

Koldioxid - liv och död



Vad är koldioxid (CO₂)?

Koldioxid är den mest förekommande gasen i jordens atmosfär efter kväve, syre och vattenånga. Den är en huvudprodukt i förbränningsprocesser och den naturliga sönderfallsprodukten från levande organismer.

Vi inandas syre och utandas koldioxid. Koldioxidnivån i den luft vi utandats är tämligen konstant omkring 3,8 % (38.000 ppm). När koldioxid utandas blandas den snabbt med omgivande luft och även då vi vistas inomhus, reduceras koncentrationen till en harmlös nivå förutsatt att ventilationen är tillräcklig.

Inomhusnivåer av CO₂ varierar vanligtvis mellan 400 och 1200 ppm (parts per million) och utomhusnivåer mellan 350 och 450 ppm. Utomhusnivåerna är högre i områden med stor förekomst av tung trafik. Tungt industrialiserade eller förorenade områden kan periodvis ha en CO₂ - koncentration på upp till 800 ppm. Eftersom CO₂, liksom alla gaser, snabbt sprids i utomhusluften, är tidsvariationerna i koncentration på en särskild utomhusplats vanligtvis mindre än 50 ppm och tenderar att vara säsongsbetonade.

CO₂ är också en av de största biprodukterna vid förbränning vilket innebär att utomhusluften kan påverkas av närliggande förbränningskällor såsom industrier med avgasutsläpp, fordons trafik mm. Utomhusnivåer på mer än 500 ppm indikerar att en omfattande förbränningskälla finns i närheten.

Mätning inomhus av CO₂ visar balansen mellan koldioxid producerad av mänsklig närvaro, och låg koldioxidkoncentration från utomhusluften genom friskluftsintaget. Effekten blir att det är möjligt att använda CO₂ - koncentration för att fastställa och styra mängden friskluft i ett utrymme på en per-person-basis.

(CO₂ skall inte förväxlas med CO (kolmonoxid), en mycket giftig gas som är en biprodukt från dålig förbränning i t ex bilar och eldstäder. Kolmonoxid är en farlig gas även i mycket låga koncentrationer; 25 - 50 ppm).

Är koldioxid en förorening inomhus?

Koldioxid ses inte som en förorening inomhus men den är en användbar spårgas för att indikera möjliga människogenererade mikroorganismer som kan medverka till en ohälsosam inomhusmiljö. Detta är orsaken till att en högre nivå av ren koldioxid är tillåten i industriella miljöer än i byggnader där människogenererade mikroorganismer och CO₂ är det primära.

I industrimiljöer där processgenererad CO₂ dominerar (eller CO₂ ej genererad av människor), som till exempel i bryggerier, fryshus, inom förpackningsindustrin, etc. är den maximalt tillåtna CO₂-koncentrationen, enligt de flesta standarder, så hög som 5000 ppm under en åttatimmars arbetsdag. Tack vare byggnadsnormer finner man normalt inte så höga nivåer i en bostad eller kontorsmiljö där människor är den huvudsakliga koldioxidkällan.

Även om CO₂ inte är farlig i normala koncentrationer används gasen frekvent som en referens och indikator på inomhusluftens kvalitet och följaktligen även ventilationens utformning. Detta är avhängigt av att människor, när de utandas CO₂, också utandas och avger många andra mikroorganismer, partiklar och bakterier vid sidan av kroppsutsöndrande gaser och odorer. När koncentrationen av mikroorganismerna, som ett resultat av dålig ventilation, tillåts föröka sig i ett rum, börjar personerna i rummet klaga över trötthet, huvudvärk, och t o m sjukdomskänsla. Koldioxid i sig ger inte dessa symtom innan mycket höga nivåer uppnåtts. Höga CO₂ - nivåer i ett rum med många människor indikerar att luften förmodligen är förorenad.

Hur kan koldioxidmätning ge en indikation på ventilationens effektivitet i ett rum?

Koldioxidmätning i en byggnad mäter dynamiskt relationen mellan koldioxid som är genererad av människor, och "utspädningseffekten" förorsakad av ventilation och självdrag. Om skillnaden mellan inomhus- och utomhuskoncentrationen är känd och inomhuskoncentrationen är stabil, är det enkelt att relatera denna till ventilationens prestanda.

