

God inomhusmiljö

Per-Erik Nilsson





EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan staten och näringslivet med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
- Borlänge Energi AB
- Borås Energi AB
- Byggeforskningsrådet
- Energibolaget i Norden AB
- Falu Energi AB
- Gränings Kalmar Energi AB
- Göteborg Energi AB
- Helsingborgs Energi AB
- Jämtkraft AB
- Karlstads Energi AB
- Mälars Energi AB
- Skellefteå Kraft AB
- SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Statens Energimyndighet
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Sydkraft AB
- Umeå Energi AB
- Uppsala Energi AB
- Vattenfall AB


Förord:

"Information om faktorer som påverkar inomhusklimatet i byggnader kan återfinnas på många olika ställen i litteraturen. Sammanställningar som direkt och kortfattat ger en sammantagen beskrivning av dessa faktorer är svårare att finna. Denna skrift är framtagen just med syftet att utgöra en sådan sammanställning. Självfallet blir det så att en skrift av detta format inte kan vara heltäckande vare sig vad gäller bredd eller djup i beskrivningen av faktorerna.

För att hjälpa de läsare som av någon anledning behöver mera detaljerad information om en eller flera av de faktorer som diskuteras, finns en relativt fyllig referenslista. Av de diskuterade faktorerna har särskild vikt lagts på termiskt klimat och luftkvalitet".

Per-Erik Nilsson, CIT Energy Management AB

Innehåll:

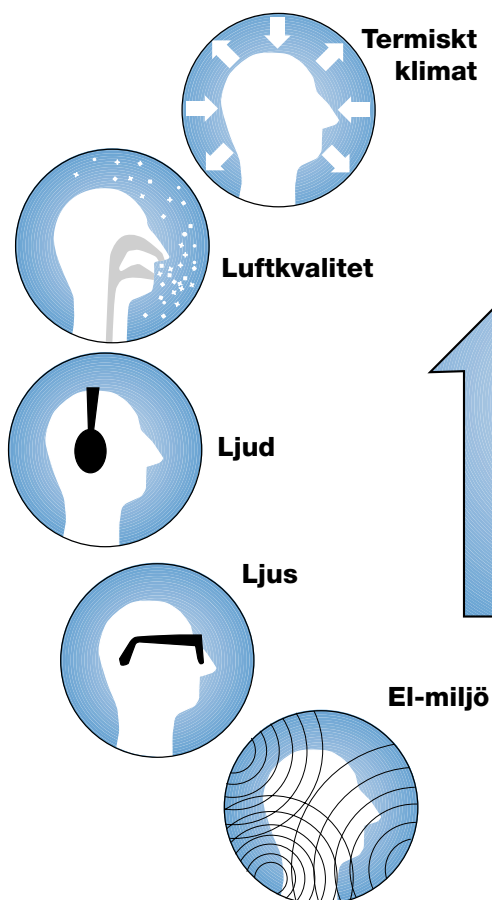
Vad är inomhusmiljö?		4
Termiskt klimat		6
Luftkvalitet		8
Ljud		12
Ljus		14
Referenser		15

Vad är inomhusmiljö?

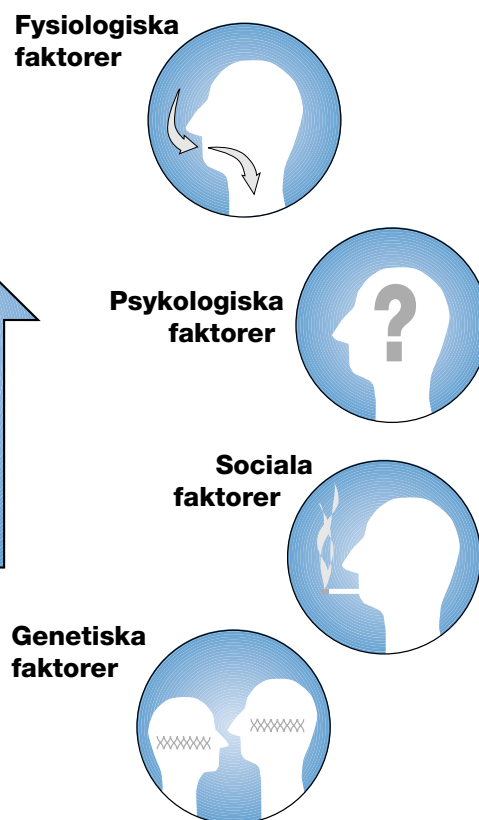
Människans upplevelse av inomhusmiljön beror på en rad olika, ofta samverkande faktorer. Som figur 1 visar finns det en rad viktiga faktorer av teknisk karaktär (t ex ljud-, ljus- och elmiljö). Förutom dessa fysiska faktorer spelar också psykologiska och sociala faktorer roll för upplevelsen av inomhusmiljön. Exempelvis kan det vara viktigt att brukarna i en byggnad känner att de har en möjlighet att påverka inomhusklimatet, t ex genom fönstervädring.

På arbetsplatser kan också relationer mellan människor och verksamhetens art inverka på hur människor värderar miljön. Även genetiska förutsättningar kan antas vara av betydelse för hur inomhusmiljön upplevs.

Fysisk miljö



Faktorer kopplade till individen



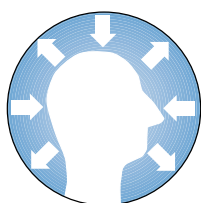
Figur 1
Faktorer som kan påverka människans upplevelse av inomhusmiljön.

Utformning av byggnader och installationer

Utformningen av byggnader och installationer styrs av grundläggande krav från myndigheter och önskemål från de människor som skall använda byggnaden. Vilka krav som ställs beror på vad byggnaden skall användas till. Det är viktigt att kraven formuleras så att de i en projekteringsprocess kan ligga till grund för tekniska lösningar.

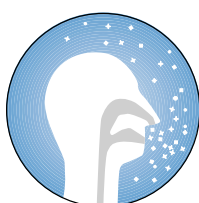
Figur 2
Exempel på mätbara storheter som påverkar människans upplevelse av inomhusmiljön.

För att det skall vara möjligt att kontrollera att de krav som ställts på den fysiska inomhusmiljön är uppfyllda är det nödvändigt att uttrycka dessa i mätbara storheter. Till exempel kan krav ställas på inomhusluftens temperatur genom att man anger hur stor andel av tiden (t ex timmar per år) man kan acceptera att en viss temperatur överskrids. Vidare kan krav på inomhusluftens kvalitet ställas i form av högsta tillåtna koncentrationer av luftburna föroreningar. Figur 2 ger exempel på sådana mätbara storheter.



