

Kemiska ämnen i inomhusmiljön

Socialstyrelsen klassificerar sin utgivning i olika dokumenttyper. Detta är ett *Underlag från experter*. Det innebär att det bygger på vetenskap och/eller beprövad erfarenhet. Författarna svarar själva för innehåll och slutsatser. Socialstyrelsen drar inga egna slutsatser i dokumentet. Experternas sammanställning kan dock bli underlag för myndighetens ställningstaganden.

Artikelnr 2006-123-38

Publicerad www.socialstyrelsen.se, september 2006

Förord

Många människor rapporterar symtom i form av ögon-, hud- och luftvägsbesvär samt diffusa problem som trötthet och koncentrationssvårigheter som de förknippar med inomhusmiljön. Under senare tid har man också kunnat konstatera att det finns ett samband mellan infektionskänslighet hos barn och fukt i deras bostäder. Men oftast är orsaken till symtom och besvär i inomhusmiljön inte särskilt väl utredda. Detta gör det svårt att fatta beslut och att rekommendera åtgärder för att undvika hälsoproblem.

Socialstyrelsen har gett Institutet för Miljömedicin (IMM) vid Karolinska Institutet i Stockholm i uppdrag att sammanställa och utvärdera den kunskap som finns om vilka kemiska ämnen som förekommer inomhus, samt hur de påverkar människorna. Syftet med sammanställningen är främst att ge de operativa tillsynsmyndigheterna under miljöbalken ett uppdaterat kunskapsunderlag som stöd i arbetet med olika inomhusproblem. Rapporten kan också vara en vägledning för verksamhetsutövare. I samband med att rapporten publiceras upphävs Socialstyrelsens allmänna råd om bedömning av hälsorisker från vissa golvmaterial (SOSFS 1989:45 (M)) genom SOSFS 2006:13.

Rapporten omfattar *några* av alla de kemiska ämnen i inomhusluften i bostäder, skolor/förskolor och andra offentliga lokaler som kommer in med utomhusluften eller som avges från byggnads- och inredningsmaterial, hushållsprodukter m.m. Någon systematisk genomgång av problem i inomhusmiljön som beror på t.ex. mikrobiologisk tillväxt, partiklar, radon eller tobaksrökning har inte gjorts.

Rapporten baseras på ett kunskapsunderlag som *Birgitta Berglund* och *Ingegerd Johansson* vid IMM tagit fram. Den har bearbetats av *Ord & Vetande*. Projektledare har *Irène Andersson* varit. Övriga som deltagit är Marie Becker, Greta Smedje och Michael Ressner, Socialstyrelsen. En preliminär version av texten har faktagranskats av Magnus Wickman, Arbets- och miljömedicin vid Stockholms läns landsting, Niklas Johansson, Naturvårdsverket, Kerstin Wahlberg, Arbetsmiljöverket, Sara Giselsson och Magnus Bengtsson, Boverket, samt Anne-Marie Johansson, Margareta Östman, Erik Gravenfors och Stellan Fischer, Kemikalieinspektionen. Arbetet är samfinansierat mellan Socialstyrelsen och IMM.

Socialstyrelsen riktar ett varmt tack till alla som deltagit i arbetet.

Ann Thuvander

Enhetschef

Tillsynsavdelningen, enheten för hälsoskydd

Innehåll

<i>Förord</i>	3
<i>Sammanfattning</i>	6
<i>Inledning</i>	7
<i>Kemiska ämnen inomhus</i>	8
Flyktiga organiska ämnen i inomhusluft	9
Alifatiska kolväten	10
Aromatiska kolväten	11
Alkoholer	11
Aldehyder och ketoner	11
Syror och estrar	12
Terpener	13
MVOC	13
Doftämnen	15
Kemikalier i byggnads- och inredningsmaterial	16
Golvmattor	17
Träprodukter	17
Målarfärg	17
Svårflyktiga ämnen i byggmaterial — PCB, ftalater	17
Kemikalier i hushållsprodukter	20
Kemiska reaktioner i inomhusluft och på materialytor	20
Fukt	21
Ozon och kväveoxider	21
<i>Besvär, symtom och ohälsa</i>	24
Överkänslighet	25
Parfym och doftämnen	25
Målarfärg, VOC och formaldehyd	25
Ftalater	26
Sensoriska effekter	27
Lukt	27
Sensorisk irritation (slemhinneirritation)	28
Oxidationsprodukter	30
Upplevelse av luftkvalitet	31
Toxiska effekter	31
<i>Undersökningar och åtgärder</i>	33
Fastighetsägarens ansvar	34
Luftkvalitet	34
Intervjuer och frågeformulär	34
Specialiserade undersökningar	35
Slemhinneirritation	35
Lukt- och irritationströsklar	36
Upplevd intensitet och kvalitet	36

Kemiska mätningar	36
<i>Miljö- och folkhälsomål</i>	38
Frisk luft	38
Giftfri miljö	38
God bebyggd miljö	38
Sunda och säkra miljöer och produkter	39
<i>Lagar och föreskrifter i korthet</i>	40
Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.	40
Boverkets byggregler	40
Miljöbalk	41
Olägenheter för människors hälsa och krav på egenkontroll	41
Undersökningar	41
Regler för kemikalier	41
Arbetsmiljölag	42
<i>Bedömningsgrunder</i>	44
Formaldehyd	44
TVOC	45
WHO:s rekommendationer	45
LCI-värden	45
<i>Information</i>	47
Kemikalieinspektionen	47
Boverket	47
Byggsektorns och andras miljöinformation	48
Positiv miljömärkning	48
Astma- och allergiförbundet	49
Upplevelsemätningar till grund för miljö- och kvalitetsmärkning	49
<i>Några slutsatser</i>	50
Vad vet vi och vilken kunskap saknas?	50
Utvecklingsbehov	51
<i>Lästips</i>	63
<i>Länkar</i>	64
<i>Tabeller ur ”Air Quality Guidelines”</i>	65
<i>Koncentrationer av luftföroreningar inomhus</i>	67

Sammanfattning

I den här rapporten beskrivs de ämnen och ämnesgrupper som är vanliga i inomhusmiljön, liksom de möjliga källorna till dessa ämnen. Främst tas emissioner från byggnads- och inredningsmaterial och hushållsprodukter upp, men också ämnen som bildats vid kemiska reaktioner mellan olika föroreningar i inomhusmiljön. Rapporten innehåller också en genomgång av de hälsoproblem som förknippas med inomhusmiljön, liksom kortfattade sammanställningar av åtgärder, lagstiftning, information och bedömningsgrunder

Många människor relaterar besvär och sjukdomar till inomhusluften i byggnader där de bor eller arbetar. De vanligaste symtomen är trötthet, huvudvärk, klåda, sveda och irritation i ögonen samt irriterad, täppt eller rinnande näsa. Dessa problem är särskilt vanliga hos dem som har en allergi eller annan form av överkänslighet. Men hittills har man inte kunnat fastställa några entydiga samband mellan luftens kemiska sammansättning och de symtom som människor relaterar till sin inomhusmiljö.

I byggnader där människor upplever problem är det viktigt att göra en utredning för att ta reda på vad som kan orsaka besvären. Det är fastighetsägaren, den som ansvarar för verksamheten eller arbetsgivaren som har ansvar för att undersöka om besvären kan bero på brister i byggnaden. Den viktigaste åtgärden för att lösa problemen är att byta ut material som emitterar skadliga ämnen – om man kan identifiera några sådana. Det är också viktigt att ha en effektiv ventilation och ett bra underhåll – inklusive en god daglig skötsel.

Det finns ännu inte tillräckligt vetenskapligt underlag för att fastställa någon rekommendation för när man ska vidta åtgärder då människor upplever besvär av dålig luftkvalitet i bostäder eller allmänna lokaler. Av praktiska skäl använder man därför hur människor upplever luftkvalitet som vägledning för åtgärder. Man får bedöma varje enskilt fall för sig till exempel hur många personer som upplever besvärande lukt, hälsoeffekter, aktivitetsstörningar eller andra effekter.

Trots att mycket återstår att utforska när det gäller hur kemiska ämnen i inomhusmiljön påverkar människors hälsa är det klarlagt att många personer upplever besvär. Det är viktigt att problemen tas på allvar. Tillämpa dagens kunskap och

- se till att ventilationen är normenlig
- välj deklarerade eller på annat vis väldokumenterade material med goda egenskaper ur miljö- och hälsosynpunkt
- välj konstruktioner med låg risk för fuktproblem och kemiska reaktioner
- planera in tid för utvädring av emissioner innan inflyttning.

Inledning

Många människor relaterar besvär och sjukdomar till inomhusluften i byggnader där de bor eller arbetar. Socialstyrelsens Miljöhälsorapport 2001 redovisar att en miljon personer i Sverige mellan 19–81 år rapporterar att de har symtom som de anser bero på inomhusmiljön.¹ Det motsvarar nästan 18 procent av landets vuxna befolkning. De vanligaste symtomen är trötthet, huvudvärk, klåda, sveda och irritation i ögonen samt irriterad, täppt eller rinnande näsa. Ett eller flera av symtomen har upplevts åtminstone en gång i veckan under de senaste tre månaderna.

Det råder enighet om att inomhusmiljön kan ge upphov till besvär, symtom och ohälsa, särskilt hos dem som redan har utvecklat en allergi eller annan form av överkänslighet. Men hittills har man inte kunnat fastställa några entydiga samband mellan luftens kemiska sammansättning och de symtom som människor relaterar till sin inomhusmiljö.

Människor vistas inomhus större delen av dygnet. Därför är exponeringen för inomhusluft en kritisk faktor för välbefinnandet. Mängden luftföroreningar är ofta flera gånger större inomhus än utomhus. Denna rapport behandlar kemiska ämnen i inomhusluften, särskilt flyktiga organiska ämnen som anses utgöra riskfaktorer för besvär och ohälsa i inomhusmiljö.

Rapporten beskriver de ämnen och ämnesgrupper som är vanliga i inomhusmiljön samt redogör för de möjliga källorna till ämnena. Emissionernas främsta källor är byggnads- och inredningsmaterial och hushållsprodukter. Vi beskriver också ämnen som bildas vid kemiska reaktioner mellan olika föroreningar i inomhusmiljön. I rapporten beskrivs vidare besvär, symtom och ohälsa i inomhusmiljö i form av allergisjukdom och annan överkänslighet, samt sensoriska effekter som lukt och irritation. Slutligen ger vi en översikt över relevanta gränsvärden och riktvärden, samt vägledande information om utredningsmetodik och åtgärder.

¹ Miljöhälsorapport 2001. Tematisk översikt och analys. Stockholm: Socialstyrelsen, Institutet för miljömedicin & Stockholms läns landsting.

Kemiska ämnen inomhus

Vanliga föroreningar i inomhusluft är oorganiska gaser som kväveoxider (NO och NO₂), ozon (O₃), samt flyktiga och halvflyktiga organiska ämnen (VOC och SVOC). Därtill kommer partiklar och aerosoler: oorganiska i form av oxider, salter, silikater; organiska i form av vätskedroppar av svårflyktiga organiska ämnen; och biologiska i form av pollen, sporer och bakterier.

Källor till kemiska föroreningar i inomhusluft är

- föroreningar i utomhusluften
- byggnadsmaterial, inredning och hushållsprodukter
- aktiviteter som matlagning, städning, underhåll och hobbyverksamhet
- utandningsluft, hudrester och svett m.m. från människor.

Nya ämnen bildas också både i inomhusluften och på materialytor. Det sker genom kemiska reaktioner mellan föroreningar i luften eller mellan föroreningar i luften och ämnen i olika ytor. I fuktiga miljöer kan dessutom mikrobiella processer starta som producerar flyktiga organiska ämnen.

Organiska ämnen

Organiska ämnen är föreningar med grundämnet kol (C). Det förenar sig med sig självt och bildar kedjor eller ringformade strukturer. Föreningar mellan kol och väte kallas kolväten.

- Alifatiska kolväten består av väte förenat med kedjeformade kolföreningar.
- Aromatiska kolväten består av väte förenat med en särskild typ av ringformade kolföreningar, med bensen som grundform.
- Terpener är speciella alifatiska eller cykliska (men inte aromatiska) kolväten, ibland förenade med syre.

Alkoholer, aldehyder, ketoner, syror och estrar är exempel på föreningar mellan syre och (alifatiska eller aromatiska) kolväten.

Flyktiga organiska ämnen

De organiska ämnen som förekommer i luft brukar indelas efter flyktighet, d.v.s. hur lätt de kan förångas och komma ut i luften. Flyktigheten hos ett ämne är ganska väl kopplat till dess kokpunkt, ju lägre kokpunkt desto högre flyktighet.

Världshälsoorganisationen (WHO) har rekommenderat en indelning av de flyktiga organiska ämnena, VOC, (från engelskans *Volatile Organic Compounds*), efter följande kokpunktsintervaller.

<0 till	50–100 °C	VVOC	mycket flyktiga
50-100 till	240–260 °C	VOC	flyktiga
240-260 till	380–400 °C	SVOC	halvflyktiga
	>380 °C	POM	partikelbundna

EU² definierar *flyktig organisk förening (VOC)* som organisk förening vars begynnelsekokpunkt är högst 250 °C, mätt vid ett standardtryck av 101,3 kPa. Det finns också definitioner som tar fasta på ämnenas ångtryck.

Begreppet Totalhalt VOC (TVOC) är ofta förekommande och avser en sammansättning av alla VOC.

Flyktiga organiska ämnen i inomhusluft

Det finns god kunskap om vilka flyktiga organiska ämnen (VOC) som är vanliga i inomhusluft och i vilka koncentrationer de förekommer. Flera kartläggningar i Sverige och i andra länder ger en god bild av koncentrationer av VOC, både i helt nya byggnader och i sådana som varit i bruk under flera år³. I en ny eller nyrenoverad byggnad är emissionen från byggnads- och inredningsmaterial den dominerande källan till flyktiga ämnen i inomhusluften. Efter en tid, några månader eller mer, har denna emission minskat och merparten av de flyktiga ämnena i inomhusluften har sitt ursprung i *bruket* av byggnaden samt dess material. Flyktiga ämnen emitteras av människan själv och våra aktiviteter såsom t.ex. användning av hygienartiklar, matlagning, städning och hobbyverksamhet.

Vi vet också ganska väl vilka ämnen och vilka koncentrationer av dessa som vanliga nytillverkade produkter och byggnadsmaterial i inomhusmiljön kan emittera. Däremot visar få studier vad som händer med materialemissioner över längre tid och hur tiden påverkar sammansättningen av föroreningar i inomhusluften. Det är dock känt att förändringarna i sammansättningen och koncentrationerna av VOC i inomhusluften beror på årstiderna, om människor är närvarande och på hur gammal byggnaden och konstruktionerna är. Förändringarna beror också på temperaturen, luftfuktigheten och ventilationen.

Koncentrationerna av VOC i inomhusluften är ofta betydligt högre i nybyggda hus än i äldre byggnader. Minskningen av halten VOC sker genom att ämnen från byggmaterialen ventileras ut. Den tid det tar kan förlängas genom att ämnena från ett material under en tid adsorberas i ett annat mate-

² Dir 2004/42/EG Begränsning av utsläpp av flyktiga organiska föreningar förorsakade av användning av organiska lösningsmedel i vissa färger och lacker samt produkter för fordonreparationslackering och om ändring av direktiv 199/13/EG.

³ Kotzias D, Koistinen K, Kephelopoulos S, Schlitt C, Carrer P, Maroni M, et al. The IN-DEX project. Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU. Luxemburg: Office for Official Publication of the European Communities, 2005. Final report EUR 21590 EN.

rial. Varje enskilt ämne har ofta flera olika källor i inomhusmiljön. Det kan till exempel vara material, produkter och aktiviteter.

Flera hundra VOC har detekterats i inomhusluft. De flesta är vanliga även i utomhusluften, men då i betydligt lägre koncentrationer än inomhus. De dominerande ämnesgrupperna är

- alifatiska kolväten med fyra till sex kol i kedjan, C₄-C₆
- alifatiska kolväten med åtta till tolv kol i kedjan, C₈-C₁₂
- aromatiska kolväten, som bensen, toluen, xylener, etylbensen, trimetylbensener och styren.

Exempel på vanliga undergrupper av dessa är alkoholer, aldehyder, ketoner, estrar och terpenier.

Allmänt kan sägas att de flesta enskilda ämnenas inomhuskoncentration är under 1-10 µg/m³ (ca 0,3–3 ppb) både i byggnader där olika hälso- och besvärseffekter har rapporterats och i besvärslösa miljöer. Enstaka ämnen som *alifatiska kolväten* (C₆–C₁₂), *toluen*, *xylener*, *terpenier* och *formaldehyd* kan förekomma i högre koncentrationer (10–50 µg/m³; ca 3–13 ppb), i enstaka fall upp till 100 µg/m³ (ca 30 ppb). Angivna ppb-värden har beräknats som toluen-ekvivalenter (se faktarutan om koncentrationsmått).

Koncentrationsmått

1 ppm =	0,0001 % =	1 * mv/24,45	mg/m ³	(vid 25°C och 1 atm)
1 ppb =	0,0000001 % =	1 * mv/24,45	µg/m ³	(vid 25°C och 1 atm)
1 ppt =	0,000000001 % =	1 * mv/24,45	pg/m ³	(vid 25°C och 1 atm)

ppm = parts per million (miljondel)

ppb = parts per billion (miljarddel)

ppt = parts per trillion (trilliondel)

mg = milligram

µg = mikrogram

pg = pikogram

mv = molekylvikt för aktuellt ämne

24,45 = volymen av en mol gas (L) vid 25 °C och 1 atmosfärs tryck

Total koncentration VOC beräknas ofta i s.k. toluenekvivalenter. Det innebär att man använder molekylvikten för toluen (mv 92) generellt för alla ämnen.

Anm.: måtten ppm, ppb och ppt uttrycker volym/volym och påverkas inte av temperatur eller tryck, medan mg/m³, µg/m³ och pg/m³ är vikt/volym och beror av tryck och temperatur.

I bilaga 2 redovisas uppmätta koncentrationer av vanligt förekommande flyktiga organiska ämnen i inomhusluft enligt Kotzias et al. (2005)².

Alifatiska kolväten

Alifatiska kolväten används som *uppvärmningsmedel* (*gasol*, *fotogen*, *eldningsolja*), *drivmedel* (*bensin*) och *lösningsmedel*. De lägsta alifatiska kolvätena med ett till fyra kol i molekylen är gasformiga och används i bränslen. De som har fem till sju kolatomer i kedjan (C₅ till C₇), som pentan,

hexan och heptan, används som lösningsmedel och kan förekomma i *alkydfärger*. Högre alifatiska kolväten (C₈ till C₁₁) ingår i vanlig lacknфта som används som *lösningsmedel* för en stor mängd olika produkter, till exempel *lim, mjukgörare för PVC, golvpolysh, vax, och impregneringsmedel*.

Aromatiska kolväten

De vanligaste aromatiska kolvätena i både inomhusluften och i utomhusluften är bensen (C₆), toluen (C₇), etylbensen (C₈), xylener (C₈) och trimetylbensener (C₉). Förutom bensen används de flesta som *lösningsmedel* i en stor mängd produkter som till exempel *färg, lack, lim och fogmassor*.

Bensen finns i utomhusluft där bensin och bilavgaser är de viktigaste källorna. Bensen kan också emitteras från byggmaterial. Dessutom kan rökning höja koncentrationen av bensen inomhus.

Toluen är det absolut vanligast förekommande aromatiska kolvätet i luften och finns överallt både inomhus och utomhus.

Xylener (orto-, meta- och para-xylen) är de näst vanligaste aromatiska kolvätena inomhus. Koncentrationerna är ofta två till tre gånger högre än utomhus.

Styren används vid tillverkning av plaster, polymerer, både som monomer och som lösningsmedel. Men jämfört med de övriga vanliga aromatiska kolvätena är koncentrationen i inomhusluften låg.

