vid en tillverkningsindustri kommer att bli. Men den tror att den kan känna iden en lögnare om den ser en. Därför kommer ibland det förtroende man kan känna inför t ex ett företag, att få spela rollen av mätare för huruvida någonting är farligt eller ej.

Vill man att allmänheten ska känna förtroende, så måste man också vara *förtroendeingivande*. Det kan vara svårt att klargöra exakt vad detta innebär rent praktiskt, det kan variera. De flesta forskarna inom området riskkommunikation verkar dock mena att uttrycket innebär vara vetenskapligt korrekt samtidigt som man är ansvarskännande i största allmänhet. Att vara förtroendeingivande innebär också att man är *lyhörd för allmänhetens frågor och oro*. Detta visar man bl a genom att erkänna misstag istället för att ignorera "obehagliga" frågor eller sopa dem under mattan, inte bli arg när "gamla synder" kommer upp igen efter en viss tid eller genom att visa att man har lärt av tidigare misstag.

Hur ser Du på massmedias roll i dessa frågor?

Inte sällan kan man höra den åsikten att många av de problem som kan uppstå mellan experter och allmänhet, har att göra med att massmedia skapar oro, tar ställning eller presenterar fakta på ett sådant sätt att sanningen (så definierat av vetenskapssamhället) aldrig har en chans att komma fram. Jag ansluter mig inte riktigt till den åsikten. Visserligen har massmedia en stor betydelse för hur fakta eller budskap diskuteras i samhället, men möjligtvis inte som man alltid tror.

Det finns ett vetenskapligt stöd för en ståndpunkt som erkänner massmedias roll i den allmänna samhällsdebatten. Men då kanske minde som

en instans som talar om vad människorna ska tycka i olika frågor eller som piskar upp stämningar eller "masshysteri" bland en i övrigt lugn och sansad allmänhet. Det kan mera antas vara så att massmedias viktigaste roll här, förutom försöken att förmedla fakta samt olika åsikter och ståndpunkter, är att bestämma vilken fråga som ska ligga högst uppe på dagordningen. Det är tämligen svårt för politiker och beslutsfattare att idag helt ignorera frågor som massmedia fokuserar på. Massmedia idag bevakar inte bara passivt omvärlden, de går aktivt in och påverkar den. Ett tydligt exempel på detta är de olika opinionsmätningar media beställer månader och veckor före riksdagsval. Förutom att mer eller mindre tvinga politikerna att kommentera resultaten, kan dessa mätningar också påverka väljarna till taktikröstning eller valskolk.

Är folk mer oroliga idag än tidigare?

Detta är en intressant fråga som man försökt att besvara utifrån olika utgångspunkter. På någon nivå kan man nog med fog säga att vi idag lever i den säkraste värld som människan någonsin levt i. Så kan man säga om man tar ett mer övergripande perspektiv och tar stöd i statistik över faktorer som spädbarnsdödlighet, genomsnittlig livslängd, behandling mot olika sjukdomar etc. En annan bild kan man få om man istället för statistik tar som utgångspunkt hur människor uttrycker sin allmänna oro och vilken framtidstro som uttrycks i enkätundersökningar, film och litteratur. Utgår man från dessa källor skulle man tro att vi idag är mer oroliga än någonsin och att vi knappast har förhoppning om en ljusnande framtid, varken för oss som enskilda individer eller för mänskligheten som kollektiv.

Båda dessa bilder kan naturligtvis vara korrekta. Vi behöver idag knappast vara rädda eller oroliga för många av de faror och hot som utgjorde en realitet för våra förfäder. I många mindre utvecklade länder än vårt eget finns dock många av dessa "gamla" hot kvar i stor utsträckning, dödliga sjukdomar, svält, krigshot etc. Även om vi lever längre och har det mycket bättre rent materiellt sett så kan det ändå finnas en oro inför utvecklingen av vårt samhälle som påverkar vårt tänkande, vårt beteende och vår allmänna livsstil. En betydande roll här spelar naturligtvis vår ständigt ökade kunskap om olika miljöfrågor. Vet man inte att vissa kemikalieprodukter kan vara giftiga eller kanske orsaka cancer, då är det ju svår att oro sig. Det som kanske spelar störst roll för hur mycket vi oroar oss för någon miljöfråga, är kombinationen av kunskap, möjlighet att åtgärda denna och makten eller viljan att agera. Det kan knappast vara förvånande

att människor som upplever en miljöfråga vara så viktig att den påverkar deras generella livssituation också kan känna stor oro om de samtidigt upplever att möjligheten att påverka och förändra i positiv riktning är starkt begränsade. Speciellt gäller det om man till råga på allt inte har någon tillit till eller något förtroende för personer som är satta att bevaka och åtgärda dessa miljöfrågor.

Session 4. Framtidsvyer

Mäter vi rätt saker vad gäller mikrobiologi?

- 12.1 Mikrobiologisk tillväxt förekommer så snart vi har fukt närvarande.
Vi kan odla fram mögel också sedan fukten försvunnit.
Vilka tolkningar kan man göra av sådana provresultat?
- 12.2 Vissa laboratorier odlar fram såväl mögel- som bakterier från materialprover. De flesta bakterier vi har kring oss kommer från oss själva. Vilka slutsatser kan man dra av att ett provsvar där ”totalhalten bakterier” är riklig?
- 12.3 Borde vi mäta hälsorelaterad mikrobiologisk aktivitet på annat sätt än vad vi gör idag?

Inledning

Man använder olika mikrobiologiska mätningar vid utvärdering av inomhusmiljöproblem för att bestämma exponering eller mikrobiologisk kontaminering. Vid rutinmätningar tar man vanligen luftprov på filter eller med impaktor, ytprov eller materialprov. Vid analysen används direktmikroskopi eller odling av mögel eller bakterier. Dessa metoder är ganska väl kända och vitt spridda. Tillgång till bra referensdata gör att man kan jämföra sina resultat med tidigare publicerade data.

Det största problemet med nuvarande metoder utgör den bristfälliga valideringen mot hälsoeffekter och att de är så arbets- och tidskrävande. De viktigaste utvecklingsbehoven fokuseras mot analys av agens som är mer hälsoeffektspecifika eller som ger bättre information om mikrofloran inom byggnaden. Analyserna borde också göras snabbare. Det finns också stora utvecklingsbehov inom provtagningsområdet för att utveckla bästa möjliga provtagningsstrategi för de olika föroreningarna.

Mikrobiologisk tillväxt förekommer så snart vi har fukt närvarande. Vi kan odla fram mögel också sedan fukten försvunnit. Vilka tolkningar kan man göra av sådana provresultat?

Betydelsen ur hälsosynpunkt av mikrotillväxt beror på vilka mikrobarter som förekommer och på om mikrotillväxten producerar toxiner. Det är möjligt att de magra levnadsförhållandena i ett torkande material kan inducera toxinproduktionen för vissa arter men det är omöjligt att veta om så alltid sker. Toxiner, strukturkomponenter och allergener av mikrober är stabila och stannar kvar även efter det att tillväxten stannat eller mikroben dött. Därför bör man vara försiktig även sedan uttorkning skett. Å andra sidan ska man använda det sunda förnuftet och komma ihåg att det har betydelse var i byggnaden växten förekommer och om exponering är sannolik.

Vissa laboratorier odlar fram såväl mögel- som bakterier från materialprover. De flesta bakterier vi har kring oss kommer från oss själva. Vilka slutsatser kan man dra av att ett provsvar där "totalhalten bakterier" är riklig?

Denna fråga är en av de mest väsentliga för att förstå varför mikrotillväxt i en byggnad verkar kunna påverka vår hälsa. Ganska nyligen har man visat att förhållandena i ett fuktskadat byggnadsmaterial verkligen kan inducera toxinproduktionen hos mikroorganismer som annars utgör vanliga komponenter i vår miljö. Detta tycks gälla såväl mögel- som bakterier, t ex Bacillus och Streptomyces. Bakterieväxt utgör ett tecken på förekomst av hög fuktighet, ex v vått material eller en våt yta och utgör ett tecken på fuktskada. Det finns dock endast preliminära resultat vad gäller bakteriernas möjliga hälsoeffekter vid sådan exponering men det förefaller som om effekten är likartad med vad som gäller för mögel.

Borde vi mäta hälsorelaterad mikrobiologisk aktivitet på annat sätt än vad vi gör idag?

Det borde vi definitivt göra. Mätningar med nuvarande rutinmetoder visar innemiljökontaminering i allmänhet och fungerar bra som surrogat, dvs indirekt mått på exponeringen. Korrelationen mellan enstaka föroreningar och hälsoeffekter är svaga. Vi vet därför ännu inte vilka ämnen som förorsakar rapporterade hälsoeffekter i fuktskadade byggnader. Vi måste därför fokusera metodutvecklingen mot mer specifika parametrar och validera metoderna med stöd av goda miljöepidemiologiska studier.

Metoder för bättre karaktärisering av den mikrobiologiska miljön

Fina partiklar med storlek under 2,5 µm har fått mycken uppmärksamhet vid uteluftsundersökningar de senaste åren. Det finns mycket lite publicerat om koncentrationen av finpartiklar i innemiljöer och deras möjliga betydelse för hälsan. Eftersom det finns instrument som snabbt och direkt ger koncentrationen av partikelstorlek borde partikelmätningar utgöra en del i inneluftundersökningarna i framtiden.

Det finns metoder att analysera mikrobkomponenter i inneluften, t ex endotoxiner eller 1,3-beta-glukaner. Endotoxiner utgör vävnadskomponenter av gramnegativa bakterier och glukaneerna utgör motsvarande från svampar. Ergosterolmätningar är ett annat sätt att beskriva totalhalten av

svampar. Luftmätningar av dessa olika komponenter har många felkällor och är svåra att standardisera på grund av de relativt låga halterna i inneluften.

Man har uppgått goda resultat med husdamm där provmassan är större än vad som gäller luftprov men även här finns problem med standardiseringen av provtagningen. Många nya metoder tycks utvecklas framför allt för att mäta husdamm. Lovande metoder utgör t ex fettsyreanalys och bestämning av kitinasenzym. Med fettsyreanalyser kan man påvisa skillnader mellan mikrobpopulationer och kitinasanalysen verkar vara en sensitiv metod för att påvisa mögelväxt. PCR-tekniken kommer att utnyttjas även i inomhusmiljöstudier i framtiden. Tekniken tillåter specifik analys av en viss mikrobgrupp eller -art och även döda celler kan detekteras. PCR-tekniken är sannolikt viktig för t ex Stachybotrys, vars närvaro alltid verkar medföra problem på grund av toxiciteten.

Mykotoxiner och bakterietoxiner kan i princip analyseras direkt med kemiska metoder. Detta är inte heller lätt eftersom det finns tiotals olika toxiner som produceras av samma eller olika mikrobarter och toxinernas koncentration är mycket låg i luften. Man kan påvisa närvaro av många toxiner direkt från kontaminerade material men i praktiska situationer har man inte mycket nytta av sådana analyser eftersom mikrotillväxten är synlig i alla fall.

Ett enklare sätt att bedöma toxiciteten är att använda cellkulturer och mäta t ex materialets cytotoxicitet. Man kan jämföra toxiciteten av olika material eller mikrotillväxten utan att individuella toxiska komponenter bestäms. Den så kallade MTT-testen har använts i sådana sammanhang i många studier men metoden har ännu inte standardiserats för rutinarbete.

MVOC, microbial volatile organic compounds, har också analyserats i inomhusmiljöer. Man saknar ännu goda valideringsstudier där betydelsen av dessa substanser kunnat visas.

Antikroppar från serumprov kan användas som biologiska exponeringsmätare. Information om t ex IgG-antikroppar och deras betydelse vid mögelexponering ackumuleras snabbt. Förhöjda antikroppar mot samma mögelarter som påvisats i miljön skulle kunna vara ett bra mått på att exponering skett.

Kvalitetssäkringens betydelse kan inte övervärderas. Oavsett vad som mätes skall mätprocessen kunna upprepas och vara väldokumenterad. Målsättningen måste vara att alla inomhusmiljöanalyser görs i ackrediterade laboratorier som arbetar enligt ett kvalitetssäkringssystem. Detta gäller såväl vid vetenskapliga studier som vid praktiska rutinanalyser.

Mätstrategin kan utvecklas bättre i framtiden när man lärt sig i vilka situationer exponering sker och föroreningarnas lokala och tidsmässiga variationer. Det är sannolikt så att man bör göra undersökningar så att totalexponeringen (ex v i arbetet, hemmet och i uteluften) kan värderas och deras inbördes betydelse analyseras.

Validering av alla nya metoder borde göras ur hälsosynpunkt och avseende deras sensitivitet och andra egenskaper. Eftersom sådana fältundersökningar är dyra och krävande borde de genomföras i ett internationellt samarbete.

Mäter vi rätt saker vad gäller kemi?

- 13.1 Vanligen görs mätningar av TVOC i inomhusmiljön. Vilka andra mått på kemisk exponering skulle man kunna använda?
- 13.2 Finns det tillräckligt med data för att göra en värdering av enskilda ämnens irriterande verkan?
- 13.3 Finns det tillräckligt med data för att göra en värdering av enskilda ämnens luktpåverkan?
- 13.4 Vilka övriga data anser Du bör tas fram för att kunna göra en värdering av kemiska ämnens påverkan?

Peder Wolkoff

Ramazzini, arbejdsmedicinens fader, beskrev i 1700 tallet blandt andet lærde mænds arbejdsmiljø og sygdomme. Han konkluderede, at små rum let fyldes med giftig røg og dampe fra især talglys og kroppens uddunstninger, således at disse forårsager tungt sind og ubehag, fordi dampene trænger ind i hjernen (Ramazzini). Siden midten af 1970'erne har man næst efter formaldehyd fokuseret på de organiske gasser og dampe, også kaldet VOC'er (Volatile Organic Compounds); dette med henblik på at identificere sammenhænge mellem formaldehyd henholdsvis VOC eksponering og indeklimasyge, især slimhindeirritation i øjne og de øvre luftveje.

VOC'er er af WHO (1989) defineret som organiske stoffer med kogepunkter fra ca. 50⁰-260⁰C (Wolkoff, 1995). Dette interval er valgt af måletekniske og ikke af sundhedsmæssige grunde (Wolkoff et al., 1997). I en kommende amerikansk standardmetode (fra ASTM) for måling af VOC'er vil man da også udvide måleområdet ved at anvende kogepunktsintervallet 0⁰-400⁰C.

VOC'er findes overalt i indeklimaet, og de væsentligste kilder til dem er byggematerialer, menneskelige aktiviteter, samt udeluften. I nye eller renoverede bygninger er en af de betydeligste kilder den primære emission (f.eks. solventer) fra byggematerialer. I forbindelse med ældning (f.eks. kemisk eller fysisk nedbrydning) af byggematerialer opstår der en sekundære emission, som kan fortsætte i den tid materialet bruges. Den sundhedsmæssige betydning af den primære emission kan i en vis udstrækning kontrolleres ved hjælp af den Danske/Norske Indeklima Mærkningsordning (Wolkoff, 1999).

Det har implicit været antaget, at VOC'er kan være medvirkende årsag til indeklimasyge (slimhindeirritation) på basis af humane eksponeringsforsøg i 80'erne (se lit. i Wolkoff, 1995). Dette på trods af deres generelt lave koncentrationer målt i indeklimaet; koncentrationer som ligger betydeligt (en faktor 10-1000) under dem, som kan give anledning til slimhindeirritation ifølge databasen "VOCBASE" (Jensen and Wolkoff, 1996).

TVOC

Der findes flere hundrede VOC'er i indeluften og i emissionen fra byggematerialer. For at kunne overkomme det analytiske problem blev begrebet TVOC (total VOC'er) introduceret i 80'erne, som er et hurtigt og billigt alternativt mål for den samlede VOC belastning i indeklimaet. Problemet er bare, at der ikke eksisterer nogen etableret dosis-respons sammenhæng(e) mellem TVOC eksponering og indeklimasyge (f.eks. slimhindeirritation). Det er heller ikke sandsynligt, at den nogen sinde skulle kunne findes, da VOC'er jo har vidt forskellige toksikologiske egenskaber (Weschler and Shields, 1997; Wolkoff et al., 1997), og fordi TVOC består af vidt forskellige VOC-sammensætninger. Hvad der er let at måle, er ikke nødvendigvis biologisk relevant for indeklimaet.¹

Til trods for den massive kritik fra flere forskerkredse (Andersson et al., 1997; Wolkoff, 1995) har en europæisk arbejdsgruppe publiceret en rapport om, hvordan TVOC skal måles og anvendes (ECA, 1997). Der tages ikke hensyn til, at metoden indebærer mange mulige fejlkilder, der kan påvirke resultatet. Nogle af disse er 1) de VOC'er som ikke måles i ovennævnte kromatografiske vindue (da det faktiske vindue ligger i området fra ca. 0⁰ til ca. 350⁰C), 2) de reaktive VOC'er måles ikke, 3) oxidanters (ozon og nitrogenoxider) rolle vurderes ikke, 4) partikler/-inklusive kemi deponeret derpå vurderes ikke, 5) der tages ikke hensyn til klimatiske faktorer, især fugten og temperaturens indflydelse på oplevelse af luftkvaliteten, 6) der tages ikke hensyn til individuelle forskelle i følsomhed hos mennesker, og 7) biocider opsamles generelt ikke. Desuden kan der forekomme regionale forskelle i sammensætningen af de VOC'er og oxidanter, der bidrager til TVOC. Det vigtigste er imidlertid, at forstå at ECA's definition af TVOC repræsenterer et smalt kromatografisk vindue af organiske forbindelser. Derfor kan brug af TVOC risikere at give en "falsk" garanti/tryghed, eller man kan tage en forkert beslutning med hensyn til organiske forbindelsers indflydelse på indeklimaet/luftkvaliteten.