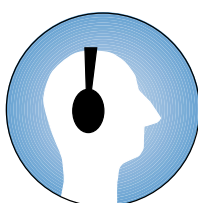
Termiskt klimat

Temperatur och luft-hastighet



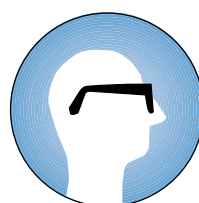
Luftkvalitet

Koncentrationer av gaser och partiklar



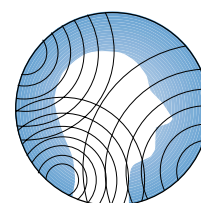
Ljud

Nivå, frekvens och efterklangstid



Ljus

Styrka, kontrast och färger

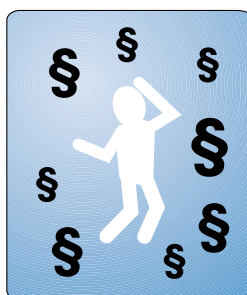


EI-miljö

Elektromagnetiska fält

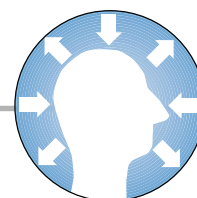
Myndighetskrav

Myndigheternas krav beträffande inomhusmiljön är ofta allmänt formulerade och speciellt när det gäller luftburna föroreningar existerar endast undantagsvis fastställda kravnivåer. Det beror inte på att de faktorer som inte omfattas av myndighetskraven är oviktiga ur hälsosynpunkt, utan på att kunskapen om dessa faktorerers betydelse är otillräcklig. De riktlinjer avseende inomhusmiljön som publicerats av olika intresse- och branschorganisationer baseras på den kunskap som framkommit under åren. Man kan dock konstatera att åtskilligt forskningsarbete återstår innan några heltäckande riktlinjer kan fastställas.



I denna skrift behandlas framför allt de klimatfaktorer som kan påverkas med de tekniska installationerna, dvs termisk komfort, luftkvalitet, ljud och ljus. Särskild vikt har lagts på de två förstnämnda.

Termiskt klimat



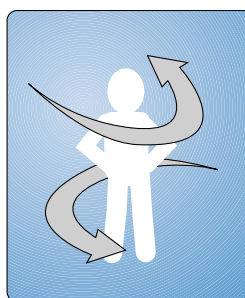
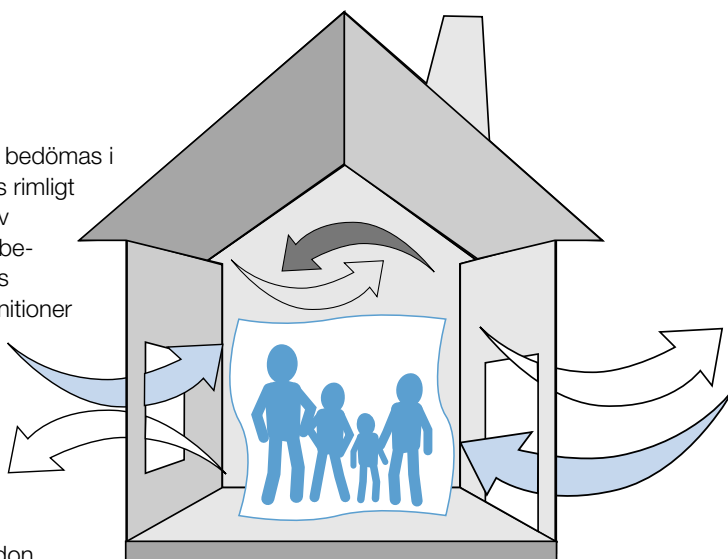
Värmeutbytet mellan en människa och hennes omgivning beror främst på luftens temperatur, luftens rörelser och strålning från ytor (t ex kalla fönsterytor), samt personens aktivitetsnivå och klädernas värmeisolerande effekt. En av flera viktiga parametrar i detta sammanhang är den sk riktade operativa temperaturen, vilken är en sammanvägning av luftens temperatur och den riktade medelstrålningstemperaturen mot omgivande ytor.

Termisk komfort

Även om den operativa temperaturen är optimal ur komfortsynpunkt och det inte förekommer några störande luft-rörelser, kan dock aldrig en och samma miljö förväntas tillfredsställa alla i en grupp bestående av flera personer. Man har visat att ca 5% av personerna i en population kan förväntas vara missnöjda med den termiska komforten, även vid termiska förhållanden som förefaller vara optimala. Möjligheten till individuell styrning av det termiska klimatet anses därför ofta vara av stort värde. Lokala problem kan uppstå t ex i form av en lokal avkyllning av någon kroppsdel på grund av strålning eller drag. Det bör här påpekas att risken för upplevelse av drag ökar med sjunkande lufttemperatur och ökande luftrörelser (förutom luftens hastighet också hastighetens fluktuationer). Andra problem av denna art kan orsakas av allt för kalla golv eller för stora vertikala temperaturgradienter. Brister i den termiska komforten ger inte bara upphov till obehag och missnöje, de kan också leda till nedsatt prestationsförmåga och produktivitet.

Vistelsezonen

När den termiska komforten skall bedömas i ett rum kan det i många fall anses rimligt att endast ta hänsyn till den del av rummet som används. Ett viktigt begrepp i sammanhanget är således vistelsezonen. Det finns olika definitioner av vistelsezonen [4, 5], vilka dock inte berörs vidare här. Det bör emellertid framhållas att den, med hänsyn till termisk komfort, användbara delen av ett rum kan komma att begränsas beroende t ex på utformningen och placeringen av tilluftsdon.



Drag

Utöver ovan berörda klimatparametrar används ytterligare några begrepp för att beskriva det termiska klimatet. Exempelvis om luftens hastighet överstiger ca 0,15 m/s ökar risken markant för obehag i form av upplevelse av drag. En parameter som tar hänsyn till detta är den sk ekvi-

valenta temperaturen, vilken beräknas som summan av den operativa temperaturen och en hastighetsberoende term. Det har visat sig att denna korrigeringsterm (i °C) är av storleksordningen 8 gånger lufthastigheten då denna räknas i m/s [6].

