

# **Tehnici de determinare a calității aerului**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**APOSTOL, TIBERIU**

**Tehnici de determinare a calității aerului / Tiberiu**

Apostol. - București : Editura Academiei Oamenilor de Știință  
din România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-12-2

551.51

**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**Adresa:** Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București,  
România

**Redactor:** ing. Mihail CĂRUȚAȘU  
**Documentarist:** ing. Ioan BALINT  
**Coperta:** ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,  
București, 2011**

**Tiberiu Apostol**

**Tehnici de  
determinare a  
calității aerului**



**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**București**

**2011**



## Cuprins

<b>1. Tipuri de substanțe poluante. Caracteristici fizico-chimice</b> .....	<b>7</b>
1.1. Tipuri de poluanți .....	9
1.2. Poluarea aerului interior .....	11
1.3. Poluarea aerului la nivelul solului .....	17
<b>2. Echipamente de măsură și analiză a proprietăților substanțelor</b> .....	<b>21</b>
2.1. Determinarea compoziției emisiilor gazoase .....	21
2.2. Determinarea conținutului de praf din gazele de ardere .....	29
2.3. Metode de măsură a emisiilor gazoase .....	34
<b>3. Metode de măsură și calculul erorilor</b> .....	<b>49</b>
3.1. Calculul erorilor .....	49
<b>4. Fenomene de dispersie și transportul în atmosferă a poluanților</b> .....	<b>57</b>
4.1. Aspecte generale .....	57
4.2. Noțiuni de teoria stratului limită .....	61
4.3. Înălțarea penei .....	62
<b>Bibliografie</b> .....	<b>67</b>



# 1. TIPURI DE SUBSTANȚE POLUANTE. CARACTERISTICI FIZICO-CHIMICE

*Energia curată și ieftină* este un deziderat incontestabil al mileniului actual. Problemele globale, legate de schimbările climatice ireversibile și efectele asupra oamenilor, faunei și bunurilor materiale, nu mai pot fi evitate și trebuie să fie rezolvate în spirit creativ bazat pe mijloacele tehnice actuale. Ele se acutizează prin faptul că populația globului crește vertiginos, că resursele naturale ce o susțin sunt limitate, dar și pentru faptul că unele națiuni, în dauna altora, profită necontrolat de un consum energetic și de un nivel de bunăstare exagerate. Pentru proiectarea instalațiilor energetice și pentru optimizarea lor sunt necesare o serie de date primare legate de calitatea combustibililor și concentrațiile de poluanți rezultați din procesul de ardere. În anii ce vor urma, România trebuie să pună în practică conceptele europene și să își reconsidere oferta privind sistemul de generare a energiei termoelectrice, în perspectiva unei dezvoltări durabile. Va fi nevoie de specialiști în domeniul protecției mediului, cu atât mai mult, cu cât aceștia vor fi confrunțați cu alinierea României la un sistem funcțional european, de protejare a ecosistemului natural și geoclimatic. Sistemul energetic național este suportul de dezvoltare și coloana vertebrală pentru orice națiune care dorește să se impună în istoria civilizației și să evolueze în civilizație. Energia electrică nu este decât o formă superioară de energie, la baza ei fiind cea legată de energia chimică a combustibililor fosili sau neconvenționali, utilizați preponderent în procesele de ardere. Prevederile pentru acest secol nu întrevăd modificări majore în structura și concepția energeticii mondiale, combustibilii fosili vor continua să fie sursa majoritară, în condițiile în care însă lanțul de valorificare va fi realizat cu randamente sporite, prin implementarea unor tehnologii și cicluri termodinamice noi. De aceea, este indicat ca să se ofere celor interesați metode practice de investigare al calității arderii, din multe puncte de vedere. Prețul de cost al oricărui produs conține o componentă de energie, proporțională cu cota de combustibil utilizată și calitatea acestuia, tehnologia de conversie și transmitere a formelor. Astfel, economia de combustibil se răsfrânge direct asupra prețului de cost al bunurilor materiale, dar conduce și la protejarea calității mediului [1].

Metodele de măsură a emisiilor se supun unor standarde naționale, care, în mare parte, coincid tematic cu cele europene, în cazul României.