Alt i alt bliver TVOC's anvendelsesmuligheder primært i forbindelse med kildesøgning (for eksempel PID detektor) og kontrol eller sammenligning af emner med ensartet VOC karakteristisk, f.eks. i forbindelse med kvalitetskontrol af byggematerialers afgang eller en intervention.

¹Biologisk relevant = kemisk forbindelse eller kemisk markør hvor der er fundet en direkte årsags-virknings-mekanisme, der er relevant under typiske indeklimaforhold.

Summen af MVOC'er anvendes også, men det er usandsynligt, at de målte koncentrationer af MVOC'er kan resultere i slimhindeirritation (Pasanen et al., 1998), men da flere af de kendte MVOC'er har lave lugttærskler, er det sandsynligt, de kan påvirke luftkvaliteten.

Slimhindeirritation og lugt (VOCBASE)

En sammenligning af data for 98 forskellige VOC'ers lugttærskler og tilsvarende irritationsestimater ($0,03 \cdot RD_{50}$, Schaper, 1993)² viser, at lugttærsklerne generelt er mindst en faktor 10 lavere (under den stiplede linie), se Figur. Der er undtagelser som formaldehyd, acrolein, isocyanater og lignende "reaktive" VOC'er eller VOC'er som har en høj lugttærskel (de understregede VOC'er) (Wolkoff, 1999). Den relativt store forskel mellem lugttærskler og irritationsestimater eller eksperimentelt bestemte irritationstærskler på mennesker er et faktum, som er bekræftet i flere undersøgelser, se for eksempel Berglund/Johansson (1996).

Alt andet lige peger VOCBASE's data på i sammenligning med de seneste indeklimavurderinger af VOC'er (Nielsen et al., 1997), at lugttærskler (sandsynligvis) i vid udstrækning er lavere end tærskler for andre sundhedseffekter, især hvis 50% eller med endnu større sikkerhed, hvis 10% af lugttærsklen anvendes som kriterium. Man skal dog være opmærksom på, at dette ikke gælder for enkelte kendte VOC'er, så som isocyanater og nogle af de umættede aldehyder (f.eks. acrolein, methacrolein og methylvinylketon), se Figur (anden kvadrant).

Det er interessant i denne sammenhæng at sammenligne målte VOC koncentrationer i felten med de i Figur angivne værdier for lugttærskler og slimhindeirritationsestimater. Målte VOC koncentrationer ligger normalt under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og de fleste ligger under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Brown et al., 1999; for mere lit., Wolkoff et al., 1997). For eksempel svarer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toluen til ca. 13 ppb (-log 1,9 ppm). Det vil sige, at de fleste (ureaktive) VOC'er ligger mindst to størrelsesordner under deres irritationsestimat, mens nogle kan ligger i nærheden af eller over deres lugttærskel, se Figur. Ser man på de hyppigst rapporterede VOC'er i europæiske og nordamerikanske feltundersøgelser (se Tabel 1 og 2), er der ingen VOC'er, som har specielt lave lugttærskler. VOC'er med specielt lave lugttærskler er blandt andet flere svovlholdige MVOC'er (inkl. geosmin), alkener (terpener, 4-phenylcyclohexen), umættede aldehyder (2-nonenal), 2-ethylhexanol og glykolethere (Jensen and Wolkoff, 1996).

² RD_{50} er den koncentration der forårsager 50% reduktion af mus respirationsfrekvens i museassayet (ASTM, 1984).

Ud fra ovennævnte må man konkludere, at VOC'er i typiske indeklima-koncentrationer næppe kan medføre direkte til slimhindeirritation (jf. Wolkoff, 1999; Wolkoff et al., 1997).

Den nyeste forskning inden for menneskets opfattelse af lugt og irritation peger dog på, at lugt kan have betydning for oplevelse af luftkvaliteten/-indeklimaet; for eksempel, de kognitive effekter kan være vigtige i denne sammenhæng. Oplevelse af dårlig lugt/luftkvalitet har næppe virkning på produktiviteten (Gilbert et al., 1997; Knasko, 1996), mens den kan opleves negativt, især hvis den er ukendt (Engen, 1991). Ligeledes opleves den sundhedsmæssige tilstand negativt, men der er ikke fundet tegn på objektive effekter af en dårlig lugtpåvirkning (Cavalini et al., 1991; Knasko, 1996). Det kan dog ikke udelukkes, at lugtperception kan fremprovokere irritation i øjne og luftvejene ved lavere koncentrationer end de eksperimentelt estimerede værdier for irritation. Det har vist sig, at anosmikere (ingen lugtesans) kræver betydeligt højere koncentrationer for at kunne registrere irritation i næsen end normosmikere (normal lugtesans) (Kendal-Reed et al., 1998). Dette tyder på, at olfactorius-nerven kan have en indflydelse på næseirritation, idet det tidligere har været generelt antaget, at denne eksklusivt blev medieret gennem trigeminus-nerven.

Der er væsentlige forskelle mellem lugt og slimhindeirritation i luftvejene. Som nævnt ovenfor, er addition af lugtintensitet generelt hypoadditiv ($1+1 < 2$) over tærskelniveau, mens både normal- og hyper-addition ($1+1 > 2$) kan forekomme under tærskelniveau. Irritanter, derimod, er normalt additive ($1+1 = 2$), se Tabel 5. En anden væsentlig forskel er, at lugtperception er tilvænnende, således at lugtintensiteten reduceres som funktion af tid. I modsætning dertil kan oplevelsen af slimhindeirritation i øjne og luftveje øges som funktion af tid og komme til at dominere den oplevede luftkvalitet, mens lugtopplevelsen i sig selv mindskes eller helt forsvinder. Det tidsmæssige forløb vil afhænge af stofblandings natur og eksponeringsniveau (se lit. Berglund/Johansson, 1996; Wolkoff, 1999; Wolkoff et al., 1998).

Irritationspotentialer for ikke-reaktive VOC'er (ikke biologisk reaktive (Wolkoff et al., 1997)), kan estimeres enten ud fra deres molekylvægt eller damptryk (Alarie et al., 1995; 1996). Der foreligger i dag ikke pålidelige modeller, der kan estimere lugttærskler for VOC'er. Pragmatiske principper til estimering af lugttærskler er blevet foreslået (Wolkoff, 1999). Sådanne principper skal anvendes med forsigtighed.

Paradigmeskift: Den reaktive kemi - OCIA

Da der mangler en rationel forklaring på forekomsten af slimhindeirritation i forbindelse med indeklimaproblemer, er det nærliggende at se på om andre, endnu ikke påviste (eller utilstrækkeligt karakteriseret) luftforureninger kan have tilstrækkeligt irritationspotentiale til at kunne forklare de rapporterede gener (Weschler and Shields, 1997; Wolkoff et al., 1997). I de senere år er man igen begyndt at fokusere på de uorganiske oxidanter (ozon og nitrogenoxider) og eksponeringen for dem i indeklimaet (fx Lee et al., 1999). Dette skyldes sandsynligvis, at deres koncentrationer i indeklimaet generelt, især ozons, har været lave. Ozons påvirkning af indeklimaet/luftkvaliteten derfor er blevet vurderet som ubetydelig, selvom det har været kendt, at kontormaskiner kan emitte bl.a. ozon. Den stigende interesse for de uorganiske oxidanter skal også ses i lyset af de epidemiologiske fund omkring ozon og brug af fotokopimaskiner og øget rapportering af slimhindeirritation i øjne og luftveje (Bourbeau et al., 1997; Fisk et al., 1993; Höpffe et al., 1995; Jaakkola/Jaakkola, 1999; Skov et al., 1989; Sundell et al., 1994).

Reaktioner mellem umættede VOC'er (fx terpener) og ozon/NO_x danner udover adskillige stabile reaktionsprodukter f.eks. formaldehyd og methacrolein, også intermediære ustabile reaktionsprodukter, hovedsageligt hydroxylradikalet (og dets sekundære reaktionsprodukter), foruden mellemprodukterne i form af bl.a. Criegee biradikaler. Dertil kommer diverse organiske nitrater (PAN'er) fra umættede organiske stoffers reaktioner med bl.a. nitrogenoxider (Weschler/Shields, 1997; Wolkoff et al., 1997). Mange af disse stoffer, kan forventes at være stærke irritanter og have lave lugt-tærskler. For eksempel, er det kendt, at en blanding af 2-buten (men ikke butan), nitrogenoxider og UV-lys har et slimhindeirritationspotentiale svarende til formaldehyds (Kane/Alarie, 1978), og tilsvarende fandt Stephens et al. (1961), at blandinger af 2-buten hhv butadien og ozon gav øjenirritation. (N.b. Sanderson et al., 1999).

I et humant eksponeringsforsøg med et simuleret kontormiljø opbygget i et klimakammer blev der målt en markant formaldehyddannelse (Wolkoff et al., 1992). Dette kunne skyldes reaktioner mellem ozon fra en kopimaskine + laserprinter og umættede VOC'er, som kunne stamme fra dels termisk nedbrydning af tonerpulveret, dels menneskers afgivelse af organiske stoffer heriblandt metabolitten isopren (Stabel/Wolkoff, 1999).

Der er kendt at luftoxidation (med ozon) af terpenener som limonen og 3-carenen danner potente hudallergener (Karlberg et al., 1992). Flere undersøgelser har vist at støv/partikler adsorberer gasser og dampe (fx Wilkins et al., 1993). Partikler kan dermed transportere stoffer ned i luftvejene. Der foreligger adskillige undersøgelser, der har påvist, at kombinerede eksponeringer for stoffer og hhv ozon eller nitrogendioxid kan have en forstærkende effekt. For ozon kan nævnes følgende undersøgelser med carbon black (Jakab/Hemenway, 1994), partikler (Krzyzanowski et al., 1992), allergener (Peden et al., 1995; Molfino et al., 1991). For nitrogendioxid kan nævnes hustøvmider (Tunnicliffe et al., 1996). Der henvises i øvrigt til Bascom (1996).

Hypotesen om at ozon og umættede VOC'er (fx terpenener) giver signifikant irritation i de øvre luftveje er blevet vist eksperimentelt ved anvendelse af en dyremodel med mus (Wolkoff et al., 2000). Der er observeret fald i respirationsfrekvens på mellem 30% og 50% ved at mus blev udsat for en reaktionsblanding af ozon og terpen (henholdsvis (+)- α -pinene, R(+)-limonen eller isopren) ved NOEL³ over en 30 minutters periode. Opsamling af VOC'er, aldehyder og carboxylsyrer ved hjælp af konventionelle metoder kun forklare ca. 30% af det biologiske respons. Den rationelle forklaring på det observerede biologiske respons er, at der dannes en eller flere intermediære stærke luftvejsirritanter. Weschler og Shields (1999) har desuden vist, at der hurtigt dannes ultrafine partikler ved ozon/limonen reaktioner. Reaktionerne kan konkurrere med luftskiftet.

Det er interessant at se dannelsen af de stærke luftvejsirritanter i ozon/terpen-blandinger i lyset af Δ TVOC fremsat af Sundell et al., 1993. Enkelte feltundersøgelser peger nemlig på, at $TVOC_{(sund\ bygning)} \geq TVOC_{(syg\ bygning)}$ (Wolkoff et al., 1997). De eksperimentelle undersøgelser sammen med enkelte feltundersøgelser peger på, at den reaktive kemi måske have betydning for indeklimaet (slimhindeirritation). En mulig forklaring på at fx limonen har en lavere koncentration i bygninger ”med klager” end i bygninger ”uden klager” (Saarela et al., 1999) kunne forklares ved reaktioner mellem oxidanter og terpenen.

En nordisk arbejdsgruppe (NORDVOC) har udviklet et nyt begreb ”OCIA” (Organic chemicals in Indoor Air). OCIA er defineret som ”All airborne organic compounds, i.e. organic gases and vapours (including VOC as previously defined by WHO and including organic species (e.g.,

³NOEL=no observed effect for BALB/c mus.

radicals, and ionic species like acid salts and ionic surface active compounds) adsorbed onto particles” (Andersson et al., 2000). I den nye OCIA definition skal reflektere 1) et bredere vindue med hensyn til molekylvægt, damptryk og retentionstid ved gaskromatografisk analyse, 2) atmosfæriske reaktioner, 3) indeklimakoncentrationer, og 4) adsorption af kemiske stoffer på partikler.

Med den nye OCIA definition er det klart, at der skal sættes krav til den biologiske relevans ved valg af kemiske stoffer, man vil måle. Det vil sige biologisk relevant i forhold til effekt, så som lugt, øjenirritation, luftvejsproblemer, etc. Det er vanskeligt at lave en udtømmende liste over alle relevante OCIA, men nogle er foreslået i Tabel 3.

Konklusion

Der foreligger ikke entydige beviser for, at byggematerialers emission af VOC'er vil kunne medføre sensorisk irritation, såfremt formaldehyd-emissionen er lav (Wolkoff et al., 1998). For de ikke-reaktive VOC'er vil det gælde, at størstedelen af befolkningen vil reagere ved koncentrationer svarende til de estimerede irritationstærskler (GV eller $0,03 \cdot RD_{50}$, ifølge Schaper, 1993), mens kun en afgrænset del af befolkningen med en vis sandsynlighed vil kunne reagere ved indeklimatelevante koncentrationer ($< 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), måske snarere på grund af lugtperception end af slimhindeirritation, fordi koncentrationerne kan nærme sig eller overstige lugttærsklen for nogle VOC'er. De reaktive (umættede) VOC'er kan reagere med oxidanter og danne slimhindeirriterende forbindelser. Ligeledes kan byggematerialer med umættet polymerstruktur (for eksempel linoleum, styren-butadien (latex)) reagere under dannelse af blandt andet slimhindeirriterende VOC'er, men næppe i koncentrationer høje nok til at give sensorisk irritation, men nok lugt.

Hvis indeklimatelevante (slimhindeirritation) kan skyldes eksponering med slimhindeirriterende stoffer er det derfor nærliggende at se på andre endnu ikke påviste irritanter (Andersson et al., 2000; Wolkoff et al., 1997, 2000. Alt andet lige er det sandsynligt, at luftforureningen (f.eks. VOC'er og partikler) i en eller flere former er medvirkende årsag til en forværring af det oplevede indeklimatelevante.

Tabel 1. Typiske VOC'er målt inomhus i europæiske og nord-amerikanske feltundersøgelser. De 20 oftest forekommende i aftagende grad.

<i>Brown et al. 1994</i>	<i>Bernard et al. 1995</i>	<i>Holcomb et al. 1995</i>	<i>Hadwen et al. 1997</i>
benzene	Acetone	o-xylene	acetone
tetrachloroethylene	isoprene	benzene	hexane
p-dichlorobenzene	2-methylpentane	tetrachloroethylene	toluene
ethylbenzene	hexane	m-,p-xylenes	1,1,1-trichloroethane
m-,p-xylenes	2-methylhexane/ benzene	ethylbenzene	methyl chloride
1,1,1-trichloroethane	heptane	trichloroethylene	benzene
o-xylene	toluene	toluene	ethanol
decane	m-,p-xylenes	1,1,1-trichloroethane	2-propanol
toluene	o-xylene	dichlorobenzenes	dichlorofluoromethane
1,2,4-trimethylbenzene	decane	styrene	m-,p-xylenes
hexane	trimethylbenzene	undecane	2-butanone
nonane	limonene	dodecane	trichlorofluoromethane
limonene		octane	o-xylene
			undecane
			tetrachloroethylene
			methylene chloride
			1,2,4-trimethylbenzene
			benzene
			decane

Tabel 2. Nogle feltmålinger af VOC'er og formaldehyd.

Litteratur	Data information	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ single VOC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ sum of VOCs
Australian review ¹	Single substances	50, most < 5	
BASE study ²	41 buildings		
Single substances	Mean values for 39 substances Ethanol, acetone, 2-propanol, toluene All others	0.6 - 3.9 15 - 79 < 10	
British study ³	Mean value of 1505 data, bedroom		40 - 2051
Single substances	Mean value of 1498 data, living room		51 - 1799
European Audit ⁴ , "TVOC"	56 office buildings in 9 countries		118 - 518
US database ⁵	66 VOCs	0.4 - 4	
Formaldehyde:			
British study ³	Mean value of 1504 data, bedroom	130	
	Mean value of 1504 data, living room	76	
German study ⁶	252 residences, annual mean	80 - 136	

1) Brown et al. 1994. 2) Hadwen et al., 1997. 3) Brown and Crump, 1996; monthly readings.

4) Bluysen et al., 1996. 5) Shah and Singh, 1988. 6) Salthammer et al., 1995.