För att ta hänsyn till risken för dragupplevelse kan man även använda det sk PD-indexet. PD står i detta fall för engelskans "Percentage Dissatisfied" och indexet är tänkt att spegla hur stor andel personer i en större grupp som kan förväntas uppleva obehag i form av drag. I den internationella standarden ISO 7730 [7] har PD-indexet givits beteckningen DR (Draught Risk) och standarden anger hur indexet kan beräknas utifrån luftens temperatur, hastighet och hastighetens fluktuationer.



Luftfuktighet

Luftfuktighetens inverkan på klimatupplevelsen kan anses relativt välkänd. Mera oklart är däremot vilka hälsoeffekter luftfuktigheten kan ge upphov till, och då framförallt effekterna av mycket låg luftfuktighet. Flera undersökningar har visat att besvär som uppfattats bero på torr

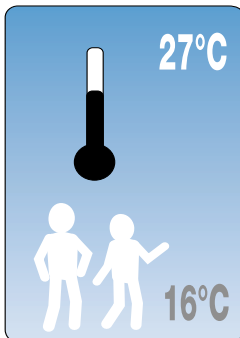
luft i många fall haft andra förklaringar. Å andra sidan finns det exempelvis undersökningar som tyder på att antalet luftvägsinfektioner har reducerats när man vintertid har uppfuktat inomhusluften. Att minska halten luftburet damm eller minska risken för elektrostatiska urladdningar kan också vara skäl till att hålla uppe inomhusluftens fuktighet.

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

Krav och riktlinjer för termiskt klimat

Boverkets Byggregler [10] anger att byggnader som innehåller bostäder, arbetslokaler eller likvärdiga utrymmen, där personer vistas mer än tillfälligt, skall utformas så att ett tillfredsställande termiskt inomhusklimat kan erhållas.

De mer konkret formulerade råden som ges i samma skrift säger bl a att den riktade operativa temperaturen i vistelse-



zonen skall kunna beräknas till 18°C i bostads- och arbetsrum och till 20°C bl a i vårdlokaler och daghem. Yttertemperaturen på golv skall kunna beräknas bli högst 27°C och lägst 16°C (dock lägst 18°C i hygienrum och lägst 20°C i lokaler avsedda för barn). Vidare bör enligt byggreglernas råd luftfuktigheten i vistelsezonen inte överstiga 0,15 m/s.

VVS Tekniska Föreningen har publicerat riktlinjer för det termiska inomhusklimatet. I dessa har man möjlighet att välja olika nivåer på den termiska komforten, i form av fyra olika klimatklasser [1]. Som framgår av tabell 1 omfattar tre av klimatklasserna mer eller mindre snäva intervall för en rad termiska klimatparametrar. Den fjärde klimatklassen (TQX) har inte definierats på förhand, utan är tänkt att från fall till fall kunna anpassas till den aktuella verksamheten.

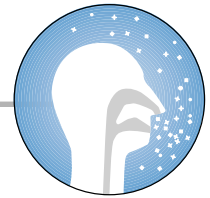
VVS Tekniska Föreningens riktlinjer ansluter till den internationella standarden ISO 7730 genom att det sk PPD-indexet (Predicted Percentage Dissatisfied) används. Klimatklassen TQ1 är tänkt att motsvara ett PPD-index lägre än 10% vilket alltså betyder att maximalt 10% av de som vistas i lokalen förväntas vara missnöjda med det termiska klimatet. Klimatklasserna TQ2 och TQ3 motsvarar PPD-index på 10% respektive 20%. Utöver den internationella standarden ISO 7730 finns också exempelvis den amerikanska standarden ANSI/ASHRAE 55-1992 [5].

Inneklimatfaktor	Faktorvärde i kvalitetsklass			
	TQ1	TQ2	TQ3	TQX
<i>Operativ temperatur (to)</i>				
Vinterfall				
- högsta värde °C	23	24	26	Enl. spec.
- optimalvärde °C	22	22	22	"
- lägsta värde °C	21	20	18	"
Sommarfall				
- högsta värde °C	25.5	26	27	Enl. spec.
- optimalvärde °C	24.5	24.5	24.5	"
- lägsta värde °C	23.5	23	22	"
<i>Luftfuktighet inom vistelsezon</i>				
- vinterfall m/s	0.15	0.15	0.15 (0.25)	"
- sommarfall m/s	0.20	0.25	0.40	"
<i>Vertikal temperaturdiff. sommar-/vinterfall °C</i>	2.5	3.0 (3.5)	3.0 (4.5)	Enl. spec. "
<i>Strålningstemp assymetri mot varmt tak K mot kall vägg (fönster) K</i>	4 8	5 10	7 12	Enl. spec. "
<i>Temperaturändringshastighet °C/h</i>	-	-	-	-
<i>Luftfuktighet</i>	-	-	-	-
<i>Golvtemperatur</i>				
högsta värde °C	26	26	(32)	Enl. spec.
lägsta värde °C	22	19	16	"
Enl BFS 1988:18				
- högsta värde °C	27	27	27	"
- lägsta värde °C	16	16	16	"
- optimalvärde °C	24	24	24	"
<i>Temperaturregleringsamplitud °C</i>	±2	(±1)		"

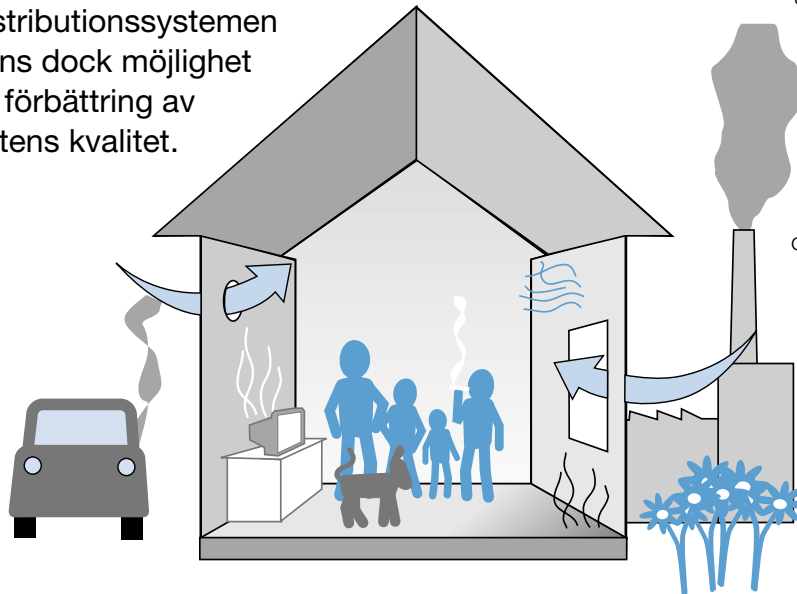
Tabell 1

Exempel på kravnivåer för termiska parametrar [1]. Klimatklass TQ1 är tänkt att ge högst 10% missnöjda, medan klimatklass TQ2 skall motsvara 10% missnöjda och klimatklass TQ3 20%.