Atmosfera este definită ca masa de aer care înconjoară suprafața terestră, incluzând și stratul de ozon. Prin poluant se înțelege orice substanță solidă, lichidă, sub formă gazoasă sau de vapori sau formă de energie (radiație electromagnetică, ionizantă, termică, fonică sau vibrații) care, introdusă în mediu, modifică echilibrul

constituenților acestuia și al organismelor vii și aduce daune bunurilor materiale. Prin poluare se denumește orice concentrație de poluant în mediu ce depășește valoarea naturală. Normativele în vigoare definesc poluarea atmosferică, ca introducerea în atmosferă de către om, direct sau indirect, de substanțe sau energie având acțiune nocivă, de natură să pună în pericol sănătatea omului, să strice resursele biologice, ecosistemele, să deterioreze bunurile materiale, valorile de agrement și alte utilități legitime ale mediului înconjurător. Convenția de la Geneva din 13/11/1979, definește juridic poluarea transfrontalieră ca fiind poluarea atmosferică ale cărei surse sunt cuprinse total sau parțial într-o zonă supusă jurisdicției naționale a unui stat și care exercită impact de mediu într-o zonă supusă jurisdicției altui stat, la o distanță astfel încât, nu este în general posibil să se distingă aportul surselor individuale sau în grupe de surse de emisie. În cazul în care concentrațiile de poluanți (sau numai a unui) în mediu depășesc pragurile de alertă, prevăzute în reglementările privind evaluarea poluării mediului, atunci există o poluare potențial semnificativă. Pragurile de alertă avertizează autoritățile competente asupra existenței, într-o anumită situație, a unei poluări potențiale în aer, apă sau sol. Poluarea semnificativă apare atunci când concentrațiile de poluanți sau numai a unui poluant în mediu, depășesc pragurile de intervenție prevăzute în reglementările privind evaluarea poluării mediului. Pragurile de intervenție sunt pragurile de poluare la care autoritățile competente apreciază oportunitatea și solicită, dacă este necesar, executarea studiilor de evaluare a riscului. Riscul este probabilitatea apariției unui efect negativ într-o perioadă de timp specificată. Există o gamă largă de metodologii pentru evaluarea riscului, atât calitative, cât și cantitative. Prin risc ecologic potențial se înțelege probabilitatea producerii unor efecte negative asupra mediului, care pot fi prevenite pe baza unui studiu de evaluare.

Prin impact de mediu se înțelege:

- a) modificarea negativă considerabilă a caracteristicilor fizice, chimice sau structurale ale componentelor mediului natural;
- b) diminuarea diversității biologice;
- c) modificarea negativă considerabilă a productivității ecosistemelor naturale și antropizate;
- d) deteriorarea echilibrului ecologic, reducerea considerabilă a calității vieții sau deteriorarea structurii antropizate, cauzată în principal de poluarea apelor, a aerului și a solului;
- e) supraexploatarea resurselor naturale, gestionarea, folosirea sau planificarea teritorială necorespunzătoare a acestora, ce poate apare în prezent sau să aibă o probabilitate ridicată de manifestare în viitor.

Depoluarea aerului constă în a împiedica emisia în atmosfera a substanțelor care se dovedesc nocive pentru mediul înconjurător, în special pentru oameni, animale domestice, faună, culturi, floră, construcții civile, cadrul natural și climatic. *În scopul eliminării poluării cea mai bună soluție o constituie elaborarea unei tehnologii eficiente de depoluare.*



## 1.1 Tipuri de poluanți

Poluanții aerului pot fi clasificați în două mari categorii: naturali și artificiali. Sursele naturale ale poluanților naturali includ: praful purtat de vânt, gazele și cenușa vulcanică, ozonul provenit din trăsnete și din stratul de ozon, esterul și terpene din vegetație, fumul, gazele și cenușa zburătoare din incendierea pădurilor, polenul și alte aero–alergice, gazele și mirosurile din activități biologice, radioactivitatea naturală. Aceste surse au produs poluarea de până acum și constituie acea porțiune a problemei poluării, asupra căreia activitățile de control pot avea efect redus sau chiar nici un efect. Sursele realizate de către om acoperă un spectru larg de activități fizice și chimice, care sunt principalii contribuabili la poluarea aerului urban. Poluanții aerului rezultă ca urmare a generării energiei electrice, a milioanele de vehicule, a materialelor aruncate de populație și realizării a numeroase produse necesare traiului zilnic. Primele cinci mari clase de poluanți sunt: particulele, dioxidul de sulf, oxizii de azot, compușii organici volatili și monoxidul de carbon. Anual, sunt generate sute de milioane de tone de aer poluant. În general, fiecare categorie de sursă de poluare are o contribuție diferită la creșterea nivelului uneia dintre cele cinci clase principale de poluanți [2].