Tabel 3. Organiske kemikalier i indeluften der forventes at kunne have betydning for indeklimaet/luftkvaliteten.

- Isocyanater (Becher et al., 1996)
- Syreanhydrider (Becher et al., 1996)
- Aminer (Becher et al., 1996)
- Alkylerede aromater, f.eks. alkylbenzener, quinoner, phenoler, etc
- Svovl VOC'er (merkaptaner, sulfider, disulfider, etc)
- Umættede VOC'er (terpener, styren, isopren) (Wolkoff et al., 2000)
- Oxidanter, ozon og nitrogenoxider (Wolkoff et al., 2000)
- Reaktive species (Clausen/Wolkoff, 1997; Wolkoff et al., 2000)
- Transport of semi- and non-volatile chemicals on particles (Clausen et al., 1999; Vejrup et al., 1999).
- Biologiske relevante målemarkører for indeklimaeksponering
- Relevante biomarkører for relevant eksponering
- Mekanismer for inflammatorisk respons
- Psykologiske mekanismer

Tabel 4. Mulige påvirkninger af VOC'er på den oplevede luftkvalitet (lugt og slimhindeirritation ?

[VOC _x] ureaktiv mættet IE = GV ≈ 0,3•RD ₅₀ ^a RD ₅₀ ≈ a + b•logP ^b RD ₅₀ ≈ a + b•logM ^b	Slimhindeirritation: > IE 1/40 GV < [VOC _x] < ¼ GV Σ (IE _x /[VOC _x]) ≥ 1		Effekt + + +
	Lugt: > LT 1/100 LT < [VOC _x] < LT	Addition ?: -hyper/synergistic -normal -hypo/antagonistic	+ + +
[VOC _x] umættet + ozon/NO _x	Lugt/Irritation : < LT	formaldehyd, acrolein, methacrolein, methylvinyl-keton, reaktive specier	+

[VOC_x] = koncentration af VOC_x. IE = irritationsestimat. LT = lugttærskel. + = Sandsynlig sensorisk effekt (lugt eller irritation). - = Summen af lugtintensiteter i en VOC blanding overstiger ikke den mest intense. a) Schaper, 1993. b) Alarie et al., 1996; M = molekylvægt, P = damptryk.

Litteratur

Alarie, Y., Schaper, M., Nielsen, G.D. and Abraham, M.H. (1996) "Estimating the sensory Irritating Potency of Airborne Nonreactive Volatile Organic Chemicals and Their Mixtures", *SAR/QSAR Environmental Research*, **5**, 151-165.

Alarie, Y., Nielsen, G.D., Andonian-Haftvan, J. and Abraham, M.H. (1995) "Physicochemical Properties of Nonreactive Volatile Organic Chemicals to Estimate RD50; Alternative to Animal Studies", *Toxicology and Applied Pharmacology*, **134**, 92-99.

Andersson, K., Bakke, J.V., Bjørseth, O., Bornehag, C.-G., Clausen, G., Hongslo, J.K., Kjærgaard, S., Levy, F., Mølhav, L., Nielsen, G.D., Sundell, J. and Wolkoff, P. (2000) "From VOC to OCIA - Towards the Development of Risk Indicators of Organic Chemicals in Indoor Air", *Indoor Air*, **10**,

Andersson, K., Bakke, J.V., Bjørseth, O., Bornehag, C.-G., Clausen, G., Hongslo, J.K., Kjellman, M., Kjærgaard, S., Levy, F., Mølhav, L., Skerfving, S. and Sundell, J. (1997) "TVOC and Health in Non-Industrial Indoor Environments", *Indoor Air*, **7**, 78-91.

Becher, R., Hongslo, J.K., Jantunen, M.J. and Dybing, E. (1996) "Environmental chemicals relevant for respiratory hypersensitivity: the indoor environment", *Toxicology Letters*, **86**, 155-162.

Berglund, B. and Johansson, I. (1996). "Health Effects of Volatile Organic Compounds in Indoor Air", Archives of the Center for Sensory Research, Stockholm University and Karolinska Institute, B. Berglund & T. Lindvall (ed.), Vol. 3, Issue 1, pp. 1-97.

Blyssens, P.M., De Olivera Fernandes, E., Groes, L., Clausen, G., Fanger, P.O., Valbjørn, O., Bernhard, C.A. and Roulet, C.A. (1996) "European Indoor Air Quality Audit Project in 56 Office Buildings", *Indoor Air*, **6**, 221-238.

Brown, V. and Crump, D. (1996) "Volatile organic compounds", In: *IEH assessment on Indoor air Quality in the Home*, Humfrey, C., Shuker, L. and Harrison, P. (eds.), Norwich: Institute for Environment and Health, pp. 152-209.

European Collaborative Action (ECA-IAQ) (1997) "Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations", Report No. 19, European Commission, Brussels.

Bernhard, C.A., Kirchner, S., Knutti, R. and Lagoudi, A. (1995) "Volatile organic compounds in 56 European office buildings". In: Maroni, M. (ed.) *Healthy Buildings '95*, Milan, healthy buildings '95, Vol. 3, pp. 1347-1352.

Bourbeau, J., Brisson, C. and Allaire, S. (1997) "Prevalence of the sick building syndrome symptoms in office workers before and six months and three years after being exposed to a building with an improved ventilation system", *Occupational and Environmental Medicine*, **54**, 49-53.

Brown, S.K., Sim, M.R., Abramson, M.J. and Gray, C.N. (1994) "Concentrations of Volatile Organic Compounds in Indoor Air - A Review", *Indoor Air*, **4**, 123-134.

Brown, S.K. Occurrence of Volatile Organic Compounds in Indoor Air. In: *Organic Indoor Air Pollutants*, Salthammer, T. (ed.), Weinheim: Wiley-VCH, 1999, pp. 171-184.

Cavalini, P.M., Koeter-Kemmerling, L.G. and Pulles, M.P.J. (1991) "Coping with odour annoyance and odour concentrations: Three field studies", *Journal of Environmental Psychology*, **11**, 123-142.

Clausen, P.A. and Wolkoff, P. (1997) "Degradation products of Tenax TA during sampling and thermal desorption analysis: Indicators of reactive species indoors", *Atmospheric Environment*, **31**, 715-725.

Clausen, P.A., Wilkins, K. and Wolkoff, P. (1999) "Gas chromatographic analysis of free acids and fatty acid salts extracted with neutral and acidified dichloromethane from office floor dust", *Journal of Chromatography A*, **814**, 161-170.

Engen, T. *Odor Sensation and Memory*, New York: Praeger, 1991. pp. 1-142.

Fisk, W.J., Mendell, M.J., Daisey, J.M., Faulkner, D., Hodgson, A.T., Nematollahi, M. and Macher, J.M. (1993) "The California healthy building study, Phase I: A summary", *Indoor Air*, **3**, 246-254.

Gilbert, A.N., Knasko, S.C. and Sabini, J. (1997) "Sex Differences in Task Performance Associated with Attention to Ambient Odor", *Archives of Environmental Health*, **52**, 195-198.

Hadwen, G.E., McCarthy, J.F., Womble, S.E., Girman, J.R. and Brightman, H.S. (1997) "Volatile organic compound concentrations in office buildings in the continental United States". In: Woods, J.E., Grimsrud, D.T., and Boschi, N.

(eds.) *Healthy Buildings '97*, Blacksburg, VA, Healthy Buildings/IAQ '97, Vol. 2, pp. 465-470.

Holcomb, L.C. and Seabrook, B.S. (1995) "Indoor Concentrations of Volatile Organic Compounds: Implications for Comfort, Health and Regulation", *Indoor Environment*, **4**, 7-26.

Höppe, P., Praml, G., Rabe, G., Lindner, J., Fruhmann, G. and Kessel, R. (1995) "Environmental Ozone Field Study on Pulmonary and Subjective Responses of Assumed Risk Groups", *Environmental Research*, **71**, 109-121.

Jaakkola, M.S. and Jaakkola, J.J.K. (1999) "Office Equipment and Supplies: A Modern Occupational Health Concern", *American Journal of Epidemiology*, **150**, 1223-1228.

Jensen, B. and Wolkoff, P. (1996) "VOCBASE - Odor and Mucous Membrane Irritation Thresholds and Other Physico-Chemical Properties.", Ver. 2.1, National Institute of Occupational Health, Copenhagen.

Kakab, G.J. and Hemenway, D.R. (1994) "Concomitant exposure to carbon black particulates enhances ozone-induced lung inflammation and suppression of alveolar macrophage phagocytosis", *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **41**, 221-231.

Kane, L.E. and Alarie, Y. (1978) "Evaluation of sensory irritation from acrolein-formaldehyde mixtures", *American Industrial Hygiene Association Journal*, **39**, 270-274.

Karlberg, A.-T., Magnusson, K. and Nilsson, U. (1992) "Air oxidation of d-limonene (the citrus solvent) creates potent allergens", *Contact Dermatitis*, **25**, 332-340.(Abstract)

Kendall-Reed, M., Walker, J.C., Morgan, W.T., LaMacchio, M. and Lutz, R.W. (1998) "Human Responses to Propionic Acid. I. Quantification of Within- and Between-participant Variation in Perception by Normosmics and Anosmics", *Chemical Senses*, **23**, 71-82.(Abstract)

Knasko, S.C. Human Responses to Ambient Olfactory Stimuli. In: *Indoor Air and Human Health*, edited by Gammage, R.B. and Berven, B.A. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996, p. 107-123.

Krzyzanowski, M., Quackenboss, J.J. and Lebowitz, M.D. (1992) "Relation of Peak Expiratory Flow Rates and Symptoms to Ambient Ozone", *Archives of Environmental Health*, **47**, 107-115.

- Lee, K., Vallarino, J., Dumyahn, T., Özkaynak, H. and Spengler, J.D. (1999) "Ozone Decay Rates in Residences", *Journal of Air Waste Management Association*, **49**, 1238-1244.
- Molfino, N.A., Wright, S.C., Katz, I., Tarlo, S., Silverman, F., McClean, P.A., Szalai, J.P., Raizenne, M., Slutsky, A.S. and Zamel, N. (1991) "Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects", *The Lancet*, **338**, 199-203.
- Nielsen, G.D., Hansen, L.F. and Wolkoff, P. (1997) "Chemical and Biological Evaluation of Building Material Emissions. II. Approaches for Setting Indoor Air Standards or Guidelines for Chemicals", *Indoor Air*, **7**, 17-32.
- Pasanen, A.-L., Korpi, A., Kasanen, J.-P. and Pasanen, P. (1998) "Critical aspects on the significance of microbial volatile metabolites as indoor air pollutants", *Environment International*, **24**, 703-712.
- Peden, D.B., Woodrow Setzer Jr., R. and Devlin, R.B. (1999) "Ozone Exposure Has Both a Priming Effect on Allergen-induced Responses and an Intrinsic Inflammatory Action in the Nasal Airways of Perennially Allergic Asthmatics", *American Journal of Critical Care Medicine*, **151**, 1336-1345.
- Ramazzini, B. (1713) "Om Arbetares Sjukdomar", oversat: Delin, D. and Gerhardsson, G. (1991), Arbetsmiljöförlaget, Åkersberga, p. 176-187.
- Saarela, K., Laine-Ylijoki, J., Jurvelin, J.A. and Jantunen, M. (1999) "Effect of sampling duration on VOC-determination from indoor air", In: Proc. Indoor Air '99, Vol. 4, pp. 405-410.
- Salthammer, T., Fuhrmann, F., Kaufhold, S., Meyer, B. and Schwarz, A. (1995) "Effects of Climatic Parameters on Formaldehyde Concentrations in Indoor Air", *Indoor Air*, **5**, 120-128.(Abstract).
- Sanderson, W.T., Almaguer, D. and Harvey Kirk, L. (1999) "Ozone-induced respiratory illness during the repair of a portland cement kiln", *Scand J Work Environ Health*, **25**, 227-232.
- Schaper, M. (1993) "Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits", *American Industrial Hygiene Association Journal*, **54**, 488-544.
- Shah, J.J. and Singh, H.B. (1988) "Distribution of volatile organic compounds in outdoor and indoor air", *Environmental Science & Technology*, **22**, 1381-1388.

Skov, P., Valbjørn, O., Pedersen, B.V. and DISG (1990) "Influence of indoor air quality on the sick building syndrome in an office environment", *Scand J Work Environ Health*, **16**, 363-371.

Stabel, J.R., Wolkoff, P. (1999) "Preliminary studies on simulation of the isoprene chemistry in indoor air", The 8th Int. Conf. On Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Vol. 4, pp. 743-748.

Stephens, E.R., Darley, E.F., Taylor, O.C. and Scott, W.E. (1961) "Photochemical reaction products in air pollution", *International Journal of Air and Water Pollution*, **4**, 79-100.(Abstract)

Sundell, J., Lindvall, T., Stenberg, B. and Wall, A.S. (1994) "Sick Building Syndrome (SBS) in Offices Workers and Facial Skin Symptoms among VDT-Workers in relation to Building and Room Characteristics: Two case-referent studies", *Indoor Air*, **4**, 83-94.

Tunnicliffe, W.S., Burge, P.S. and Ayres, J.G. (1996) "Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients", *The Lancet*, **344**, 1733-1736.

Vejrup, K.V., Wolkoff, P., Madsen, J.Ø. (1999) "The concentration of linear alkylbenzene sulphonates in indoor floor dust" The 8th Int. Conf. On Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Vol. 4, pp. 244-249.

Weschler, C.J. and Fong, K.L. (1986) "Characterization of Organic Species Associated with Indoor Aerosol Particles", *Environment International*, **12**, 93-97.

Weschler, C.J. and Shields, H.C. (1999) "Indoor ozone/terpene reactions as a source of indoor particles", *Atmospheric Environment*, **33**, 2301-2312.

Weschler, C.J. and Shields, H.C. (1997) "Potential reactions among indoor pollutants", *Atmospheric Environment*, **31**, 3487-3495.(Abstract)

Wilkins, C.K., Wolkoff, P., Gyntelberg, F., Skov, P. and Valbjørn, O. (1993) "Characterization of Office Dust by VOC and TVOC Release - Identification of Potential VOC by Partial Least Square Analysis", *Indoor Air*, **3**, 283-290.

Wolkoff, P., Johnsen, C.R., Franck, C., Wilhardt, P. and Albrechtsen, O. (1992) "A Study of Human Reactions to Office Machines in a Climatic Chamber", *J.Exposure Anal.Environ.Epidemiol.*, Suppl. 1, 71-97.

Wolkoff, P., Clausen, P.A., Jensen, B., Nielsen, G.D. and Wilkins, C.K. (1997) "Are We Measuring the Relevant Indoor Pollutants?", *Indoor Air*, **7**, 92-106.

Wolkoff, P., Clausen, P.A., Wilkins, C.K. and Nielsen, G.D. (2000) "Formation of Strong Airway Irritants in Terpene/Ozone Mixtures", *Indoor Air*, **10**, accepted for publication.

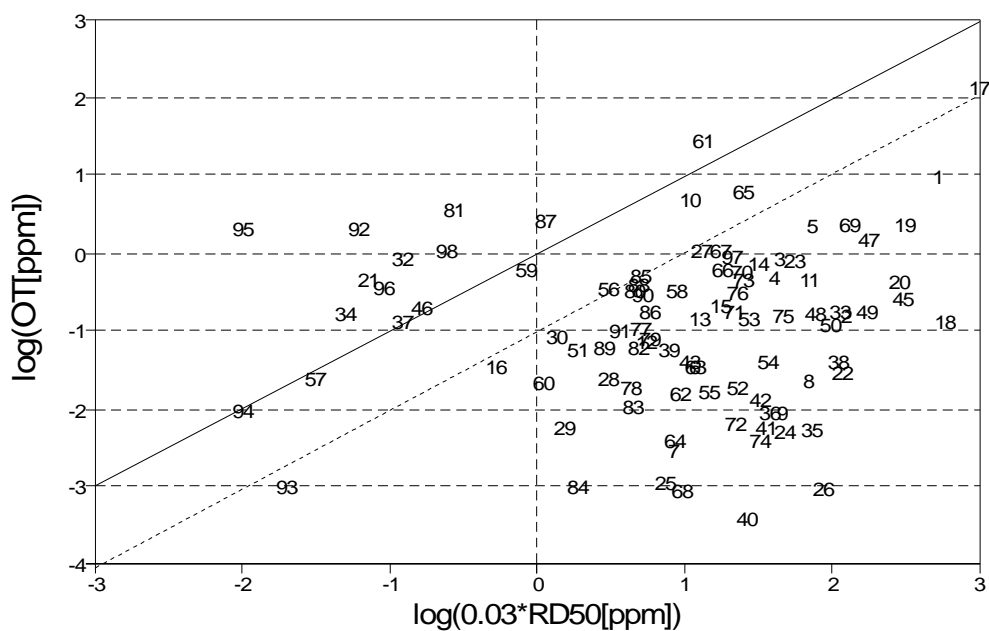
Wolkoff, P. (1999) "How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective", *The Science of the Total Environment*, **227**, 197-213.

Wolkoff, P. (1995) "Volatile Organic Compounds - Sources, Measurements, Emissions, and the Impact on Indoor Air Quality", *Indoor Air*, Suppl. no. **3**, 9-73.