Luftkvalitet



Inomhusluftens innehåll av förorenande ämnen är starkt beroende av tilluftens renhet, vilket i sin tur innebär att föroreningshalterna i utomhusluften kan vara av avgörande betydelse för inomhusmiljön. Under transporten genom luftbehandlings- och luftdistributionssystemen finns dock möjlighet till förbättring av luftens kvalitet.

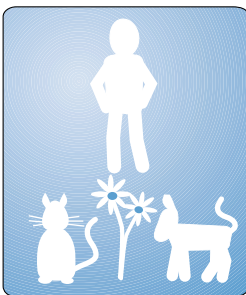


Föroreningar

Många av de föroreningar som finns i inomhusluften alstras dock inomhus. Som figur 3 visar kan dessa föroreningar ha flera olika ursprung. Bland annat kan byggnads- och inredningsmaterial avge en rad olika organiska ämnen. Stora framsteg har emellertid gjorts under de senaste tio åren, och forskningen på området har lett till en utveckling av lågemitterande bygg- och inredningsmaterial.

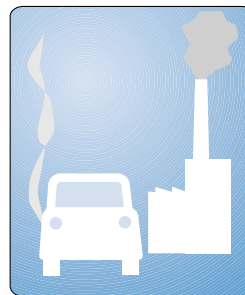
Figur 3
Exempel på källor till luftburna föroreningar inomhus.

Luftkvalitetens betydelse för hälsa och välbefinnande



Vissa av de föroreningar som återfinns i inomhusluften kan orsaka obehag i form av störande lukter. En rad ämnen är allergiframkallande, medan andra ämnen kan vara irriterande för människans slemhinnor. I vissa fall kan luften också innehålla ämnen som har en direkt giftig verkan.

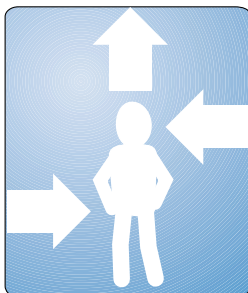
Allt fler medicinska observationer tyder på att luftburet damm har stor betydelse för människors hälsa och välbefinnande, även i icke industriella miljöer. Allergiframkallande ämnen t ex i form av pollenallergen och allergen från husdjur utgör idag ett allt mer uppmärksammat problem för den stora grupp människor som lider av luftvägsallergier.



Vidare har exponeringsförsök i testkammare visat att luftburet damm kan ge hälsomässiga effekter, även hos friska, icke allergiska personer. Små partiklar med ursprung i fordonstrafik kan också utgöra en risk för ohälsa inomhus om dessa ämnen inte effektivt filtreras bort från den ventilationsluft som tillförs byggnader belägna nära hårt trafikerade gator.

Under de senaste årtiondena har förekomsten av allergier och annan överkänslighet ökat i stora delar av världen, och det finns belägg för att inomhusmiljön är av stor vikt i detta sammanhang. Ungefär 1/3 av barnen i Sverige har eller har haft någon form av allergisk sjukdom och risken för uppkomst av allergi förefaller vara störst under de tidiga levnadsåren. Det anses därför vara speciellt angeläget att säkerställa en god miljö där barn vistas, t ex i daghem, skolor och bostäder.

Ventilation och föroreningshalter

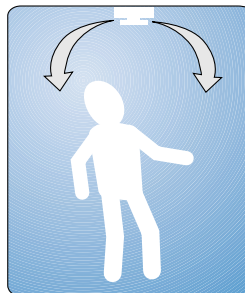


Ventilation

Begreppet ventilation innebär att det sker ett utbyte av luft i ett utrymme. Om ventilationssystemet i en byggnad arrangeras på lämpligt sätt kan den användas för två huvudsyften, nämligen: 1) borttransport av luftföroreningar, och 2) temperaturhållning (t ex bort-

transport av värmeöverskott). I t ex bostäder och ofta även i laboratorielokaler är det de hygieniska kraven som är dimensionerande för uteluftsflödets storlek, medan det exempelvis i kontor istället kan vara kraven på termisk komfort som är dimensionerande. Om kylbehovet täcks genom separata system, till exempel då kyltak används, kan dock de hygieniska kraven vara dimensionerande även i kontor.

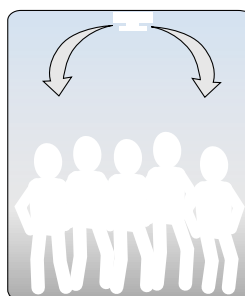
I samband med uppförandet av byggnader speciellt anpassade för allergiker ställs ofta krav på större uteluftsflöden än vad som annars är praxis. Vidare installeras ofta luftfilter av högre klass än vad som annars används, och installation av gasadsorptionsfilter kan göras för att minska belastningen av avgaser och andra gasformiga luftföroreningar utifrån. Ofta lägger man också stor omsorg vid valet av bygg- och inredningsmaterial, med avsikten att minimera den avgivning av organiska ämnen som kan förväntas från dessa material. Andra åtgärder som brukar anses som betydelsefulla i byggnader speciellt anpassade för allergiker är särskilt omsorgsfull städning av lokalerna, samt väl genomtänkta och fungerande rutiner för drift och underhåll av de tekniska systemen. Ovanstående punkter förefaller viktiga i alla typer av byggnader, inte bara sådana som anpassats för allergiker.



Ventilationssystem

Genom att ventilationssystemen utformas på ett sådant sätt att de aktuella lokalerna effektivt ventileras, kan koncentrationerna av gaser och partiklar hållas på en så låg nivå att olägenheter undviks. Vid korrekt utformning och lämplig placering av tilluftsdon, i kombination med en

lämplig temperatur på tilluften, kan man undvika risken för lokalt förhöjda föroreningskoncentrationer på grund av kortslutningseffekter. En förutsättning för att det skall vara praktiskt möjligt att ventilerar ett rum så att en god luftkvalitet erhålls är att de interna föroreningskällornas styrka inte är allt för stor. En orimligt kraftig föroreningsgenerering leder till orimligt stora luftflöden, vilket i sin tur kan leda till olägenheter i form av störande lufthastigheter och hög energiförbrukning.