Poluanții aerului pot fi clasificați în funcție de *origine* și *starea materiei*.

- Origine:
  - primară - emisii în atmosferă dintr-un proces;
  - secundară - formați în atmosferă, ca rezultat al unei reacții chimice.
- Starea materiei:
  - gazoasă - gaze precum: dioxidul de sulf, oxidul de nitrogen, ozonul, monoxidul de carbon etc; vapori, cum ar fi: gazolina, solvent de vopsea, agenți de curățare uscată etc. ;
  - particule, în final divizate în solide (de exemplu praful și fumurile) și lichide (picăturile, ceața și aerosoli).

**Poluanții gazoși** pot fi clasificați în *organici* și *anorganici*.

Poluanții anorganici constau în:

- gaze sulfuroase - dioxid de sulf, trioxid de sulf, hidrogen sulfurat;
- oxizi de carbon - monoxid de carbon și dioxid de carbon;
- gaze azotoase - monoxid de azot, dioxid de azot și alți oxizi de azot;
- halogenuri, hidruri - acid fluorhidric, acid clorhidric, cloruri, fluoruri, tetrafluorura de siliciu;
- produși fotochimici - ozon, oxidanți;
- cianuri - acid cianhidric;
- compuși cu azot - amoniac;
- clorofluorocarburi – diclor, diclorodifluormetan, triclor, trifluoretan, triclorofluor-metan, tetrafluoretan, clorodifluormetan, cloropentofluoretan;

Sunt considerate substanțe *organice* poluante:

- hidrocarburile precum: parafine - metan, etan, octan, acetilena, alefine - etilena, butadiena, aromatice (benzen, toluen, xilen, stiren);
- compuși alifatici oxigenați ca: aldehide – formaldehide, cetona - acetona, metiletiletona, acizi organici, alcoolii - metanol, etanol, izopropanol, hidruri organice, sulfuri organice - dimetil sulfat, hidroxizi, peroxizi – nitriți sau nitrați (denumiți generic PAN).

**Particule poluante.** Particulele pot fi definite ca materie solidă sau lichidă, al căror diametru efectiv este mai mare decât al unei molecule, dar mai mic de 100  $\mu\text{m}$ . Particulele dispersate în mediul gazos sunt definite în mod colectiv drept aerosoli. Termenul de fum, ceață, abur sau praf este în mod comun folosit pentru a descrie diferite tipuri de comportament caracteristic al particulelor dispersate.

**Aerosolii** sunt dificili de clasificat pe o bază științifică, în funcție de proprietățile lor fundamentale, precum: rata de stabilire sub influența forțelor externe, proprietăți optice, abilitatea de a absorbi sarcina electrică, mărimea și structura particulei, raporturile suprafață – volum, activitatea de reacție, acțiunea fiziologică și altele.

În general, mărimea particulei și rata de depunere au fost considerate proprietăți caracteristice pentru majoritatea scopurilor. Particulele de ordinul unui  $\mu\text{m}$  sau mai puțin, se depun atât de încet încât, din motive practice, sunt privite ca suspensii permanente. În ciuda posibilelor avantaje ale clasificării științifice, folosirea termenilor descriptivi populari precum: fum, praf, ceață, care se bazează, esențial, pe modul de formare, pare să fie o metodă satisfăcătoare și convenabilă de clasificare. În plus, această abordare este atât de bine stabilită și înțeleasă încât, fără îndoială, va fi greu de înlocuit.

**Praful** este format în mod obișnuit prin pulverizarea sau dezintegrarea mecanică a materiei solide în particule de mărime mică, prin procese cum ar fi, măcinarea, lovirea și perforarea. Mărimea particulelor de praf se încadrează într-o limită mică de 1  $\mu\text{m}$  până la 100 sau 200 de  $\mu\text{m}$  sau mai mult. Particulele de praf sunt, în mod normal, neregulate ca formă, iar mărimea particulei se referă la dimensiuni medii pentru orice particulă dată. Exemple practice sunt cenușa zburătoare, praful provenit din roci și făină obișnuită.