Wolkoff, P., Clausen, P.A. and Nielsen, G.D. (1998) "Volatile Organic Compounds (VOCs) in the Indoor Environment - State-of-the-Science Report", **2**, 1-83.

World Health Organization (1989) *Indoor Air Quality: Organic Pollutants*. EURO Reports and Studies No. 111, World Health Organization, Copenhagen.

odor threshold versus mucous membrane irritation threshold (estimated)



1 heptane	27 4-methylpentan-2-ol	53 2-heptanone	76 hexyl acetate
2 toluene	28 1-heptanol	54 5-methylhexan-2-one	77 phenol
3 o-xylene	29 1-octanol	55 2-octanone	78 methylamine
4 p-xylene	30 2-ethylhexan-1-ol	56 acetophenone	79 dimethylamine
5 ethylbenzene	31 dipropyl ether	57 <u>α-chloroacetophenone</u>	80 ethylamine
6 styrene	32 formaldehyde	58 2,6-dimethylheptan-4-one	81 allylamine
7 α -methylstyrene	33 acetaldehyde	59 isophorone	82 isopropylamine
8 cumene	34 acrolein	60 2-undecanone	83 propylamine
9 propylbenzene	35 propanal	61 formic acid	84 trimethylamine
10 4-tertbutyltoluene	36 butanal	62 acetic acid	85 butylamine
11 allylchloride	37 crotonaldehyde	63 propionic acid	86 diethylamine
12 1,2-dichlorobenzene	38 isobutyraldehyde	64 butanoic acid	87 cyclohexylamine
13 bromobenzene	39 furfural	65 methyl acetate	88 diisopropylamine
14 chlorobenzene	40 isovaleraldehyde	66 ethyl acetate	89 dipropylamine
15 o-chlorotoluene	41 pentanal	67 2-methoxyethyl acetate	90 triethylamine
16 benzylchloride	42 hexanal	68 ethyl acrylate	91 dibutylamine
17 methanol	43 benzaldehyde	69 isopropyl acetate	92 methyl isocyanate
18 ethanol	44 acetone	70 propyl acetate	93 phenyl isocyanate
19 1-propanol	45 2-butanone	71 2-ethoxyethyl acetate	94 1,6-hexamethylene diisocyanate
20 2-propanol	46 methyl vinyl ketone	72 butyl acetate	95 2,4-toluene diisocyanate
21 allylalcohol	47 2-pentanone	73 isobutyl acetate	96 diphenylmethane-4,4'-diisocyanate
22 1-butanol	48 2-hexanone	74 isoamyl acetate	97 epichlorohydrin
23 isobutylalcohol	49 3,3-dimethylbutan-2-one	75 pentyl acetate	98 chloropicrin
24 1-pentanol	50 4-methylpentan-2-one		
25 1-hexanol	51 4-methylpent-3-en-2-one		
26 2-butoxyethanol	52 cyclohexanone		

Helhetssyn på skolmiljön

14.1 Vilka klagomål på inomhusmiljön träffar Du på i Ditt arbete?

14.2 Hur hanterar Du dessa klagomål?

14.3 Varför är det viktigt med en helhetssyn?

14.4 Innebär detta att förvaltarens ansvar minskar för skolmiljön?

Bengt Dahm

Vilka klagomål på inomhusmiljön träffar du på i ditt arbete?

Skolfastigheter i Stockholm AB påbörjade under 1997 en miljöinventering av stadens skolor. Hittills har ungefär 82 av skolorna undersökts, vilket är ungefär hälften av de skolor som ingår i beståndet. Syftet med inventeringen var att fördjupa kunskapen om vilka faktorer som påverkar skolmiljön och vad som orsakar hälsobesvär i skolorna.

Inventeringen innehåller en enkätundersökning och en teknisk besiktning av fastigheterna. I enkätundersökningen ger elever och lärare svar hur de upplever sin skolmiljö, medan den tekniska besiktningen utförd av vana skadeutredare är till för att hitta eventuella fukt- och mögelskador och ur miljösynpunkt kritiska konstruktioner.

Totalt har cirka 27 000 personer besvarat enkäten. År 2001 ska samtliga skolor vara miljöinventerade.

De vanligaste klagomålen bland skolpersonalen är:

- Städningen – 40% besväras ofta av damm och smuts
- Luftkvalitet – 32% besväras av instängd ”dålig” luft och 13% besväras av obehagliga lukter
- Buller – 32% besväras av buller

Städningen anses ofta vara otillräcklig. Det klagas framför allt på damm och smuts på skåp och övriga ytor som sällan städas. Dålig luftkvalitet tycks mest hänga samman med hög personbelastning, långa lektionstider, hög rumstemperatur, bristfällig vädring, dålig städning samt ventilation. Bullerstörningar är inte i så stor utsträckning från installationer utan orsakas av eleverna själva.

80% av de anställda upplever ofta sitt arbete som stimulerande och engagerande, samtidigt upplever 46% att de ofta har för mycket att göra. I de flesta skolor klagas det på för få grupprum är anpassade till den nya pedagogiken. Många klagomål gäller också brister i personalutrymmena, vilket leder till dålig arbetsro.

De symptom som ofta rapporteras är allmänsymptom som trötthet, tungthetskänsla i huvudet och huvudvärk samt halstorrhet som i relativt stor utsträckning hänförs till arbetsmiljön i skolan.

De vanligaste klagomålen bland högstadie- och gymnasieeleverna

56% av eleverna trivs ofta bra i skolan. De vanligaste klagomålen gäller:

- Städningen – 31% besväras ofta av damm och smuts
- Luftkvaliteten – 36% besväras ofta av instängd ”dålig” luft och 21% av obehagliga lukter
- Temperatur – 31% besväras av låg rumstemperatur främst under vinterhalvåret

Många klagomål gäller städningen i gymnastiksal, omklädningsrum samt toaletter. 44% av eleverna upplever skolmaten som dålig, inte enbart utifrån matens kvalitet utan också på grund av miljön kring skollunchen.

Eleverna rapporterar framför allt allmänsymptom som trötthet, tungthetskänsla i huvudet, huvudvärk samt koncentrationssvårigheter. Tröttheten hänförs i mindre grad till skolmiljön.

Gymnasieeleverna rapporterar en högre frekvens av symptom än högstadieeleverna. De elever som inte trivs i skolan besväras i högre grad av inomhusmiljön och rapporterar hög frekvens av framför allt trötthet och koncentrationssvårigheter.

Låg och mellanstadiebarn årskurs 0-6 (föräldrarna har svarat för barnen).

Föräldrarna ger en relativt positiv bild av skolmiljön där mindre än 20% upplever miljön som dålig. Det förekommer många kommentarer om brister i inomhusklimatet som kan hänföras till ett för stort antal elever relativt utrymmena, bristande städrutiner, dålig luftkvalitet och temperaturvariationer.

Föräldrarna rapporterar få symptom hos barnen och hänför dessa relativt sällan till skolmiljön. Förekomsten av allergi- och infektionssymptom överensstämmer med vad man normalt ser vid liknande studier i såväl små som medelstora kommuner runt om i landet. 6,5% rapporteras ha haft

astmabesvär det senaste året, 6,5% hösnuva medan 17% uppges ha haft eksembesvär.

Hur hanterar du dessa klagomål?

Det viktiga är att ha god kunskap om vad som orsakar klagomål och symptom, att veta istället för att tro. Genom enkätundersökningen vet vi hur brukarna upplever olika miljöfaktorer och vad de har för symptom.

Under mitten på 90-talet fungerade inte arbetet med att hantera klagomål tillfredsställande. Skola och föräldrar är mycket kraftfulla opinionsbildare som vill se resultat och att det görs någonting så fort ett hälsoproblem uppstår. Påhejade av medierna tvingades åtgärder fram som ofta inte hade avsedd effekt. SISAB försökte lösa hälsoproblem med nya tekniska installationer. Visst minskade klagomålen under en period, direkt efter att åtgärderna genomförts, men de symptom som fanns kvarstod ofta. Det fanns med andra ord en positiv psykologisk effekt i att vi gjorde någonting, men som inte löste de egentliga problemen. I efterhand kan det konstateras att klagomålen ofta hade sin grund i orsaker utanför skolans tekniska miljö eller utanför vårt ansvarsområde.

Mellan 1980 och 1997 ökade antalet fall av eksem från 8-28%, hösnuva från 5-15% och astma från 2,4-8% enligt Folkhälsoinstitutets allergiprogram. Från 1991 till 1998 investerade SISAB cirka 4,5 miljarder kronor i att förbättra skolmiljön.

Miljö – ett helhetsbegrepp

Den stora förändringen kom när vi tvingades omdefiniera begreppet skolmiljö. Det räckte inte längre med att lösa miljöproblemen med ny teknik. Hade så varit fallet, vore problemen lösta för länge sedan. Skolmiljön innehåller så många fler dimensioner än ventilation och mögel. Vi var nu tvungna att även beakta mjuka värden som trivsel, mobbning, skolans ledning, schema, läroplan, färgsättning, möbler, skolmat. Till och med hemmiljön påverkar hur elever och lärare upplever skolmiljön.

Anledningen till att vi började att studera dessa faktorer var att vi på SISAB ägde problemet. Det var till oss man kom om man blev sjuk eller hade klagomål. En naturlig följd av detta är att vi tar på oss ett större

ansvar. Vi säger inte ”att det här är inte vårt problem, den tekniska miljön är bra, ni får gå till någon annan”.

Med samverkan löser vi miljöproblemen

Med den nya helhetsbilden där skolmiljön är ett resultat av ett stort antal faktorer behövs nya kompetenser. Idag samarbetar vi därför på ett helt annat sätt än tidigare med skola, föräldrar, beteendevetare, skolhälsovård och andra externa experter.

Genom miljöinventeringen har vi kunskap om vad elever och lärare tycker om skolmiljön, samtidigt som den tekniska standarden finns dokumenterad. Detta ger oss bättre förutsättningar att göra rätt insatser. Innan vi genomför åtgärder i en skola görs en grundlig utredning som dels består av intervjuer med lärare och elever, dels olika typer av mätningar. Genom att arbeta nära skolan och studera verksamheten kan vi även analysera vilka miljökonsekvenser olika arbetssätt och rutiner har. Ofta kan man med relativt enkla åtgärder förbättra miljösituationen genom att t ex vädra oftare, förändra städningen och ta fler raster.

Johannesskolan - ett lyckat projekt

Johannesskolan är ett lyckat exempel på hur vi i dag arbetar med miljöproblem i skolorna. I Johannesskolan hade lärarna slemhinnebesvär. Istället för att börja skruva på ventilationen eller byta den, som ofta blir väldigt kostsamt men sällan löser problem, kartlade vi de symptom som fanns och genomförde mätningar. Därefter studerade vi verksamheten och kom fram till att det var för många elever i klassrummen under för lång tid. Det var för få raster och lokalerna vädrades sällan. När det väl vädrades gjordes det dessutom på ett felaktigt sätt. Städningen var också dålig. Dessa problem hade inte gått att rätta till med ny ventilation eller annan teknik. Tvärtom så sänktes luftflödet, städningen förbättrades för att få ner halten dammpartiklar i luften och vi införde vädringsrutiner. Vi informerade hela skolans personal om sambanden mellan ”dålig luft” och städning, vädring, ventilation, lektionstider, raster och personbelastning.

Förebyggande arbete – viktigt

Det förebyggande arbetet är en viktig del i vårt nya arbetssätt där helhetsbilden och samverkan är de två hörnstenarna. På ett mycket tidigt stadium tar vi in representanter från skolan och underleverantörerna så att de från start är med och utformar olika typer av projekt. Vi arbetar i huvudsak på tre fronter:

- SISAB-akademien – är en miljöutbildning för anställda och underleverantörer. Syftet är att överföra miljökompetens till våra underleverantörer och påverka det grundläggande synsättet hos var och en som verkar i SISAB:s namn. Även skolan deltar i miljöundervisningen för att kunna genomföra egna insatser som förbättrar miljön. Ofta krävs det relativt enkla åtgärder från skolans sida för att uppnå en bättre miljö.
- Fokusgrupper – I samband med olika projekt arbetar vi i så kallade fokusgrupper. De består av skolpersonal, elever, underentreprenörer, representanter från SISAB, skolhälsan osv. Fokusgrupperna har olika uppgifter som till exempel: miljö, skolans framtida inriktning, kvalitetssäkring osv. Syftet är att få fram bättre förslag på om- och nybyggnationer samt att också skapa en bredare uppslutning bakom de förslag som tas fram.
- En vanligt problem har tidigare varit att de ny- och ombyggnationer som genomförs har kort livslängd därför att skolan efter ett antal år ändrar verksamheten. Därför är det viktigt att blicka framåt och fundera över hur utbildningen kommer att bedrivas om tio, femton år. I Gubbängens gymnasium, där även SISAB-akademien sitter, kan elever och lärare prova olika skolmiljöer för att hämta inspiration till hur den egna skolan ska utformas. Här finns även möjlighet att från grunden bygga upp och testa helt nya skolmiljöer.

Helhetssyn på boendemiljön.

- 15.1 Hur upplevs bostadsmiljön i olika boendeformer?
- 15.2 Hur beter jag mig som fastighetsägare när klagomål uppträder på bostadsmiljön?
- 15.3 Hur kan man som fastighetsansvarig förhindra att klagomål på boendemiljön uppkommer?

Kjell Andersson

Bakgrund

Bostäderna ger skydd mot yttre miljöfaktorer som varierar med geografiskt läge och situation. De utgör också ett skydd för den egna integriteten med möjligheter till avskildhet men också till umgänge med anhöriga och vänner. I Sverige har vi en mycket hög bostadsstandard. Det har dock inte alltid varit fallet. Då Ludvig Nordström på 30-talet reste runt och beskrev den trångboddhet och låga hygieniska standarden i dåtidens "lortsverige" medförde detta en ökad medvetenhet om betydelsen av en bra boendemiljö. Genom stora politiska satsningar på att förbättra boendemiljön har trångboddheten i stort sett försvunnit och andelen omoderna lägenheter, dvs lägenheter utan rinnande vatten, elektricitet, bad eller dusch, är litet. Denna förbättring torde vara den viktigaste orsaken till att exempelvis tbc-sjukdomen kunde bekämpas framgångsrikt redan innan de medicinska framstegen tog vid.

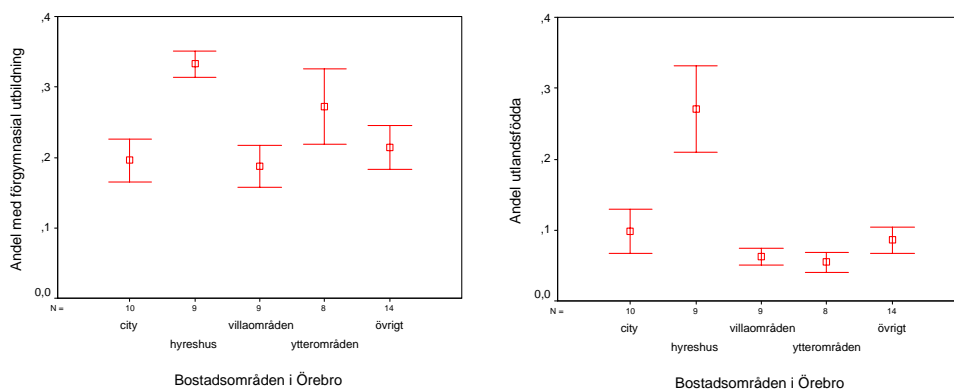
Via massmedia får vi ofta en bild om stora och omfattande problem i svenska bostäder. Den landomfattande ELIB-studien från början av 90-talet, som omfattade ett stort urval av hela det svenska bostadsbeståndet, visade också att många människor besvärades av inneklimatefaktorer (Norlén, 1993). Mellan 400 000 och 500 000 vuxna rapporterade exempelvis att de ofta besvärades av något symptom de själva hänförde till boendet. Besiktningar och mätningar i nära 1500 småhus och lägenheter påvisade också fuktskador som krävde åtgärder i ca 10% av alla hus och mer än hälften av husen hade en ventilation som underskred den svenska normen för ventilationsflöden.

Hur upplevs bostadsmiljön i olika boendeformer?