Luftkvalitet

Luftens kvalitet inomhus, d v s inomhusluftens innehåll av förorenande ämnen bestäms alltså av tilluftens renhet, förekomsten, styrkan och arten av interna föroreningskällor i byggnaden samt luftflödets storlek och ventilationens effektivitet. Otillfredsställande kvalitet på luften

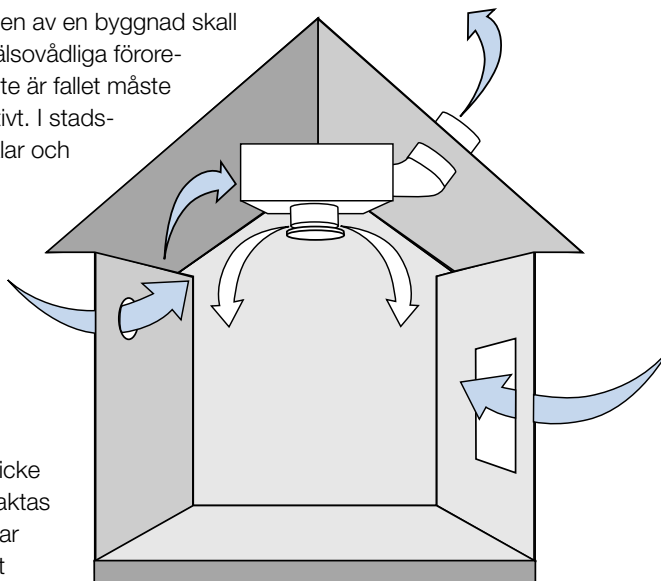
inomhus kan följaktligen bero antingen på att föroreningsbelastningen är för hög, eller på att ventilationssystemet inte har korrekt funktion. Det kan till exempel vara så att luftflödena är korrekta och att ventilationssystemen också i övrigt fungerar som tänkt, men att verksamheten i lokalen ändrats efter projekteringen på ett sådant sätt att föroreningsbelastningen ökat. Det förefaller naturligt att t ex en permanent ökning av antalet personer inte skall företas utan att hänsyn tas till ett eventuellt behov av högre luftflöden. Felaktig hantering av byggmaterial, bristande underhåll av byggnader samt fuktskador på byggnadsdelar är andra exempel på orsaker till orimligt hög föroreningsbelastning inomhus.

Ett missnöje med inomhusluftens kvalitet kan alltså inte utan vidare uttryckas som att "ventilationen är dålig". Ett konstaterande att ventilationen i en lokal är dålig måste baseras på en jämförelse mellan ventilationssystemets verkliga funktion och den projekterade funktionen.

Rening av ventilationsluft

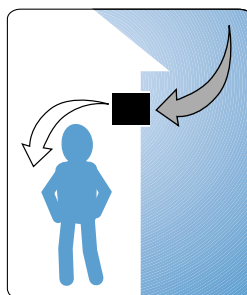
En förutsättning för att ventilationen av en byggnad skall ge önskat resultat är att halten hälsovådliga föroreningar i uteluften är låg. Om så inte är fallet måste den tillförda uteluften renas effektivt. I stadsmiljö förefaller i första hand partiklar och sådana gaser som kolmonoxid, kvävedioxid, svaveldioxid och ett antal kolväten utgöra risker för hälsoproblem. Bland de senare bör man speciellt observera de polycykliska aromatiska kolvätena.

Det ställs idag inte några krav på halterna av partiklar och damm i icke industriella byggnader. Därför beaktas inomhusluftens innehåll av partiklar vanligtvis inte på annat sätt än att man, där det är aktuellt med mekanisk tillufts- och frånluftsventilation, mer eller mindre schablonmässigt väljer en viss typ av *partikelfilter* för filtrering av tilluften. I byggnader som ventileras genom självdrag eller frånluftsventilation bortser man dock ofta helt från behovet av luftfiltrering.



För rening av luft med avseende på gasformiga föroreningar finns idag även *gas-adsorptionsfilter* tillgängliga.

Gasrening av ventilationsluft förekommer emellertid endast sällan i dagens luftbehandlingssystem i bostäder, kontor och andra lokaler. Det är dock tekniskt sett relativt enkelt att skilja av flertalet kolväten i adsorptionsfilter, varvid filter med aktivt kol som adsorptionsmaterial hittills varit vanligast.



Idag finns även effektiva *rumsluftsrenare* tillgängliga. Genom att välja tillräckligt stor kapacitet för sådana luftrenare (tillräckligt antal renare) i förhållande till de aktuella ventilationsflödena

kan man åstadkomma en betydande reduktion av partikelhalterna inomhus, oavsett om partiklarna ursprungligen alstrats inomhus eller utomhus. Rumsluftsrenare kan också förses med gasadsorptionsfilter. Tekniken ger möjlighet att reducera halterna av luftburna föroreningar också i byggnader där filtrering av tilluften saknas, d v s i byggnader ventilerade genom självdrag eller frånluftsventilation. Det bör här poängteras att även om en luftrenare uppvisar nära 100% avskilningsgrad så har den endast liten effekt på föroreningshalten i ett rum om inte luftflödet genom luftrenaren är tillräckligt stort.

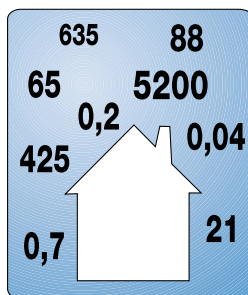
Krav och riktlinjer för luftkvalitet

Boverkets byggregler [10] gäller vid ny- och ombyggnation och anger att luftkvaliteten i byggnader skall vara tillfredsställande med hänsyn till allmänna hygienkrav, och att krav på inomhusluftens kvalitet skall ställas med beaktande av den verksamhet som avses bedrivas i rummen.