**Fumul** implică un anumit grad de densitate și derivă din arderea materialelor organice cum ar fi: lemnul, cărbunele și tutunul. Particulele de fum sunt foarte fine, fiind cuprinse ca mărime între 0.01  $\mu\text{m}$  până la 1  $\mu\text{m}$ . Sunt, în mod obișnuit, de formă sferică, dacă au compoziție lichidă și de formă neregulată, dacă au compoziție solidă. Datorită mărimii particulelor foarte fine, fumul poate rămâne în suspensie pe perioade mici de timp și dezvoltă mișcări browniene foarte puternice.

Fumul incolor este în mod tipic format, în general, la temperaturi relativ mari, prin procese cum sunt: sublimarea, condensarea, combustia.

**Ceața** este formată, în mod tipic, fie prin condensarea apei sau a altor vapori pe nuclee potrivite, fie prin suspensia picăturilor mici de lichid, fie prin odorizarea lichidelor. Mărimea particulelor de ceață naturală se situează între 2 și

200  $\mu\text{m}$ . Picăturile mai mari de 200  $\mu\text{m}$  sunt, în mod corect, clasificate ca burniță sau ploaie. Când substanța solidă sau lichidă este emisă în aer sub formă de particule, proprietățile și efectele sale se pot modifica. Atunci când o substanță este ruptă în particule din ce în ce mai mici, o suprafață mai mare din aria sa este expusă aerului. În aceste circumstanțe, substanța, indiferent de compoziția sa chimică, tinde să se combine fizic și chimic cu alte particule și gaze din atmosferă. Combinațiile rezultate sunt, în mod frecvent, greu de anticipat. Particulele de aerosoli foarte mici, de la 0.001 la 0.01  $\mu\text{m}$ , se pot comporta ca nuclee de condensare pentru a facilita condensarea vaporilor de apă, astfel având loc formarea ceții subțiri și a ceții groase de la suprafața solului. Particule mai mici de 2 sau 3  $\mu\text{m}$  (aproximativ jumătate din greutatea particulelor suspendate în aerul urban), pot penetra membrana mucoasă și atrag, pentru a preschimba substanțele chimice care, în mod normal, nu fac rău, cum ar fi dioxidul de sulf. Pentru a ține seama de efectele particulelor inhalabile foarte fine, s-a înlocuit standardul aerului ambiant, care lua în considerație particulele totale suspendate (TSP), cu standarde pentru particulele mai mici de 10  $\mu\text{m}$ , în mărime ( $\text{PM}_{10}$ ). În virtutea suprafeței crescânde a particulei mici de aerosoli și ca rezultat al absorbției moleculelor de gaz sau a altor câtorva proprietăți, capabile să faciliteze reacții chimice, aerosolii tind să aibă o mărime foarte mare a suprafeței de activitate. Multe substanțe, care oxidează încet în starea lor masivă, vor oxida extrem de repede sau posibil chiar exploziv, când sunt dispersate ca particule fine în atmosferă. Exploziile de praf, de exemplu, sunt deseori cauzate de arderi instabile sau oxidări de particule de combustibil. Absorbția și fenomenul catalitic pot, de asemenea, să fie extrem de importante în analiza și înțelegerea problemelor particulelor poluante. Conversia dioxidului de sulf în acid sulfuric corosiv, sub acțiunea catalitică a particulelor de oxid de fier, de exemplu, demonstrează natura catalitică a anumitor tipuri de particule în atmosferă. Aerosolii pot absorbi energie radiantă și conduc rapid căldura în gazele înconjurătoare din atmosferă. Ca rezultat, aerul care intră în contact cu aerosolii poate deveni mult mai cald. Există gaze care, în mod obișnuit, sunt incapabile să absoarbă energia radiantă.

## **1.2 Poluarea aerului interior**

Efectul pe care îl au poluanții asupra sănătății umane nu poate fi dedus din legile generale ale biologiei sau fiziologiei, ci trebuie stabilit prin experimente. Se pot imagina experimente cu participarea animalelor sau cu voluntari umani, prin care se studiază efectele asupra sănătății ale expunerii la perioade scurte de poluare intensă, produsă artificial. Totuși, relevanța acestor studii este îndoielnică. Vorbind în general, noi suntem mai preocupați de efectele expunerii pe termen lung (“cronice”) la niveluri scăzute de poluare. Extrapolarea informațiilor obținute prin studiile pe termen scurt, despre poluarea intensă, către expunerile pe termen lung, la niveluri scăzute, este greu de făcut. În special, în cazul anumitor poluanți poate