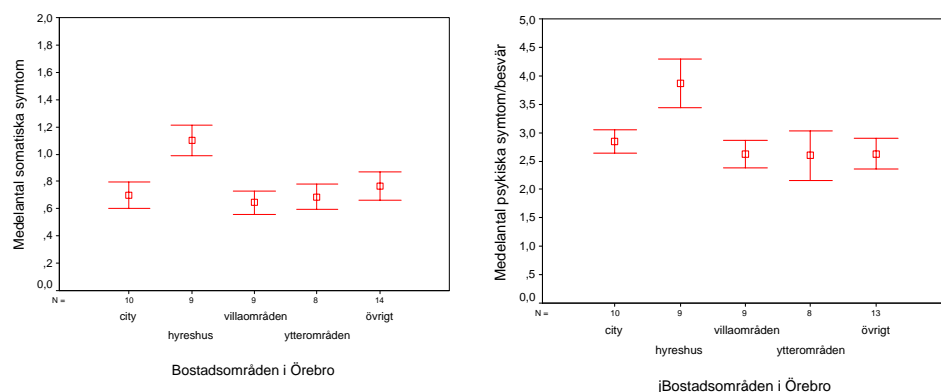
Ett mycket påtagligt fynd i ELIB-studien var den stora skillnad i upplevt boendeklimat och symptomutfall mellan olika boendeformer som inte kunde verifieras via tekniska mätningar. Boende i småhus – oftast egenägda – rapporterade få klagomål medan boende i flerbostadshus i större utsträckning besvärades av innemiljön och rapporterade högre frekvens av symptom som relaterades till boendemiljön. Boende i bostadsrättslägenheter rapporterade lägre symptomfrekvenser än boende i hyresrättslägenheter trots en ur teknisk synpunkt likvärdig miljö. Sannolika

orsaker till dessa fynd bedömdes vara att ägandet i sig medför mindre benägenhet att klaga, men också bättre möjligheter till egenkontroll av boendemiljön bedömdes ha betydelse. Det fanns också misstankar om att människor med olika förutsättningar (utbildningsmässigt och ekonomiskt) bebodde de olika boendetyperna. Detta har sedermera verifierats och det är uppenbart att socioekonomiska och sociala förhållanden har stor betydelse för såväl upplevelsen av innemiljön som rapporterad ohälsa. Det finns också påtagliga ålderskillnader mellan de olika boendeformerna där medelålders – och ofta ekonomiskt starkare personer - bebor villorna medan hyresgästboende i större utsträckning förekommer bland såväl yngre som äldre personer.

Det är uppenbart att det finns en uttalad bostadssegregation också i vårt land, kanske mest uttalad kring våra större städer men också i mindre städer spridda över hela landet. I en lokal studie genomförd 1993/1994 i Örebro framgick detta tydligt vilket framgår närmare av nedanstående figurer (Pihl, 1996). Andelen individer med låg utbildning respektive andelen födda utomlands redovisas i Figur 1 och 2 för de 50 ”betjäningsområdena” i kommunen, fördelat efter den förhärskande bostadsformen. Ohälsoutfallet för de olika områdena redovisas i Figurerna 3 och 4 som andel med ”somatiska” respektive ”psykiska” symtom . Med ”somatiska” symtom menas därvid symtom som huvudvärk, magont, ryggbesvär, allergiska besvär m.m. medan ”psykiska” symtom avser sömnsvårigheter, onormal trötthet, nedstämdhet, ångslan och liknande besvär.



Figur 1 och 2. Andel av den vuxna befolkningen (20-64 år) med förgymnasial utbildning respektive andelen med utländsk bakgrund i de olika områdena i Örebro kommun.



Figur 3 och 4. Andelen av den vuxna befolkningen (20-64 år) som rapporterat "somatiska" respektive "psykiska symptom" i de olika områdena i Örebro kommun.

Örebro har länge setts som en mönsterstad och föregångare vad gäller planering för bostadsbyggande. I en uppföljande studie genomförd i slutet av 70-talet påvisade man dock tydliga rörelser mellan olika bostadsområden i kommunen. Ett bostadsområde med relativt hög andel arbetare primärt, tenderade med tiden att bli det i än högre utsträckning på grund av omflyttningar. Områden med bostadsrätter innehållande såväl flerbostadslägenheter som radhus tenderade att efterhand få en allt lägre andel arbetare i radhusen som istället kom att bebos av tjänstemän (Egerö, 1979).

ELIB-studien visade också att boende i flerbostadshus i de större städerna besvärades mer av miljöfaktorer och rapporterade högre symtomfrekvens av SBS-typ än boende i flerbostadshus utanför storstäderna. Detta talar för att andra faktorer än rent fysiska innemiljöfaktorer har betydelse. *Vid kartläggning av innemiljöer är det därför viktigt att använda rätta referensvärden för att kunna göra en adekvat tolkning av resultatet.* Vid studier av ett bostadsområde med hyresrätt i centrala Stockholm krävs därför tillgång till andra referensmaterial än vid motsvarande studier på mindre orter eller vid andra boendeformer. Genom att använda olika referensvärden kan man i viss mån korrigera för många av de faktorer man inte har kontroll över.

Hur betar jag mig som fastighetsägare när klagomål uppträder på bostadsmiljön?

De senaste decennierna har många fastighetsansvariga, speciellt inom allmännyttan, haft att hantera problem med inneklimatet i bostäderna. Åtskilliga konfliktsituationer har förekommit där de boende och fastighetsansvariga haft svårt att komma överens. I flera fall har problemen uppmärksammats av massmedia. En konsekvens har i flera fall medfört stor oro bland de boende, förlust i trovärdighet och låsta positioner. Ofta har flera tekniska konsulter kallats in och ett stort antal mätningar har utförts. Tyvärr har de senare ofta varit svårtolkade, speciellt ur hälsosynpunkt, vilket i sin tur medfört att olika – ibland direkt motsatta - åtgärdsförslag lämnats. Trots stora ekonomiska insatser har resultatet ibland varit magert och åtgärderna har inte medfört tänkta förbättringar för de boende.

Efterhand har erfarenheter samlats om hur man lämpligen agerar som fastighetsansvarig vid dessa problem. Det viktigaste är att fånga upp uppkomna klagomål och ta problemen på allvar samt att visa ödmjukhet inför de ofta svårhanterbara problemen. Det primära bemötandet den boende med problem får, och det fortsatta agerandet från den fastighetsansvarige, avgör oftast ärendets vidare gång. Genom att alltid lyssna på vad den boende beskriver och snarast undersöka orsaken härtill kan man dels snabbt påvisa uppenbara brister och dels förhindra att oro och ryktesspridning uppträder. Vid mer omfattande klagomål och när man inte finner direkt förklaring till klagomålen är det viktigt att snarast försöka få igång ett samarbete med de berörda för att tillsammans arbeta fram en utredningsstrategi. I detta fall kan det vara värdefullt att försöka få en bild över hur vanliga klagomålen är och beskriva karaktären på dessa. Man finner då ibland att besvären kan lokaliseras till vissa delar av byggnaden och exempelvis bindas till vissa ventilationssystem eller konstruktioner. Beroende på utfallet från kartläggningen, som vid större antal berörda lämpligen genomförs med hjälp av en standardiserad enkät, bestäms den vidare handläggningen. Att påbörja en utredning med omfattande tekniska undersökningar är ofta såväl kostnadskrävande som ineffektivt.

Genom att de berörda parterna är involverade kan man ofta uppnå bra resultat eftersom man dels får värdefulla synpunkter från de boende som vistas i aktuella miljöer, dels får hjälp med att sprida saklig information till brukarna. Ett bra samarbetsklimat med ömsesidig respekt leder också till

att förtroendekapitalen inte förloras och ger ökade möjligheter till ett bra slutresultat. Erfarenhetsmässigt har de boende bättre förståelse för de ekonomiska konsekvenserna av olika åtgärder om man blir informerad och delaktig i de ställningstagande som görs. Enbart medvetenheten om att man i många situationer måste fatta långtgående ekonomiska beslut på relativt oklar kunskapsbakgrund brukar innebära en ökad förståelse för de svårigheter som finns när det gäller att vidta rätt åtgärder.

Genom att vi ofta saknar fullständig kunskap om bakomliggande orsaker till klimatproblemen är det extra viktigt att insatta åtgärder utvärderas. Detta kan lämpligen göras genom att en förnyad enkätundersökning genomföres tillsammans med vissa relevanta, tolkbara tekniska mätningar en viss tid efter det att åtgärderna vidtagits.

Hur kan man som fastighetsansvarig förhindra att klagomål på boendemiljön uppkommer?

Det viktigaste är naturligtvis att bygga rätt från början. Det är viktigt att redan i program- och projekteringsskedena involvera aspekter som kan beröra inomhusmiljön. Erfarenhetsmässigt behöver det inte bli dyrare att bygga sunda hus än ”vanligt” men det krävs mer planering och mer information i alla led av byggprocessen. Det är viktigt att också involvera de slutliga användarna där så är möjligt.

En avgörande insats utgör kvalitetssäkringen av hela byggprocessen. Ett stort antal ”problemhus” har uppträtt genom att man byggt in problemen från början, exempelvis genom att alltför snabbt lägga på ett tätt material (exempelvis en platsbyggnad) innan underlaget fått möjlighet att torka ut tillräckligt.

De vanligaste klagomålen i bostäder gäller klagomål på torr luft, instängd dålig luft och buller. Klagomål på temperaturförhållandena förekommer också och det är inte ovanligt att klagomål förekommer på såväl höga som låga rumstemperaturer i samma bostadshus. Detta kan bero på skillnader mellan olika delar av fastigheten men också på den mycket varierande känslighet som finns mellan olika individer. Äldre människor som rör sig mindre behöver ofta högre rumstemperaturer än yngre. I samband med att man på grund av klagomål på instängd dålig luft eller för att klara ventilationskraven vid den obligatoriska ventilationskontrollen varvat upp

ventilationen ordentligt kan nya klagomål uppträda på kalldrag och ökade bullernivåer. Om detta inte åtgärdas är det inte ovanligt att de boende själva sätter igen tilluftskanalerna med åtföljande försämrade ventilation och obalans i systemet.

En viktig åtgärd är därför att på ett lättfattligt sätt informera om hur såväl ventilations- som uppvärmningssystemen fungerar. Det är också viktigt att man försöker åtgärda problemen tidigt när de uppträder så att inte otrivseln sprider sig bland de boende. Problemen fångar man lämpligen upp genom att ha effektiva rapporteringssystem och en klar handlingsstrategi när problem uppträder.

Avgörande för att förhindra att klagomålen utvecklas till något ostyrbart är att bygga upp ett förtroende mellan de boende och fastighetsansvariga. Det gäller framför allt att inte centralt ta fram miljöprogram och policy som inte implementeras ordentligt bland de som har primärkontakten med de boende. Utbildning av fastighetsskötare är därför en väsentlig åtgärd för att kunna leva upp till de mål många fastighetsägare har idag. En annan möjlighet är att försöka miljödeklarera lägenheterna och därvid klarlägga ansvarsfördelningen mellan bostadsföretaget och den som bebodde den aktuella bostaden. Aktiviteter inom detta arbetsområde pågår bl a, inom hyresgäströrelsen.

Referenser

Norlén U, Andersson K. Bostadsbeståndets inneklimat. ELIB rapport nr 7. TN:30. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle, 1993.

Pihl A, Persson C, Ydreborg B. Livsvillkor, levnadsvanor och hälsa i Örebro län. Befolkningenkäten 1994. Heureka 1996:23.

Egerö B. En mönsterstad granskas – bostadsplanering i Örebro 1945-1975. Byggnadsforskningsrådet, 1979.

Fukt i material och konstruktion

- 16.1 Fukt i byggnadens konstruktion är en vanlig orsak till dåligt inomhusklimat. Har vi tillräckligt bra mätmetoder/beräkningsmetoder för att kunna mäta resp förutsäga fuktbelastningen i byggnader?
- 16.2 Finns det några nya idéer om konstruktioner som är mer fuktsäkra än nuvarande?
- 16.3 Finns det några nya utvecklingslinjer vad gäller materials tålighet mot fukt, t ex nya material?

Arne Elmroth

Vision år 2000

Kunskapen om fukt och fukttransport i byggnader är så allmänt spridd att det år 2010 inte förekommer några hälsorisker eller skador i nyuppförda byggnader som kan relateras till fukt. Det finns tillräckliga kunskaper om metoder att åtgärda befintliga hus på ett sådant sätt att fukt inte förorsakar hälsorisker. Brukarna har blivit medvetna om hur de genom sitt beteende kan påverka fuktförhållandena i en byggnad, vare sig det gäller bostad eller arbetsplats.

Bakgrund

Fuktrelaterade skador och hälsorisker kostar stora summor att åtgärda och hantera. De ger upphov till psykiskt och fysiskt lidande hos många människor vars konsekvenser är svåra att uppskatta ekonomiskt. Så länge som vi byggt hus har fuktproblem av olika karaktär funnits. Fuktproblem i bostäder nämns då och då i litteraturen genom århundradena. I slutet av 1800-talet utkom en "lärobok i hälsovård". I denna kan man läsa att "förr i tiden" fanns inga problem med mögel och dylikt. Beskrivningen går igen ännu idag och leder då och då till den falska slutsatsen att om man bygger som det gjordes förr så skulle alla fuktproblem försvinna.

Mekanisk och biologisk nedbrytning av material och konstruktioner till följd av fukt har historiskt sett fått mer uppmärksamhet både i forskning och praktisk tillämpning än de hälsorelaterade problem som fukt kan förorsaka. I träbyggarlandet Sverige har frågor som har med nedsättning av träs hållfasthet - dvs inverkan av röta - uppmärksammats mycket. Det har påverkat och utvecklat byggnadstekniken. I t.ex. gamla timmerhus vet man att det marknära timret kommer att röta tidigare än övriga delar i huset. En teknik har utvecklats som gör det möjligt att på ett relativt enkelt sätt kunna byta den nedersta timmerstocken utan att huset i övrigt behöver påverkas särskilt mycket. Det har ägnats betydande arbete åt att ta fram beräkningsmetoder för att bestämma risker för kondens i olika konstruktioner eftersom risken då är påtaglig för rötangrepp. Det har utvecklats konstruktionslösningar som förhindrar att fukt i sådana mängder ansamlas att röta kan utvecklas. Målningssystem som skyddar i första hand utvändigt trä mot fukt för att förhindra för snabb nedbrytning har länge använts.

För stål är det självklart att det ska skyddas mot fukt genom målning eller genom ingjutning i skyddande betong för att förhindra korrosion. Vi uppmärksammar också när t.ex. fasadmateriäl som tegel eller puts fryser sönder. Metoder finns för att prova frostbeständigheten hos sådana material. Om trägolv sväller eller om plastmattor släpper från underlaget så måste det självklart åtgärdas. Kunskap om hur man ska undvika den typen av problem tas fram förhållandevis snabbt och tillämpas i stort sett omgående eftersom kostnaderna för reparationerna oftast blir höga.

För att ta tillräcklig hänsyn till hur fukt direkt eller indirekt påverkar inomhusmiljön är det nödvändigt med ett helt nytt och mera genomtänkt förhållningssätt till hur fuktfrågorna ska behandlas genom hela byggprocessen. Med processen avses hela kedjan från programskrivning och projektering, över entreprenad och utförande till förvaltning och användning.

Fuktdimensionering - behov av ett nytt förhållningssätt för att öka fuktsäkerheten i byggnader

Fuktsäkerheten i byggnader kan ökas väsentligt med hjälp av en systematiskt genomförd fuktdimensionering. *Med fuktdimensionering avses alla åtgärder i bygg- och förvaltningsprocessen som medverkar till att säkerställa att en byggnad inte får skador eller hälsomässiga olägenheter som direkt eller indirekt orsakas av fukt.* Begreppet dimensionering används således här i ett betydligt vidare perspektiv än vad som är brukligt vid konstruktiv dimensionering. Rätt använd ger fuktdimensioneringen möjligheter till väsentliga förbättringar av innemiljö, beständighet och inte minst ekonomi genom att dyrbara reparationer eller ombyggnader undviks.

Fuktfrågorna påverkas av många beslut i byggprocessens alla skeden. Varje aktör måste vara medveten om att hans beslut kan ha konsekvenser för den totala fuktsäkerheten. Hur informationen förmedlas mellan de olika aktörerna är avgörande för byggnadens fuktsäkerhet. Ett systematiskt sätt att hantera fukt- och innemiljöfrågorna är nödvändigt för att säkerställa att rätt information finns vid rätt tillfälle och hos rätt aktör. Det är viktigt att ett helt nytt förhållningssätt får genomsyra hela processen för att säkerställa att fukt- och innemiljöfrågorna hanteras riktigt.

Byggherren har nyckelroll

Redan i det tidiga planeringsskedet påverkar byggherren förutsättningarna för att hantera fuktfrågorna på ett kvalificerat sätt. Byggherren bestämmer

vilka konsulter som ska ta fram erforderliga handlingar och han väljer entreprenör och entreprenadform. Han har därvid möjlighet att ställa krav på kompetens. Det väsentligaste är ändå att byggherren i ett tidigt skede - gärna i samråd med sina kvalificerade konsulter - utreder och formulerar de funktionskrav och andra krav som måste uppfyllas vad avser fuktsäkerhet.