Enligt byggreglerna gäller ett generellt krav på att rum skall ha kontinuerlig ventilation motsvarande ett lägsta uteluftsflöde om 0,35 l/s, m² golvarea när rummet används. Vidare rekommenderas för sovrum ett lägsta uteluftsflöde på 4,0 l/s och sovplats, och för samlingslokaler, butikslokaler o.d. 7,0 l/s och person. Utöver dessa krav och råd avseende uteluftsflödets storlek ger byggreglerna rekommendationer för lägsta frånluftsflöde för olika typer av utrymmen. Angreppssättet är här alltså att föreskriva luftflöden som ger en liten risk för att luftkvalitetsproblem skall uppstå.

När det gäller tilluftens kvalitet hänvisas till de riktvärden som publicerats av Statens Naturvårdsverk avseende uteluftsens föroreningsinnehåll [14]. Vidare ställer byggreglerna krav på att inomhusluftens halt av radongas maximalt får uppgå till 200 Bq/m³ räknat som årmedelvärde i rum där personer vistas mer än tillfälligt. I övrigt ställer byggreglerna inga krav på högsta tillåtna halter av luftföroreningar inomhus.

För befintliga byggnader i drift gäller krav ställda av arbetskyddsstyrelsen och socialstyrelsen. För bostäder ges rådet att det specifika luftflödet inte bör understiga 0,5 rumsvolymer per timma, och att uteluftsflödet inte bör understiga 0,35 l/s och m² golvarea eller 4 l/s och person [21]. För arbetslokaler, skolor och lokaler för barnomsorg ges rådet att uteluftsflödet inte bör understiga 7 l/s och person vid stillasittande sysselsättning, och att ett tillägg om 0,35 l/s m² golvarea dessutom bör göras [21, 17]. Vidare anger myndigheterna att halten radongas maximalt kan tillåtas uppgå till 400 Bq/m³ [22].



Till och med år 1999 angav socialstyrelsen dessutom att formaldehydhalter i inomhusluften över 0,2 ppm och kolmonoxidhalter över 2 ppm (orsakad av tobaksrökning) skulle kunna vara skäl att klassa inomhusmiljön som sanitär olägenhet [15, 16]. Dessa båda krav har tagits bort och beträffande halten formaldehyd hänvisar man istället till de strängare riktlinjer som formulerats av världshälsoorganisationen, WHO. I Sverige har dessa riktlinjer inarbetats i VVS

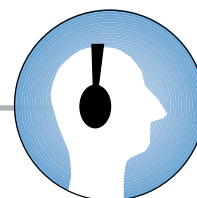
Tekniska Föreningens publikation "Klassindelade inneklimatsystem" [1], se nedan. Vidare anses ett krav avseende kolmonoxid till följd av tobaksrökning överflödigt med tanke på de restriktioner som ges av den nya tobakslagen.

Både arbetskyddsstyrelsen och socialstyrelsen anger att en koldioxidhalt överstigande 1000 ppm indikerar att luftkvaliteten inte är tillfredsställande och att ventilationsflödet är otillräckligt. Det bör i detta sammanhang framhållas att koldioxid i sig inte utgör någon hälsorisk vid de halter som

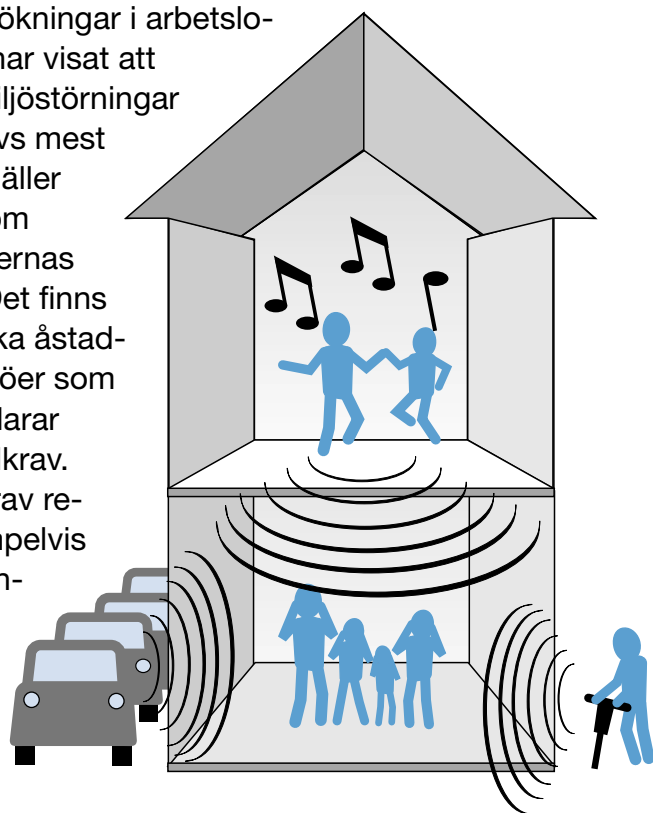
normalt uppkommer, ens i lokaler med låga luftflöden och hög personbelastning. Koldioxid används istället som en indikator för andra föroreningar som alstras av människors aktivitet. Det är här fråga om både partikelformiga föroreningar och föroreningar i gasfas, av vilka flera är förknippade med störande lukter. En intressant iakttagelse är att det krävs ett uteluftsflöde på ca 7-8 l/s och person för att hålla koldioxidhalten vid 1000 ppm, alltså råder det en god överensstämmelse mellan det angivna kravet på koldioxidhalt och byggreglernas rekommendation på 7 l/s och person i samlingsalar o.d.

Utöver de ovan berörda myndighetskraven finns i Sverige rekommendationer för luftens renhet. Exempelvis har VVS Tekniska Föreningen publicerat riktlinjer, där man på motsvarande sätt som för termiskt klimat ges möjlighet att välja mellan tre olika luftkvalitetsklasser [1]. Varje luftkvalitetsklass innebär olika maximala halter av ett större antal föroreningar än vad som omfattas av de svenska myndighetskraven för icke industriella lokaler. Bl a ges rekommendationer avseende högsta godtagbara halter av kvävedioxid, ozon, damm och formaldehyd.

Ljud



Många enkätundersökningar i arbetslokaler och bostäder har visat att buller är en av de miljöstörningar inomhus som upplevs mest besvärande. Detta gäller även i byggnader som uppfyller myndigheternas krav på ljudmiljön. Det finns därför skäl att försöka åstadkomma inomhusmiljöer som med god marginal klarar myndigheternas ljudkrav. Sådana strängare krav rekommenderas exempelvis i VVS Tekniska Föreningens riktlinjer [1].