Alkoholer

I alkoholer är en kolatom bunden till en syreatom som i sin tur är bunden till en väteatom. Syret och vätet bildar en s.k. hydroxylgrupp, -OH, som är karakteristisk för alkoholer. Vanliga alkoholer i inomhusmiljön är etanol (C₂), isopropanol (C₄), *n*-butanol (C₄), 2-etyl-1-hexanol (C₈) och 2-butoxyetanol (C₆). Ofta uppmärksammas är *2-etyl-1-hexanol*, som kan finnas i målarfärger och lacker. I inomhusmiljön bildas denna alkohol vanligen genom hydrolys av vissa vanliga mjukgörare (ftalater). Människans ämnesomsättning producerar *etanol* som sedan avges till inomhusmiljön genom utandningsluften. *Isopropanol, 2-butoxyetanol* och *n-butanol* kommer från rengöringsmedel och polermedel för golv och möbler.

Aldehyder och ketoner

Aldehyder och ketoner bildas genom mild oxidation av alkoholer varvid väteatomen i hydroxylgruppen försvinner. Exempel på vanliga *aldehyder* i inomhusluft är formaldehyd (C₁), acetaldehyd (C₂), pentanal (C₅), hexanal (C₆) samt en del högre aldehyder (C₇–C₁₀). Aldehyder är relativt reaktiva och är därför ofta hälsofarliga.

Formaldehyd

Formaldehyd är den vanligast förekommande aldehyden i inomhusmiljön. Det är en färglös gas med lätt obehaglig, stickande och unken lukt. *Formalin* är en lösning av formaldehyd i vatten. Ett viktigt användningsområde för formaldehyd är tillverkning av polymerer. De vanligaste produkterna är

urea-formaldehydpolymer, som används som bindemedel i till exempel *spånplattor* samt melamin-formaldehydpolymerer som används i *laminat och lacker*. Formaldehyd kan också finnas i *textilier, kosmetika, nagellack och schampo*.

Emissionen av formaldehyd ökar med ökad luftfuktighet och temperatur inomhus. Det beror främst på att resthalter av monomeren formaldehyd i de polymera materialen frigörs. Till viss del kan det också bero på att polymererna bryts ner, vilket medför att formaldehyd frigörs ur materialet.

Källor till formaldehyd i utomhusluften är framför allt *bilavgaser*, både från bensindrivna och etanoldrivna fordon. Halterna inomhus är vanligen högre än utomhus. Mätningar med personburen utrustning visar ofta att den personliga exponeringen är betydligt högre än vad stationära mätningar utomhus registrerar.

Acetaldehyd

Acetaldehyd används i hushållsprodukter och kosmetika. Det produceras också i människans ämnesomsättning och avges via utandningsluften. I likhet med formaldehyd är *bilavgaser* en viktig källa för acetaldehyd i utomhusluften. Både formaldehyd och acetaldehyd är mycket lättflyktiga och ingår inte i den vanliga analysen av VOC i inomhusluft. I stället krävs det en särskild provtagning på reaktiv adsorbent följt av analys med vätskekromatografi för att analysera dessa mycket flyktiga ämnen.

Hexanal

Hexanal är den högre aldehyd som är vanligast i inomhusluften. I likhet med andra högre aldehyder (C₇–C₁₀) kan hexanal emitteras från *linoleummateri- al*. Pentanal och hexanal emitteras också från *linoljefärger* under de första veckorna efter att man har målat. *Trä och träprodukter* (kompositer) är andra vanliga källor för högre aldehyder. Särskilt *träpellets* kan emittera stora mängder hexanal när de lagras. Det bildas som en nedbrytningsprodukt av de naturliga lipider som finns i trä.

Ketoner

Vanliga ketoner är 2-propanon (C₃), som också kallas *aceton*, samt metylisobutylketon, förkortat till MIBK. Båda används som lösningsmedel i *färg, lim och tättningsmedel*. Aceton bildas dessutom vid nedbrytning av fett i kroppen och förekommer alltid i *utandningsluften*. I lokaler där många människor vistas, som skolsalar och andra samlingslokaler, är utandningsluften den största acetonekällan.

Syror och estrar

I organiska syror är två syreatomer bundna till en kolatom. De bildar tillsammans den för syror karaktäristiska karboxylgruppen, -COOH. Föreningarna kallas ofta för karboxylsyror. Estrar framställs genom kondensation av karboxylsyra och alkohol.

Ättiksyra (C₂) används som lösningsmedel i *fogmassor* och ämnet kan ibland detekteras i inomhusluft. Människor utsöndrar små mängder ättiksyra via *utandningsluft* och *svett*.

Estrar med korta kolkedjor har ofta kraftig, angenäm doft och flera av dem förekommer som *aromämnen* i frukt. De används också som syntetiska luktämnen. Butylacetat bildas av ättiksyra och butanol och har en fruktliknande lukt. Butylacetat används främst som lösningsmedel i *färg och lack* men också i *lim och härdare*. Det är ett vanligt ämne i inomhusluften.

Terpener

Terpener finns naturligt i utomhusluften. De emitteras från träd, buskar och andra växter i stora mängder. Även inomhus emitterar trä och träprodukter terpenener, företrädesvis produkter från barrträd. Hushållsprodukter kan också emittera terpenener eftersom de kan ingå som lösningsmedel eller doftämnen. Dessa källor avger terpenerna *α-pinen*, *3-karen* och *limonen* till inomhusluften. De två förstnämnda ingår i lösningsmedlet terpentiner, som numera används i mindre omfattning.

Limonen

Limonen används sedan 1980-talet i stor utsträckning som lösningsmedel för metallavfettning och rengöring. Det ersätter traditionella, mer hälsofarliga produkter, som till exempel klorerade lösningsmedel och lacknafta. Limonen har en karaktäristisk citronliknande doft, därav namnet, och används därför ofta också som doftämne i bland annat rengöringsprodukter.

Isopren

Minsta byggstenen i terpenmolekylerna är ämnet *isopren* (C_5), som också finns i utandningsluften hos oss människor. Isopren är mycket lättflyktigt och tillhör gruppen *VVOC*, som inte detekteras i vanliga analyser av flyktiga organiska ämnen i inomhusluften.

MVOC

Mikrobiellt alstrade flyktiga organiska ämnen (MVOC) är ämnen som avges från mikroorganismer, som till exempel mögelsvampar. De kan förekomma i inomhusluft i samband med fukt- och mögelskador. Produktionen och sammansättningen av dessa ämnen varierar mycket beroende på

- vilken mögelart som producerar MVOC
- möglets utvecklingsstadium
- vilket material möglet växer på
- fukt och temperatur.

Exempel på särskilt vanliga ämnen som mögelväxt kan avge är alkoholer och ketoner, dels lägre (C_2 – C_4), dels högre (C_8) som 1-okten-3-ol, 3-oktanol och 3-oktanon. MVOC kan ge obehaglig lukt. I inomhusmiljön blir koncentrationerna så vitt vi vet inte tillräckligt höga för att de ska vara sensoriskt irriterande.

De flesta av de ämnen som betecknas som MVOC kan också emitteras från material, aktiviteter och andra produkter i inomhusmiljön. Förekomst beror alltså inte uteslutande på mikrobiologisk växt. Ännu finns inga standardiserade mätmetoder för att skilja ut MVOC från övriga VOC i inomhusluft. Däremot har man i många studier mätt enskilda MVOC, som är specifika för mikrobiell produktion, och försökt relatera de uppmätta koncentrationerna till hälsoeffekter. Dessa studier har gjorts i hopp om att hitta en slags indikator för hälsoskadlig mikrobiell produktion⁴. Detta arbete är emellertid fortfarande under utveckling och det råder delade meningar om nyttan med att mäta enskilda MVOC i inomhusmiljön.

Dominerande flyktiga organiska ämnen i inomhusluft

- *Alifatiska kolväten* med fyra till sex kol i kedjan, C₄–C₆, och åtta till tio kol i kedjan, C₈–C₁₀.
- *Aromatiska kolväten*, som bensen, toluen, xylener, etylbensen, trimetylbensener och styren.
- *Terpener*, till exempel α -pinen och limonen.
- *Alkoholer*, till exempel butanol, 2-etylhexanol.
- *Aldehyder*, till exempel formaldehyd och hexanal.
- *Ketoner*, till exempel aceton.
- *Estrar*, till exempel butylacetat.

⁴ Nilsson A, Kihlström E, Lagesson V, Wessén B, Szponar B, Larsson L, et al. Microorganisms and volatile organic compounds in airborne dust from damp residences. *Indoor Air* 2004;14:74-82.

Sammanfattning: Flyktiga organiska ämnen i inomhusluften

De halter av VOC som förekommer i inomhusluft har inte kunnat kopplas till direkta hälsoeffekter. Förekomst av vissa VOC kan dock indikera olämpliga förhållanden i byggnaden eller i inomhusmiljön. De viktigaste källorna till kemiska föroreningar i inomhusluft är

- utomhusluften
- byggnadsmaterial, inredning och hushållsprodukter
- aktiviteter som matlagning, städning, underhåll och hobbyverksamhet
- utandningsluft, hudrester och svett m.m. från människor.

Flera hundra VOC har detekterats i inomhusluft. De flesta är vanligt förekommande, även i utomhusluft, men där i betydligt lägre koncentrationer än inomhus. Koncentrationen VOC i inomhusluft är ofta betydligt högre i nybyggda hus än i äldre byggnader. Oftast, men inte alltid, sker en avklingning över tid.

Enskilda ämnens koncentration i inomhusluft är

- vanligen under $1\text{--}10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca $0,3\text{--}3$ ppb), både i besvärsfria miljöer och i byggnader där olika hälso- och besvärseffekter har rapporterats
- ibland högre, $10\text{--}50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, (ca $3\text{--}13$ ppb) för vissa ämnen, som alifatiska kolväten ($\text{C}_6\text{--}\text{C}_{12}$), toluen, xylener, terpenier och formaldehyd
- endast i enstaka fall över $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca 30 ppb).

De kemiska ämnen som förekommer i de högsta koncentrationerna är inte nödvändigtvis de mest hälsofarliga ämnena i inomhusluften:

- *Toluen* är det absolut vanligast förekommande aromatiska kolvätet i luft och finns överallt, både inomhus och utomhus.
- *Formaldehyd* är den vanligast förekommande aldehyden i inomhusmiljön. Koncentrationerna är högre inomhus än utomhus. Mätningar med personburen utrustning visar ofta att den personliga exponeringen är högre än vad stationära mätningar registrerar.
- Mycket lättflyktiga ämnen VVOC, som formaldehyd och acetaldehyd, kräver en särskild provtagnings- och analysmetod. Därför ingår de normalt inte i kartläggningar av VOC i inomhusmiljö.

Doftämnen

Med doftämnen menas såväl rena enskilda kemiska ämnen som blandningar av ämnen som upplevs som doftande av människor. En enskild parfymdoft framställs ofta genom att man blandar ett mycket stort antal av de tusentals parfymämnen som existerar. Parfymämnen framställs genom olika extraktionsprocesser ur växter och andra naturprodukter eller syntetiskt.

Kunskap och information om parfymernas kemiska sammansättning är i stort sett inte tillgänglig för allmänheten eller hälsoforskningen. Exempel på kända parfymämnen är *myskämmen*, som omfattar ett stort antal ämnen med delvis liknande kemisk struktur men med lite olika dofter. Myskämmen produceras naturligt som doftämnen av myskhjordhannar. Parfymindustrin använder främst syntetiskt framställda myskämmen. Dessa ingår som doftämnen i en stor mängd produkter som tvättmedel, diskmedel, parfyper, kosmetika och luftrenare.

På senare tid har flera av de syntetiskt framställda myskämmena uppmärksamats som miljörisker då det visat sig att reningsverken inte kan bryta ner dem. De är stabila i naturen och det sker även en bioackumulering av dem.

Typiska enskilda doftämnen finns i *terpengruppen*, där limonen är det allra vanligaste. Det används som doftämne i eteriska oljor, rengöringsmedel och parfyper. Terpenerna anses inte i sig själva kunna orsaka allergier men i kontakt med luft kan de lätt oxideras och bli starkt allergiframkallande^{5, 6}.

Kemikalier i byggnads- och inredningsmaterial

Mängder av kemikalier och kemiska produkter kommer in i byggnader via byggnads- och inredningsmaterial. Avsikten är att de ska stanna kvar i materialen under byggnadens hela livstid, men lite av dem avges ändå alltid till omgivningen.

Det är svårt att bestämma hur mycket emissionen från ett enskilt material bidrar till den totala exponeringen i en byggnad. Det är många faktorer att ta hänsyn till eftersom alla material installeras tillsammans med, eller i direkt kombination med, andra material. Golv består alltid av flera olika skikt: från t.ex. betonggrund, fuktskydd, spackel för ytavjämning, akustiskt dämpande material, värmeisolerande material och lim, till den synliga ytbeläggningen – golvmattan - samt mattans eventuella ytbehandling. I den färdiga byggnaden sker sedan kontinuerligt kemiska och fysikaliska processer mellan och i materialen och då frigörs eller ombildas kemiska ämnen. Ämnen som avges (desorberas) från ett nytt material kan också fastna (adsorberas) på ett annat material i rummet (*sänk-effekten*). Därmed dämpas det nya materialets egna påverkan på luftkvaliteten. När emissionen från det nya materialet minskat börjar de ämnen som adsorberats i andra material att åter avges till rummet. Sänk-effekten medför alltså även en förlängning av den tid som människor exponeras för ämnen som emitteras från nya material. Porösa material med stora ytor, till exempel textilier, heltäckningsmattor och porösa ljudisoleringsmaterial, fungerar som depåer för avgivningen.

⁵ Sköld M. Contact allergy to autoxidized fragrance terpenes. Doktorsavhandling. Göteborg: Göteborg University;2005.

⁶ Karlberg A T, Magnusson K, Nilsson U. Air oxidation of d-limonene (the citrus solvent) creates potent allergens. Contact Dermatitis 1992;26(1):332-340.

Golv mattor

En nyligen genomförd kammarstudie har analyserat emissionen från flera typer av PVC, textilmatta, linoleum, lim och s.k. primers (färg för isole-ring).⁷ De har analyserats dels var för sig, dels sammanfogade i olika golvkonstruktioner. Den totala emissionen från en färdig golvkonstruktion visade sig i detta fall vara lägre än summan av emissionerna från var och en av de ingående komponenterna. Förklaringen kan vara att emissionen från ett material som är infogat i en färdig konstruktion fastnar direkt eller bryts ned i närliggande material.

Kammarstudien visade att de lättflyktiga ämnena (VOC) avklingade snabbt under testperioden, medan emissionen av SVOC i många fall var konstant eller till och med ökade. I slutet av testperioden (28 dagar) tillkom också en del nya ämnen. Dessa ämnen fortsatte att avges under flera månader. I en svensk studie visades flera VOC i PVC-mattor ha lång avklingningstid, till exempel 2-(2-butoxy-etoxy)etanol, butoxyetanol, fenol, hepta- och oktadekan, tributylbensener och texanolisobutytrat (TXIB)⁸.

Träprodukter

Träprodukter som ingår i golvmaterial emitterar i allmänhet låga halter av kemiska ämnen. Men vi använder sällan golvmaterialen i naturlig form, utan ytbehandlar golven med fernissa, lack, olja eller polermedel för att få bättre utseende och andra egenskaper. Det färdiga golvet riskerar därför att ge en hög, långsamt avklingande kemisk emission, som kan lukta starkt eller vara irriterande. Träprodukterna behandlas med till exempel naturliga träoljor som innehåller högre fettsyror (C₁₃ till C₁₇) och naturligt vax, som är löst i terpentin eller lacknafta, för polering.

Målarfärg

Produktutvecklingen av vattenbaserade målarfärger avsedda för inomhusbruk går mot en minskad tillsats av organiska lösningsmedel. Men fortfarande används till exempel *n*-butylacetat, propylenglykol och 2-(2-butoxy-etoxy)etanol i vanliga färger. Flera av dessa ämnen har lång avklingningstid och kan förekomma i mätbara koncentrationer i inomhusluften lång tid efter att man har målat. Andra mer lättflyktiga ämnen i målarfärger, särskilt alkydfärger, är aldehyder som propanal, butanal, pentanal och hexanal.

Svårflyktiga ämnen i byggmaterial — PCB, ftalater

På senare år har man uppmärksammat flera svårflyktiga kemikalier som använts eller fortfarande nyttjas i byggnadsmaterial. Det har visat sig att sådana ämnen kan läcka ut ur materialen och spridas till inomhusmiljön i gasfas eller med partiklar eller aerosoler. Mest aktuella är *polyklorerade*

⁷ Wilke O, Jann O, Brödner D. VOC- and SVOC-emissions from adhesives, floor coverings and complete floor structures. *Indoor Air* 2004;14(8):98-107.

⁸ Lundgren B, Jonsson B, Ek-Olausson B. Materials emission of chemicals – PVC flooring materials. *Indoor Air* 1999;9:202-208.

bifenyl, PCB, i fogmassor och andra byggmaterial, samt *ftalater*, som används som mjukgörare i PVC-mattor och målarfärger.

PCB är svårnedbrytbart (persistent) och svårflyktigt. Teoretiskt sett kan det finnas 209 olika polyklorerade bifenyl och hittills har man funnit knappt 150 i tekniska produkter och ännu färre i miljön. Många av dem stör reproduktionen hos djur och kan också skada oss människor. Sedan 1978 är det förbjudet att använda PCB i nya produkter och sedan 1995 har vi ett förbud mot all användning⁹. PCB användes frekvent inom byggproduktionen under 1960-talet och finns i fogmassor, golvmassor, isolerrutor och kondensatorer.

Byggsektorn har infört ett handlingsprogram med syfte att inventera och sanera all PCB senast till år 2003. Men arbetet har blivit mer omfattande och kostsamt än förväntat och pågår fortfarande (se även länken till Byggsektorns kretsloppsråd under rubriken *Länkar*).

I ett förslag till ny förordning om PCB har krav på inventering och, där så anses befogat, sanering av PCB-haltiga fog- och golvmassor specificerats. Förordningen kommer att under sommaren 2006 sändas för EU-notifiering och under förutsättning att detta inte resulterar i några synpunkter kan den träda i kraft under slutet av 2006.

I inomhusmiljön används *ftalater* som mjukgörare, främst i PVC-mattor men också i färg, lim, tätningsmedel och fogmassa. De finns även i en mängd andra typer av produkter som förpackningsmaterial, medicinsk utrustning, leksaker och kosmetika.

Flera av ftalaterna är klassade som giftiga, därför att de är reproduktionsstörande. Vanligast i Sverige har dietylhexylftalat (DEHP) varit. DEHP, dibutylftalat (DBP) och bensylbutylftalat (BBP) är klassade som giftiga och reproduktionsstörande, dvs. de kan ge nedsatt fortplantningsförmåga och fosterskador. DBP är dessutom klassificerad som miljöfarlig och mycket giftig för vattenlevande organismer. År 2007 införs ett totalförbud för dessa tre ftalater i alla leksaker och barnvårdsartiklar om de kan stoppas i munnen (oavsett användarens ålder). Däremot är användningen i byggnadsmaterial, såsom golv och tapeter fortfarande tillåten. DEHP ersätts dock alltmer av andra diftalater med långa kolkedjor, främst diisodecylftalat (DIDP), di-n-oktylftalat (DNOP) och diisononylftalat (DINP).

Ftalater

- Ftalater är så kallade diestrar av orto-ftalsyra, och består av en aromatisk ring med två, oftast alifatiska, sidokedjor. Ftalaternas namn baseras på sidokedjornas längd och struktur.
- Vanliga ftalater med korta sidokedjor (C₂–C₄) är dietylftalat (DEP), dibutylftalat (DBP) och butylbensylftalat (BBP).
- Vanliga ftalater med långa kedjor (C₈–C₁₁) är di-n-oktylftalat (DNOP), diisononylftalat (DINP) och diisodecylftalat (DIDP).

⁹ SFS 1998:92 4. Förordning om ändring i förordningen (1985:837) om PCB m.m.

Ftalaterna är flytande inom stora temperaturintervall (till exempel -50°C till 340°C för DEHP) vilket gör dem särskilt lämpade som mjukningsmedel för PVC. De kan utgöra upp till 40 procent av det färdiga materialet. Dessa mjukgörare är inte fast bundna till PVC-polymeren och därför utsöndras ftalater från plastprodukter under hela deras livslängd. Denna diffusa spridning gör att ftalater förekommer nästan överallt i miljön. Avgivningen sker främst i form av aerosoler bundna till damm och andra partiklar. Till en mindre del avges de också förångade i luften.