Formulering av funktionskrav och andra krav

Byggreglerna, BBR, innehåller övergripande funktionskrav på fuktsäkerhet. De är inte operationella utan det behöver utarbetas en relativt utförlig checklista med de frågor som byggherren/beställaren måste ta ställning till och precisera. Det saknas riktlinjer och rutiner för hur detta ska ske och sådana behöver tas fram. Betydelsefulla frågor som byggherren måste ta ställning till är bl.a.:

- Dimensionerande uteklimat där byggnaden ska uppföras måste anges.
- Byggnadens/lokalernas användning – inklusive framtida behov av flexibilitet, såsom ändrad lokaldisposition eller ändrad verksamhet under bruksskedet.
- Krav på inneklimatet i byggnaden och eventuellt även i olika rum – temperatur, relativ fuktighet, luftläckning, lufttrycksförhållanden, ventilationsgrad, fuktavgivning i olika lokaler, etc. samt vilka variationer som kan och får förekomma under dygnet, veckan, året.
- Det är särskilt viktigt att byggherren talar om sina särskilda krav på ytskikt, vilket har betydelse för utbytbarhet, ånggenomsläpplighet, fuktabsorption i ytor, risk för mögelpåväxt i t.ex. våtrum och vid köldbryggor.
- Krav och önskemål på ventilationen både vad avser luftflöden och luftutbyteseffektivitet, konsekvenser av ev behovsstyrt luftflöde.
- Städmetoder, behov av flexibilitet inför framtida förändringar.
- Vilka risker är beställaren beredd att ta för skador på olika byggnadsdelar, hälsorisker och ekonomiska risker.
- Krav på byggtider - årstid, totaltid - har betydelse för vilka produktionsmetoder som kan användas.
- På vilket sätt ska kvalitetssäkring göras under entreprenaden – kontrollmetoder, kompetens hos egenkontroll, behov av dokumentation.

Listan måste kompletteras och göras fullständig och hanterlig bl.a. genom anpassning till olika typer av byggnader. Byggherren måste i samverkan med sina rådgivare tänka igenom vilka konsekvenser olika krav medför.

Det behövs en noggrann genomgång för att precisera hur de olika kraven ska kunna uppfyllas och på *vilket sätt de kan och ska verifieras*. Kvalitetssäkringssystem avseende hur fuktfrågorna ska hanteras genom hela byggprocessen behöver utarbetas.

I samband med renovering och ombyggnad behöver ovanstående kravlista kompletteras med en "tillståndsbesiktning" för att bestämma byggnadens "fuktstatus". Det innebär en noggrann kartläggning av befintliga byggdelaers egenskaper, vilka fuktbelastningar som finns i huset etc. Tillståndsbesiktningen ska kunna ligga till grund för bedömning av hur ombyggnad och renovering kan ske på ett fuktsäkert sätt. Omfattningen och kvaliteten på en sådan tillståndsbesiktning behöver klargöras.

Jag anser att det är ytterst angeläget att i ett tidigt skede precisera hur fuktfrågorna ska hanteras inom alla led i byggprocessen. Det är inte tillräckligt att formulera olika krav utan kraven måste också kombineras med ett handlingsprogram och med metoder för att verifiera att kraven verkligen uppfylls i den färdiga byggnaden. Det är viktigt att beställaren ställer krav på att handlingsprogrammet genomförts genom att precisera vilken skriftlig dokumentation som ska överlämnas när byggnaden är färdigställd.

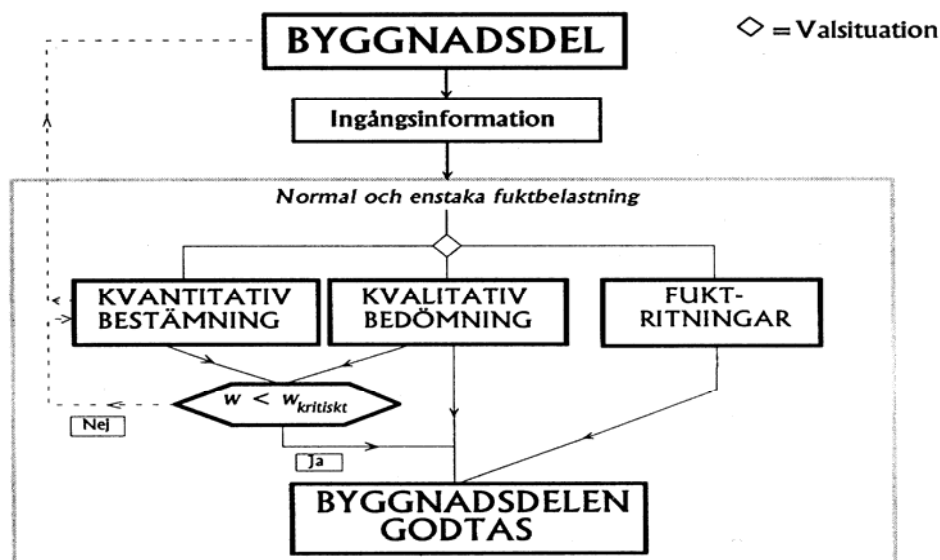
Det är ofrånkomligt att olika krav på byggnaden kan vara motstridiga. För- och nackdelar måste då vägas mot varandra. Önskemål om kort byggtid kan t.ex. innebära att tiden för uttorkning inte blir tillräcklig. Konsulter och entreprenörer måste då överväga tekniker och produktionsmetoder som möjliggör torrt byggande. Krav på god ljudisolering kan medföra behov av tjockare, betongbjälklag som behöver längre uttorkningstider, om betongkvaliteten inte förändras.

Projektering - utforma byggdelar rätt

För att få en korrekt byggteknisk lösning måste, i samband med projekteringen, konsekvenserna av hur fukt påverkar byggnadens olika delar noga bestämmas. Säkerheten mot fuktskador i fortvarighet kan höjas väsentligt genom lämpliga material- och konstruktionsval. Hur en systematisk fuktdimensionering bör göras beskrivs schematiskt i Figur 1. Det systematiska

arbetssättet vid en fuktdimensionering är särskilt angeläget eftersom erfarenheten tydligt visar att det oftast är felaktiga detaljutformningar som ger upphov till fuktproblem.

Varje byggdel med tillhörande anslutningsdetaljer måste behandlas separat. För denna insamlas all nödvändig ingångsinformation. Det är ritningar som visar material och konstruktionsuppbyggnad samt de materialegenskaper som har betydelse för att kunna bedöma påverkan av fukt och beständighet mot fukt. Man behöver dessutom underlag för att bestämma de risker för skador och olägenheter som kan accepteras. Om en skada drabbar vitala konstruktionsdelar eller som kan bedömas innebära hälsorisker måste hög säkerhet mot skador eftersträvas. T.ex. syllar är komplicerade att byta och därmed kostbart. En mycket fuktsäker lösning måste användas. Om däremot en skada enbart drabbar ett enkelt utbytbart ytskikt torde större risker kunna accepteras.



Figur 1. I figuren visas vilka moment som ingår i en systematiskt genomförd fuktdimensionering. Det visas också vilka alternativa vägar man kan följa. Om den kvalitativa eller kvantitativa metoden ger till resultat att en förutbestämd godtagen fuktnivå inte erhålls måste byggnadsdelen förändras t ex genom att välja material med andra fuktegenskaper och en förnyad fuktdimensionering genomförs därefter.

In- och utvändiga fuktbelastningar måste noga bestämmas för den aktuella byggnadsdelen. Yttre klimatbelastning kan exempelvis hämtas ur "Klimatdata för fuktberäkningar" av E. Harderup, 1995. Ur byggherrens uppgifter om byggnadens användning eller fuktproduktion kan fuktbelastningen bestämmas.

Hur stor denna blir beror också på ventilationsgraden och hur ventilations-systemet konstrueras samt på vilken driftsstrategi som kommer att gälla i förvaltningsskedet. Det är extra viktigt att säkerställa rätt ventilation eftersom den är avgörande för vilken fuktbelastning som uppkommer i byggnaden. Den mängd fukt som transporteras ut ur byggnaden med normal ventilation är helt dominerande i jämförelse med den mängd som kan vandra ut genom själva klimatskalet. Ett driftsäkert ventilationssystem är därför synnerligen viktigt för en god fuktbalans inne i byggnaden. Det måste också noga klargöras vilka lufttrycksförhållanden som kommer att råda i byggnaden. Kan övertryck inomhus riskeras under längre tidsperioder måste byggdelarna utformas extra lufttäta för att förhindra de problem som fuktkonvektion kan förorsaka. Det är särskilt viktigt med god lufttäthet i takkonstruktioner.

Som framgår av figuren kan fuktdimensioneringen genomföras enligt tre alternativa vägar:

Beprövade lösningar

Genom att använda väl beprövade lösningar kan tidigare erfarenheter utnyttjas. Man utnyttjar att det finns *väl dokumenterad* erfarenhet av den aktuella konstruktionen från genomförda projekt. Det är givetvis av största betydelse att byggnaden kommer att utsättas för exakt samma yttre och inre klimat som från det eller de projekt erfarenheter finns. Det är likaså ett oavvisligt krav att material med samma fuktegenskaper används och att konstruktionen är uppbyggd på samma sätt som i referensobjektet. Det är också lämpligt att kontrollera att vald produktionsmetod inte innebär extra påverkan av byggfukt. Det är angeläget att så långt som möjligt utnyttja kunskaper från befintliga projekt eftersom det ofta är svårt att genomföra en fullständig fuktdimensionering.

Kvalitativ bedömning

Kvalitativ bedömning innebär att man kontrollerar byggdelen med enkla hjälpmedel. Ofta handlar det om att följa enkla regler och anvisningar för hur en byggdetalj eller byggdel ska utformas.

Anvisningarna kan vara att ur tabeller eller diagram avläsa fukttillstånd eller nödvändiga materialdata för enklare beräkningar. Man kan också rekommendera material eller komponenter som är i det närmaste okänsliga för fukt.

En kvalitativ bedömning kan antingen innebära att byggnadsdelen direkt kan godtas eller att man erhåller värden på förväntade fukttillstånd som kan ligga till underlag för bedömning av risken för framtida skada. Den här metoden innebär att det kan rekommenderas att välja konstruktioner med en relativt hög grad av säkerhet mot fuktskador.

Kvantitativ bestämning

Kvantitativ bestämning innebär att man gör beräkningar för att kontrollera fuktförhållandena i material och konstruktioner. Det finns i dag ett antal noggranna numeriska och statistiska beräkningsmetoder för att bestämma fukttransport och fukttillstånd i olika konstruktioner. Metoderna är anpassade för datorberäkningar. Ett problem är att det inte finns tillräckligt goda data på fuktegenskaper för respektive material varför viss osäkerhet kvarstår. Om större serier av byggnader ska uppföras rekommenderas att utföra laboratorieförsök eller kontrollerade fältförsök som komplettering till den kvantitativa bestämningen av fukttillståndet.

Byggande - välj lämplig produktionsmetod

Under byggtiden har byggfukt och nederbörd en avgörande betydelse för slutresultatet. Det måste bli självklart att välja sådana produktionsmetoder att fuktkänsligt material och fuktkänsliga konstruktioner utsätts för så lite nedfuktning som möjligt. Välj metoder så att huset snabbt kommer under tak och blir väderskyddat. Materialleveranser måste kontrolleras så att specificerade fuktnivåer inte överskrids. Om material behöver lagras på byggplatsen ska det göras så att inte onödig nedfuktning kan ske. Förvaring av trä och träprodukter ska ske under tak, väl luftat och avskilt från marken.

Uttorkning av byggfukt måste ske på ett kontrollerat sätt. Olika betongkvaliteter innehåller olika mängder byggfukt som måste torka. Även om det numera finns goda beräkningsmetoder för att få en uppskattning av erforderlig torktid måste alltid mätning göras i den aktuella byggnaden. Mätning av fukt i betong är komplicerad och det finns stora risker att mäta på ett felaktigt sätt. Sedan hösten 1999 finns ett auktorisationsförfarande för att säkerställa att de personer som utför mätning har erforderlig kompetens. Auktoriseringen innebär dels att personen måste besitta tillräckliga teoretiska kunskaper, dels att denne praktiskt ska kunna genomföra en korrekt provtagning på byggsplatsen.

Förvaltning - en byggnad måste vårdas

När en byggnad överlämnas till förvaltning är det önskvärt att entreprenören överlämnar ett värdeintyg som visar på vilket sätt fuktsäkerheten i byggnaden har uppnåtts. Till värdeintyget ska fogas dokumentation på vilka uppgifter och överväganden som legat till grund för val av material och konstruktionslösningar. Vilka fuktberäkningar har gjorts och hur har resultaten verifierats. Denna dokumentation kommer att behövas och vara till stor nytta när byggnaden ska renoveras eller förändras i framtiden. För förvaltningen är det viktigt med en plan som anger hur byggnaden ska underhållas och skötas. Det kan gälla uppgifter om den dagliga skötseln t.ex. vilka städmetoder kan användas för att inte nedbrytning av ytskikt ska ske med åtföljande risk för oönskade emissioner. Vilken årlig översyn rekommenderas, t.ex. kontroll av ventilation, taktäckning och takavvattning, översyn av fasader och byggdetaljer.

I ett värdeintyg kan/bör också ingå uppgifter om vilka förutsättningar som måste vara uppfyllda för att byggnadens fuktsäkerhet ska kunna garanteras.

Materialegenskaper

Det behövs omfattande dokumentation av materials egenskaper för att kunna göra vederhäftiga fuktbedömningar eller -beräkningar. Som exempel på data kan nämnas:

- Värmekonduktivitet vid olika temperaturer och fukttinnehåll
Ångpermeabilitet eller ångmotstånd vid olika relativ fuktighet i materialet
- Emissioner vid olika fuktnivåer

- Gränsvärden för när mögel kan börja växa.

Det saknas fullständiga data för flertalet material för närvarande (år 2000) vilket innebär att försiktighetsprincipen måste tillämpas genom att välja eller anta närmevärden på data så att beräknade fuktillstånd med viss säkerhet inte överskrids. Problemen blir emellertid ännu större när samverkan mellan material ska beaktas. Det behövs mer forskning om hur olika kombinationer av material reagerar för olika fuktpåverkan.

Kunskap finns för att bygga fuktsäkra hus - använd den

Genom att systematiskt kontrollera att alla byggdelar kommer att fungera med hänsyn till förväntad fuktbelastning kan fuktsäkerheten avsevärt förbättras. Enbart det förhållandet att fuktfrågorna behandlas på ett strukturerat sätt genom hela byggprocessen kommer sannolikt att leda till att flertalet skador förhindras. Fuktdimensioneringsprocessen både vid ny- och ombyggnad innebär att en rad frågor kommer att ställas om fuktbelastningar, om materialegenskaper, om konstruktionsutformning, om produktionsmetoder och om uttorkning av byggfukt mm. Detta leder sannolikt till större medvetenhet om fuktfrågor och att kunskapen successivt höjs. Samrådsförfarandet i samband med bygglovsansökan skulle kunna användas till att utveckla kvalitetsplanerna och stimulera byggherrens egenkontroll vad avser fukt.

Referenser

Hansson, T, 1989, Att bygga torrt. Byggförlaget. Stockholm.

Harderup, E, 1995, Fuktdimensionering med generell checklista. Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBH-7164. Lund.

Harderup, E, 1995, Klimatdata för fuktberäkningar. Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBH-3025. Lund.

Nevander, L E, & Elmarsson, B, 1994, Fukthandbok. Svensk Byggtjänst. Stockholm.

Läs mer i skriftserien "Fuktsäkerhet i byggnader" som ges ut av Byggeforskningsrådet och som sammanfattar kunskap från Fuktgruppen i Lund.

Ventilations- och uppvärmningssystem

- 17.1 Ventilationstekniska brister är viktiga orsaker till dåligt inomhusklimat. Vilka utvecklingslinjer finns för framtida ventilations-system?
- 17.2 Är de tekniska provningarna av dessa system också kombinerade med tester på hur människan upplever inomhusmiljön?
- 17.3 Klagomål förekommer ofta på rumstemperatur och relativ luftfuktighet. Hur ska vi kunna förbättra förhållandena i Norden?

Sten Olaf Hanssen

Innledning

Å se bygningsutformingen og klimasystemene som en del av det totale energi- og miljøsystemet er nødvendig for å oppnå et optimalt samspill mellom bygning og klimainstallasjoner til beste for byggeiere og brukere. Dette er en av hovedkonklusjonene i de strategiske planer som er utarbeidet av sentrale arkitekt-, elektro- og maskintekniske miljøer ved SINTEF-gruppen i Norge (Livik, Stene og Thyholt, 1998). Et overordnet mål er å frembringe en betydelig satsning på energifleksibilitet og energi-effektivitet i eksisterende og nye bygninger.

Begrunnelsen for dette er at i en bygning har klimainstallasjonene begrenset levetid, samtidig som disse krever jevnlig vedlikehold og riktig styring for å fungere som forutsatt. Bygningskroppen har adskillig lengre levetid, og krever heller ikke den kontinuerlige oppfølging fra fagpersonell som klimainstallasjonene gjør. En optimal bygningskropp vil resultere i mindre behov for klimatisering og klimainstallasjoner, og energiforbruket til klimatisering og drift av installasjonene vil reduseres. Dette gir større muligheter for individuell tilpasning av inneklimate, med små desentraliserte systemer i samvirke med bygningen i stedet for store overdimensjonerte sentrale systemer muligheter.

Fagfolks anbefalinger med hensyn til energiriktig utforming av bygg og installasjoner er ikke nødvendigvis i tråd med brukerens behov, vaner og idealer knyttet til bruken av bygget. Dette kan resultere i at energieffektive løsninger ikke blir prioritert ved planlegging samt feilaktig bruk av klimainstallasjonene (ibid.).