I byggnormen , BBR 99 [10], ges föreskrifter och allmänna råd om hur byggnader skall utformas så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas. Bl a anges krav på ljudisolering och krav på högsta tillåtna ljudtrycksnivå från installationer. För lokaler anges exempelvis att ljudtrycksnivån från installationer inom och utom vårdlokaler, fritidshem, daghem o. d. samt undervisningsrum i skolor inte får överstiga de i nedanstående tabell angivna värdena. För buller i arbetslokaler ges föreskrifter och allmänna råd av arbetarskyddsstyrelsen i AFS 1992:10 [23]. För bostäder och undervisningslokaler ges allmänna råd av socialstyrelsen [24]. Denna skrift utgör en rätt omfattande kunskapssammanställning och ger råd beträffande acceptabla ljudnivåer för såväl A-vägt ljud som lågfrekvent buller.



I vad mån människor exponeras för buller beror i hög grad på utformningen av den byggda miljön. Det gäller att minimera det oönskade bullret men även att se till att önskat

ljud i t ex klassrum och samlingslokaler hörs så bra som möjligt. Några för installationstekniker och byggnadstekniker viktiga begrepp inom akustiken behandlas nedan. Framställningen är till stora delar i överensstämmelse med den information som ges i ett kompendium från institutionen för Teknisk akustik, CTH [18].

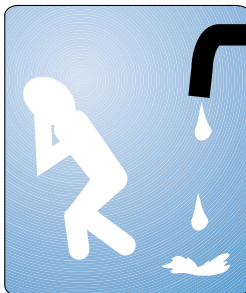
Byggnadsdel	Högsta tillåtna ljudtrycksnivå (dB)
Rum avsett för sömn och vila samt rum avsett för undervisning i skolor	
-Ljud med lång varaktighet, LpA	30
-Ljud med kort varaktighet, LpAFmax	35

Tabell 2
Högsta tillåtna ljudtrycksnivå från installationer enligt BBR99 [10].

Störningsbegrepp

Buller definieras ofta som ej önskvärt ljud. Redan i definitionen antyds att störningen på grund av buller kan ha en subjektiv aspekt. Ett visst ljud kan för en person vara njutbart medan en annan upplever det som buller. Som exempel kan nämnas olika slags musik.

Störningen på grund av ljud måste inte nödvändigtvis vara kopplad till höga ljudnivåer. Ljud som normalt maskeras av andra ljud, och därför inte hörs, kan vid vissa tillfällen framträda klart och tydligt. Det kan t ex gälla en droppande kran eller tickandet från en klocka. Lågfrekvent buller från fläktanläggningar, ofta med tonal karaktär, kan uppfattas som mycket störande även om nivån är mycket låg. Även sådant buller kan ha en negativ effekt på människors psyke och hälsa.



Buller är alltid störande vid samtal och försämrar taluppfattbarheten. För att bevara denna höjer vanligen talaren sin röststyrka med upp till 10 dB över bakgrundsnyvån, som en omedveten handling. Lyssnare med nedsatt hörsel behöver ännu större höjning. Röststyrkans ljudtrycksnivå är i tyst miljö cirka 60 dB på en meters avstånd. När man ropar uppnår man maximalt en ljudtrycksnivå på ca 85 dB. I bullrande miljö bestäms taluppfattbarhetens kvalitet av flera faktorer.

De viktigaste faktorerna är:

- bullrets karaktär (ljudtrycksnivå, frekvensinnehåll),
- avstånd mellan talare och lyssnare,
- rummets egenskaper (dämpning, reflekterande ytor m m),
- talets karaktär (talarens röststyrka, talhastighet, artikulation m m).

Byggnader skall dimensioneras och utformas med hänsyn till förekommande bullerkällor och så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas. Hur dyrt det blir att ta bort buller beror i mycket hög grad av när man angriper problemen. Eftersom det är dyrt att i efterhand eliminera bullerföroreningar men billigt om man gör rätt från början krävs därför ett långsiktigt arbete i samband med förnyelse av den byggda miljön om man skall nå en allmän bullerminskning till överkomliga kostnader.

Ljudkvalitet

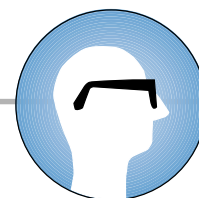
Störningen kan ses som en negativ ljudkvalitet. Det är självklart att målsättningen under planeringen av byggnader och installationer måste vara att undvika en negativ ljudkvalitet, men en bra byggnad utmärker sig genom en positiv ljudkvalitet som är anpassad till byggnadens ändamål. Med bra ljudkvalitet menas egenskaper som stöder byggnadens funktion. Ett sammanträdesrum ska vara så utformat att det inbjuder till en öppen och angenäm diskussion och en föreläsningssal måste uppfylla bestämda kriterier.



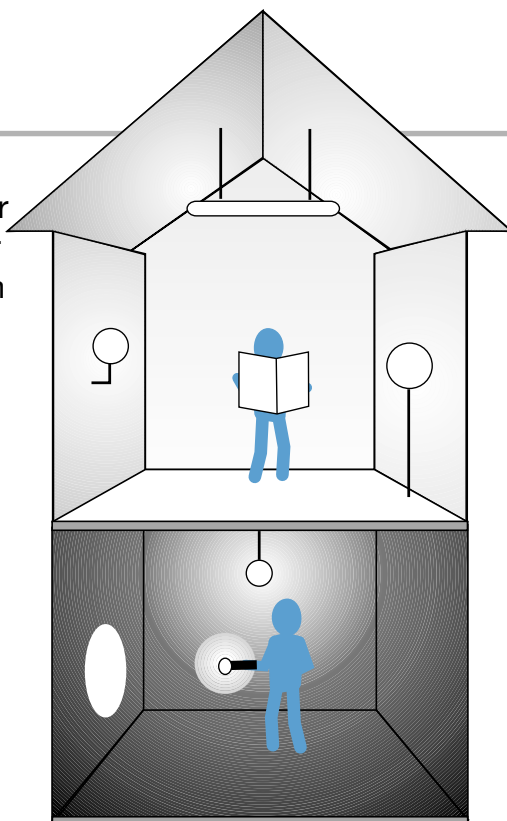
Det är fortfarande svårt att definiera ljudkvalitet i fysikaliska parametrar, men det är viktigt att vara medveten om målet att skapa bra ljudkvalitet och inte bara undvika störningar. Känner vi ljud-effekten som t ex en fläkt alstrar så är detta inte tillräcklig för att säga hur bullrigt det blir i ett rum. För att karakterisera ljudfältet i ett rum måste vi också ta hänsyn till rummets egenskaper. En av dess viktigaste egenskaper är efterklangstiden. Efterklangstiden är ett indirekt mått på dämpningen i rummet och är enkel att mäta.