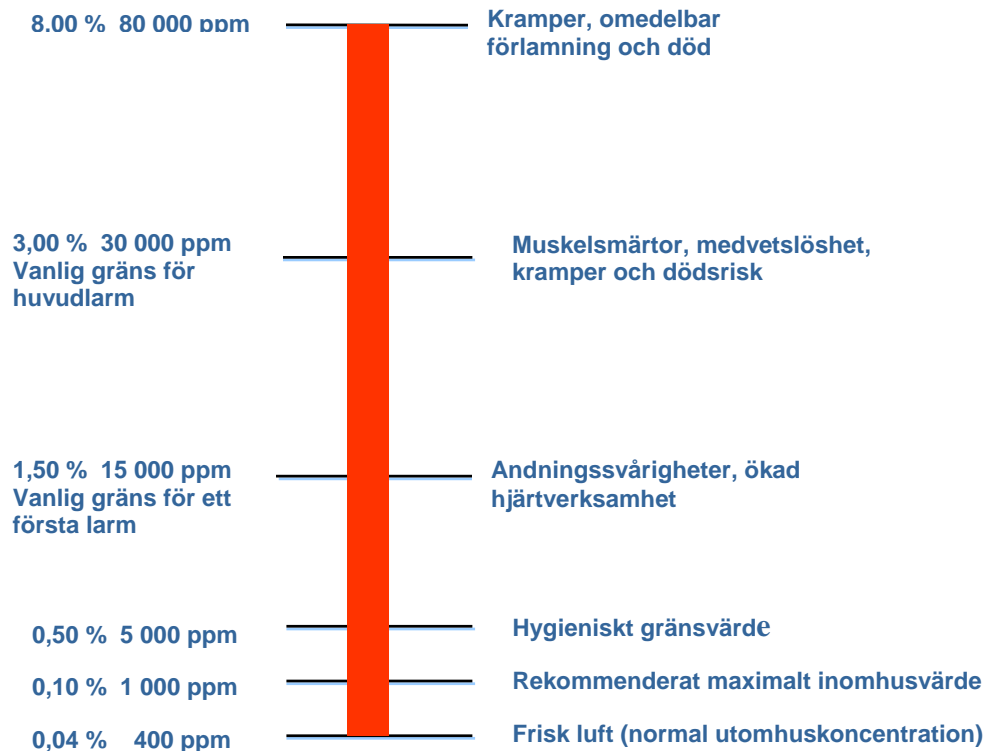
En skillnad på 700 ppm motsvarar ett friskluftsintag på 10 liter per sekund och person. Det vanligt förekommande maximalvärdet 1000 ppm; rekommenderat bl a av svenska Arbetsmiljöverket och amerikanska AHR, kan direkt relateras till "utspädningseffekten" som uppstår vid tillförseln av utomhusluft med en koldioxidhalt på 400 ppm till ett rum och har ett luftflöde på 7 liter per sekund och person.

Organisationer och myndigheter över hela världen har utarbetat rekommendationer för den maximalt tillåtna koncentrationen koldioxid och/eller det tillåtna minimiluftflödet i befolkade byggnader:

5.000 ppm	Maximal koncentration under en åttatimmars arbetsdag enligt det svenska Arbetsmiljöverket
2.000 ppm	Enligt många undersökningar medför denna koldioxidnivå en anmärkningsvärd ökning i känslan av trötthet, dåsighet, huvudvärk och allmän obekvämlighet
1.000 ppm	Enligt den amerikanska standarden ASHRAE 62-1989 är denna koldioxidnivå den maximalt rekommenderade i ett rum. Den är också den rekommenderade bekvämlighetsnivån i många andra länder t ex i Sverige och Japan. Den motsvarar ett luftflöde (ett behov av friskluft) på ca 7 liter per sekund och person.
800 ppm	Det svenska företaget Ericsson, till exempel, föreslår detta värde som den maximala koldioxidnivån i sina lokaler för att maximera personalens prestationer. Det är också det tillåtna maximala värdet för kontor i Kalifornien. Det motsvarar ett luftflöde (ett behov av friskluft) på omkring 10 liter per sekund och person.
400-600 ppm	Risk för överventilation
350-450 ppm	En vanlig utomhuskoncentration



Hur påverkas människokroppen av CO₂?