Dette betyr ikke nødvendigvis at større sentrale klimainstallasjoner ikke skal benyttes, men fokus må flyttes fra ingeniørens tekniske muligheter til brukerens og byggets behov. I fremtiden vil vi derfor møte problemstillinger og utfordringer gitt i form av:

- ◆ Morgendagens systemer i gårsdagens bygninger
- ◆ Naturlig ventilasjon og hybride løsninger
- ◆ Brukerstyrte og integrerte klima-anlegg
- ◆ Energi- og effektriktige løsninger

- ◆ Flexibilitet og driftsvennlighet
- ◆ Kostnadseffektivitet

Spesielt vil kravet om energi- og effektriktige løsninger kreve stor grad av samhandling mellom ulike fagdisipliner. Nye energifleksible klimasystemer (EFK-systemer) må utvikles slik at en gjennom optimaliserte løsninger kan frambringe kostnadseffektive systemer som gir ønsket termisk komfort og inn klima i bygninger samtidig som samfunnets krav til energifleksibilitet og miljøvennlighet ivaretas. Dette gjelder både utforming, styring, overvåking og service av energisentraler og distribusjonssystemer for varme, kjøling og ventilasjonsluft (ibid.).

Videre vil “Facility Management - Environmental Issues” bli sentrale elementer der premissene i stor grad blir bestemt av:

- ◆ Bygget som verdiobjekt og kapitalskaper
- ◆ Bygget som produksjonsenhet
- ◆ Produktivitet - effektivitet
- ◆ Rettslige ansvarsforhold
- ◆ Helse - trivsel - velvære

Spesielt den sistnevnte problemstillingen knyttet til helse, trivsel og velvære, må vi forvente blir en av våre største utfordringer på 2000 tallet. Dette fremgår ikke minst av følgende målsetting gjengitt i European Health21 Target 10, “A Healthy and Safe Physical Environment” (Adopted by the WHO Regional Committee at its forty-eight session, Copenhagen, September 1998): “By the year 2015, people in the Region should live in a safer physical environment, with exposure to contaminants hazardous to health at levels not exceeding internationally agreed standards”.

På samme vis har WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven, i rapporten “Strategic approaches to indoor air policy-making”, 1999, understreket at: “Indoor air quality is an important determinant of public health and comfort. This document informs and advises governments, public health authorities and other policy makers, and representatives of sectors relevant to indoor air quality (IAQ) management, on how to develop and strengthen IAQ policy in order to protect and promote health in the indoor environment. It specifically addresses strategies for the

development of IAQ policies for non-industrial buildings such as homes, schools, offices, health care facilities and other public and commercial buildings.

Development and implementation of a comprehensive, scientifically sound "action plan" is proposed as a key strategy tool. The document outlines the content of such an action plan, addresses the roles of public and private sector in policy implementation, and the roles of various levels of government, industry and research".

Ventilationstekniska brister är viktiga orsakar til dårligt inomhusklimat. Vilka utvecklingslinjer finns för framtida ventilationssystem?

Det er utviklet en rekke mer eller mindre sofistikerte varme-, ventilasjons- og air-conditioning systemer (HVAC-systemer) for å imøtekomme kravene til helse, trivsel og produktivitet. Det optimistiske målet er å oppnå kontroll med temperatur, luftbevegelse (trekk), luftfuktighet (RH), og luftkvalitet med hensyn til lukt og skadelige eller irriterende forurensninger.

For å komme inn på spørsmålet omkring hvilke utviklingslinjer som finnes for fremtidens ventilasjonssystemer er det nødvendig å gi en oversikt over hva vi har i dag. I hovedsak kan vi skille mellom:

- ◆ Naturlig ventilasjon
- ◆ Mekanisk avtrekksventilasjon
- ◆ Balansert mekanisk ventilasjon
- ◆ Air-conditioning
- ◆ Hybride systemer

Av hensyn til oversikten kan det være hensiktsmessig å nytte ASHRAE's klassifiseringssystem for HVAC-anlegg og systemer. ASHRAE kategoriserer luftbehandlingssystemer som enten "all-air"-anlegg, "air-and-water"-systemer, "all-water"-anlegg eller kompaktanlegg i form av enhetskomponenter som skal plasseres direkte i rommet. "All-air"-systemene sørger for kjøling og varming samt filtrering av tilførselsluften (Hays, S. M., Gobbell, R. and Ganick, N. R ,1995).

Eksempler på prinsipiell oppbygging og utformingen av "all-air"-anlegg (McQuiston, F. C. and Parker, J. D., 1988) omfatter:

- ◆ En-soner-anlegg (CAV)
- ◆ En-soner-anlegg med ettervarme (CAV)
- ◆ Variabelt-volum system (VAV)
- ◆ To-kanalssystemer med blandedbokser
- ◆ Multisonesystemer

"Air-and-water"-systemene gjør bruk av både luft og vann som distribueres fram til rommet der terminalapparater sørger for at rommets behov for varme eller kjøling dekkes. Likeså dekkes rommets behov for friskluft av sentralt behandlet primærluft mens sekundærluft trekkes fra rommet selv og blandes med primærluften før blandingen tilføres rommet. Eksempler på disse systemene er:

- ◆ Induksjonsapparater
- ◆ Fan-coil-units

"All-water"-systemene sørger for romklimatiseringen ved at varmt- eller avkjølt vann sirkulerer gjennom fan-coil-units som tar inn uteluft direkte gjennom yttervegg. Friskluften filtreres før den tilføres rommet. Eksempler på disse systemene er:

- ◆ To-rørs fan-coil-units
- ◆ Fire-rørs fan-coil-units

I tillegg til disse sentralt plasserte og omfattende systemene har vi en rekke enhetsaggregater som oftest forsyner et rom eller en sone. Disse er som regel plasseres direkte i rommet eller på taket over sonen. Kompaktanleggene består normalt av fabrikkmonterte komponenter som skal sørge for varming, kjøling eller air-conditioning tilpasset brukerens lokale behov. Eksempler på slike kompakte enhetssystemer kan være (ibid.):

- ◆ Evaporative kjøleaggregater
- ◆ Kompakte takaggregater
- ◆ Varmepumpe-anlegg
- ◆ Vindusapparater
- ◆ Romkondisjoneringsanlegg

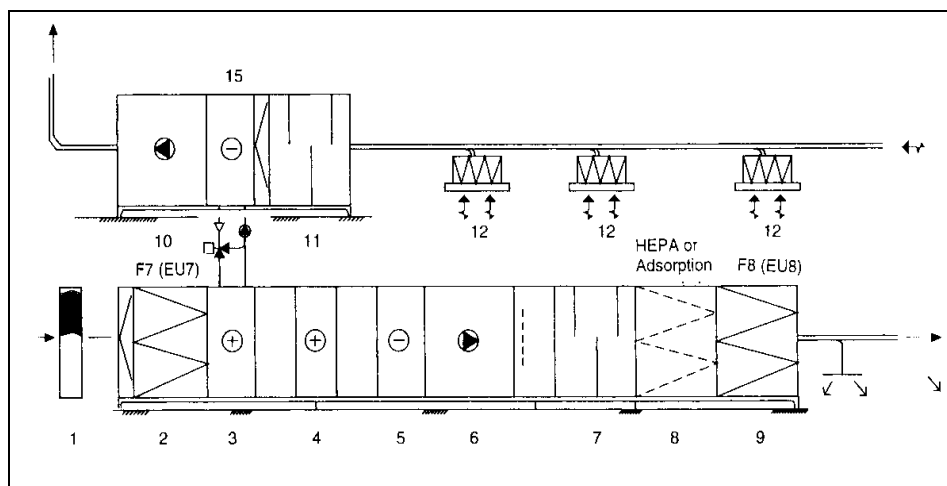
"All-air"-systemene er imidlertid de mest vanlige anleggstypene både i offentlige- og kommersielle bygg. Sentral-anlegget består ofte av et enkanals luftbehandlingsanlegg som vanligvis er plassert i eget ventilasjonsrom ved tak eller i spesielle tekniske rom kjelleren. Hovedkomponentene i et slikt system er:

- ◆ Luftbehandlingsenheten (CAV, VAV)
- ◆ Luftfordelingssystem (kanaler og enhetskomponenter)
- ◆ SRO-anlegg (styrings-, regulerings og overvåkingsenheter)

På tilluftssiden inkluderer luftbehandlingsenheten normalt uteluftinntak med sjalusirist eventuelt med dråpe- eller snø-avviser, uteluftsspjeld (stengespjeld), (omluftsspjeld), (blandekammer for omluft), forfilter (F4-F6). forvarmer, varmegjenvinner, varme- og kjølebatteri, tilførselsvifte, (sentral befuktning), lydtemper og sluttfilter (F7 - F9). På avtrekkssiden kan vi eksempelvis ha filterenhet (F6 - F7) varmegjenvinner, avtrekksvifte, lydfelle samt fraluftsspjeld (stengespjeld) og avkastrist.

Luftfordelingssystemet består vanligvis av kanaler, brann- og røykspjeld, volumregulatorer (volustater) lydtemper, diffusorer eller andre tillufts- og fraluftsorganer i rommet. Til- og fraluftssystemet inneholder stort sett de samme komponentene.

Hovedprinsippene for de fleste HVAC-systemer er veldig like, men vi har som vi forstår mange valgmuligheter når vi skal designe og bygge et anlegg for et bestemt bygg. I hvert prosjekteringstilfelle må ingeniøren kombinere komponenter og utstyr på en slik måte at anlegget blir i stand til å tilfredsstille kravspesifikasjonene i den konkrete bygningen.



Figur 1. Prinsippskisse, enkanals luftbehandlingsanlegg (Flatheim,G., Thomassen, A. 1993).

Ut fra en helhetsvurdering av designprosedyrer og valgmuligheter er grunn til å konkludere med at hvis dagens standarder og veiledninger på innemiljøområdet følges og kombineres med kjente systemløsninger og god ingeniørmessig praksis, så er det fullt mulig å oppnå et godt resultat som tilfredsstillir brukerens behov.

Utfordringen ser ut til å ligge på et helt annet område, nemlig på komponentnivå samt på drift- og vedlikeholdssiden. Ingeniøren må oftest velge komponenter ut fra produsentenes standardtilbud og stole på at de oppgitte ytelsesdata og spesifikasjoner er korrekte. Hvis kvaliteten på en eller flere sentrale komponenter er utilfredsstillende, eller dårligere enn oppgitt i databladene, er faren for driftsproblemer meget store. Likeså hvis en kritisk komponent fungerer dårlig eller svikter etter uforutsett kort tid. Dette har den prosjekterende ingeniør liten kontroll med. Dette er et beklagelig, men udiskutabelt faktum.

På en måte kan vi si at ingeniøren er "prisgitt" produsentenes kvalitetssikring. Ingeniøren har imidlertid få valgmuligheter, han er nødt til å stole på den informasjon han mottar via teknisk underlag og beskrivelser. Slik jeg ser det er dette et undervurdert problem. Ordtaket "Ingen kjede er sterkere enn det svakeste ledd" får her en direkte relevans. Dårlige komponenter, eller misbruk på grunn av manglende informasjon, vil på kort eller lang sikt være

ødeleggende for enhver klimainstallasjon, uansett om den er prosjektert av den beste ingeniør og montert av høyt kvalifisert personale.

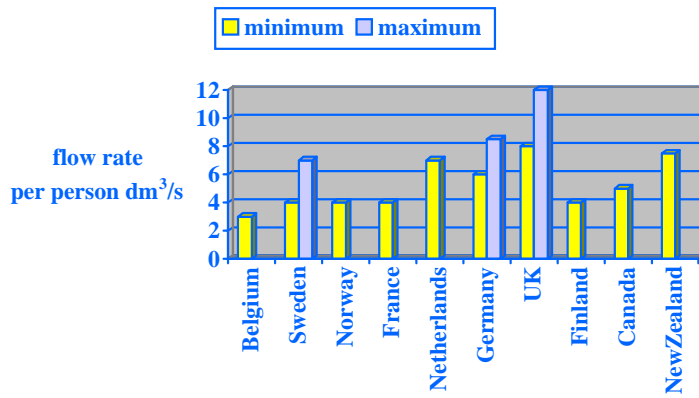
Et annet, og kanskje enda mere undervurdert problem når vi snakker om luftkvalitet, er forurensede enkeltkomponenter samt skitne kanaler og føringsveier. I en rapport fra National Energy Management Institute i USA (NEMI 1993) understreker eksempelvis at ventilasjonskanaler kan representere en alvorlig helserisiko i moderne bygninger. Kombinasjonen fuktighet, støv og organisk materiale legger grobunn for vekst av både sopp og bakterier samt andre mikro-organismer.

Diskusjonen omkring valg av ”naturlig” eller ”mekanisk” ventilasjon er etter min mening en avsporing fra det som er kjernen i problemet. Etter mitt syn eksisterer det ikke ”unaturlig” ventilasjon, derimot har vi et behov for å fremskaffe et kvalitetsmessig godt inneklime der det å fjerne forurensninger og å holde temperaturkontroll er den sentrale oppgavene. Valg av teknisk ventilasjonsløsning vil derfor mere være et valg basert på byggets lokalisering, bruken av bygget og brukerens behov i det enkelte tilfelle. Det viktigste vil fremdeles være at den løsning som velges har god nok kvalitet, at anleggsarbeidet utføres riktig og at man følges opp med den nødvendige grad av drift og vedlikehold.

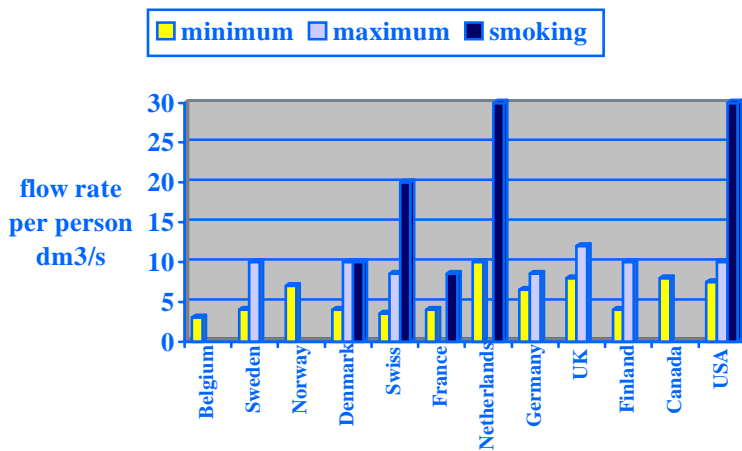
For å løse de alvorlige utfordringene må vi:

- ◆ Fokuserer på luftkvalitet og ikke på luftkvantitet
- ◆ Forstå at ventilasjon ikke er problemet. Forurensninger er problemet. Ventilasjon er en del av løsningen.
- ◆ Akseptere at selv det beste ventilasjonsanlegg med tiden reduseres til driftspersonalets kvalitetsnivå

Etter mitt syn ligger hovedutfordringen fremdeles i å fastlegge hva som er det reelle ventilasjonsbehov for en konkret bygning. Ser vi på de ulike standarder og anbefalinger for boliger og yrkesbygg i Europa kommer denne usikkerhet klart frem i figur 2 og 3.



Figur 2. Anbefalte ventilasjonsrater per person i boliger i noen Europeiske land. (Draft ECA report, WG 16, De Gids, Fernandes, 1999).



Figur 3. Anbefalte ventilasjonsrater per person i kontorbygg i noen Europeiske land. (Draft ECA report, WG 16, De Gids, Fernandes, 1999).

Är de tekniska provningarna av dessa system också kombinerade med tester på hur människan upplever inomhusmiljön?

I tillegg til våre nasjonale standarder og veiledninger har vi en rekke internasjonale (eller "semi-internasjonale") organisasjoner og for a som utarbeider inneklima- og energirelaterte retningslinjer og anbefalinger. Eksempler på slike er:

- ◆ ISO - International Organization for Standardization
- ◆ ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- ◆ CEN - European Standardization Organisation
- ◆ WHO - World Health Organization
- ◆ IEA - International Energy Agency
- ◆ ECA - European collaborative Action
- ◆ EUROVENT - European Association of Manufacturers

Problemet er oftest at disse i stor grad er rettet mot en teknisk etterprøving av det leverte anlegg opp mot på forhånd gitte spesifikasjoner og i mindre grad basert på en kvalitativ vurdering ut fra brukerens varierende behov i det daglige. Dette til tross for at vi i for eksempel ISO 7730 "Moderate Thermal Environment – Determination of the PMV and PPD indices and specifications for thermal comfort" og i CEN CR 1752 "Ventilation for buildings – Design Criteria for the indoor environment" har klare anbefalinger på hvordan inneklimaet bør være og på hvordan mennesker reagerer på ulike variasjoner.

Oftest ser det dessverre ut til at etterkontroll og oppfølging av miljøforhold først blir iverksatt når det oppstår massive eller gjentatte klager på dårlig inneklima. I fremtiden vil det derfor være behov for en mere proaktiv holdning til godt inneklima og ikke det vi oftest har i dag, nemlig en reaktiv handling på utilfredsstillende inneklima.