foarte bine să existe un prag al concentrației poluantului sau al expunerii la acesta, sub care un anumit efect asupra sănătății nu se produce, caz în care predicțiile obținute, presupunând o proporționalitate directă între expunere și efect, nu ar fi garantate. Cele mai bune informații privind efectele poluanților asupra sănătății provin din “experimentul” pe scară largă, în care noi toți suntem expuși în mod curent la acești poluanți, toată viața noastră. Nivelul de expunere la un anumit poluant, variind considerabil de la un loc la altul, se pot aduna informații despre sănătate și despre nivelurile de poluare din diferite amplasamente și le pot corela, utilizând statistica, pentru a stabili efectul uneia asupra celeilalte [2].

**Formaldehida.** Cel mai important și mai controversat gaz poluant al aerului în interioare este formaldehida,  $\text{OCH}_2$ . Aceasta este un produs secundar foarte răspândit în atmosferă, deoarece apare ca intermediar stabil în oxidarea metanului și a altor COV-uri. În timp ce concentrația sa în aerul din exterior este în mod normal prea mică pentru a deveni importantă, de aproximativ 0.001 ppm în zonele urbane, exceptând perioadele de smog fotochimic, nivelul formaldehidei în interiorul clădirilor este deseori mult mai ridicat, situându-se în medie la 0.1 ppm și, în anumite cazuri, depășind 1 ppm. Sursele principale ale expunerii în interioare la acest gaz sunt eliberările din fumul de țigară și din materii sintetice ce conțin rășini de formaldehidă folosite ca izolant și ca adezive pentru placaje și plăci aglomerate; formaldehida însăși este folosită la lipirea și colorarea covoarelor, a țesăturilor și altor textile. Multe rășini folosite (care sunt din punct de vedere chimic materiale polimerice rigide) se obțin prin combinarea formaldehidei cu o altă substanță organică; în primele câteva luni și ani de-a rândul după ce au fost create, astfel de materiale vor elibera, oricum, mici cantități de gaz liber de formaldehidă. Prin urmare, noile prefabricate pentru uz casnic, ce conțin plăci aglomerate, aduc în aer mai multă formaldehidă decât o fac cele vechi, convenționale. Mulți fabricanți de produse din lemn presat și-au modificat acum procesele de producție pentru a reduce cantitatea de formaldehidă eliberată în aer. Formaldehida are un miros înțepător, cu un prag de detectare de aproximativ 0.1 ppm la oameni; mirosul sau poate fi deseori simțit în magazinele ce vând covoare și fabricate sintetice. Pentru niveluri puțin mai ridicate de 0.1 ppm, mulți oameni raportează probleme de iritare a ochilor, în special dacă poartă lentile de contact, a nasului, a gâtului și pielii. Formaldehida din fumul de țigară poate cauza iritarea ochilor. Pentru niveluri mult mai ridicate ale formaldehidei, ce nu se pot întâlni decât în spații specifice formării ei, respirația devine dificilă. Formaldehida din aer poate cauza mai multe infecții respiratorii, alergii la copii, deși nu este pe deplin demonstrată legătura directă dintre acestea și nivelul de formaldehidă. Formaldehida este cancerigenă pentru animale și ar putea fi și pentru oameni, fiind considerată ca “un probabil cancerigen uman”. Zonele bănuite că ar putea fi afectate sunt cele din sistemul respirator și nasul. Studiile ale populației expuse formaldehidei nu au dus la concluzii certe în ceea ce privește creșterea frecvenței cancerului, datorită expunerii neintenționate la formaldehidă. Din studiile pe animale, se poate estima o limită superioară a efectului posibil asupra oamenilor și anume, o creștere a ratei de cancer în unul sau două cazuri din 10 000 de oameni după 10 ani de viață, într-o casă în care se emană

formaldehidă. Nu s-a ajuns la un consens științific privind pericolul reprezentat de o expunere minimă la formaldehidă pentru sănătatea umană.