Ftalaterna har låg flyktighet och räknas till gruppen halvflyktiga organiska ämnen, SVOC. Detta är viktigt att ta hänsyn till när man ska ta prover och analysera ftalater. Vätskekromatografi är den vanligaste metoden för att analysera dessa ämnen.

Ett uppmärksammat fall av vita blad på gröna växter i ett nybyggt svenskt radhusområde i slutet av 1970-talet visade sig vara orsakat av ftalater. Alla nya blad på vanliga krukväxter, som till exempel julkaktus, hibiskus och brovallia, blev vita istället för gröna. En utredning visade att det var en lågmolekylär ftalat, *dibutylftalat (DBP)*, som orsakade skadorna. DBP fanns i väggfärgen i rummen där växterna stod. I rumsluften var visserligen koncentrationerna knappt mätbara, men på väggytor och på krukväxternas blad var de mycket höga¹⁰. Exponeringsstudier visade att DBP stör syntesen av karotenoid i växterna¹¹. Störningen hindrade i sin tur växterna att bilda klorofyll. Några hälsoeffekter kunde inte kopplas samman med denna ftalat, men för säkerhets skull tog fabrikanten helt och hållet bort DBP ur färgen. Numera är DBP klassad som giftig och reproduktionsstörande (farokategori giftig).

Sammanfattning: Kemikalier i byggnads- och inredningsmaterial

- Hur mycket emissionen från ett enskilt material bidrar till den totala exponeringen i en byggnad är svårt att avgöra beroende på att:
 - Ämnen som avges från ett nytt material kan fastna (adsorberas) på ett annat material i rummet ("sänk-effekten").
 - Jämviktsförhållandena i rummet kan förändras över tiden, så att adsorberade ämnen lossnar igen och sprids ut i rummet.
- Rena träprodukter i golvmaterial har i allmänhet låg avgivning.
- Ytbehandling av träprodukter kan ge en hög, långsamt avklingande emission, som luktar starkt och är irriterande.
- Vattenlösliga målarfärger för inomhusmiljö innehåller små mängder organiska lösningsmedel som kan klinga av under lång tid.
- Svårflyktiga kemikalier i byggnadsmaterial kan läcka ut och spridas i inomhusmiljön. Aktuella exempel är *polyklorerade bifenylter (PCB)* och *ftalater*.

¹⁰ Risholm-Sundman M. Ftalathalt i småhusområdet, Enebybergs Gård. Analyscentrum; 1981. Rapport 81/AC/0140.

¹¹ Virgin H I. Effects of di-n-butylphthalate on the chlorophyll formation in green plants. I: Berglund B, Lindvall T, Sundell J red. Indoor Air. Stockholm: Swedish Council for Building Research; 1984;3:355-360.

Kemikalier i hushållsprodukter

De vanligaste hushållsprodukterna i våra bostäder är disk-, tvätt- och sköljmedel, polish, fönsterputs och rengöringsmedel för golv, badrum, toalett och fläckurtagning.

Emissioner från hushållsprodukterna kan förorena våra bostäder. Det sker särskilt när vi sprider rengörings- och polermedel över stora ytor som golv, möbler och väggar. Medlen kan då avge relativt stora mängder till luften av till exempel lösningsmedel som alkoholer och glykoletrar eller doftämnen som terpener. Men hur stor betydelse emissionen från hushållsprodukterna har för den totala sammansättningen av föroreningar i inomhusluften är både svårt att bedöma och mycket lite studerat.

Syntetiska myskämnen används som doftämnen i hushållsprodukter som till exempel mjukmedel för tvätt, rengöringsmedel och kosmetiska produkter. De har påvisats i bröstmjölk – till följd av att de ofta är svåra att bryta ner och att de ackumuleras i kroppen eftersom de är fettlösliga. Myskämnen kan finnas i små mängder både i luften och i dammpartiklar inomhus.

Tidigare ingick ofta organiska klorföreningar i olika hushållsprodukter bland annat rengöringsmedel och medel för kemtvätt. Några exempel är trikloreten, tetrakloretylen och 1,1,1-trikloretan. Numera har de nordiska länderna nästan helt slutat att använda dem eftersom de kan vara farliga för vår hälsa och miljö. Därför upptäcker vi sällan klorföreningar i inomhusluft eller så förekommer de i mycket låg koncentration (mindre än $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). I andra länder däremot, till exempel USA, används fortfarande klorföreningar i hemmen och också vid kemtvätt. Betydande halter kan då förekomma i inomhusluften, men även där tycks koncentrationerna minska.

Sammanfattning: Kemikalier i hushållsprodukter

- Det är svårt att bedöma och mycket lite studerat vilken betydelse emissionen från våra hushållsprodukter har för den totala sammansättningen av föroreningar i inomhusluften.
- Att sprida rengörings- och polermedel över stora ytor, som golv och möbler, ger sannolikt störst emission till inomhusluften. Emissionen består främst av lösningsmedel (aromatiska och alifatiska kolväten) och terpener (limonen).
- Syntetiska myskämnen är vanliga doftämnen i hushållsprodukter. De har påvisats i bröstmjölk, de är svåra att bryta ner, har hög fettlöslighet och de ackumuleras i kroppen.
- Att vi nästan helt har slutat att använda organiska klorföreningar i hushållsprodukter och kemtvätt har resulterat i minskad emission till inomhusluft – koncentrationerna är ofta lägre än $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kemiska reaktioner i inomhusluft och på materialytor

De material som vi för in i en byggnad kan med tiden ändra sammansättning och egenskaper. Det beror på faktorer i omgivningen som mekaniskt slitage, ljus (särskilt UV-ljus) och fukt. På senare tid har forskningen dessutom visat att reaktiva kemiska ämnen som kommer in via utomhusluften också kan bryta ner material och flyktiga ämnen i luften inomhus.

Fukt

Fukt i byggkonstruktioner som inte har torkats ut på rätt sätt, vattenskador eller en hög relativ fuktighet (% RH) i inomhusluften är vanliga orsaker till inomhusmiljöproblem. Vatten tränger lätt in i material och kan beroende på förhållandena lokalt skapa en kemisk miljö som förändrar materialens egenskaper och emission. Kemiska reaktioner, till exempel alkalisk eller sur hydrolys, startar och nya ämnen bildas som kan vara besvärande eller skadliga.

Risken är stor att kemiska processer som initierats av hög fuktighet fortsätter även efter det att fukten torkat ut. Ett välkänt exempel är *spånskivor* som varit fuktiga innan de monterats i en byggnad. En hydrolys av det formaldehydbaserade limmet startar och spånplattan börjar emittera formaldehyd. Emissionen kan sedan fortgå under flera år efter monteringen.

Material som tillverkats av naturliga oljor kan även skadas av vatten, till exempel bindemedlen i *linoleummattor*. Bindemedlen bryts då ner och matorna avger flyktiga fettsyror, aldehyder och alkoholer. Ofta uppstår då även en obehaglig, ”elak”, lukt. Vid rengöring finns det alltid risk för skada om man använder för mycket vatten på ytor som suger upp vatten eller att vatten tränger ner i golv eller in i väggar.

Väl känt är problemet i slutet på 1970-talet med *kasein i flytspackel* som användes för avjämning av golv. Om fukt kom i kontakt med flytspacklet hydrolyserades spacklet och bildade ammoniak, aminer, svavelföreningar och alkoholer. De avgivna ämnena, främst ammoniak, förändrade färgen i golvmaterialen, till exempel mörknade ek i trägolv och färgen hos PVC-mattor förändrades. Karaktäristiskt för nedbrytningsprodukterna var ofta en besvärande, stickande och unken lukt. Lukten orsakades främst av ämnet *2-aminoacetofenon*, som troligen är en nedbrytningsprodukt av aminosyran *tryptofan* i kasein. Koncentrationen i spacklet var mycket låg, endast några ppb, det vill säga några µg/kg.

Trots att spacklet var skadat och lukten upplevdes som dålig var koncentrationerna i rumsluft under detektionsgränsen för kemisk analys. Metoderna för att tillverka och använda flytspackel har blivit bättre sedan flera år tillbaka så några problem i inomhusmiljön behöver inte längre uppstå.

Vattenbaserade limmer som används för att limma ytskikt (t.ex. golvmaterial) är också de känsliga för fukt och kan emittera kemiska ämnen som i sin tur kan ge hälsoproblem om vi hanterar limmet på fel sätt. Till exempel kan ftalater i golvlim för PVC-mattor lätt hydrolyseras om underlaget är för fuktigt eller har för hög alkalihalt (oftast betong). De vanligaste nedbrytningsprodukterna som sprids till den omgivande luften är då *n-butanol* och *2-etyl-1-hexanol*.

Ozon och kväveoxider

Experiment har visat att låga koncentrationer av ozon (<100 µg/m³; <50 ppb) kan reagera med omättade kolväten i inomhusluften.¹² Dessa låga nivåer motsvarar dem som finns i utomhusluften i städer. Även kväveoxider

¹² Weschler C J, Brauer M, Koutrakis P. Indoor ozone and nitrogen dioxide: A potential pathway to the generation of nitrate radicals, dinitrogen pentoxide, and nitric acid indoors. *Environmental Science & Technology* 1992;26:179-184.

som NO₂ och NO kan ingå i reaktionerna. De främsta källorna för kväveoxider är gasspisar.

De omättade kolväten som deltar i reaktionerna är främst terpenerna *d-limonen* och *α-pinen*. De är de vanligast förekommande omättade kolvätena i inomhusluften och koncentrationerna kan uppgå till ca 5–30 µg/m³. När de reagerar med ozon (oxidation) kan terpenerna bilda nya kemiska ämnen som aldehyder och organiska syror men också mycket små (ultrafina) partiklar.

Ozonhalten inomhus är starkt beroende av luftomsättningen. I byggnader med låg ventilation är ozonhalten normalt mycket låg, förutsatt att källor inte finns inomhus (t.ex. kopiatorer, skrivare och faxmaskiner av lasertyp). Det beror dels på att mindre ozon förs in från utemiljön, dels på att de ofta långsamma kemiska reaktionerna mellan ozon och andra ämnen hinner ske inomhus. En ökad luftomsättning kan alltså innebära högre ozonhalter inomhus.

Kemiska reaktioner med ozon kan också ske med ämnen i materialytor. Det innebär att en sekundär emission av reaktionsprodukter kan uppstå och sedan pågå under längre tid även långt efter det att den primära emissionen av flyktiga ämnen i ett nytt material har klingat av. En dansk studie har till exempel visat att lukten blev starkare från en heltäckningsmatta när den utsattes för ozon¹³. Andra undersökta typer av material förändrade dock inte sin emission. Ozonbehandling används ibland för att *ta bort* lukt, men forskningsresultaten om metodens effektivitet och eventuella hälsorisker är inte entydiga.

Styren kan oxideras av ozon till *bensaldehyd* och peroxider, till exempel peroxybensoylnitrat som är starkt ögonirriterande. Eftersom koncentrationen av styren i inomhusluften är låg har detta troligen inte någon betydelse ur hälsosynpunkt.

¹³ Knudsen H N, Nielsen P A, Clausen P A, Wilkins C K, Wolkoff P. Sensory evaluation of emissions from selected building products exposed to ozone. *Indoor Air* 2003;13:223-231.

Sammanfattning: Kemiska reaktioner i inomhusluft och på materialytor

Fukt

- För mycket fukt i byggkonstruktioner och en hög relativ fuktighet i inomhusluften kan ge upphov till kemiska reaktioner som orsakar inomhusmiljöproblem.
- Exempel på emissioner vid kemisk reaktion i material med vatten är
 - formaldehyd från hydrolys av lim i spånskivor
 - flyktiga fettsyror, aldehyder och alkoholer med obehaglig lukt från bindemedel i linoleummattor
 - ammoniak, aminer, svavelföreningar och alkoholer med besvärande, stickande och unken lukt från kasein i flytspackel
 - *n*-butanol och 2-etyl-1-hexanol från ftalater i golvlim för PVC-mattor.

Ozon och kväveoxider

- Låga koncentrationer ozon och kväveoxider i inomhusluften kan oxidera omättade kolväten, främst terpenener, till aldehyder, syror och mycket små (ultrafina) partiklar.
- Reaktionerna gynnas av höga föroreningskoncentrationer, hög fuktighet, låg ventilation och hög inomhustemperatur.
- Ozon är instabilt och reagerar lätt med föroreningar och materialytor vilket ger lägre koncentrationer inomhus än utomhus.
- Kemisk reaktion, oxidation, med ozon kan ske i materialytor. Nedbrytningen gör att bland annat luktande ämnen kan avges.

Besvär, symtom och ohälsa

Enligt miljöbalken¹⁴ är *olägenhet för människors hälsa en störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig*. Det kan innefatta störningar som ibland inte kan bekräftas med kemiska eller fysikaliska mätningar, t.ex. att det luktar illa eller att luften upplevs som torr och irriterande.

Besvär, symtom och ohälsa som är kopplade till inomhusmiljön kan bland annat yttra sig i form av sensorisk irritation, förvärrade besvär hos allergiker och astmatiker eller upplevelse av s.k. sjuka hus-symtom.

Vad innebär Sjuka hus?

”Sjuka hus-symtom” eller ”sjuka hus syndrom” har använts för att beteckna vissa inomhusmiljörelaterade besvär. Med sjuka hus-symtom avses symptom som uppträder i anslutning till vistelse i en viss byggnad. Enligt WHO¹⁵ omfattas framför allt:

- Irritation i ögon, näsa och hals.
- Torrhetsskänsla eller irritation i slemhinnor och hud.
- Hudrodnad
- Trötthet, huvudvärk och illamående.

Sådana besvär är vanliga och kan ha olika orsaker. Därför bör begreppet sjuka hus-syndromet främst användas för grupper av brukare i en större byggnad, då man har möjlighet att bedöma om besvären förekommer i större utsträckning ”än normalt”.

Enligt en bilaga till ASHRAE:s standard ”Ventilation för acceptabel luftkvalitet inomhus”¹⁶ kan luften i en byggnad anses acceptabelt fri från störande föroreningar om 80 procent av en grupp på minst 20 personer bedömer att luften inte är obehaglig.

Mycket talar för att problemen beror på flera olika faktorer. Det är viktigt att man har en helhetssyn och tar fram en plan för lämpliga åtgärder för att komma till rätta med de hälsoproblem som orsakas av inomhusmiljön.

Många frågeformulärsundersökningar har visat att 20-30 % av de personer som vistas i vissa ”problembyggnader” rapporterar besvär och symtom som de hänför till inomhusmiljön. Inomhusluften är en komplex blandning av kemiska ämnen i mycket låga koncentrationer varför det inte är troligt att människor får symptom beroende på enbart ett av dessa ämnen. Inomhusluf-

¹⁴ SFS 1998:808 Miljöbalk 9 kap 3§.

¹⁵ WHO. Indoor air pollutants: exposure and health effects. EURO Reports and Studies 78. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe, 1983.

¹⁶ ASHRAE. Ventilation for acceptable indoor air quality, ASHRAE Standard 62.1-2004. Atlanta, GA, USA: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2004.

ten i problembyggnader är relativt outforskad. Tillförlitliga metoder för att kliniskt kunna diagnostisera personer som rapporterar symptom saknas. En svensk studie har dock visat att patienter med icke-allergisk astma rapporterade karaktäristiska "astma"-symptom i luftvägarna vid experimentell ögonexponering av parfymånga, trots att patienterna inte hade möjlighet att känna parfymlukten¹⁷.

Överkänslighet

Människor rapporterar ofta symptom från hud och slemhinnor. I samband med dålig luftkvalitet inomhus, fuktiga byggnader eller andra brister i inomhusmiljön förekommer symptom särskilt i ansiktet och de övre luftvägarna. Personer som redan har astma, allergisnuva eller eksem rapporterar den här typen av symptom oftare än andra. Likaså besväras personer med luftvägsrelaterade allergisjukdomar oftare än andra av tobaksrök, damm, parfymer eller doftämnen i inomhusmiljön. Detta beror på att de utvecklat en överretbarhet i luftvägarnas slemhinnor.

Personer som förvärvat en allergisk överkänslighet¹⁸ genom att utveckla allergiantikroppar mot allergen, t.ex. från kvalster, pälsdjur eller pollen, får allergiska symptom vid förnyad exponering av allergenet. Sådana exponeringar är vanligt förekommande i inomhusmiljön.

Parfym och doftämnen

Personer med astma och allergisnuva kan få förvärrade symptom vid exponering för parfym eller doftämnen som kan finnas i hygienartiklar, rengöringsmedel, målarfärg, etc. Även om parfymer eller doftämnen inte ger upphov till allergiantikroppar är kontakteksem för *parfymämnen* på hud vanligt. Det är därför troligt att en långvarig, upprepad slemhinnestimulering också skulle kunna resultera i överkänslighet.

Målarfärg, VOC och formaldehyd

Nyare studier visar på en samvariation mellan vissa kemiska ämnen i inomhusluften och besvär. Rumchev och medarbetare (2004) har påvisat en samvariation mellan exponering för förhöjda, men inte extremt höga, halter av *bensen*, *etylbenzen* och *toluen* i hemmet och läkardiagnostiserad astma hos barn¹⁹.

¹⁷ Millqvist E, Bengtsson U, Löwhagen O. Provocations with perfume in the eyes induce airway symptoms in patients with sensory hyperreactivity. *Allergy* 1999;54:495-499.

¹⁸ Johansson S G O, Bieber T, Dahl R, Friedmann P S, Lanier B Q, Lockey R F, et al. Revised nomenclature for allergy for global use: Report of the Nomenclature Review Committee of the World Allergy Organization, October 2003. *J Allerg Clin Immunol* 2004;113:832-836.

¹⁹ Rumchev K, Spickett J, Bulsara M, Stick S. Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax* 2004;59:746-751.

Renovering i bostaden strax innan barnets födelse och under de två första levnadsåren ökar risken för småbarnsastma²⁰. Liknande samband mellan renovering och astma har konstaterats i studier på vuxna²¹.

Några studier har funnit att *VOC* i inomhusluften ökar risken för eller försämrar småbarnsastma, men detta har inte kunnat bekräftas i andra studier. Möjligen kan *formaldehyd* förvärra symtomen²². Åtminstone en studie visar ett visst samband mellan formaldehyd i inomhusluften och atopi hos barn²³.

Ftalater

Några undersökningar, främst *djurstudier*, har visat att *ftalater* som används som mjukgörare i PVC-plast kan förstärka effekten av allergener. De skulle alltså kunna fungera som så kallade *adjuvanter*²⁴. Det är nedbrytningsprodukter från ftalater, främst monoftalater som mono-etylhexylftalat från DEHP, som kan ha denna förstärkningseffekt. Däremot har troligen inte ftalater med kortare kolkedjor någon sådan effekt, till exempel di-*n*-butylftalat (DBP).

Några epidemiologiska studier har undersökt eventuella motsvarande effekter på *människor*. En fall-kontrollstudie visar att mängden av vissa ftalater (DEHP, BBzP och DBP) i damm i boendemiljön samvarierar med förekomst av astmatiska symtom, allergisnuva och eksem hos barn.²⁵ Skillnaderna i koncentrationerna i damm mellan fall och kontroller var emellertid ganska små. Norska och finska studier visar liknande samvariationer mellan PVC-innehållande golv- och väggmaterial och något ökad förekomst av astma, allergisnuva och andra luftvägsbesvär^{26, 27}.

²⁰ Emenius G, Svartengren M, Pershagen G, Nordvall SL, Korsgaard J, Wickman M. Longitudinal Indoor Exposure during the Two First Years of life and Recurrent Wheezing. *Acta Paediatr* 2004;93:899-905.

²¹ Wieslander G, Norbäck D, Björnsson E, Janson C, Boman G. Asthma and the indoor environment: the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;69(2):115-24.

²² Venn A J, Cooper M, Antoniak M, Laughlin C, Britton J, Lewis S A. Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children. *Thorax* 2003;58:955-960.

²³ Garrett M H, Hooper M A, Hooper B M, Rayment P R, Abramson M J. Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. *Allergy* 1999;54:330-337.

²⁴ Larsen S T, Lund R M, Nielsen G D, Thygesen P, Poulsen O M. Di-(2-ethylhexyl) phthalate possesses an adjuvant effect in a subcutaneous injection model with BALB/c mice. *Toxicol Lett* 2001; 125:11-18.

²⁵ Bornehag C G, Sundell J, Weschler C, Sigsgaard T, Lundgren B, Hasselgren M, et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Env Health Perspect* 2004;112:1393-1397.