Når vi i tillegg vet at det per september 1999 foreligger et, etter mitt syn, meget godt forslag til ny CEN-standard for utprøving av klimatekniske anlegg ved overlevering (FINAL DRAFT, prEN 12599; "Ventilation for buildings – Test procedures and measuring methods for handling over installed ventilation and air conditioning systems") så burde vi ha nok

underlag til å gjennomføre tilstrekkelig kontroll og oppfølging av arbeidsmiljø og inn klima i hele byggets levetid. "Life Cycle"-filosofien må bli en naturlig del av klimaingeniørens tankegang og holdning. I fremtiden må det derfor bli påbudt at rådgivere og entreprenører gjennomfører risikoanalyser og kontroller relatert til helse, inn klima og brukergrupper når bygg og installasjoner planlegges og oppføres.

For å møte dette kravet må vi utvikle metoder og beregningsverktøy som gjør dem i stand til å ta hensyn til helserisiko på lik linje med komfort og energibruk. Risikoanalyse med tanke på driftstans, havari eller ulykker er et familiært begrep innen ingeniørfaget, mens inn klima og helserisiko er noe mere fjernt fra hverdagen. Den umiddelbare utfordringen ligger i å få teknologer til å akseptere at de må sette seg inn i denne typen problemstillinger.

*Klagomål förekommer ofta på rumstemperatur och relativ luftfuktighet.
Hur ska vi kunna förbättra förhållandena i Norden?*

En nødvendig, men ikke tilstrekkelig betingelse for termisk komfort, er at omgivelsene gir termisk nøytralitet for kroppen som helhet. Dette innebærer at vi ikke har noe generelt ønske om høyere eller lavere omgivelsestemperatur. Dette vurderes ved hjelp av PMV-PPD indeksene som uttrykker et kvantifisert mål på kroppens termiske tilstand. PMV står for "Predicted Mean Vote" og PPD tilsvarende for "Predicted Percentage of Dissatisfied".

PMV-indeksen benytter en psykofysisk 7-punkts skala (fra -3 til +3) for å angi hvordan mennesker føler seg i termisk henseende (Fanger, P.O., Danvac – grundbog). Vurderingen 0, nøytral, betyr at personene i middel ikke ønsker omgivelsene varmere eller kaldere.

Termisk nøytral tilstand er imidlertid ikke en tilstrekkelig betingelse for komfort. Lokal termisk diskomfort kan forekomme selv om kroppen som helhet er termisk nøytral. Vi må derfor i tillegg kreve at ingen lokal varm eller kald diskomfort er tilstede for noen del av kroppen. Stor strålingsasymmetri vil eksempelvis kunne gi opphav til ubehag. Likeledes kan lokal konvektiv avkjøling (trekk), varme eller kalde gulv og store vertikale temperaturgradienter resultere i problemer (Brüel & Kjær, 1985), (Olesen, B.W., 1988).

Vi definerer derfor termisk komfort som:

- ◆ Termisk komfort er en sinnstilstand der vi uttrykker full tilfredshet med de termiske omgivelser.

Forskning og praksis har vist at denne tilstand ikke alltid er like lett å oppnå selv om vi kjenner de nødvendige betingelser. Det er i denne forbindelse viktig å påpeke at vi må skille mellom det som påvirker vår termiske komfort og det som bestemmer vår komfort.

Termisk komfort påvirkes av en rekke parametre, eksempelvis (Hanssen, S.O.1991):

Sentrale parametre:	<i>Samspillende parametre:</i>
Luftens tørrkuletemperatur	<i>Oppholdstid</i>
Termisk stråling i rommet	<i>Termiske egenskaper til bord, stol, gulv etc</i>
Luftens hastighet og turbulens	<i>Kroppens stilling; stå, sitte, ligge etc</i>
Luftens vandampinnhold	<i>Alder</i>
Personens aktivitetsnivå	<i>Kjønn</i>
Personens bekleddingsnivå	<i>Sinnstilstand</i>
	<i>Tretthet</i>
	<i>Psykisk legning</i>
	<i>Sult, metthet, fordøyelse</i>
	<i>Etc....Etc</i>

Termisk komfort bestemmes imidlertid av kroppens fysiologiske tilstand (ibid.):

- ◆ Hudtemperatur, 32 - 34°C
- ◆ Kjernetemperatur, 37 - 38°C
- ◆ Svettesekresjon, hudvåthetsgrad < 0,25

Det som betyr noe er at vårt termoreguleringssystem kan bringe oss i en tilstand av termisk nøytralitet uten at kroppen stresses overdrevent. Det er viktig å understreke at termisk komfort bestemmes ut fra fysiologiske kriterier. Vi må derfor aldri glemme at det er kroppens reaksjoner som bestemmer vår komfortopplevelse og ikke de romklimatiske parametre i seg selv (Brüel & Kjær, INNOVA 1999).

For å unngå klager på de termiske omgivelser må vi derfor i større grad se byggets termiske tidskonstant i sammenheng med de indre og ytre belastninger samt varme og ventilasjonssystem. Kort sagt, responstiden må samsvare med brukerens ønsker og behov.

Forsøk basert på termisk komfort ved moderate romluftstemperaturer indikerer at den relative fuktighet kan svinge i området 20-70% uten at dette har noe direkte betydning for komfortfølelsen. For termisk komfortopplevelse vil fuktighetsvariasjoner mellom 20 og 60% svare til omlag 1°C forskjell i lufttemperatur, mens 0 til 100 % svarer til en senkning på omlag 2,5°C. I komfortområdet kan vi derfor i termisk sammenheng se bort fra fuktighetens innflytelse, i det vi lett kan kompensere ved å endre temperaturen i rommet (Fanger, P.O., 1972).

Ved lave og høye temperaturer er luftens fuktighetsinnhold av større betydning, først og fremst for varmeavgivelsen ved fordunstning. Ved lav fuktighet og temperatur vil avkjølingsprosessen ved fordunstning av svette fra huden foregå hurtig, og vi kan lett føle oss kalde selv ved relativt moderate temperaturer. Ved høy temperatur og fuktighet vil det motsatte kunne inntre, idet fordunstningen hemmes og ubehag oppstår som følge av at kroppens naturlige varmereguleringsmekanisme forstyrres.

Kunnskapen om at relativ fuktighet er uten signifikant betydning for den termiske komfort ved moderate temperaturer har dessverre av mange blitt oppfattet dit hen at fuktighetsinnholdet i romluften overhodet ikke er av betydning for vår helse og trivsel. Dette er uheldig av minst to grunner.

For det første vil relativ fuktighet i yrkesbygg i store deler av vinterhalvåret ligge godt under den "anbefalte" nedre grense på 20 % RH. Med en ønsket tilluftstemperatur på f.eks. +22°C, ser vi ved hjelp av et h-x-diagram at denne verdi passerer allerede ved en utetemperatur i området 0 til +6°C. I kontor- og servicebygg kommer indre fuktighets-tilskudd normalt bare fra personalet, og dette er ikke nok til å heve relativ luftfuktighet til et akseptabelt nivå. Anslagsvis avgir en person i hvile 0,03 kg/h fuktighet ved respirasjon og perspirasjon, mens verdiene ligger mellom 0,04 og 0,08 kg/h ved moderat innendørs aktivitet. Lange perioder med til dels meget lav relativ fuktighet (10-15%) er derfor en normal tilstand vinterstid i norske bygg uten kunstig befuktning.

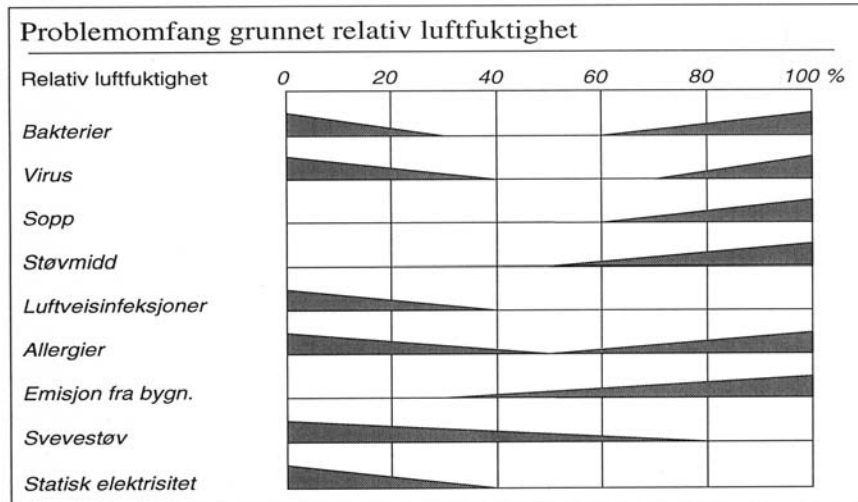
For det andre oppstår plager selv innenfor de vanlige grensene for romfuktighet, og det hender ikke sjelden at klager på tørr luft fremsettes selv om relativ fuktighet er i området 30 til 40 %. En rimelig hypotese er derfor at luftfuktigheten har sin betydning for innemiljøet mere ved sitt samspill med andre faktorer enn som selvstendig parameter (Lenvik, K. og Levy, F., 1986).

Vi skal imidlertid ikke undervurdere problemer og klager som settes i forbindelse med "tørr luft". For oss mennesker er det særlig huden og ganske spesielt slimhinnene i øyne og åndedretsorganer som berøres av luften som omgir oss. Tørr hud, kløe, utslett og eksem er kjente plager, likeså tørt hår og sprø negler. Vanlig er også svie i øynene, kløende og rennende nese, tett nese samt generell tørrhetsfornemmelse i svelg og åndedretsorganer. Mange hevder å være mere utsatt for luftveisinfeksjoner og bihulebetennelser i perioder med lav relativ fuktighet. Problemer med å få kontaktlinser til å holde seg på plass er også nevnt. Mange av symptomene er imidlertid diffuse og lite uttalt. Siden samme type problemer kan oppstå både ved lav og midlere relativ fuktighet, synes samspillsteorien å ha mye for seg. Det er da nærliggende å tro at følelsen av tørr luft kan ha sammenheng med høy lufttemperatur, stor luftveksling, støv eller andre irriteranter i gass eller dampform. Hvordan et eventuelt samspill fungerer er imidlertid ennå ikke tilstrekkelig kjent.

Vi har imidlertid noen indikasjoner og holdepunkter for at relativ luftfuktighet, og da spesielt tørr luft virkelig påvirker vår helse og trivsel. Enkelte eldre epidemiologiske undersøkelser (Green, G.H., 1978) antyder at lav relativ fuktighet kan føre til økt risiko for luftveisinfeksjoner. Som en forklaring antydes tre mulige sammenhenger:

- ◆ Lav luftfuktighet virker uttørrende på slimhinnene i de øvre luftveier slik at motstandskraften mot infeksjoner reduseres. Ved høyere luftfuktighet øker slimhinnenes transportevne slik at bakterier og virus letter avvises.
- ◆ Høyere relativ luftfuktighet reduserer mengden svevestøv i romluften slik at mulige irriteranter ikke overskrider toleransegrensen.

- ◆ Bakterier og virus har mindre til å overleve og til å smitte ved midlere relativ fuktighet. Enkelte undersøkelser har f eks vist att influensavirus smitter ved 45-60% RH enn ved høyere og lavere verdi.



Figur 4. Relativ luftfuktighet og problemprofil (Hanssen, S.O. 1996).

Vi kan derfor med noen grad av sikkerhet fastslå at relativ luftfuktighet er av betydning for romluftens innhold av mikroorganismer og forurensninger for øvrig. Problemet er at mens høy fuktighet reduserer mengden svevestøv og statisk elektrisitet, så er det motsatte tilfelle for de fleste mikroorganismer. Vi har videre indikasjoner på at svært lav relativ fuktighet virker uttørrende på hud og slimhinner. Som en følge av dette øker risikoen for irritasjonsreaksjoner og sykdommer. Tett nese som følge av infeksjoner, allergier eller irritasjoner medfører f eks at respirasjonsluften ikke kan passere kroppens eget klimaanlegg, nesen. Dette er svært uheldig, siden luften i nesen normalt blir rensed for partikler over 10 µm, får optimal fuktighet og temperatur før den sendes ned i de nedre luftveier.

Ut fra det vi vet i dag, er det vanskelig å angi hva som er "riktig" område for relativ luftfuktighet. Mange faktorer spiller inn, og de trekker til dels i motsatt retning. De stedlige, lokale forhold vil måtte avgjøre valg av nivå. Ved moderate temperaturer og "ren" luft vil trolig 20-30 % RH kunne være fullt forsvarlig vinterstid. Av hensyn til bygningsskader og mugg-

problemer p.g.a kondens, bør ikke fuktigheten være for høy i kuldeperioder. Skulle problemer med statisk elektrisitet oppstå, bør vi heller fjerne kilden til dette enn å øke fuktigheten. Vår, sommer og høst er normalt ikke problematisk med hensyn til innendørs relativ fuktighet på våre breddegrader.

Enkelte perioder om vinteren kan det være nødvendig med kunstig befuktning for å opprettholde akseptabelt nivå. Nyttets forstøvnings- eller fordamningsanlegg, må disse rengjøres ofte, opptil flere ganger per måned. Likeså må ventilasjonskanalene holdes rene. Hvis det slutres unna med rengjøringen, kan vi risikere større plager og ubehag med befuktning enn uten. Dette fordi alger, bakterier og andre mikroorganismer trives svært godt i det fuktige klima befuktningssystemene representerer. Dårlig rengjorte enheter kan bli rene utklekkingsanstalter for uønskede organismer. Stoffskifteprodukter og allergener spres deretter i hele bygget via ventilasjonskanalene. Luftfukterfeber og "Legionærsyken" er dessverre forekommende følger av dårlig eller manglende rengjøring. Dampbefuktning kan redusere disse ulempene forutsatt at kanalsystemet og anlegget for øvrig rengjøres regelmessig.

Av hensyn til bl a risiko for ubehag fra uttørking av slimhinner og statisk elektrisk utladning bør vi unngå at vandamptrykket i rommet under-skrider omlag 6 mbar. Dette tilsvarer et duggpunkt på ca 0°C og omlag 20 % RH ved normale romlufts-temperaturer. Sentral befuktning frarådes, lokale apparater er å foretrekke hvis behovet er klart dokumentert.

Litteraturhenvisninger:

Brüel & Kjær, INNOVA Air Tech Instruments: "Thermal Comfort", Skodsborgvej 307, DK 2850 Nærum, Danmark, 1999, <http://www.innova.dk>.

Brüel & Kjær: "Local Thermal Discomfort", Technical Review nr. 1, 1985. DK-2850 Nærum, Danmark.

Draft ECA report; "Ventilation for good indoor air quality and rationale use of energy", Ch 5 (*De Gids, Fernandes*), ECA Working Group 16 'Critical Review of Ventilation Requirements', December 1999.

Fanger, P.O.: "Indeklima". Avsnitt 1, Danvac - grundbog. Varme- og klimateknikk. ISBN 87-982652-1-0. København.

Fanger, P.O.: "Thermal Comfort, Analysis and applications in Environmental Engineering", McGraw-Hill Book Company, 1972.

Flatheim, G., Thomassen, A.: "90-årenes innemiljøkrav - Vår helse og vår trivsel i energivennlige bygninger", Teknisk Presse A.S. ved tidsskriftet Byggherren, Oslo/Stavanger 1993, ISBN 82-90327-13-7.

Green, G.H.: "Field studies of the effect of air humidity on respiratory diseases", WHO Conference - «Indoor Climate», Copenhagen, 1978.

Hanssen, S.O.: «Hva slags innemiljø ønsker vi - og hva planlegger vi? Innemiljø - Riktige løsninger et totalansvar, Kursdagene ved NTH 7-9 januar 1991.

Hanssen, S.O. (1996): "Et godt innemiljø – rammebetingelser for enøk og miljø", Kapittel 4 i boken Enøk i bygninger – Effektiv energibruk, Universitetsforlaget, ISBN 82-00-42307-7, Oslo 1996.

Hays, S. M., Gobbell, R. and Ganick, N. R.: "Indoor Air Quality - Solutions and Strategies", MacGraw-Hill, New York 1995, ISBN 0-07-027373-1.

Lenvik, K. og Levy, F.: "Inneklima - en orientering om klimafaktorer og forurensninger", 2. utg. YHI-publikasjon HD 927/86 FOU, 1986.

Livik K., Stene, J. og Thyholt, M. "Fremtidens energisystemer i eksisterende og nye bygninger", prosjektforslag for perioden 1999 - 2003, SINTEF, Trondheim, Norge, 1998.

McQuiston, F. C. and Parker, J. D.: "Heating, Ventilating and Air Conditioning, - Analysis and design", John Wiley & Sons Inc, New York 1988, ISBN 0-471-63757-2.

NEMI, National Energy Management Institute: "Productivity and Indoor Environmental Quality Study, Appendix B: Background of Building wellness Discussion", Final Report Prepared by Dorgan Associates, Inc. Madison, WI 53719, USA, August 1993.

Olesen, B.W.: "Are the Thermal Factors Critical for Humans Adequately Considered in the Design of New Heating and Air-Conditioning Systems. In Berglund, B., Lindvall, T. (Eds.), Healthy Buildings '88. Volume 1, p 83-90. State of the Art Reviews. Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden, juni 1988

WHO European Centre for Environment and Health: "Strategic approaches to indoor air policy-making", Bilthoven, Nederland, 1999, EUR/ICP/EHBI 04 02 02.