Applikationsområden för koldioxidsensorer



Få gaser har så många och oväntade användningsområden som koldioxid (CO₂). Intresset och efterfrågan på gasen ökar, vilket främst beror på att den ofta visat sig vara det mest miljövänliga alternativet i många processer. Koldioxid är en lömsk gas. Den är ofarlig i mindre mängder (vi andas ut CO₂) - men vid för hög koncentration är den livsfarlig. Eftersom gasen är luktfri går den inte att upptäcka utan mätinstrument och många dödsolyckor har inträffat bl a i ölkällare där öl/läsk förvaras i tunnor och CO₂ används som drivgas. Ny lagstiftning ifråga om utskänkning /förvaring av öl och läsk öppnar nya stora marknader för koldioxidlarm. En slutkund i detta sammanhang är restaurangkedjan McDonald's. Även i andra slutna utrymmen (växthus, mm) där koldioxid tillsätts eller där förbränning sker, måste koldioxidnivån kontrolleras.

SenseAir[®] CO₂-sensorer används bl a till att:

- behovsstyra och reglera ventilation i offentliga lokaler och i hemmiljö för ökad komfort och energibesparingar
- styra och reglera ventilation samt varna för höga CO₂-halter i garage och vägtunnlar
- styra och reglera CO₂-halten i bio-relaterade processer t ex i växthus, svampodlingar, inkubatorer, samt för transporter, lagring, förpackning av födoämnen
- medicin/andningsövervakning



Nya applikationer för SenseAir[®] CO₂-sensorer:

- vitvaruapplikationer (t ex fläktar och ugnar med automatisk till / från-funktion baserad på CO₂-nivå)
- fönsterapplikationer (automatisk vädringsfunktion baserad på CO₂-nivå)
- styrning och övervakning av förbränningsprocesser
- luftkonditionering i bilar, tåg och tunnelbanor
- meteorologiska mätsensorer
- larm (t ex i kyldiskar med CO₂ som kylmedium)



Behovsstyrd ventilation (BSV)

Både för mycket och för litet tillförsel av friskluft i en byggnad kan vara ett problem. Överventilering resulterar i högre energianvändning och större kostnader än nödvändigt medan underventilering, särskilt i varma och fuktiga klimat, medför dålig luftkvalitet med potentiella hälso- och fuktproblem. Lösningen är att styra ventilationen efter koldioxidnivån; s k *behovsstyrd ventilation (BSV)* Det innebär att luftkonditioneringssystemet styrs efter den aktuella mängden *koldioxid (CO₂)* i lokalen, dvs efter hur många levande varelser som för tillfället vistas där. Resultatet blir ett inomhusklimat anpassat för människors välbefinnande utan att onödigt mycket energi används.



Teknologin är en kombination av två delsystem. Koldioxidsensorer mäter CO₂- nivåer i inomhusluften, och ett luftbehandlingssystem använder data från sensorerna för att reglera ventilationen. Skillnaden mellan CO₂- koncentrationen inomhus och den utomhus, indikerar befolkningstätheten och/eller aktivitetsnivån i ett utrymme. Sensorerna sänder information om CO₂-värdet till ventilationsstyrningen, vilken automatiskt ökar ventilationen när CO₂- koncentrationen i ett utrymme riskerar att hamna över den fastställda nivån.

Fördelar med behovsstyrd ventilation

- **Förbättrad inomhusluft**

Teknologin kan förebygga underventilation (som ger dålig inomhusluft och kvava lokaler) genom att tillföra byggnaden ökad mängd friskluft, om koldioxidhalten stiger till en oacceptabel nivå.

- **Energibesparingar**

Vid användning av behovsstyrd ventilation undviker man onödig uppvärmning, överventilation, nedkyllning och avfuktning av friskluft. Resultatet blir energibesparingar och bibehållen god luftkvalitet.

- **Förbättrad fuktkontroll**

I fuktiga klimat kan behovsstyrd ventilation förebygga onödig tillförsel av fuktig utomhusluft vilken befämjar mögeltillväxt och ger ett ohälsosamt inomhusklimat.

- **Inspelade data**

Sensoravläsningar kan loggas som en pålitlig diagnostik för att ge byggnaden god och adekvat ventilation. En sådan registrering kan vara användbar för fastighetsägare i kampen mot ventilationsrelaterade sjukdomar eller skadeståndskrav.