Man mäter ljudtrycksförloppet efter att ljudkällan stängts av. Ur förloppet mäter man tiden som behövs för att ljudtrycket skall sjunka till en tusendel av ursprungstrycket. Detta motsvarar en sänkning av ljudtrycksnivån om 60 dB.

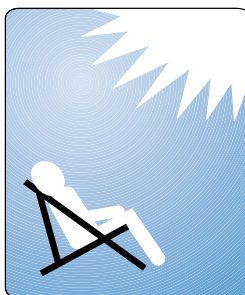
Ljus



Ljus tillhör en av de faktorer som väldigt direkt påverkar människors uppfattning om inomhusmiljön. Ofta beskrivs miljöer i termerna varma, kalla, ljusa eller mörka. I beskrivningarna ligger givetvis känslomässiga uppfattningar som personen ifråga försöker ikläda ord.



De föreskrifter som finns på området, BBR 99 [10], ställer endast mycket övergripande krav på hur ljus i form av dagsljus och belysning skall vara. Man säger att "rum där personer vistas mer än tillfälligt skall ha god tillgång till direkt solljus. För utrymmen som innehåller arbetsplatser gäller detta, om det inte är direkt oskäligt med hänsyn till verksamhetens art. Bostäder skall ha tillgång till direkt dagsljus". Vad gäller belysning så säger standarden att "god belysning skall kunna ordnas i rum eller delar av rum där personer vistas mer än tillfälligt". Med andra ord lämnas väldigt mycket öppet vad gäller utformningen av ljussystem.



När man mer konkret beskriver ljusmiljöer finns det en uppsättning vedertagna och använda begrepp, belysningsfaktorer, som bör användas. Vanligt förekommande är:

- **Belysningsstyrka.** Anges i enheten lux. I lokaler där människor vistas under längre tidsperioder brukar nivån 200 lux anses som ett minimivärde.
- **Färgtemperatur.** Låg färgtemperatur (ca 3000 K) ger ett "varmt" ljus medan hög färgtemperatur (ca 5000 K) ger ett "kallt" ljus.
- **Färgåtergivningindex.** Anger ljuskällans förmåga att återge färgen hos ett föremål eller en yta. Färgåtergivningindex betecknas R_a och ligger i intervallet 0 - 100. Höga tal innebär en god färgåtergivning. En vanlig glödlampa ligger vid ca 98.
- **Kontrast.** Relativ skillnad mellan luminanser hos olika delar av ett synobjekt och dess bakgrund i synfältet.
- **Luminans.** Hur ljus vi uppfattar en yta. Luminansen är ett mått på hur mycket ljus en yta sänder ut per ytenhet.

I [19] återfinns detaljerad information om vad belysning är, hur ingående komponenter i belysningssystemet fungerar och hur belysningssystem byggs upp. Ytterligare information ur arbetsmiljöaspekt återfinns hos arbetarskyddsstyrelsen [20].

Referenser

- 1 "Klassindelade Inneklimatsystem, Riktlinjer och specifikationer, R1", VVS Tekniska Föreningen, Stockholm, 2000.
2. REHVA, "The international dictionary of heating, ventilating and air-conditioning", Federation of European Heating and Ventilating Associations, 1994.
3. ASHRAE, "Terminology of heating, ventilation, air-conditioning & Refrigeration", American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Atlanta, USA, 1991.
4. Definiera vistelsezonen, AMA-nytt, VVS EL, 1/91
5. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, "Thermal environmental conditions for human occupancy", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA, 1992.
6. Rydberg, J. et al., ASHRAE Transactions, 1362, 1949.
7. Internationaional Standard ISO 7730, "Moderate Thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort", 1990.
8. International Standard ISO 7726, "Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities", 1985.
9. International Standard ISO7243, "Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (wet bulb globe temperature).
10. Boverkets Byggregler, BBR, BFS 1998:38.
11. NT VVS 089, "Thermal anemometers low velocities: frequency response and time-constant of cut-off frequency", Nordtest, 1991.
12. Pejtersen, J. "Sensory pollution and microbial contamination of ventilation filters", Indoor Air, 6, 239-248, 1996.
13. Hanley, J.T., Ensor, D.S., Smith, D.D. and Sparks, L.E., "Fractional aerosol filtration efficiency of in-duct ventilation air cleaners", Indoor Air, 4, 169-178, 1994.
14. Statens Naturvårdsverks Allmänna Råd, 90:9, 1991.
15. SOSFS 1989:13, Socialstyrelsens författningssamling, "Socialstyrelsens allmänna råd om åtgärder mot formaldehyd i byggnader", 1989.
16. SOSFS 1989:51, Socialstyrelsens författningssamling, "Socialstyrelsens allmänna råd om ventilation i bostäder med flera lokaler", 1989.
17. AFS 1993:5, Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, "Ventilation och Luft kvalitet", 1993.
18. Ljudkompendium, Teknisk Akustik, CTH.
19. Starby, L., "Belysningshandboken", utgiven av Ljuskultur, ISBN 941-630-126-X, 1992.
20. AFS 1991:8, Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, "Belysning", 1991.
21. SOFS 1999:25, Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation, 1999.
22. SOFS 1999:22, Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – radon i inomhusluft, 1999.
23. AFS 1992:10, Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, *Buller*, 1992.
24. SOFS 1996:7, Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus och höga ljudnivåer, 1996.

Exempel på övrig litteratur

- "VVS2000 - Tabeller och diagram, Inomhusklimat & Inomhusmiljö", Förlags AB VVS, 2000.
- Nilsson, P-E. (ed), "Energiledning – att hantera energirelaterade frågor i företag och organisationer", ER11:2000, Statens Energimyndighet, Eskilstuna, 2000.
- Andersson, J., "Akustik och buller – en praktisk handbok", 4e utgåvan, AB Svensk Byggtjänst, 1998.

Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

EFFEKTIV

c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås. Telefon 033 - 16 50 00. Fax 033 - 13 55 02. Internet www.effektiv.org

RAPP NR 2000:02

ISBN 91-7848-825-7

ISSN 1650-1489