²⁶ Jaakkola J J K, Øie L, Nafstad P, Botten G, Samuelsen S O, Magnus P. Interior surface materials in the home and the development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway. *AJPH* 1999;89:188-192.

²⁷ Jaakkola J J K, Verkasalo P K, Jaakkola N. Plastic wall materials in the home and respiratory health in young children. *AJPH* 2000;90:797-799.

Sammanfattning: Överkänslighet

- Personer med astma eller allergisnuva (hösnuva) rapporterar ofta besvär i samband med dålig luftkvalitet inomhus, fuktiga byggnader och vid ombyggnation.
- Personer med luftvägsrelaterad allergisjukdom rapporterar ofta besvär av tobaksrök, parfymer och andra starkt luktande ämnen, samt dåligt städade lokaler. De besväras också av partiklar som kommer in från utomhusluften, liksom av pollen och andra allergen om de har utvecklat allergi mot dessa.
- Utveckling av allergi har hittills inte visats för vanligt förekommande kemiska ämnen i inomhusluft, även om man kan misstänka att det förekommer. Statistiska samband eller viss samvariation har visats mellan vissa kemiska ämnen i inomhusluften och besvär av astma, allergisnuva samt eksem.

Sensoriska effekter

Förorenad inomhusluft kan både lukta och samtidigt vara sensoriskt irriterande. Dessa sensoriska effekter förmedlas via två sinnen som är helt skilda från varandra.

- Lukt är en *sensorisk upplevelse* (perception) som uppstår när luktepitellet i näsan stimuleras på kemisk väg.
- *Sensorisk irritation* är en upplevelse som förmedlas av *ansiktsnerven trigemus*. Nerven har s.k. öppna nervändar i näsa, mun och ögon.

Personer med total luktsinnesskada (anosmi) känner endast sensorisk irritation av lukt. Med båda sinnen intakta är det dock mycket svårt att urskilja exakt vad som är lukt och vad som är sensorisk irritation i upplevelsen av till exempel luktande inomhusluft.

Lukt, luktbesvär och luktmätning i utomhusluft beskrivs utförligt av till exempel Forsberg och Lindvall (2004)²⁸.

Lukt

Att uppleva lukt är en normal sinnesupplevelse. Det är dock svårt att veta exakt vilka enskilda ämnen som avges från material och finns i inomhusluft som orsakar lukt. Det beror på att människans luktsinne för många kemiska ämnen har betydligt lägre detektionsgräns än kemiska analysinstrument.

Vart och ett av ämnena i inandningsluften aktiverar en eller flera specifika *luktreceptorer* i näsans luktepitel. Upplevelse av lukt uppstår genom aktivering av en unik kombination av luktsinnets receptorer. Genom mönsterkodning blir det teoretiskt möjligt för oss att "minnas" åtminstone 10 000 olika lukter. Vi upplever vid varje inandning *en enhetlig lukt*. Det kan liknas med färgblandningar som också de har *en färg* (till exempel grönt och blått blandas till en turkos färg). Detta gäller trots att till exempel inomhusluft består av en komplex gasblandning med hundratalet VOC och SVOC, vars

²⁸ Forsberg B, Lindvall T. Luftföroreningar och hälsa. Skadliga ämnen och besvärande lukt. I: Socialstyrelsen, red. Miljökonsekvensbeskrivning och hälsa. Några föroreningskällor - beskrivning och riskbedömning. Stockholm: Socialstyrelsen; 2004. s. 123-129.

komposition och koncentrationer varierar över tid. I sunda byggnader kan 40-100 procent av de VOC som man kan identifiera i luften vara luktande.

Människor blir ofta "hemmablinda" (habituerar) genom att de lätt vänjer sig vid inomhusluftens lukt i bostaden. De uppfattar då själva inte lukten av t.ex. mögel eller blommor, men har ändå förmågan att känna sådan lukt om någon påpekar att det luktar. Vi kan normalt uppfatta lukten från kemiska ämnen i koncentrationer som är betydligt lägre (ppb eller ppt) än de där kända medicinska effekter vanligtvis uppstår. Lukten i sig kan dock orsaka obehag för de personer som vistas i luktande miljöer, till exempel de som bor nära miljöstationer för hushållssopor. Lukttest utförs sällan på representativa urval av befolkningen, trots att åldern är en betydelsefull faktor. Skillnaden i känslighet mellan individer är stor.

Lukttrösklar

Den absoluta lukttröskeln definieras oftast statistiskt som den lägsta koncentration vid vilken vi kan förnimma lukt i 50 procent av de fall den presenteras, inom en serie med olika koncentrationer. Den absoluta tröskeln för igenkänning av ett luktämne definieras på motsvarande sätt. För luktämnen *formaldehyd* och *pyridin* förnimmer vi lukt vid ungefär samma koncentration som vi kan känna igen vilket luktämne det är. Olika personers lukttrösklar för samma ämne uppvisar dock stor variation. Olika ämnen har också de vitt skilda lukttrösklar.

Luktintensitet

Luktintensiteten för ett ämne växer med koncentrationen av ämnet, men i allt lägre takt ju högre koncentrationen blir. Vid konstant exponering, till exempel till inomhusluft, anpassar luktsinnet sin känslighet till en lämplig nivå för de förkommande luktämnen (sinnet adapterar). Denna känslighetsförändring gäller dock inte nytillkomna ämnen, eftersom luktsinnets adaptation är specifikt för varje enskilt ämne. På detta sätt kan luktsinnet lätt varna oss för nytillkommande kemikalier i inomhusluften, som ju då upplevs relativt starkare än alla andra luktämnen i luften.

Sensorisk irritation (slemhinneirritation)

Den irritation som vi upplever i slemhinnorna i näsan, övre luftvägarna och i ögonen kallas för sensorisk irritation. Upplevelsen beskrivs som stickande, torr, sträv, stramande, svidande, ömmande, hettande, kylande och värkande. Vid höga koncentrationer övergår upplevelsen till smärta. Den obehagliga lukt som vi eventuellt känner samtidigt ingår inte, utan den förmedlas via luktsinnet.

Sambanden mellan kemiskt innehåll i inomhusluft och upplevelse av sensorisk irritation samt vilka mekanismer som ligger bakom är lite utforskat. För de flesta enskilda kemiska ämnen i inomhusluften kan vi förvänta oss att tröskeln för att uppleva dem som sensorisk irriterande är högre än för lukt (åtminstone vid korta exponeringar). Luktsinnet anpassar sin känslighet till luktämnen i inandningsluften men motsvarande sker inte för de sensoris-

ka irriteranterna. I stället ökar irritationen över tid om man under lång tid andas in ett ämne vid konstant koncentration (facilitering)²⁹.

Lukt

- *Lukttröskel* – Den lägsta koncentrationen av ett ämne som är förnimbar för människan. För ett luktämne är skillnaden i tröskel mellan olika individer mycket stor. Lukttrösklarna för olika ämnen har dessutom mycket stor variationsvidd (minst nio tiopotenser)³⁰.
- *Luktintensitet* – Luktintensiteten för ett ämne ökar med koncentrationen, men i allt lägre takt ju högre koncentrationen är. Motsvarande gäller för luktintensiteten hos en gasblandning med oförändrad sammansättning.
- *Luktblandningar* – För blandningar av luktämnen, t. ex. industriavgaser eller parfymämnen, dämpas luktintensiteten mycket kraftigt med ökat antal ämnen. Fem ämnen som var och en luktar lika starkt, upplevs tillsammans som mest 15 procent starkare än luktintensiteten hos ett av ämnena ensamt.
- *Luktadaptation* – Vid kontinuerlig exponering minskar förnimbarhet och upplevd luktstyrka snabbt och planar ut (inom några minuter). När exponeringen upphört återhämtar sig luktsinnet mycket snabbt (3-6 andetag av ren luft). Vid kontinuerlig exponering för blandningar av luktämnen, adapterar luktsinnet enbart för dessa ämnen och kan därför förnimma och känna igen andra nytillkomna ämnen.
- *Habituering* – Vid långvarig exponering kan vi vänja oss vid inomhusluftens lukt, t. ex. svag mögellukt eller blomdoft. Vi kan då fortfarande uppleva mögellukten eller blomdoften om vi uppmärksammas på att den finns.

Sensorisk irritation i slemhinnor och ansiktshud är vanliga rapporterade symtom i samband med att man vistas i inomhusmiljöer med problem, trots att koncentrationen av VOC är låg. Allergiker och astmatiker är särskilt utsatta.

Formaldehyd är det enda enskilda, lättflyktiga organiska ämne som visats kunna förekomma i inomhusluft i så höga koncentrationer att det på egen hand kan ge sensorisk irritation. Karaktäristiskt för formaldehyd är att trösklarna för lukt och för sensorisk irritation är låga och ligger mycket nära varandra.

Lukten hos aldehyder och alkoholer med längre kolkedjor (till exempel hexanal, butanol, 2-etyl-1-hexanol) har högre trösklar än de med kortare kolkedjor. Tröskelkoncentrationerna är dessutom betydligt högre för så kallad *nasal sensorisk irritation* ("svidande i näsan") än för lukt – ofta tio till hundra gånger högre. För *aromatiska kolväten* (till exempel toluen och xylen) kan de nasala irritationströsklarna vara flera tusen gånger högre än lukttrösklarna.

MVOC misstänks ibland orsaka sensorisk irritation eller andra besvär i inomhusmiljön. Det som talar mot det är att koncentrationerna är för låga för att man ska kunna förvänta sig sådana effekter. De ämnen som ofta nämns i sammanhanget är 1-okten-3-ol, 3-oktanol och 3-oktanon. Djurförsök visar att de kan ge upphov till en sensorisk irritation under kort tids exponering (30 min). Men koncentrationerna i djurförsöken (30–3000 ppm)

²⁹ Berglund B, Engen T. A comparison of self-adaption and cross-adaption to odorants presented singly and in mixtures. *Perception* 1993;22:103-111.

³⁰ Berglund B, Johansson I. Hälsoeffekter av flyktiga organiska ämnen i inomhusluft. *Arch Cent Sens Res* 1996;3(1):1-97.

var flera tusen gånger högre än de som förekommer i fukt- eller mögelskadade byggnaders inomhusluft.

Sensorisk irritation

- *Kemiska irriteranter* – Kemiska ämnen som ger upphov till upplevelsen sensorisk irritation. De flesta för människan luktande ämnen har denna förmåga (luktdande irriteranter).
- *Sensorisk irritationströskel* – Den lägsta koncentration vid vilken sensorisk irritation är förnimbar för människa. Irritationströskeln är vanligtvis högre än luktröskeln (upp till flera tusen gånger). För formaldehyd, som förekommer i inomhusluft, är dock de två trösklarna ungefär lika.
- *Intensitet hos sensorisk irritation* – Upplevd intensitet av en sensorisk irriterant ökar med ökad koncentration. Ökningen kan accelerera med ökad koncentration.
- *Blandningar av kemiska irriteranter* – Samtidig exponering av flera irriteranter kan möjligen ge en förstärkt sensorisk irritation, jämfört med ämnenas enskilda irritationseffekt (visat i djurförsök).
- *Facilitering av sensorisk irritation* – Sensorisk irritation har visats öka (facilitering) vid kontinuerlig exponering, i motsats till luktintensitet som ju avtar (adaptation).

Sensorisk irritation i ögonen

Sensorisk irritation i ögonen studeras bland annat genom att undersöka förändringar i hur ofta man blinkar. Den omgivande luften kan både öka och minska blinkfrekvensen samtidigt som vi upplever ögonirritation. Blinkfrekvensen kan störas av drag, hög rumstemperatur eller låg luftfuktighet, tre faktorer som tunnar ut tårfilmen och minskar dess skyddande verkan. Naturligtvis kan ögonen också irriteras av att bli exponerade för sensoriska irriteranter. Trötthet eller intensivt arbete vid en bildskärm liksom att använda linser eller kosmetika är också vanliga orsaker till ögonbesvär.

Det finns inget som tyder på att de koncentrationer av VOC eller SVOC som uppmätts inomhus i bostäder, skolor och förskolor skulle kunna orsaka sensorisk irritation i ögonen, nässlemhinnorna eller de övriga övre luftvägarna. Detta gäller under förutsättning att exponeringen sker med ett enskilt ämne. Det finns heller ingenting som tyder på att dessa ämnen skulle kunna påverka tårfilmen och därmed öka blinkfrekvensen. Inte ens *terpener*, som är kända irriterande ämnen, kan förväntas orsaka ögonirritation i de koncentrationer som de vanligen förekommer i vår inomhusmiljö.

Det finns de som hävdar att 2-etyl-1-hexanol skulle ha sensoriskt irriterande effekt i inomhusmiljön. Men inte heller för detta ämne är det sannolikt att de halter som uppmätts skulle kunna utlösa ögonirritation. Däremot kan inomhusföroreningarna förvärra den irriterande verkan av andra, mer reaktiva ämnen i luften, t.ex. ozon, ifall det redan från början finns förändringar i tårfilmens skyddande effekt.

Oxidationsprodukter

Mycket forskning har koncentrerats på att försöka finna andra ämnen i luften än de som vi normalt analyserar. Under de senaste åren har man framförallt ägnat ett stort intresse åt de *oxidationsprodukter* som bildas vid reaktioner mellan ozon, kväveoxider och omättade kolväten i luften och på materialytor. Djurförsök har till exempel påvisat sensorisk irritation i de övre

luftvägarna när djuren har exponerats för oxidationsprodukter av isopren, terpenier och ozon.^{31, 32} Koncentrationerna av de ursprungliga ämnena i dessa försök var dock högre (10–100 gånger) än vad som sannolikt kan förekomma i inomhusluften. I en studie från 2004 exponerades friska försökspersoner för oxidationsprodukter från blandningar av ozon med limonen och isopren.³³ De låga utgångskoncentrationerna av de rena ämnena limonen (220 ppb) och isopren (195 ppb) påverkade inte blinkfrekvensen alls. Båda koncentrationerna var endast 10 till 100 gånger högre än normalt. Däremot ökade blinkfrekvensen när försökspersonerna kom i kontakt med oxidationsprodukterna jämfört med när de exponerades för ren luft.

Upplevelse av luftkvalitet

Det är känt att VOC i luft både kan lukta och orsaka sensorisk irritation. Det går också att bestämma sensoriska trösklar och så kallad *upplevelseintensitet* för enskilda ämnen. Men det är ändå svårt att förutsäga den sensoriska effekten eller den upplevda luftkvaliteten av många ämnen tillsammans när de inbördes proportionerna ändras över tiden – vilket vanligen är fallet i inomhusmiljön.

Ett exempel är emissioner från nya byggnadsmaterial. Där visar några studier dålig överensstämmelse mellan människors bedömning av luftkvaliteten och den kemiska analysen av de ingående komponenterna^{34, 35}. Det var litet eller inget samband mellan mängden VOC och upplevd luftkvalitet.

Toxiska effekter

Den främsta källan till cancerframkallande ämnen och andra ämnen som kan ge toxiska effekter i inomhusluft är sidoröken från tobaksrökning (miljötobaksrök, ETS från engelskans *environmental tobacco smoke*) och luftföroreningar från transporter och uppvärmning av bostäder. Andra ämnen som kan ge toxiska effekter kan förekomma inomhus, men de finns då vanligen i mycket låga koncentrationer.

³¹ Clausen P A, Wolkoff P, Damgård Nielsen G. Chemical and biological evaluation of reaction mixture of R-(+)-limonene/ozone formation of strong airway irritants. *Environ Int* 2001;26:511-522.

³² Wilkins C K, Wolkoff P, Clausen PA, Hammer M, Nielsen GD. Upper airway irritation of terpene/ozone oxidation products (TOPS). Dependence on reaction time, relative humidity and initial ozone concentration. *Toxicol Lett* 2003;143:109-114.

³³ Klenø J, Wolkoff P. Changes in eye blink frequency as a measure of trigeminal stimulation by exposure to limonene oxidation products and nitrate radicals. *Int Arch Occupat Env Health* 2004;77:235-243.

³⁴ Knudsen HN, Kjær UD, Nielsen PA, Wolkoff P. Sensory and chemical characterization of VOC emissions from building products: impact of concentration and air velocity. *Atmospheric Env* 1999;33:1217-1230.

³⁵ Tirkkonen T, Saarela K, Kukkonen E. Sensory evaluation method of building materials for labelling purposes. Espoo 2004: VTT Research Notes 2262.

Sammanfattning: Sensoriska effekter

Lukt

- Dålig lukt kan orsaka besvär och obehag och rapporteras ofta i inomhusmiljöer med problem.
- Lukt av vissa kemiska ämnen kan förnimmas i koncentrationer som är betydligt lägre än de som kan förväntas medföra medicinska effekter.
- Människans luktsinne är för många kemiska ämnen betydligt känsligare än kemiska analysinstrument.

Sensorisk irritation

- Sensorisk irritation, både i ögonen och de övre luftvägarna, rapporteras ofta i problembyggnader.
- Hittills är formaldehyd det enda ämne som enskilt visats kunna ge sensorisk irritation i sådana koncentrationer som förekommer i vanlig inomhusluft.

Upplevd luftkvalitet

- Lukt och sensorisk irritation är viktiga komponenter för hur människan upplever luftkvalitet.
- Upplevd luftkvalitet utgår från ett sammanvägt intryck där temperatur och luftfuktighet också vägs in. Det är svårt att avgöra hur mycket varje enskild faktor bidrar till den slutliga upplevelsen. Stora individuella skillnader förekommer.

Undersökningar och åtgärder

Det är inte acceptabelt att behöva känna besvärande lukt eller sensorisk irritation varje dag.

I byggnader där människor upplever problem är det viktigt att göra en utredning för att ta reda på vad som kan orsaka besvären. De viktigaste åtgärderna för att lösa problemen är vanligen att byta ut material som emitterar skadliga ämnen – om man kan identifiera några sådana. Det är också viktigt att ha en effektiv ventilation och ett bra underhåll – inklusive en god daglig skötsel.

För många byggnadsmaterial avtar emissionen av kemiska ämnen mycket snabbt efter tillverkningen eller appliceringen. En viktig åtgärd för att förebygga ohälsa är att avsätta tillräcklig tid innan byggnaden tas i bruk. Nya material som ännu efter flera månader fortfarande luktar starkt eller är sensoriskt irriterande kan vara nödvändiga att byta ut.

Beroende på vilken kompetens och erfarenhet tillsynsmyndigheten själv har tillgång till, kan man i komplicerade ärenden behöva anlita extern expertis (t.ex. byggnadsteknisk-, kemisk- eller miljömedicinsk kompetens). Landstingens miljömedicinska kliniker har ofta omfattande erfarenhet av utredningar av inomhusmiljöproblem. De kan ge värdefullt stöd till miljökontoren i den här typen av frågor.

Det finns ett flertal skrifter som mera utförligt beskriver undersökningsmetodik och olika mätmetoder. Några exempel är *Att undersöka innemiljön* (Sveriges Provnings- och forskningsinstitut)³⁶, *Problem med inomhusklimatet, utredningar, mätningar, åtgärder* (Byggeforskningsrådet)³⁷ och *Skapa sund innemiljö, utredningsmetodik vid hälsoproblem i lokaler* (Sveriges Kommuner och Landsting)³⁸.

För att förebygga att det uppkommer olägenheter på grund av kemiska emissioner är det viktigt att göra rätt från början när man bygger nytt eller renoverar. Se till att använda material där det redovisas information om t.ex. emissioner. Vägledning vid val av byggnadsmaterial finns i Boverkets rapport *Kriterier för sunda byggnader och material*³⁹ samt i Svenska Inneklimatinstitutets handbok H3, *Föroreningar och emissionsförhållanden*.

³⁶ Att undersöka innemiljön 1993. Sveriges Provnings- och forskningsinstitut; 1993. Rapport 1993:01.

³⁷ Sundell J, Kukkonen E, Skåret E, Valbjörn O. Problem med inomhusklimatet. Utredningar, mätningar, åtgärder 1997. Stockholm: Byggeforskningsrådet; 1997. Rapport A8:1997.

³⁸ Hult M. Skapa sund innemiljö – Utredningsmetodik vid hälsoproblem i lokaler. Svenska Kommunförbundet, 2004,

³⁹ Samuelsson I. Kriterier för sunda byggnader och material. Karlskrona: Boverket; 1998.