Uppskattade besparingar

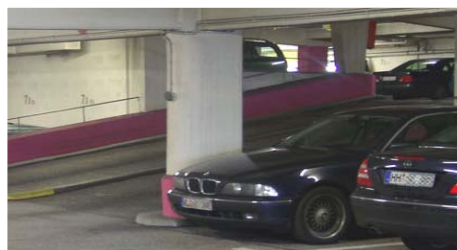
För att säkra en adekvat luftkvalitet i byggnader, rekommenderar the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) en ventilationsnivå på 7 liter per sekund och person. För att uppfylla denna standard är äldre ventilationsystem konstruerade att tillföra friskluft till maximal nivå så fort en byggnad är befolkad, som om den alltid vore *maximalt* befolkad. Resultatet har blivit att många byggnader är högt överventilerade. Potentialen för operativa energibesparingar vid CO₂-baserad ventilation har i USA uppskattats till mellan en halv till över en USD per kvadratmeter och år. Den högsta besparingen förväntas vara i utrymmen med hög luftfuktighet, där befolkningensmängden varierar oförutsett som t ex i samlingslokaler av olika slag; skolor, kontor, biografen, teaterlokaler, sportarenor, köpcentrum, samt i lokaler med höga krav på värme och kyla, och lokaler med hög, men regelbunden, användningsfrekvens.

Förbättring av byggnadens reglersystem kan senarelägga ventilationens starttid exempelvis en måndag morgon med så mycket som flera timmar i ett fuktigt klimat, vilket resulterar i stegvis ökande energi- och kostnadsbesparingar.

Fördelar med att mäta koldioxid i förbränningsammanhang (jämfört med att t ex mäta kolmonoxid)

- **God ekonomi och funktion**

Det finns en mängd olika anledningar till att mäta koldioxid. När man använder sig av behovsstyrd ventilation försäkras man sig om låga koldioxidhalter men också om att alla giftiga avgaser automatiskt vädras ut. Koldioxid är den dominerande gasen i all slags förbränning och är därför en god indikator på den *totala belastningen* av interna förbränningskällor. Eftersom koldioxid är den dominerande förbränningsgasen, kan man, genom att använda IR-teknologi, definiera den totala förbränningsbelastningen med mycket hög trovärdighet till en mycket låg kostnad.



- **Koldioxid som indikator på utsläpp korrelerar med alla giftiga avgaser**

Om man är intresserad av att känna till de exakta relationerna i inomhusluften måste man t ex i frånluftskanalen, mäta blandningen av alla relevanta gaser inklusive koldioxid. Förekomsten av de olika gaserna relativt koldioxid, ger ett medelvärde på avgasblandningen för det speciella tillfället och platsen. Detta värde kan användas för att göra en ungefärlig kalkylering av varje gaskoncentrations tidsvariation längs hela systemet där koldioxidsensorer är installerade (t ex i vägtunnlar eller garage). De lokalt uppmätta koldioxidutsläppen visar avgaskvantiteten och den lokala koncentrationen av NO₂ (kvävedioxid) och, om så efterfrågas, även CO (kolmonoxid).

- **Koldioxid är en förbisedd hälsorisk**

Eftersom andelen bilar med katalytisk rening ökar snabbt, blir det ännu viktigare att ur hälsosynpunkt mäta koldioxidkoncentrationerna i tunnlar och garage. En varm motor med en väl fungerande katalysator, avger stora mängder koldioxid, i jämförelse med de giftiga avgasutsläppen. I detta fall kan koldioxidutsläppet utgöra den verkliga faran vilket vore oansvarigt att negligera (se produkt *aSENSE mIII*).

- **Koldioxid är en utmärkt brandindikator**

En koldioxidsensor kan också fungera som brandvarnare. Vid förekomst av öppen eld, frigörs mycket höga koncentrationer koldioxid under en kort tidsperiod - mycket högre koncentrationer än vad som någonsin kan genereras från t ex förbränningsmotorer. Het, hög koncentration av koldioxid utvecklas och sprids snabbt tillsammans med rök. Tester har visat att koldioxid- "molnet" faktiskt sprids fortare än röken. I alla tester med öppen eld befanns, enligt EN54-normen (europeisk standard), CO₂ vara den absolut bästa (=snabbaste) eldindikatorn (ref.3). Vid en del alkohol- och bensinbränder utvecklas heller ingen rök fastän CO₂-utsläppet är mycket högt. I motsats till optiska eller joniserande rökdetektorer, är därför brandskyddsteknologin med hjälp av koldioxid säker för falsklarm, vilka är mest uppenbara i smutsiga och dammiga miljöer där rök kan uppstå av andra orsaker än från eld.