Fastighetsägarens ansvar

När människor upplever besvär i sin inomhusmiljö är det fastighetsägaren, den som ansvarar för verksamheten eller arbetsgivaren som har ansvar för att undersöka om besvären kan bero på brister i byggnaden. Det kan innebära att man tar reda på omfattningen och utbredningen av klagomålen, t.ex. om det är fler personer som har besvär. I regel krävs en besiktning av byggnaden beträffande konstruktioner, material och produkter, eventuella fukt-skador, obehaglig eller störande lukt eller sensorisk irritation, samt ventilationseffektivitet. Om man misstänker emissioner från något eller några speciella material kan det, undantagsvis, vara meningsfullt att göra kemiska analyser av inomhusluften.

Luftkvalitet

Luftkvaliteten kan bedömas utifrån

- luftens *innehåll av kemiska föroreningar* och av *fysikaliska faktorer*, som går att mäta och bedöma ur hälsoskyddssynpunkt
- *människors upplevelse* av luften, där framför allt lukt och sensorisk irritation spelar en viktig roll
- hur *effektivt luftutbytet* är.

Upplevelsen av luftkvaliteten kan påverkas av den relativa luftfuktigheten, mängden partiklar och damm, luft rörelser, inomhustemperaturen och temperaturgradienter.

Det finns olika frågemodeller för att bedöma *upplevd luftkvalitet*. Det finns också flera metoder för att mäta de fysiologiska besvär som kemiska ämnen i inomhusmiljön ger upphov till, liksom luftens kemiska sammansättning. Dessa används främst i forskningssammanhang.

Intervjuer och frågeformulär

Intervjuer och frågeformulär är instrument som används för att undersöka inomhusmiljöer. Den s.k. Örebroenkäten har fått stor användning⁴⁰, men det finns också andra frågeformulär som testats och validerats i stor skala⁴¹. Även om utformningen varierar något fokuserar de flesta formulären på problemfyllda miljöer och behandlar

- människors upplevelse av miljön och inomhusluften
- byggnadsrelaterade generella (till exempel trötthet, huvudvärk, yrsel) och specifika symtom (till exempel irritation i ögon, övre luftvägar och hud)

⁴⁰ Andersson K. Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 1998; Suppl. 4:32-39.

⁴¹ Engvall K, Norrby C, Sandstedt E. The Stockholm Indoor Environment Questionnaire: a sociologically based tool for the assessment of indoor environment and health in dwellings. *Indoor Air* 2004;14(1):24-33.

- bakgrundsfaktorer som personens hälsotillstånd (inklusive sjukdom/välbefinnande).

Intervjuer och frågeformulär – hur ska de användas?

Ett hjälpmedel för att bestämma

- hur många personer som är störda och förekomst av symtom och besvär
- om vidtagna åtgärder för att förbättra den fysiska miljön har haft önskad effekt, till exempel genom att mäta före och efter en åtgärd.

Ger inte svar på frågan

- om och i så fall vad det är i inomhusmiljön som orsakar problemen.

Specialiserade undersökningar

I forskningssammanhang eller i samband med vissa avancerade utredningar kan man använda sig av ett flertal mätmetoder för att kvantifiera besvär, symtom eller exponeringar.

Människors *upplevelser* av besvär, symtom, obehaglig lukt och sensorisk irritation kan mätas med s.k. *perceptuella* ("upplevelsebaserade") *mätmetoder*⁴². Fysikaliska, fysiologiska eller kemiska mätningar kan uppfattas som mer "objektiva" men, de kan aldrig visa vad människan upplever, endast i bästa fall bekräfta ett samband. Därför har ett antal fysiologiska indikatorer för upplevelser utvecklats, till exempel för upplevelsen ögonirritation. Det är viktigt att man *vid sjuka hus-symtom* och andra besvär alltid utgår från individens upplevelse där sensoriska mätmetoder och frågeundersökningar utgör en grund.

Slemhinneirritation

När man mäter ögonirritation samlas *sensoriska data* in (självrapporering av besvär i enkäter, intervjuer eller andra perceptuella mätmetoder). Irritationseffekter i ögonen kan också studeras genom mätning av följande indikatorer

- rodnad (vidgade blodkärl i ögats bindhinna)
- tårfilmsstabilitet (stabiliteten i förmågan hos ögats tårfilm att fukta och skydda hornhinnans yta)
- skumbildning i ögonvråarna
- epitelskador på hornhinnan
- cytologiska förändringar i bindhinnan
- blinkfrekvens.

⁴²ECA. Sensory evaluation of indoor air quality 1999. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality & its Impact on Man." Office for Official Publications of the European Communities; 1999. Report no 20, EUR 18676 EN.

Irritationseffekter i näslemhinnan kan studeras som förändringar i nashålans form och näsvolym – indikatorer som till exempel mäts med en metod som kallas akustisk rhinometri.

Ofta förbiser man att upplevelsemätningar också hör till ”objektiva” mätmetoder, till exempel att bestämma lukt- och irritationströsklar eller att kvantifiera den upplevda intensiteten. Samtidigt med den fysikaliska och fysiologiska mätningen av till exempel ögonirritation är det nödvändigt att fastställa att ögonirritationen upplevs och att den ökar med till exempel en försämrade tårfilmsstabilitet.

Lukt- och irritationströsklar

Perceptionsmätningar används bland annat för att mäta absoluta förnimmelsetrösklar för lukt och sensorisk irritation hos enskilda kemiska ämnen, materialemissioner och inomhusluft. Det finns publicerade sammanställningar av *luktrösklar* för flera hundra undersökta ämnen som ofta används^{43,44}. När det gäller sensorisk irritation i ögonen eller perceptionströsklar för svindande/smärtande näslemhinna (*eng.* pungency), är det vetenskapliga underlaget ännu inte tillräckligt för att man ska kunna göra en motsvarande sammanställning av tröskelvärden⁴⁵. De uppmätta trösklarna varierar stort mellan olika experiment. Det beror främst på graden av stimuluskontroll. WHO har baserat sina riktvärden för t.ex. formaldehyd och styren på de absoluta trösklarna för lukt eller sensorisk irritation (se vidare tabell 3 i bilaga 1).

Experimentellt används en så kallad olfaktometer för noggrann spädning och dosering av emissioner och inomhusluft. Försökspersoner exponeras sedan i en huv eller i en kammare och bedömer lukt och sensorisk irritation. För fältbruk används avancerade mobila olfaktometrar.

Upplevd intensitet och kvalitet

Det finns väl utprovade metoder för att kvantifiera den upplevda intensiteten av till exempel lukt, besvär, sensorisk irritation, luftkvalitet, preferens eller acceptans samt symtom⁴². Bland annat har metoder utvecklats för att mäta luktstyrkan hos luft med hjälp av referenslukter. Kvalitativa metoder för att mäta upplevelser används för att klassificera och identifiera luktkvalitet eller symtom. Bland annat finns det protokoll för utvärderingar och indikatorer på hur det känns i de övre luftvägarna och ögonslemhinnorna³⁰.

Kemiska mätningar

De metoder som finns för provtagning och analys av VOC och SVOC i inomhusluft är ganska omständliga procedurer som är både tidsödande och

⁴³ Devos M, Patte F, Rouault J, Laffort P, van Gemert LJ. Standardized human olfactory thresholds. New York: Oxford University Press; 1990.

⁴⁴ van Gemert LJ. Compilations of odour thresholds values in air and water. Huizen, the Netherlands: TNO Nutrition and Food Research, Boelens Aroma Chemical, Information Service (BASIC) 1999.

⁴⁵ Cometto-Muñiz JE, Cain WS, Abraham MH. Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation. *Indoor Air* 2004;14: 108-117.

kostsamma. Ingen metod kan heller ge en exakt bild av alla ämnen som kan förekomma i luft.

Provtagning görs genom att föroreningar *adsorberas på filter* av porös polymer eller aktivt kol. Det sker antingen passivt med diffusion då filtret exponeras för luften under några dagar eller veckor eller aktivt genom att pumpa provluften genom filtret under en bestämd tid. De på filtret anrikade komponenterna *separeras* från varandra i laboratorium med hjälp av gas-kromatografi för VOC, eller vätskekromatografi för SVOC. Därefter bestäms de kvantitativt var för sig. Ofta identifieras också enskilda komponenter med masspektrometri. Passiv provtagning ger ett genomsnitt för hela provtiden medan man med aktiv provtagning kan välja vissa intressanta (korta) tidsintervall.

Några olika typer av *direktvisande mätinstrument* används också för att analysera låga koncentrationer av luftburna organiska ämnen i främst arbetsmiljöer. Detektionen är emellertid helt ospecifik och responsen är olika för olika typer av ämnen. Detta innebär att det bara går att få information om den *totala mängden organiska ämnen i luft*, inte om sammansättningen eller de enskilda komponenterna.

I de kommersiellt tillgängliga instrumenten används tre detektionsprinciper för direktanalys av luftföroreningar

- flamjonisationsdetektor (FID—Flame Ionization Detector)
- fotojonisationsdetektor (PID—Photo Ionization Detector)
- fotoakustisk detektor (Photoacoustic Detector)

Detektionsgränserna för flyktiga organiska ämnen är ca 1000 till 3000 ppb. Detta räcker inte för att mäta i vanliga inomhusmiljöer. Där är totalkoncentrationerna av VOC i luften i allmänhet högst 10 till 100 ppb, det vill säga 10 till 100 gånger lägre än detektionsgränserna för instrumenten. Nyligen har emellertid känsligheten hos *fotojonisationsdetektorn* kunnat förbättras, och ett nytt instrument med ett lägsta mätområde på 0–999 ppb finns nu på marknaden. Om detta analysinstrument visar sig stabilt och ger reproducerbara mätvärden blir det användbart för att *kartlägga totalnivåer* av organiska ämnen i inomhusluften.

En annan typ av direktvisande instrument är *multisensorer* för gasmolekyler, ofta kallade *elektronisk eller konstgjord ”näsa”*. Principen för detektionen grundar sig på förändringar i det elektriska motståndet i många sensorer av halvledartyp, små plattor tillverkade av metalloxider eller elektriskt ledande polymerer. Sensorerna är vanligen *inte specifika* för något eller några ämnen utan ger snarare en *responsprofil* för en gasblandning av flera olika ämnen. Genom att kombinera flera olika typer av sensorer kan man få en halvkvantitativ respons för gasformiga ämnen. *Känsligheten* hos dagens kommersiellt tillgängliga elektroniska näsor är låg, och ännu finns inga användbara instrument att tillgå för att mäta eller karakterisera luftföroreningar eller luftkvalitet i inomhusmiljön.

Miljö- och folkhälsomål

De svenska miljö kvalitetsmålen och folkhälsomålen är viktiga i arbetet med att uppnå en god och hälsosam inomhusmiljö. Inomhusmiljön berörs av miljömålen *Frisk luft*, *Giftfri miljö* och *God bebyggd miljö*, samt av målområde 5 i folkhälsomålen, *Sunda och säkra miljöer och produkter*.

Frisk luft

Miljömålet *Frisk luft* anger att ”*Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas*”. Miljömålet är viktigt för att den uteluft som tillförs inomhusmiljön ska hålla god kvalitet, vilket i sin tur är en förutsättning för god kvalitet på inomhusluften.

Giftfri miljö

Miljömålet *Giftfri miljö* anger att ”*Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden*”. Miljömålet är inriktat på att vi ska ha kunskap och information om kemikaliers hälso- och miljöegenskaper, på att fasa ut farliga ämnen i nyproducerade varor – till exempel byggnads- och inredningsmaterial som påverkar inomhusmiljön – och på att fortsatt minska hälso- och miljörisker med kemiska ämnen, bland annat i inomhusmiljön. Miljömålet kommer därför på sikt att bidra till att skadliga emissioner från material inomhus minskar.

God bebyggd miljö

Miljömålet *God bebyggd miljö* anger att ”*Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas*”.

Delmålet *God inomhusmiljö* är särskilt viktigt för inomhusluften. Det anger att ”*senast år 2020 ska byggnader och deras egenskaper inte påverka människors hälsa negativt*”. För att uppnå detta delmål ska en dokumenterat fungerande ventilation säkerställas i samtliga byggnader där människor vistas ofta eller under längre tid. Dessutom ska radonhalten begränsas i alla skolor, förskolor och bostäder.

Behovet av indikatorer och riktvärden för att bedöma luftkvaliteten inomhus är stort, liksom behovet av kunskap, normer och underlag för utvärdering. I Socialstyrelsens underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen, 2003, påpekas att delmål för *God bebyggd miljö* behöver formuleras för inomhusluftens kvalitet, fukt och ”mögel” och kemikalier i byggmaterial för att tydliggöra inomhusmiljöproblematiken. I både proposi-

tionen Vissa inomhusmiljöfrågor (Prop. 2001/02:128) och i Byggnadsmiljöutredningens slutbetänkande Bättre inomhusmiljö (SOU 2005:55) tas kemiska ämnen i byggmaterial upp som ett angeläget område för att säkerställa sunda och miljöriktiga byggnader. Man föreslår dock inte några delmål på detta område.

Sunda och säkra miljöer och produkter

Folkhälsomålet *Sunda och säkra miljöer och produkter* utgår ifrån Sveriges 16 miljö kvalitetsmål, kretsloppsstrategin och regeringens konsumentpolitiska mål. Eftersom folkhälsomålen omfattar miljömålen kan man se arbetet med inomhusmiljön som en integrerad del i såväl miljöpolitiken som i folkhälsoarbetet. När det gäller kemiska ämnen i inomhusmiljön är problem med allergier och annan överkänslighet särskilt angelägna ur folkhälsosynpunkt.

Lagar och föreskrifter i korthet

Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.

Lagen (SFS 1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. gäller tekniska egenskapskrav på byggnadsverk och byggprodukter. Enligt 2 § ska byggnadsverk ”under förutsättning av normalt underhåll, under en ekonomiskt rimlig livslängd” uppfylla tekniska egenskapskrav i fråga om bl.a. hälsa och miljö. Byggprodukter ska vara lämpliga för avsedd användning.

Boverkets byggregler

I Boverkets byggregler, BBR (BFS 1993:57 t.o.m. 2006:12) finns allmänna krav om att byggnader och ingående material inte ska avge emissioner som kan vara skadliga för hälsan. Byggmaterial och byggprodukter som används ska ha kända egenskaper och ska inte i sig eller genom sin behandling påverka inomhusmiljön eller byggnadens närmiljö negativt. I avsnitten om luftkvalitet påpekas också att man bör välja material som inte avger stora mängder föroreningar eller emissioner, i första hand för att undvika ökat behov av luftväxling. Det finns också en hänvisning till att regler för kemikalier i varor och produkter ges ut av Kemikalieinspektionen.

Produktregler på byggområdet

Boverket hanterar flera av de produktgrupper som kan återfinnas i färdiga byggnadsverk. Produkterna kan också omfattas av regler från andra myndigheter. Detta gäller till exempel för produkternas innehåll av kemikalier samt för arbetarskydds- eller elsäkerhetsfrågor.

CE-märkning och typgodkännande

CE-märkning ger produkten fritt tillträde till EU- och EES-området och underlättar valet av rätt produkt. Märkningen innebär emellertid inte att man undersöker eller bedömer emissioner från materialen. För de flesta produktområden som omfattas av ett EG-direktiv är det obligatoriskt att CE-märka produkten. CE-märkta produkter är föremål för nationell marknadskontroll. Typgodkännande är ett nationellt system för att ange produktens lämplighet. Möjlighet till svenskt typgodkännande (med laglig verkan) försvinner allt eftersom produkterna blir möjliga att CE-märka och efter en preciserad övergångstid. Det finns föreskrifter om CE-märkning av byggprodukter (BFS 1997:29).

Kvalitetsmärkning

Kvalitetsmärkning är ett frivilligt åtagande från fabrikantens sida, utöver eventuell CE-märkning. Det finns en rik flora av nationella kvalitetsmärkningar och system för kvalitetsmärkning men också sådana som är internationellt gångbara. Se vidare avsnittet *Information*.

Miljöbalk

Miljöbalken (MB, SFS 1998:808) är en ramlagstiftning där ett stort antal lagar som rör miljö- och hälsoskydd har arbetats in. Miljöbalken omfattar en mängd olika verksamheter t.ex. skolor, daghem, vårdinrättningar och bostäder. Det är den som är verksamhetsansvarig och/eller fastighetsägaren som är skyldig att vidta de åtgärder som ”skäligen kan krävas” för att hindra uppkomsten av ”olägenhet för människors hälsa” och för att åtgärda sådana missförhållanden (2 kap. 3 §).

Det är fastighetsägaren eller den som är ansvarig för verksamheten som är skyldig att göra de undersökningar och vidta de åtgärder som bedöms vara relevanta (26 kap. 22 §). Om inte brister åtgärdas, kan tillsynsmyndigheten (miljö- och hälsoskyddsnämnden) förena ett föreläggande eller förbud med vite, dvs. ett penningbelopp som kan utkrävas av den ansvarige i domstol (26 kap. 14 §). Ett beslut av miljö- och hälsoskyddsnämnden överklagas i första hand till länsstyrelsen (19 kap. 1 §).

Olägenheter för människors hälsa och krav på egenkontroll

I miljöbalken finns krav på att den ansvarige skall ha den kunskap som behövs om de hälso- och miljörisker som kan vara förknippade med verksamheten och som kan vara en olägenhet för människors hälsa eller för miljön (2 kap. 2 § MB). Med olägenhet menas ”en störning som enligt en medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka människan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig” (9 kap. 3 § MB). Särskild hänsyn ska tas till personer som är något känsligare än normalt, t.ex. allergiker, barn och äldre (Prop 1997/98:45, del 1 sid 351). Enligt grundkraven på egenkontroll (26 kap. 19§) ska den som ansvarar för verksamheten eller vidtar en åtgärd, utan någon uppmaning från tillsynsmyndigheten, följa miljöbalkens regler.

Undersökningar

Tillsynsmyndigheten måste ha skäligen misstanke om att klagomål är befogade innan fastighetsägaren eller den som ansvarar för verksamheten uppmanas att undersöka eller åtgärda problemet (Prop 1997/98:45). Därför har även tillsynsmyndigheten behov av att ta reda på uppgifter om byggnaden, och göra inspektioner eller mätningar som underlag för sina beslut eller krav gentemot fastighetsägaren eller den verksamhetsansvarige.

Regler för kemikalier

I miljöbalkens fjortonde kapitel ställs allmänt formulerade krav på att alla som hanterar kemikalier ska skaffa sig kunskap, visa försiktighet och undvika riskabla produkter. I Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 1998:8,

omtryckt genom KIFS 2004:4) om kemiska produkter och biotekniska organismer, 9-10 kap, finns särskilda regler om vissa kemikalier i byggvaror t.ex. förbudet mot kadmium, regler om flyktiga organiska föreningar i färger och lacker, krom i cement, kvicksilverhaltiga varor, formaldehyd i träbase-rade skivor, träskyddsbehandlat virke och regler kring användning av kreosot och arsenik.

I KIFS 1998:8 finns också de mer detaljerade reglerna om säkerhetsdatablad (4 kap, bilaga 10). Informationen i säkerhetsdatablad och annan produktinformation ger dock ingen större vägledning om hur kemiska ämnen från produkterna kan emittera ut till inomhusluften.

Reglerna för säkerhetsdatablad gäller för kemiska produkter. För byggnadsmaterial som inte klassificeras som kemiska produkter saknas det ofta produktinformation.

Arbetsmiljölagen

Arbetsmiljölagen (SFS 1977:1160) ger ramarna för vad som gäller för miljön på en arbetsplats. Arbetsgivaren har enligt arbetsmiljölagen samma huvudansvar som verksamhetsutövaren har enligt miljöbalken. Begreppet ”ohälsa” i arbetsmiljölagen motsvarar ”olägenhet för människors hälsa” i miljöbalken.

Arbetsmiljöverket ger ut föreskrifter och allmänna råd som anger krav eller rekommendationer för arbetsmiljön. Arbetsmiljöverket utövar själv tillsynen enligt arbetsmiljölagen.

Grundläggande för arbetsmiljön är Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2001:01, ändrad genom AFS 2003:04) Systematiskt arbetsmiljöarbete som motsvarar verksamhetsutövarens kontrollansvar enligt miljöbalken, den s.k. egenkontrollen. Systematiskt arbetsmiljöarbete är arbetsgivarens arbete med att undersöka arbetsförhållanden, bedöma risker för ohälsa och olycksfall i arbetet, genomföra åtgärder och kontrollera genomförda åtgärder. Kraven för arbetsmiljön är tydligare än miljöbalken på hur ansvar delegeras, hur rutiner för arbetet utformas och hur riskbedömningar av arbetet ska genomföras.

Krav på inomhusmiljön kan ställas med stöd av såväl arbetsmiljölagen som miljöbalken när det gäller undervisningslokaler, t.ex. skolor. Båda lagstiftningarna kan även gälla för inomhusmiljön i lokaler där både arbetstagarer och allmänhet vistas, t.ex. offentliga lokaler.

Exempel på föreskrifter och allmänna råd från Arbetsmiljöverket som kan vara av intresse vid emissionsproblem:

- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2001:01) Systematiskt arbetsmiljöarbete.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2005:17) Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2000:42, ändrad genom 2003:01) Arbetsplatsens utformning.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2005:01) Mikrobiologiska arbetsmiljörisker – smitta, toxinpåverkan, överkänslighet.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2000:04) Kemiska arbetsmiljörisker .

Bedömningsgrunder

Det finns inte tillräckligt underlag ännu för att fastställa någon rekommendation för när man ska vidta åtgärder då människor upplever besvär av dålig luftkvalitet i bostäder eller allmänna lokaler. Av praktiska skäl måste man därför utgå från hur människor upplever luftkvalitet som vägledning för åtgärder. Man får bedöma varje enskilt fall för sig till exempel hur många personer som upplever besvärande lukt, hälsoeffekter, aktivitetsstörningar eller andra effekter.

För arbetsmiljön finns hygieniska gränsvärden för en del av de ämnen som kan förekomma inomhus. De hygieniska gränsvärdena är främst avsedda för att begränsa de anställdas exponering för ämnen som hanteras i verksamheten. Tillåtna koncentrationer är oftast mycket högre än de halter man brukar finna när man misstänker att inomhusluften ger hälsoproblem i till exempel en kontorsbyggnad. Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar⁴⁶ ska en arbetsgivare utreda om en eller flera luftföroreningar misstänks kunna ge hälsoproblem oavsett om nivågränsvärdena överstigs eller inte. Samverkande effekter av flera luftföroreningar tillsammans ska dessutom bedömas.

Störningar, symtom och besvär kan förekomma i inomhusmiljön även vid lägre halter än de hygieniska gränsvärdena. Det beror på att gränsvärdena inte alltid är satta på en nivå som garanterar att alla berörda, d.v.s. vuxna i arbete, är opåverkade. I befolkningen förekommer känsligare individer, t.ex. barn, gamla och sjuka. Exponeringen i en bostad sker också under en betydligt längre tid jämfört med arbetstiden. Bostaden skall vara en god miljö för återhämtning.

I detta avsnitt tar vi upp information som förhoppningsvis kan ge viss vägledning vid bedömningar av luftkvalitet inomhus.

Formaldehyd

Formaldehyd är det enda enskilda flyktiga organiska ämne för vilket flera länder har satt ett gränsvärde i icke-industriell inomhusluft. I Europa är värdet lägst i Norge, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, och högst i Danmark, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO har angett $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som riktvärde. I Sverige finns inte något riktvärde för formaldehyd.

Enligt en riskbedömning av Barregård & Sällsten (2004) orsakar formaldehyd vid koncentrationer från ca $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ först ögonirritation, därefter luktförnimmelse och sedan irritation i näsan⁴⁷. Det är dock sannolikt att delar av befolkningen kan ha besvär redan vid lägre koncentrationer, eftersom luktröskeln i välkontrollerade experiment visats vara lägre än WHO:s

⁴⁶ AFS 2005:17 om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar.

⁴⁷ Barregård L, Sällsten G. Formaldehyd - en kunskapssammanställning och riskbedömning. Göteborg: Avdelningen för Yrkesmedicin, Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet; 2004.

riktvärde. Kända inomhusnivåer i Europa av formaldehyd har enligt Koziar et al. (2005; bilaga 2) uppmätts till ca 7-79 µg/m³. Cancerrisken för formaldehyd anses däremot vara försumbar så länge man har en exponeringsnivå under den där sensoriska effekter uppstår.

TVOC

Den totala mängden flyktiga organiska ämnen i luft (TVOC) har tidigare ofta använts som ett mått på luftkvaliteten i icke-industriella miljöer⁴⁸. På grund av sin komplexitet antar TVOC ett och samma värde för helt olika sammansättningar av flyktiga organiska ämnen. Skillnaderna kan vara stora både vad det gäller antalet ämnen och deras inbördes proportioner. Den biologiska effekten sammanhänger med hur blandningen är sammansatt. Total mängd VOC är därför inte en bra mått för att förutsäga hälsoeffekter. Möjligen kan man säga att en ökad koncentration i inomhusluften i statistisk mening innebär en ökad sannolikhet för oönskade effekter.

WHO:s rekommendationer

För vissa specifika ämnen har WHO i sina *Air quality guidelines for Europe* (2000) föreslagit högsta värden för vad som kan vara acceptabel luftkvalitet (se bilaga 1)⁴⁹. För några av ämnena har man baserat riktvärden på sensoriska tröskleffekter för detektion, igenkänning och obehag. Tröskeln för obehag definieras som den koncentration vid vilken inte mer än en liten andel av befolkningen (mindre än 5 procent) upplever besvär under en liten del av tiden (mindre än 2 procent). WHO har också publicerat uppdaterade riktvärden för bland annat partiklar, ozon, NO₂ och SO₂⁵⁰.

LCI-värden

LCI-värden används i vissa länder för materialemissioner inomhus. LCI står för lägsta koncentration av intresse (*eng.* Lowest Concentration of Interest) för varje enskild VOC och SVOC. Sådana värden är inte avsedda att användas som gränsvärden för inomhusluft, men kan vara användbara som underlag vid bedömning och rekommendation av åtgärder i problembyggnader. LCI-värden för drygt 150 ämnen som har detekteras vid laborietester av golvmaterial och presenteras genom en s.k. European Collaboration Action

⁴⁸ Socialstyrelsen 1998. Flyktiga organiska ämnen. Meddelandeblad nr 4/98. Stockholm.

⁴⁹ WHO. Air quality guidelines for Europe (WHO Regional Publications, European Series, No. 91). Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. 2000.

⁵⁰ WHO. Air quality guidelines global update 2005.

<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>

(ECA)⁵¹. I Tyskland har man också publicerat en lista baserad på förväntade emissioner från byggmaterial i allmänhet i inomhusmiljön⁵².

LCI-värdena är väsentliga i det pågående europeiska arbetet för att standardisera bedömningen av emissioner från byggnadsmaterial. Man diskuterar att göra en sammanvägd bedömning av alla de viktigaste ämnen som avges genom att för varje ämne räkna ut kvoten mellan emission och LCI-värdet och sedan summera kvoterna. Vid ett sådant förfarande får produkter baserade på svenskt barrträd relativt höga värden.

⁵¹ European Collaboration Action. Evaluation of VOC emissions from building products. Solid Flooring materials. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man". Office for Official Publications of the European Communities; 1997. Report No 18, EUR 17334 EN.

⁵² Federal Environmental Agency [Umweltbundesamt]. Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC and SVOC) from building products (LCI's in Part 3: July 2004). Berlin, Germany: Committee for Health-related Evaluation of Building Products [Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten] 2004.

Information

Kemikalieinspektionen

På Kemikalieinspektionens webbplats finns prioriteringsguiden PRIO, som är ett webbaserat verktyg som kan ge hjälp i arbetet med att minska risker med kemikalier för människors hälsa och miljön. PRIO-verktyget bygger på de prioriterade hälso- och miljöfarliga egenskaper som finns utpekade i miljö kvalitetsmålet *Giftfri miljö* och i EU:s nya kemikalielagstiftning REACH. PRIO delar in ämnen i två prioriteringsnivåer, utfasningsämnen och prioriterade riskminskningsämnen. Det finns också en sökbar databas med exempelämnen, där man kan se vilka farliga egenskaper dessa ämnen har. Man kan också söka på en produktgrupp, t.ex. lim, och se vilka hälsofarliga ämnen den kan innehålla.

Syftet med databasen är att underlätta riskbedömningar av kemikalier så att miljöansvariga, inköpare, produktutvecklare och andra ska kunna identifiera risker med kemikalier och arbeta för att reducera dessa. För detta ändamål innehåller PRIO-databasen en vägledning för beslutsfattare som kan användas i det riskreducerande arbetet.

Boverket

Bygga-bo-dialogen är ett samarbete mellan 37 aktörer inom bygg- och fastighetssektorn i Sverige. Här ingår företag, kommuner och regeringen. Aktörerna har skrivit på en överenskommelse för en hållbar bygg- och fastighetssektor i Sverige. Genom dialog har man enats om denna frivilliga överenskommelse och om att vidta konkreta åtgärder för en hållbar utveckling. Dialogens sekretariat är inrättat på Boverket. De åtaganden som aktörerna skriver under är uppdelade på 7 områden som sammanfattas i följande uppmaningar:

- Planera för ett hållbart samhällsbyggande.
- Se till helheten och byggnadsverkets hela livscykel.
- Skapa en effektiv och kvalitetsstyrd bygg- och förvaltningsprocess.
- Förvalta byggnadsverk med energi- och miljöhänsyn.
- Klassificera byggnader.
- Forska, utveckla och utbilda för en hållbar bygg- och fastighetssektor.
- Följ upp och utvärdera!

Byggsektorns och andras miljöinformation

Det finns ett antal frivilliga informationssystem inom miljöområdet. Det är dels *miljövarudeklarationer*, som beskriver innehåll i varor och produkter, dels *miljömärkningssystem*, som ger en värdering och en fastställd kravnivå.

Byggsektorn har tagit fram miljövarudeklarationer för att begränsa och fasa ut farliga ämnen och produkter i byggnader. Flera databaser ger också information om egenskaper hos ämnen, byggmaterial och produkter och deras hälso- och miljöpåverkan. Några exempel:

- Sveriges Byggindustriers system BASTA, som syftar till att avveckla särskilt farliga ämnen i kemiska produkter och byggvaror.
- Nätverket Byggd Miljös miljöbedömningssystem med sin gemensamma databas Miljöprövade kemiska byggprodukter.
- MilaB, Miljöbedömning av byggvaror, som skapats och administreras av en grupp av företag inom bygg-, fastighets- och anläggningssektorn.

Dessa system tar upp kemiska ämnen som finns i byggnadsmaterial och hur de kan spridas till omgivningen i samband med tillverkning, montering, brukande, rivning och destruktion. De bidrar därför till att nå miljömålet *Giftfri miljö* genom att öka kunskapen om ämnernas och produkternas farliga egenskaper. Därigenom ger de en grund för att på frivillig väg byta ut produkter mot mera miljövänliga alternativ.

Miljödeklarationerna omfattar sällan uppgifter om emissioner till inomhusluft, som hos brukarna av den färdiga byggnaden kan orsaka till exempel sensorisk irritation eller dålig lukt. Inriktningen på hälsorisker är begränsad till att säkerställa en god arbetsmiljö på byggarbetsplatserna. De flesta av den här typen av databaser är alltså riktade till professionella användare och är i allmänhet inte fritt tillgängliga för dem som använder de färdiga byggnaderna.

De olika märkningssystemen är frivilliga. Att en produkt är omärkt betyder således inte att den är oacceptabel ur hälsosynpunkt. För mer information om märkningssystem för byggnadsmaterial se artikeln ”Kemiska emissioner från byggnadsmaterial: gemensamma regler efterlyses” av Björn Lundgren⁵³ samt rapport från ECA⁵⁴.

Positiv miljömärkning

Flera frivilliga system presenterar en vetenskapligt baserad positiv miljömärkning av material och produkter. Systemen ger information om och utvärderar uppmätt emission av kemiska ämnen, samt i vissa fall även lukt och sensorisk irritation. Systemen är dessutom tillgängliga och användbara för konsumenterna. Nordiska Ministerrådet har instiftat det officiella nor-

⁵³ Lundgren B. Kemisk emission från byggnadsmaterial: Gemensamma regler efterlyses. Miljöforskning 2006: 13-15.

⁵⁴ ECA. Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU. Inventory of existing schemes 2005. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality & its Impact on Man." Office for Official Publications of the European Communities; 2005. Report No 24, EUR 21891 EN.

diska miljömärket *Svanen* (www.svanen.nu) som sköts av SIS Miljömärkning AB på uppdrag av regering och riksdag. Det omfattar ett urval av bygg- och inredningsmaterial, hushållsmaskiner, disk- och rengöringsmedel samt hushålls- och hygienprodukter. För närvarande ingår cirka 60 olika produktgrupper. Vidare har Sveriges provnings- och forskningsinstitut (SP) utarbetat särskilda certifieringsregler för att kontrollera formaldehyd i träbaserade byggprodukter.

Inom EU finns det positiva miljömärkningssystemet *Blomman* (www.blomman.nu) och i Tyskland ett motsvarande system som benämns *Blå ängeln* (Blauer Engel, www.blauer-engel.de). Danmark och Norge tillämpar positiv miljömärkning baserad på det danska systemet för *inneklimatemärkning* (Dansk Selskab for Indeklima, www.dsic.org). I Finland har ett frivilligt system för klassificering av byggnadsmaterial tagits fram för vanliga arbetsmiljöer och bostäder. Det finska systemet omfattar också rengöringsmedel m.m.

Astma- och allergiförbundet

Sedan mitten av 70-talet har Astma- och allergiförbundet utvecklat en verksamhet för produktrekommendationer. Syftet är att medlemmarna ska kunna känna sig hjälpta i sitt val av produkter. Förbundets rekommendationer ska ses som en vägledning för konsumenten som söker efter produkter som är bra ur allergisynpunkt.

De rekommenderade produkterna är märkta med förbundets namn och märke. Produkterna är fria från allergen, parfym och irriterande ämnen i sådana mängder att det inte finns några kända, medicinska rapporterade fall. Det utesluter dock inte att enstaka människor kan vara så känsliga att de reagerar på produkten.

Produkterna bedöms av ett råd som består av specialister inom medicin, kemi och teknik. Dessa har i sin tur kontakter med annan expertis. Den slutliga bedömningen och rekommendationen baseras på forskningsresultat, existerande tester, mätningar, recepturer, produktinformation, vetenskap och beprövad erfarenhet. I allt arbete gäller "försiktighetsprincipen", vilket innebär att rådet avstår att rekommendera produkten om det finns tveksamheter runt dess innehåll. Slutligt beslut tas av förbundsstyrelsen.

Upplevelsemätningar till grund för miljö- och kvalitetsmärkning

Upplevelsemätning används ibland för att utvärdera nyproducerade byggnadsmaterial inför miljö- och kvalitetsmärkning. Danska, norska och finska system för inneklimatemärkning och materialklassificering hanterar materialprov enligt liknande procedurer och emissionen bestäms och värderas enligt liknande metoder. Materialproven förvaras och konditioneras före testning och placeras sedan i klimatkammare enligt noggranna protokoll. Emissionen från kammaren testas *både* kemiskt och sensoriskt. I analysen utgår man från en tänkt situation: "Föreställ dig att du i ditt dagliga arbete skulle exponeras för luften som kommer från testkammaren." Försökspersonerna rapporterar "upplevd accepterbarhet" hos emissioner från enskilda material på en bipolär skala från klart acceptabel (1) till klart oacceptabel (-1). Ofta ingår en kvantitativ bedömning av luktens intensitet.

Några slutsatser

Många människor upplever besvär, symtom, obehaglig lukt och sensorisk irritation, som de relaterar till inomhusmiljön i de byggnader där de bor eller arbetar. Det har också skett en allmän ökning i samhället av överkänslighet i form av astma och allergier. Förändringar i inomhusmiljön är en möjlig bidragande orsak till detta. Men det saknas ännu vetenskapliga underlag för att kunna förklara exakt vad eller vilka förändringar som skulle kunna orsaka besvär och ohälsa i inomhusmiljön. Samband har dock kunnat konstateras mellan besvär och fukt- och mögelproblem. Andra faktorer i inomhusmiljön som misstänks ha betydelse är kemiska ämnen i inomhusluft från olika material.

Vad vet vi och vilken kunskap saknas?

Det finns kunskap om vilka *flyktiga organiska ämnen*, VOC, som är vanliga i inomhusluften i bostäder, skolor, förskolor och andra offentliga lokaler och i vilka koncentrationer de brukar förekomma. Kartläggningar har gjorts både i helt nya byggnader och i sådana som varit i bruk under längre tid – upp till flera år.

Det finns också en viss kunskap om *emissioner från byggnadsmaterial*. Den kunskapen omfattar till exempel vilka VOC och vilka koncentrationer av dem som vanliga nytillverkade produkter och material avsedda för inomhusmiljö kan emittera. Men kunskaperna är ännu otillräckliga om material-emissioner över längre tidsperioder och hur dessa påverkar sammansättningen av föroreningar i inomhusluften. Formaldehyd är det enda lättflyktiga ämnet i inomhusluften som visats kunna emitteras från material i sådana koncentrationer att det i enstaka fall orsakar ohälsoeffekter, främst i form av sensorisk irritation.

Det vi idag vet om sammansättningen av föroreningar i inomhusluften och emissioner från material kan inte direkt sättas i samband med negativa hälsoeffekter. För de låga koncentrationer av kemiska ämnen som hittills detekterats i inomhusluft, saknas kunskap såväl om *dos-effekt*-samband (vilken koncentration som ger en viss effekt) som *dos-respons*-samband (hur många i en grupp som påverkas).

Det saknas även kunskap om vilka effekter den bredbandiga och långsiktiga kemiska exponeringen i inomhusmiljön kan ha. Många olika ämnen förekommer samtidigt i luften och vi vet inte om det finns några kombinationseffekter vid de låga koncentrationer det är fråga om. Vidare tillbringar människan sin tid inomhus på flera ställen och utsätts därför för många olika exponeringssituationer. Det är också viktigt att komma ihåg att det är stor skillnad i känslighet mellan olika individer. Några har god motståndskraft mot allergener och andra riskfaktorer medan andra är betydligt känsligare.

Nyare forskning om inomhusmiljön och hälsoeffekter fokuserar på material som finns i stor mängd och täcker stora ytor. Dit hör PVC som används

främst som golvmattor men också som väggbeklädnad. Det finns misstankar om att mycket PVC i bostadsmiljön kan samvariera med hälsoproblem vid astma och allergi, framförallt hos små barn. Vanliga mjukgörare i PVC är ftalater som med tiden kan tränga ut ur de mjukgjorda materialen. Då sprids de i inomhusmiljön via både dammpartiklar och luft.

Studier bekräftar och utvecklar tidigare teorier om att *kemiska reaktioner* av betydelse för luftkvaliteten kan ske inomhus i luft och på materialytor. De bildade produkterna kan ge sensorisk irritation men vi vet ännu inte om de kan förekomma i så höga koncentrationer i inomhusluft att de har någon betydelse. Vi vet inte heller om koncentrationerna av de ämnen som ingår i reaktionerna (ozon, kväveoxider, omättade VOC som terpenener) finns i tillräckligt höga koncentrationer inomhus för att resultatet ska ha någon betydelse. De uppmätta koncentrationerna i inomhusmiljöer av omättade VOC (limonen och andra terpenener) är normalt troligtvis inte tillräckligt höga för att orsaka problem.

Utvecklingsbehov

Det krävs en samtidig kemisk och sensorisk analys för att på ett trovärdigt sätt utvärdera byggnads- och inredningsmaterial samt hushållsprodukter. Det finns metoder och system för att analysera och kontrollera *emissioner från byggnadsmaterial*. Framförallt gäller detta kemisk analys och hittills relativt enkla sensoriska kvalitetsbedömningar. Det krävs dock betydande utveckling av system för sensorisk provning med paneler av försökspersoner för byggmaterial och hushållsprodukter i likhet med de provningssystem som finns för textilier och livsmedel.

Trots att mycket återstår att utforska när det gäller hur kemiska ämnen i inomhusmiljön påverkar människors hälsa är det klarlagt att många personer upplever besvär. Det är viktigt att problemen tas på allvar. Tillämpa därför dagens kunskap och

- se till att ventilationen är normenlig
- välj deklarerade eller på annat vis väldokumenterade material med goda egenskaper ur miljö- och hälsosynpunkt
- välj konstruktioner med låg risk för fuktproblem och kemiska reaktioner
- planera in tid för utvärdering av emissioner innan inflyttning.