NDIR

Gasmätning genom icke- dispersiv infrarödteknik vilar på det faktum att molekyler absorberar ljus (elektro-magnetisk energi) i spektralområden där den påstrålade våglängden sammanfaller med interna molekylära energiövergångar. Enligt välkänd kvantmekanikteori existerar sådan energi-resonans i det infraröda området beroende på atomernas inbördes vibrationer. Eftersom olika molekyler är sammansatta av olika atomer (med olika massa) är vibrationsfrekvenser (och våglängder) olika för varje ämne. Detta faktum är grunden för *gasmätning genom spektral analys*. Genom att detektera mängden absorberat ljus inom endast ett smalt spektralintervall som sammanfaller med resonansvåglängden av det valda ämnet, får man ett mått på antalet molekyler av detta speciella ämne, *fritt från inblandning av andra ämnen*.

Välkända egenskaper för infraröd gasdetektering är:

- *hög selektivitet - fri från korsinterferens*
- *känslighet & noggrannhet*
- *motståndskraftig mot miljöpåverkan*
- *kan lagerhållas under långa tidsrymder*
- *inga överexponeringsproblem*
- *beskriven med relativt enkel (förutsägbar) fysik*

Skillnader mellan CO₂ –sensorer och VOC- sensorer

Människor undrar (fortfarande) emellanåt över skillnaderna mellan *luftkvalitetssensorer* (s k VOC - sensorer) och *koldioxidsensorer* (CO₂ – sensorer). Dessa sensorer mäter mycket olika saker och är inte utbytbara med varandra.

CO₂-mätning genom *infrarödteknik* är stabil och har inte den kortfristiga, slumpartade drift, som vi finner hos *luftkvalitetssensorer*. De flesta *IR-koldioxidsensorer* mäter endast CO₂. En CO₂ - sensor kan även styra ventilationen i befolkade utrymmen. Människor är huvudkällan till producerande av CO₂ inomhus. Utomhusnivåer tenderar att hålla sig relativt låga och konstanta. För att få fram en indikation på friskluftsintaget på en liter-per-person basis som tillförs en befolkad lokal, kan en inomhusmätning av CO₂ jämföras med utomhuskoncentrationen.

En *luftkvalitetssensor* kan inte indikera graden av ventilationsbehovet. Den kan inte heller med säkerhet indikera om vare sig säkra eller skadliga koncentrationer av föroreningar finns i rummet men den kan indikera en allmän förändring i föroreningskoncentrationer. *Luftkvalitetssensorer* används bäst i applikationer där ovanliga, icke människorelaterade, källor periodiskt kan förekomma som t ex lösningsmedel och parfym. Sensorn kan aktivera ett larm eller t ex aktivera ett filter eller ventilation. Eftersom koldioxid är en tämligen inert gas, är den ett av de få ämnen som inte får luftkvalitetssensorn att reagera.

Båda tillvägagångssätten kan appliceras på en behovsstyrd ventilationsstrategi, men resultaten kan bli mycket olika. I fallet med CO₂, kan resultatet bli *energibesparingar* på grund av att ventilationen baseras på den aktuella befolkningsgraden i ett utrymme snarare än på en förutbestämd befolkning av lokalen. *Energi sparas* när föroreningsgraden är låg och ventilationen kan minskas, vilket kan inträffa under, eller efter, de befolkade perioderna.

Där en CO₂ - *specifik* sensor skulle reducera ventilationen under de obefolkade perioderna, skulle en *luftkvalitetssensor* faktiskt upprätthålla ventilationsgraden under dessa perioder om det förekom en signifikant föroreningsgrad i byggnaden.

I fallet med *VOC-sensorer* är ventilationsstyrningen baserad på den aktuella närvaron av en del föroreningar uppmätta av luftkvalitetssensorn. Detta kan, eller kan inte, stå i konflikt med gällande byggnadsnormer för ventilationen (vilket gör sensorerna olämpliga till att styra denna). Dessa sensorer kan också användas till att mäta periodiska, höga förekomster av föroreningar som kan uppstå då viss utrustning används, eller då starka kemikalier, använda vid rengöring av lokaliteterna, frigörs i luften.

Alla *luftkvalitetssensorer* är i grunden likadana. En del tillverkare av luftkvalitetssensorer hävdar idag att deras sensor är kalibrerad i ett CO₂ - ekvivalent värde. Detta budskap är missledande och kan förvirra dem som är oinsatta i industrin kring inomhusluftskvalitet.



SenseAir AB • Box 96 • SE-820 60 Delsbo • Sweden
Phone: +46-(0)653-71 77 70 • Fax: +46-(0)653-71 77 89
Home page: www.senseair.com • E-mail: senseair@senseair.com