Referenser

Här presenterar vi en utförlig lista över litteratur inom området. Vissa av referenserna är specifikt angivna i rapporttexten medan de övriga har använts indirekt som bas för synpunkter och slutsatser.

Afshari A, Gunnarsen L, Clausen PA, Hansen V. Emission of phthalates from PVC and other materials. *Indoor Air* 2004;14:120-8.

Ahlström R, Berglund B, Berglund U, Lindvall T. Formaldehyde odor and its interactions with the air of a sick building. *Environ Int* 1986;12:289-95.

Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organisation, Regional office for Europe; 1987. WHO regional publications, European Series no: 23.

Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe Copenhagen; 2000. WHO Regional Publications, European Series no:91.

Andersson B, Andersson K, Nilsson CA, Sandström M, Stjernberg N, Sundell J. Chemical reactions in ventilation ducts. I: Yoshizawa S, Kimura K, Ikeda K, Tanabe S, Iwata T, red. Organizing Committee of the 7th International Conference of Indoor Air Quality and Climate. Japan, Tokyo. Tokyo: *Indoor Air*;1996;3:947-52.

Andersson K, Bakke JV, Bjørseth O, Bornehag CG, Clausen G, Hongslo JK, et al. TVOC and health in non-industrial indoor environments 1997. I: Report from a Nordic Scientific consensus meeting at Långholmen in Stockholm. Stockholm, Sweden: 2006. *Indoor Air* 2006;7:78-91.

Andersson K. Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 1998 Suppl 4:32-9.

Babiuk C, Steinhagen WH, Barrow C. Sensory irritation response to inhaled aldehydes after formaldehyde pretreatment. *Toxicol Appl Pharmacol* 1985;79(1):143-49.

Baird JC, Berglund B, Shams Esfandabad H. Longitudinal assessment of sensory reactions in eyes and upper airways of staff in a sick building. *Environ Int* 1994;20:141-60.

Barregård L, Sällsten G. Formaldehyd - en kunskapsmanställning och riskbedömning. Göteborg: Avdelningen för Yrkesmedicin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet; 2004.

Belin L. Allergi och annan överkänslighet – en jämförelse. I: Wahlberg JE, Belin L, Bengtsson U, Berglund B, Sundell J, Österberg K, red. From Witchcraft to Science. Rapport från två forskarseminarier om “Annan överkänslighet” 2001; Stockholm, Sweden. Stockholm: Vårdalsstiftelsen; 2001. Rapport 2001:1. Statens folkhälsoinstitut; 2001. Rapport 2001:30.

Berglund B, Berglund U, Johansson I, Lindvall T. Research equipment for sensory air quality studies of nonindustrial environments. *Environ Int* 1986;12:189-94.

Berglund B, Berglund U, Lindvall T, Nicander Bredberg H. Olfactory and chemical characterization of indoor air. Towards a psychophysical model for air quality. *Environ Int* 1982;8:327-32.

- Berglund B, Engen T. A comparison of self-adaptation and cross-adaptation to odorants presented singly and in mixtures. *Perception* 1993;22:103-11.
- Berglund B, Gidlöf Gunnarsson A, Job RFS. Reliability and validity of a sick building syndrome questionnaire. *Arch Cent Sens Res* 2002;7(2):83-125.
- Berglund B, Gidlöf Gunnarsson A, Nilsson ME. Model-based weighted descriptor profiles utilized for assessing the sick building syndrome. *Arch Cent Sens Res* 2002;7(2):157-206.
- Berglund B, Gidlöf Gunnarsson A. Relationships between occupant personality and the Sick Building Syndrome explored. *Indoor Air* 2000;10:152-69.
- Berglund B, Johansson I, Lindvall T. Variability in VOC-concentrations over time in a large building and their relationship with some characteristics of the indoor environment. I: Saarela K, Kalliokoski P, Seppänen O, red. *Chemicals in indoor air, material emissions*. Helsinki: Helsinki University of Technology; 1993. *Indoor Air* 1993;2:21-6.
- Berglund B, Johansson I, Lindvall T. Volatile organic compounds from used building materials in a simulated chamber study. *Environ Int* 1989;15:383-87.
- Berglund B, Johansson I. Health effects of volatile organic compounds in indoor air. *Arch Cent Sens Res* 1996; 3(1):1-97. [In Swedish with English Summary].
- Berglund B, Lindvall T, Nordin S. Environmentally induced changes in sensory sensitivities. *Ann NY Acad Sci* 1992;641:304-21.
- Berglund B, Lindvall T. Olfactory evaluation of indoor air quality. I: Fanger, PO, Valbjørn O red. *Indoor Climate. Effects on human comfort, performance, and health*. Copenhagen, Denmark. Copenhagen: Danish Building Research Institute; 1979. s. 141-57.
- Berglund B, Lindvall T. Theory and method of sensory evaluation of complex gas mixtures. *Ann NY Acad Sci* 1992;641:277-93.
- Berglund B, Zheng L . Women's chemical sensitivity and chemical exposures indoors and outdoors. I: Levin H, red. Santa Cruz, CA, USA. 2548 Empire Grade, Santa Cruz, CA 95060, USA; 2002. *Indoor Air* 2002;4:102-7.
- Berglund B, Zheng L. A theoretical and empirical study of human bisensory detection and recognition of odorous irritants. I: Raw G, Aizlewood C, Warren P, red. London, UK. London: Construction Research Communications; 1999. *Indoor Air* 1999;2:582-7.
- Berglund B. Pattern analysis and psychochemistry of air. In: *The Use of QSAR for Chemical Screening and Possibilities*. Stockholm: National Chemical Inspectorate (KEMI); 1988. Report 1988:8:31-35.
- Berglund B. Quantitative and qualitative analysis of industrial odors with human observers. *Ann NY Acad Sci* 1974;237:35-51.
- Berglund B., Berglund U, Engen T. Can sick buildings be assessed by testing human performance in field experiments? *Environ Int* 1992;18:221-29.
- Bolla-Wilson K, Wilson RJ, Bleecker ML. Conditioning of physical symptoms after neurotoxic exposure. *J Occupat Med* 1988;30:684-6.
- Bornehag CG, Stridh G. Volatile organic compounds (VOC) in the Swedish housing stock. I: Seppänen O, Säteri J, red. *Exposure, Human Responses and Building Investigations*. Helsinki, Finland. Helsinki: SIY Indoor Air Information; Healthy Buildings 2000;1:437-42.

- Bornehag CG, Sundell J, Weschler C, Sigsgaard T, Lundgren B, Hasselgren M et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environ Health Perspect* 2004;112(14):1393-7.
- Bornehag CG. Pattern analysis of VOC in indoor air. I: Maroni M, red. Milano, Italy. Milano; 1995. *Healthy Buildings* 1995;1:487-92.
- Boverkets byggregler (BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19). Karlskrona: Boverket; 2002.
- Brown SK, Sim MR, Abramson MJ, Gray CN. Concentrations of volatile organic compounds in indoor air – A review. *Indoor Air* 1994;4:123-34.
- Brown SK. Volatile organic pollutants in new and established buildings in Melbourne, Australia. *Indoor Air* 2002;12:55-63.
- Buck L, Axel R. A novel multigene family may encode odorant receptors: A molecular basis for odor recognition. *Cell* 1991;65:175-87.
- Bügel Mogensen B, Pritzl G, Rastogi S, Glesne O, Hedlund B, Hirvi JP et al. Musk compounds in the Nordic environment. Copenhagen, Denmark. Denmark: Nordic Council of Ministers; 2004. TemaNord 2004:503.
- Chang JCS, Guo Z. Emissions of odorous aldehydes from alkyd paint. *Atmos Environ* 1998;32(20):3581-6.
- Clausen PA, Hansen V, Gunnarsen L, Afshari A, Wolkoff P. Emission of di-2-ethylhexyl phthalate from PVC flooring into air and uptake in dust: emission and sorption experiments in FLEC and CLIMPAQ. *Environ Sci Technol* 2004;38:2531-7.
- Clausen PA, Wilkins CK, Wolkoff P, Damgård Nielsen G. Chemical and biological evaluation of a reaction mixture of R-(+)-limonene/ozone formation of strong airway irritants. *Environ Int* 2001;26:511-22.
- Cometto-Muñiz JE, Cain WS, Abraham MH. Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation. *Indoor Air* 14;2004 Suppl 8:108-17.
- Cometto-Muñiz JE, Cain WS. Perception of odor and nasal pungency from homologous series of volatile organic compounds. *Indoor Air* 1994;4:140-5.
- Devos M, Patte F, Rouault J, Laffort P, Van Gemert LJ. Standardized human olfactory thresholds. New York: Oxford University Press; 1990.
- Diez U, Rehwagen M, Rolle-Kampczyk U, Wetzig H, Schultz R, Richter M et al. Redecoration of apartments promotes obstructive bronchitis in atopy risk infants - Results of the LARS study. *Int J Hyg Environ Health* 2003; 206:173-9.
- Edenholm, K, Jonsson, M, Risholm-Sundman, M. Analys av rå, unken lukt från flytspackel. Analyscentrum, Nobel Koncernservice; 1986.
- Edwards RD, Jurvelin J, Saarela K, Jantunen M. VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki, Finland. *Atmos Environ* 2001; 35:4531-43.
- Elberling J, Linneberg A, Dirksen A, Johansen JD, Frølund L, Madsen F et al. Mucosal symptoms elicited by fragrance products in a population-based sample in relation to atopy and bronchial hyper-reactivity. *Clin Exp Allerg* 2005;35:75-81.

Emenius G, Svartengren M, Korsgaard J, Nordvall L, Pershagen G, Wickman M. Building characteristics, indoor air quality and recurrent wheezing in very young children (BAMSE). *Indoor Air* 2004a;14:34-42.

Emenius G, Svartengren M, Korsgaard J, Nordvall L, Pershagen G, Wickman M. Indoor exposures and recurrent wheezing in infants: a study in the BAMSE cohort. *Acta Paed* 2004b;93:899-905.

Emenius G, Svartengren M, Pershagen G, Nordvall LS, Korsgaard J, Wickman M. Longitudinal Indoor Exposure during the Two First Years of life and Recurrent Wheezing. *Acta Paed* 2004;93:899-905.

Engvall K, Norrby C, Sandstedt E. The Stockholm Indoor Environment Questionnaire: a sociologically based tool for the assessment of indoor environment and health in dwellings. *Indoor Air* 2004;14:24-33.

Engvall K, Wickman P, Norbäck D. Sick building syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season: a 1 year intervention study in dwellings. *Indoor Air* 2005;15:120-6.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/42/EG om begränsning av utsläpp av flyktiga organiska föreningar förorsakade av användning av organiska lösningsmedel i vissa färger och lacker samt produkter för fordonsreparationslackering och om ändring av direktiv 199/13/EG. 2004.

Evaluation of VOC emissions from building products. Solid flooring materials. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man", Office for Official Publications of the European Communities; 1997. ECA 1997a:18. EUR 17334 EN.

Evaluation of VOC emissions from building products. Solid flooring materials Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man", Office for Official Publications of the European Communities; 1998. ECA 1998:18; chapter 5. EUR 17334 EN.

Fan Z, Lioy P, Weschler C, Fiedler N, Kipen HM, Zhang J. Ozone-initiated reactions with mixtures of volatile organic compounds under simulated indoor conditions. *Environ Sci Technol* 2003;37:1811-21.

Fjällström P, Andersson B, Nilsson C. Drying of linseed oil paints: the effects of substrate on the emission of aldehydes. *Indoor Air* 2003;13:277-82.

Formaldehyd. Geneva: World Health Organization; 1989. 1989a. Environmental Health Criteria 89.

Forsberg B, Bylin G. Uteboken. En bok för alla som bryr sig om en hälsosam utomhusluft. Stockholm, Sverige: Naturvårdsverket Förlag; 2001. Statens folkhälsoinstitut 2001:23.

Forsberg B, Lindvall T. Luftföroreningar och hälsa. Skadliga ämnen och besvärande lukt. I: Socialstyrelsen red. Miljökonsekvensbeskrivning och hälsa. Några förorengskällor – beskrivning och riskbedömning. Stockholm: 2004. Socialstyrelsen; 2004. s. 123-9.

Franck C. Fatty layer of the precorneal film in the 'office eye syndrome'. *Acta Ophthal* 1991;69:737-43.

Fransson-Steen R, Ljungquist S, Victorin K. Uppdaterad hälsoriskbedömning av bensen. Stockholm: Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet; 1994.

Fromme H, Lahrz T, Piloty M, Gebhart H, Oddoy A, Rüden H. Occurrence of phthalates and musk fragrances in indoor air and dust from apartments and kindergartens in Berlin (Germany). *Indoor Air* 2004;14:188-95.

Föreskrifter om klassificering och märkning av kemiska produkter (KIFS 1994:12). Stockholm: Kemikalieinspektionen; 2001:3 (omtryck, två volymer).

Förordning (2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

Förordning (SFS 1998:924) om ändring i förordningen (1985:837) om PCB m.m.

Förordning (SFS 2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft . Stockholm. 2001.

Garrett MH, Hooper MA, Hooper BM, Rayment PR, Abramson M J. Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. *Allergy* 1999;54:330-7.

Gidlöf Gunnarsson A, Berglund B. Psychological factors influencing SBS symptom reporting. I: Levin H, red. Santa Cruz, CA, USA; 2002. *Indoor Air* 2002;2:996-1001.

Gidlöf Gunnarsson A. The role of residents' perception and personality in the assessment of the sick building syndrome. *Archives of the Cent Sens Res* 2002;7(2):1-82.

Gustafson P, Barregård L, Lindahl R, Sällsten G. Formaldehyde levels in Sweden: personal exposure, indoor and outdoor concentrations. *J Exp Anal Environ Epid* 2004;2004:1-9.

Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU. Inventory of existing schemes (Report No 24, EUR 21891 EN). Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality & its Impact on Man", Office for Official Publications of the European Communities: 2005. ECA 2005:24. EUR 21891 EN.

Hau KM, Connell DW, Richardson BJ. Quantitative structure-activity relationships for nasal pungency thresholds of volatile organic compounds. *Toxicol Sci* 1999;47:93-8.

Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC and SVOC) from building products (LCI's in Part 3: July 2004). Berlin, Germany: Federal Environmental Agency [Umweltbundesamt], Committee for Health-related Evaluation of Building Products [Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten]; 2004.

Hodgson AT, Faulkner D, Sullivan DP, DiBartolomeo DL, Russel ML, Fisk WJ. Effect of outside air ventilation rate on volatile organic compound concentrations in a call center. *Atmos Environ* 2003;37:5517-27.

Hoffmann K, Krause C, Seifert B, Ullrich D. The German environmental survey 1990/92 (GerES II): Sources of personal exposure to volatile organic compounds. *J Exp Anal Environ Epid* 2000;10:115-25.

Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar (AFS 2003:3). Stockholm: Arbets- och miljöskyddsstyrelsen, Arbetsmiljöverket; 2000.

IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans. Lyon, France: World Health Organisation, International Agency for Research on Cancer; 2004. Press Release no: 153. June 15, 2004.

Indoor air pollutants: exposure and health effects. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe;1983. EURO Reports and Studies 78.

Indoor air quality: organic pollutants. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe; 1989. 1989b. EURO Reports and Studies 111.

Jaakkola JJK, Verkasalo PK, Jaakkola N. Plastic wall materials in the home and respiratory health in young children. *AJPH* 2000;90(5):797-9.

Jaakkola JJK, Øie L, Nafstad P, Botten G, Samuelsen SO, Magnus P. Interior surface materials in the home and the development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway. *AJPH* 1999; 89(2):188-92.

Jantunen M, Hanninen O, Katsouyanni K, Knöppel H, Kuenzli N, Lebreton E et al. Air pollution exposure in European cities: the EXPOLIS Study. *J Exp Anal Environ Epid* 1998;8(4):495-518.

Johansson I. Flyktiga organiska ämnen i inomhusluft av betydelse för hälsa och komfort [Volatile organic compounds in indoor air with significance for health and comfort] Stockholm, Sweden: Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet; 1990 [in Swedish with English summary]. IMM rapport 6:90.

Johansson SGO, Bieber T, Dahl R, Friedmann PS, Lanier BQ, Lockey RF et al. Revised nomenclature for allergy for global use: Report of the Nomenclature Review Committee of the World Allergy Organization, October 2003. *J Allerg Clin Immunol* 2004;113:832-6.

Karlberg AT, Magnusson K, Nilsson U. Air oxidation of d-limonene (the citrus solvent) creates potent allergens. *Contact Derm* 1992;26(1):332-40.

Kiesswetter E, van Thriel C, Schäper M, Blaszkewicz M, Seeber A. Eye blinks as indicator for sensory irritation during constant and peak exposures to 2-ethylhexanol. *Environ Toxicol Pharmacol* 2005;19:531-41.

Kjærgaard S, Berglund B, Lundin L. Objective eye effects and their relation to sensory irritation in a "sick building". I: JJK Jaakkola, Ilmarinen R, Seppänen O, red. Helsinki: Helsinki University of Technology. *Indoor Air*;1993;1:117-22.

Kjærgaard S. Assessment of eye irritation in humans. *Ann NY Acad Sci* 1992;641:187-98.

Klenø J, Wolkoff P. Changes in eye blink frequency as a measure of trigeminal stimulation by exposure to limonene oxidation products, isoprene oxidation products and nitrate radicals. *Int Arch Occupat Environ Health* 2004;77:235-43.

Knudsen HN, Kjaer UD, Nielsen PA, Wolkoff P. Sensory and chemical characterization of VOC emissions from building products: impact of concentration and air velocity. *Atmos Environ* 1999;33:1217-30.

Knudsen HN, Nielsen PA, Clausen PA, Wilkins CK, Wolkoff P. Sensory evaluation of emissions from selected building products exposed to ozone. *Indoor Air* 2003;13:223-31.

Koistinen K. Compound identification, physical and chemical properties, and exposure to selected chemical compounds. [Working Draft October 2004]. The INDEX project. Ispra. Italy:2004: EU/JRC/IHCP/PCE Unit.

Korpi A, Kasanen JP, Alarie Y, Kosma VM, Pasanen AL. Sensory irritating potency of some microbial volatile organic compounds (MVOCs) and a mixture of five MVOCs. *Arch Environ Health* 1999;54:347-52.

Kotzias D, Koistinen K, Kephelopoulou S, Schlitt C, Carrer P, Maroni M et al. Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU. [Final report]. The INDEX project. Luxemburg: Office for Official Publication of the European Communities; 2005: EUR 21 590 EN. [ISBN 92-894-9353-4].

Larsen ST, Lund RM, Nielsen GD, Thygesen P, Poulsen OM. Di-(2-ethylhexyl) phthalate possesses an adjuvant effect in a subcutaneous injection model with BALB/c mice. *Toxicol Lett* 2001;125:11-8.

Lidén C. Goda möjligheter att förebygga kontakteksem genom lagar. *Läkartidningen* 2002;99(7):651-4.

Lidén C. Legislative and preventive measures related to contact dermatitis. *Contact Derm* 2001;44:65-9.

Lignell S, Aune M, Darnerud PO, Glynn A. Synthetic musk compounds in breastmilk from primiparae women in Uppsala County, Sweden, 1996-2003. [Kompletterande mätningar av syntetiska myskföreningar i bröstmjolk från förstfödorskör i Uppsala, 1996-2003]. Stockholm: Livsmedelsverket; 2004. Naturvårdsverket; kontrakt nr 215 0313.

Lundgren B, Jonsson B, Ek-Olausson B. Materials emission of chemicals - PVC flooring materials. *Indoor Air* 1999;9:202-8.

Lundgren B, Rosell L, Jonsson B, Ek-Olausson B, Sundahl M, Sundvall A. Exposure to VOC from water based paint in indoor environments, part 1 Emissions. I: G. Raw, Aizlewood C, Warren P red. London, UK: Construction Research Communications; 1999. *Indoor Air* 1999;1: 396-401.

Lundgren B. Kemisk emission från byggnadsmaterial: Gemensamma regler efterlyses. *Miljöforskning* 2006;1 februari: 13-5.

Maroni M, Seifert B, Lindvall T red. Indoor air quality. A comprehensive reference book. Amsterdam: Elsevier; 1995. Air quality monographs; 3: Chapter 2.

Miljöbalk (SFS 1998:808).

Miljöhälsorapport 2001. Tematisk översikt och analys. Stockholm: Socialstyrelsen, Institutet för miljömedicin & Stockholms läns landsting, Centrum för folkhälsa, Arbets- och miljömedicin; 2001.

Miljöhälsorapport 2005. Stockholm: Socialstyrelsen, Institutet för miljömedicin & Stockholms läns landsting, Centrum för folkhälsa, Arbets- och miljömedicin; 2005.

Miljömålen - allas vårt ansvar! Miljömålsrådets utvärdering av Sveriges 15 miljömål. Stockholm: Miljömålsrådet; 2004a. Sveriges miljömål. Hämtad från <http://miljomal.nu/index.php>.

Miljömålen - när vi dem? Miljömålsrådets uppföljning av Sveriges 15 miljömål. Stockholm: Miljömålsrådet; 2004b. Sveriges miljömål. Hämtad från <http://miljomal.nu/index.php>.

Millqvist E, Bende M. Reference values for acoustic rhinometry in subjects without nasal symptoms. *Am J Rhinol* 1998;12:341-3.

Millqvist E, Bengtsson U, Löwhagen O. Provocations with perfume in the eyes induce airway symptoms in patients with sensory hyperreactivity. *Allergy* 1999;54:495-9.

Millqvist E, Johansson Å, Bende M. Relationship of airway symptoms from chemicals to capsaicin cough sensitivity in atopic subjects. *Clin Exp Allerg* 2004;34:619-23.

Mlynski R, Grützenmacher S, Mlynski G. Acoustic rhinometry and paranasal sinuses: a systematic study in models, anatomic specimens, and in vivo. *Laryngoscope* 2005;115:837-43.

- Månsson L, Ziethén R, Lundgren B. Certifieringsregler för P-märkning av träbaserade skivor med avseende på formaldehydavgivning. Borås: Sveriges provnings- och forskningsinstitut; 1993. SP Rapport 1993:59.
- Mølhave L, Kjærsgaard SK, Hempel-Jørgensen A, Juto JE, Andersson K, Stridh G et al. The eye irritation and odor potencies of four terpenes which are major constituents of the emissions of VOCs from Nordic soft woods. *Indoor Air* 2000;10:315-8.
- Nielsen GD, Larsen ST, Clausen PA. Allergi og plastblødgørere. København: Arbejds-miljøinstituttet; 2000.
- Nilsson A, Kihlström E, Lagesson V, Wessén B, Szponar B, Larsson L et al. Microorganisms and volatile organic compounds in airborne dust from damp residences. *Indoor Air* 2004;14:74-82.
- Nordin S, Millqvist E, Löwhagen O, Bende M. A short chemical sensitivity scale for assessment of airway sensory hyperreactivity. *Int Arch Occupat Environ Health* 2004;77:249-54.
- Norlén U, Andersson K. Bostadsbeståndets inneklimat. Statens Institut för Byggnadsforskning; 1993. ELIB-rapport 7.
- Opiekun RE, Smeets M, Sulewski M, Rogers R, Prasad N, Vedula U et al. Assessment of ocular and nasal irritation in asthmatics resulting from fragrance exposure. *Clin Exp Allerg* 2003;33:1256-65.
- Ott WR, Roberts JW. Everyday exposure to toxic pollutants. *Sci Am* 1998:86-91.
- Pasanen AL, Korpi A, Kasanen JP, Pasanen P. Critical aspects on the significance of microbial volatile metabolites as indoor air pollutants. *Environ Int* 1998;24(7):703-12.
- Pearce T. Computational parallels between the biological olfactory pathway and its analogue "The Electronic Nose": Part I. Biological olfaction. *BioSystems* 1997a;41:43-67.
- Pearce T. Computational parallels between the biological olfactory pathway and its analogue "The Electronic Nose": Part II. Sensor-based machine olfaction. *BioSystems* 1997b;41:69-90.
- Polychlorinated biphenyls and terphenyls. 2 uppl. Geneva: World Health Organization; 1993. Environmental Health Criteria 140.
- Proposition 2000/2001:130 Svenska miljömål - delmål och åtgärdsstrategier.
- Proposition 2001/2002:128 Vissa inomhusmiljöfrågor.
- Proposition 2002/2003:35 Mål för folkhälsan.
- Ramalho O. Correspondences between olfactometry, analytical and electronic nose data for 10 indoor paints. *Analysis* 2000;28(3):207-15.
- Risholm-Sundman M. Ftalathalt i småhusområdet, Enebybergs Gård. Sverige: KemaNobel, Analyscentrum; 1981. Rapport 81/AC/0140.
- Risk assessment in relation to indoor air quality. Luxembourg: European Collaborative Action "Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure", Office for Official Publications of the European Communities; 2000. ECA 2000:22. EUR 19529 EN.
- Rumchev K, Spickett J, Bulsara M, Phillips M, Stick S. Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax* 2004;59:746-51.

Runeson R, Norbäck D. Associations among sick building syndrome, psychosocial factors, and personality traits. *Percept Motor Skills* 2005;100:747-59.

Saarela K, Tirkkonen T, Björkroth M, Kukkonen E, Seppänen O, Tuomainen M. Emission classification of building materials: protocol for chemical and sensory testing of building materials. Helsinki: The Building Information Foundation RTS (Rakennustietosäätiö RTS); 2002. Hämtad från [http:// www.rts.fi](http://www.rts.fi).

Saarela K, Tirkkonen T, Laine-Ylijoki J, Jurvelin J, Nieuwenhuijsen MJ, Jantunen M. Exposure of population and microenvironmental distributions of volatile organic compound concentrations in the EXPOLIS study. *Atmos Environ* 2003;37:5563-75.

Saarela K, Villberg K, Lukkarinen T. Emissions from materials and structures. *Materials, Design and Construction*. I: Seppänen O, Säteri J, red. Helsinki: SIY Indoor Air Information; 2000. *Healthy Buildings 2000*; 4:35-50.

Samuelsson I. Kriterier för sunda byggnader och material Karlskrona: Boverket; 1998. Dnr B6087-1686/96.

Seifert B, Mailahn W, Schultz C, Ullrich D. Seasonal variation of concentrations of volatile organic compounds in selected German homes. *Environ Int* 1989;15:397-408.

Sensory evaluation of indoor air quality. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality & its Impact on Man", Office for Official Publications of the European Communities; 1999. ECA 1999:20. EUR 18676 EN.

Shams Esfandabad, H. Odor and irritation detection of formaldehyde by human observers. Stockholm: Stockholm University, Department of Psychology; 1993. Report No 177.

Silver WL, Finger TE. The trigeminal system. I: Getchell TV, Bartoshuk LM, Doty RL, Snow Jr JB, red. *Smell and taste in health and disease*. New York: Raven Press; 1991 .s. 97-108.

Sköld M. Contact allergy to autoxidized fragrance terpenes. Göteborg: Göteborg University, Department of Chemistry; 2005.

SOU 2005:55 Bättre inomhusmiljö. Slutbetänkande av byggnadsmiljöutredningen.

Sundell J, Kukkonen E, Skåret E, Valbjörn O. Problem med inomhusklimatet. Utredningar, mätningar, åtgärder. Stockholm: Byggeforskningsrådet; 1997. Anslagsrapport A8: 1997.

Sunesson AL, Nilsson CA, Andersson B, Blomquist G. Volatile metabolites produced by two fungal species cultivated on building materials. *Ann Occupat Hyg* 1996;40:397-410.

Sunesson AL, Vaes WHJ, Nilsson CA, Blomquist G, Andersson B, Carlson R. Identification of volatile metabolites from five fungal species cultivated on two media. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61:2911-8.

Svedberg URA, Högberg JE, Högberg J, Galle B. Emission of hexanal and carbon monoxide from storage of wood pellets, a potential occupational and domestic health hazard. *Ann Occupat Hyg* 2004;48(4):339-49.

Tirkkonen T, Saarela K, Kukkonen E. Sensory evaluation method of building materials for labelling purposes. Espoo; 2004. VTT Research Notes 2262.

Toluene. Geneva: World Health Organization; 1986. *Environmental Health Criteria* 52.

Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. Luxembourg: European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man", Office for Official Publications of the European Communities; 1997. ECA 1997b:19. EUR 17675 EN.

van Gemert LJ. Compilations of odour threshold values in air and water. Huizen, the Netherlands: TNO Nutrition and Food Research, Boelens Aroma Chemical, Information Service (BACIS); 1999.

Venn AJ, Cooper M, Antoniak M, Laughlin C, Britton J, Lewis SA. Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children. *Thorax* 2003;58:955-60.

Ventilation for acceptable indoor air quality (ASHRAE Standard 62-1999). Atlanta, GA, USA: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 1999. s.1-27.

Weschler CJ, Brauer M, Koutrakis P. Indoor ozone and nitrogen dioxide: A potential pathway to the generation of nitrate radicals, dinitrogen pentaoxide, and nitric acid indoors. *Environ Sci Technol* 1992;26:179-84.

Weschler CJ. Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium. *Indoor Air* 2004;14 Suppl 7:184-94.

Weschler CJ. Ozone in indoor environments: Concentration and chemistry. *Indoor Air* 2000;10:269-88.

Victorin K. Risk assessment of carcinogenic air pollutants. Stockholm: Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet; 1998.

Wieslander G, Norbäck D, Björnsson E, Janson C, Boman G. Asthma and the indoor environment: the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces. *Int J of Occupational and Environ Health* 1997;69:115-24.

Wilke O, Jann O, Brödner D. VOC- and SVOC-emissions from adhesives, floor coverings and complete floor structures. *Indoor Air* 2004; 14 Suppl 8:98-107.

Wilkins CK, Wolkoff P, Clausen PA, Hammer M, Nielsen GD. Upper airway irritation of terpene/ozone oxidation products (TOPS). Dependence on reaction time, relative humidity and initial ozone concentration. *Toxicol Lett* 2003;143:109-14.

Wilkins K, Larsen K, Simkus M. Volatile metabolites from mold growth on building materials and synthetic media. *Chemosphere* 2000;41:437-46.

Virgin HI. Effects of di-n-butylphthalate on the chlorophyll formation in green plants. I: Berglund B, Lindvall T,

Sundell J, red. Sensory and Hyperreactivity Reactions to Sick Buildings. Stockholm: Swedish Council for Building Research; 1984. *Indoor Air* 1984;3:55-360.

Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK, Nielsen GD. Formation of strong airway irritants in terpene/ozone mixtures. *Indoor Air* 2000;10:82-91.

Wolkoff P, Nøjgaard JK, Troiano P, Piccoli B. Eye complaints in the office environment: precorneal tear film integrity influenced by eye blinking efficiency. *Occupat Environ Med* 2005;62:4-12.

Wolkoff P, Schneider T, Kildesø J, Degerth R, Jaroszewski M, Schunk H. Risk in cleaning: chemical and physical exposure. *Sci Tot Environ* 1998;215:135-56.

Wolkoff P, Skov P, Franck C, Pedersen LN. Eye irritation and environmental factors in the office environment-hypotheses, causes and a physiological model. *Scand J Work Environ Health* 2003;29(6):411-30.

Øie L, Hersoug LG, Øgaard Madsen J. Residential exposure to plasticizers and its possible role in the pathogenesis of asthma. *Environ Health Perspect* 1997;105(9):972-8.

Lästips

L. Rosell m.fl. Emissioner från nymålade ytor i en bostad. SVEFF-projektet ”Emissioner i vardagen”. Borås: Sveriges Provnings- och forskningsinstitut; 2002. SP Rapport 2002:19.

K. Andersson m.fl. Naturfärger. Identifiering av de flyktiga ämnen som avges när äggoljetempera torkar. Solna: Arbetslivsinstitutet; 1996. Arbetslivsrapport 1996:12.

H. Gustafsson. Kemiska emissioner från byggnadsmaterial – beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder. Borås: Sveriges Provnings- och forskningsinstitut; 1990. SP Rapport 1990:25.

Kemikalier i barns vardag. Solna: Kemikalieinspektionen; 2000, reviderad i dec 2002.

Golv – tillverkning, miljöegenskaper, skötsel. Solna: Kemikalieinspektionen; 2000.

Bygga för att förebygga, om cement, fogmassor, isolering och träskydd. Solna: Kemikalieinspektionen; 1999.

En nyans grönare – en studie av färg. Solna: Kemikalieinspektionen; 1996. Rapport 2/96.

Tillsatser i plast. Solna: Kemikalieinspektionen; 1995. Rapport 15/95.

Formaldehydavgivning från möbler och inredning, en litteraturstudie. Solna: Kemikalieinspektionen; 1988. Rapport 3/88.

Bygga och måla klokt, kemikalieråd till den händig. Solna: Kemikalieinspektionen.

Folksam Byggmiljöguide 2006 (databas).
2006-06-29 <http://www.folksam.se/ByggaRenovera/index.htm>

Länkar

Astma- och allergiförbundet, astmaoallergiforbundet.se

BASTA, byggsektorns avveckling av särskilt farliga ämnen.
www.bastaonline.se

Blå ängeln, www.blauer-engel.de

Boverket, www.boverket.se

Bra miljöval (Falken), Naturvårdsverket, www.snf.se/bmv/index.cfm

Byggabodialogen, www.byggabodialogen.se

Byggd miljö, nätverk, www.byggdmiljo.se

Byggsektorns kretsloppsråd, www.kretsloppsradet.com

Dansk Selskab for Indeklima, www.dsic.org

EU-blomman, www.blomman.nu

Folkhälsoinstitutet, www.fhi.se

IMM, Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet, hälsoriskbedömningar, www.imm.ki.se/riskweb/

Kemikalieinspektionen, www.kemi.se

MilaB, Miljöbedömning av byggvaror, www.milab.nu

Miljömålsportalen, Sveriges miljömål, www.miljomal.nu

Miljömärket Svanen, www.svanen.nu

Radonguiden, www.radon.se

Socialstyrelsen, www.socialstyrelsen.se

Tabeller ur "Air Quality Guidelines"

Följande tabeller är hämtade ur Världshälsoorganisationens bok "Air Quality Guidelines for Europe, second edition". Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series, No. 91, p#).

Table 2. Guideline values for individual substances based on effects other than cancer or odour/annoyance		
Substance	Time-weighted average	Averaging time
Cadmium	5 ng/m ^{3a}	annual
Carbon disulfide ^b	100 µg/m ³	24 hours
Carbon monoxide	100 mg/m ^{3 c}	15 minutes
	60 mg/m ^{3 c}	30 minutes
	30 mg/m ^{3 c}	1 hour
	10 mg/m ³	8 hours
1,2-Dichloroethane ^b	0.7 mg/m ³	24 hours
Dichloromethane	3 mg/m ³	24 hours
	0.45 mg/m ³	1 week
Fluoride ^d	-	-
Formaldehyde	0.1 mg/m ³	30 minutes
Hydrogen sulfide ^b	150 µg/m ³	24 hours
Lead	0.5 µg/m ³	annual
Manganese	0.15 µg/m ³	annual
Mercury	1 µg/m ³	annual
Nitrogen dioxide	200 µg/m ³	1 hour
	40 µg/m ³	annual
Ozone	120 µg/m ³	8 hours
Particulate matter ^e	Dose-response	-
Platinum ^f	-	-
PCBs ^g	-	-
PCDDs/PCDFs ^h	-	-
Styrene	0.26 mg/m ³	1 week
Sulfur dioxide	500 µg/m ³	10 minutes
	125 µg/m ³	24 hours
	50 µg/m ³	annual
Tetrachloroethylene	0.25 mg/m ³	annual
Toluene	0.26 mg/m ³	1 week
Vanadium ^b	1 µg/m ³	24 hours

- a) The guideline value is based on the prevention of a further increase of cadmium in agricultural soils, which is likely to increase the dietary intake.
- b) Not re-evaluated for the second edition of the guidelines.
- c) Exposure at these concentrations should be for no longer than the indicated times and should not be repeated within 8 hours.

- d) Because there is no evidence that atmospheric deposition of fluorides results in significant exposure through other routes than air, it was recognized that levels below $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which is needed to protect plants and livestock, will also sufficiently protect human health.
- e) The available information for short- and long-term exposure to PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ does not allow a judgement to be made regarding concentrations below which no effects would be expected. For this reason no guideline values have been recommended, but instead risk estimates have been provided (see Chapter 7, Part 3).
- f) It is unlikely that the general population, exposed to platinum concentrations in ambient air at least three orders of magnitude below occupational levels where effects were seen, may develop similar effects. No specific guideline value has therefore been recommended.
- g) No guideline value has been recommended for PCBs because inhalation constitutes only a small proportion (about 1-2%) of the daily intake from food.
- h) No guideline value has been recommended for PCDDs/PCDFs because inhalation constitutes only a small proportion (generally less than 5%) of the daily intake from food.

Table 3. Rationale and guideline values based on sensory effects or annoyance reactions, using an averaging time of 30 minutes

Substance	Detection threshold	Recognition threshold	Guideline value
Carbon disulfide ^a (index substance for viscose emissions)	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Hydrogen sulfide ^a	$0.2\text{-}2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0.6\text{-}6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyde	$0.03\text{-}0.6 \text{mg}/\text{m}^3$	-	$0.1 \text{mg}/\text{m}^3$
Styrene	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$210\text{-}280 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Tetrachloroethylene	$8 \text{mg}/\text{m}^3$	$24\text{-}32 \text{mg}/\text{m}^3$	$8 \text{mg}/\text{m}^3$
Toluene	$1 \text{mg}/\text{m}^3$	$10 \text{mg}/\text{m}^3$	$1 \text{mg}/\text{m}^3$

a) Not re-evaluated for the second edition of the guidelines.

Koncentrationer av luftföroreningar inomhus

Sammanställning av typiska koncentrationer i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (samt i mg/m^3 för CO) för några vanliga luftföroreningar inomhus i bostäder och kontor, utomhus samt personlig exponering för dessa, baserad på befolkningsstudier i olika städer i Europa (Kotzias, et al., 2005; se referenslistan för detaljer). Ämnena är indelade i alifatiska och aromatiska kolväten samt derivat av dessa som aldehyder, alkoholer och terpenier.

Ämne	In ¹	A ¹	Ut ¹	P ¹	Lukttröskel ²
Klassiska föroreningar					
CO	0,5-1	1	2	0.8-1.7	
NO ₂	13-62	27-36	24-61	25-43	185
Alifatiska kolväten					
Dekan	5-14	4-63	1-6	7-49	
Nonan	2-7	3-24	0,4-3	6-14	
Undekan	5-9	4-39	0,5-7	8-15	
Aromatiska kolväten					
Bensen	2-13	4-14	1-21	3-23	1200
Etylbensen	3-11	9-15	1-7	8-24	
Naftalen	1-90	2-8	1-4	2-46	7.5
Styren	1-6	3-7	1-2	1-5	230
Toluen	15-74	25-69	3-43	25-130	9400 ³
Trimetylbensener		18	19	14	12-27
m&p-Xylener	4-37	25-121	2-23	25-55	250-300
o-Xylen	2-12	7-29	1-8	8-15	250-300
Alkoholer					
2-Etyl-1-hexanol	2-7	3-6	2-3	3-5	1300
Fenol	0,8-26	0-4	1	8	
Glykoleter					
2-butoxyetanol	2-15	10-19	0,7	7	
Aldehyder					
Acetaldehyd	10	3	2	8	25
Formaldehyd	7-79	12	3	21	35
Propionaldehyd	1	0,5	0,1	1	
Ketoner					
Aceton	31	7	2	24	
Metyletylketon	1	0,5	0,3	1	
Terpenier					
α -Pinen	11-23	1-17	1-7	7-18	3900
Limonen	6-83	11-23	5-9	19-56	2450
3-Karen	2-8	0,5-3	2-4	2-10	
Halogener					

Tetrakloretylen	1-13	1-8	0,7-13	1-8	
Triklöretylen	1-89	2-8	0,6-10	1-11	
Andra ämnen					
NH ₃	15-51 ⁴	-	-	-	1000

¹ In, A, Ut, P = Inomhus, arbetsmiljö, utomhus och personlig exponering

² Standardiserade luktrösklar givna som minimumkoncentrationer (Devos, et al. 1990)

³ Källa (WHO, 1986)

⁴ Ej baserat på representativa studier