**Dioxidul de azot și monoxidul de carbon.** Atât dioxidul de azot, NO<sub>2</sub>, cât și monoxidul de carbon, CO<sub>2</sub>, sunt gaze eliberate din procesele de ardere, inclusiv din arderile de combustibili fosili din locuințe sau birouri. Concentrațiile de NO<sub>2</sub> din interior depășesc deseori valorile din exterior, în cazul locuințelor care au sobe, boilere și reșouri ce funcționează cu gaz. Temperatura de aprindere pentru acestea este suficient de ridicată pentru ca o parte din azotul și oxigenul din aer să se combine pentru a forma oxidul de azot, NO, care, eventual, este oxidat în dioxid de azot. S-a relevat că nivelul dioxidului de carbon din casele ce folosesc gazele pentru a găti sau care au sobe cu kerosene ajunge în medie la 24 ppm, în comparație cu 9 ppm, pentru casele care nu folosesc aceste mijloace. Concentrațiile de vârf lângă aragaz pot depăși 300 ppm. Dioxidul de azot este solubil în țesutul biologic și este un oxidant, așa că efectele sale asupra sănătății, dacă există, sunt așteptate în sistemul respirator. Există multe studii ale implicațiilor expunerii la grade mici de NO<sub>2</sub> (emis de diverse elemente ce utilizează gaz), în bolile respiratorii ale copiilor, dar rezultatele acestora nu sunt în consens și sunt inadecvate pentru stabilirea unei relații cauză-efect.

**Monoxidul de carbon** este un gaz incolor, inodor, a cărui concentrație în interior poate crește foarte mult prin arderea incompletă a combustibililor ce conțin carbon, cum ar fi lemnul, benzina, kerosenul sau gazul. Concentrațiile mari din interior sunt de obicei rezultatul unei funcționări neadecvate a unui aparat cu combustibil gazos, de exemplu cu kerosen. În țările în curs de dezvoltare, intoxicarea cu monoxid de carbon este o problemă serioasă, atât timp cât se folosesc combustibili biologici pentru a încălzi camere prost ventilate în care dorm oamenii. Concentrațiile medii de oxid de carbon, CO, în exterior și în interior se situează de obicei în jurul a câtorva procente la un milion, deși valorile crescute, între 10÷20 ppm, sunt proprii garajelor, datorită monoxidului de carbon eliberat de automobile. Oamenii ce lucrează în aer liber în spații cu trafic intens, pot fi expuși la valori ridicate de CO timp îndelungat. Nivelul mediu de CO și dioxid de azot în aer liber este în continuă scădere, datorită reglementărilor tot mai severe de limitare a emisiilor. Dintre marile orașe, Mexic are cea mai gravă problemă în privința nivelului de CO din aer. Introducerea de substanțe oxigenate, adică hidrocarburi în care oxigenul a substituit câțiva atomi, a fost făcută cu scopul de a reduce eliberările de CO de către automobile. Principalul pericol, în ceea ce privește monoxidul de carbon, rezultă din abilitatea acestuia de a se combina puternic, atunci când este inhalat, cu hemoglobina din sânge, astfel înfrânând capacitatea acesteia de a transporta oxigenul la celule. În medie, nefumătorii au aproximativ 1 % din hemoglobina blocată printr-o combinație cu CO; valoarea pentru fumători este dubla sau chiar mai mare, datorită monoxidului de carbon inhalat în timpul fumatului, acesta provenind din arderea incompletă a țigărilor. Multe studii au arătat că mortalitatea crescută de boli de inimă poate fi rezultatul unei blocări cronice în complex cu CO a doar câtorva procente de hemoglobină. Expunerea la concentrații foarte mari de CO are ca rezultat durerile de cap, oboseala, pierderea

de cunoștință și eventual moartea (dacă expunerea este pe timp îndelungat). Acum există detectoare de monoxid de carbon, echipamente ușor de instalat și la prețuri mici pentru a preveni populația de nivelurile ridicate de CO din locuințe și birouri. Dioxidul de carbon este nociv în concentrații mai mari în aerul inspirat, deoarece împiedică eliminarea acestuia din sânge. Funcția primară a sistemului respirator uman este aceea de a livra O<sub>2</sub> către sânge și de a îndepărta CO<sub>2</sub> din corp.

**Fumul de tutun.** Este foarte clar că fumul de țigară este principala cauză a cancerului la plămân și unul dintre principalii contribuabili la bolile de inimă. Nefumătorii sunt deseori expuși fumului de țigară, chiar dacă spre deosebire de fumători, expunerea se face la o concentrație mai mică a fumului de țigară, deoarece acesta este diluat în aer. Fumul de țigară din mediul înconjurător a fost și este subiectul multor cercetări, pentru a ne asigura dacă este sau nu dăunător oamenilor expuși. Componenta chimică a fumului de țigară este complexă; conține mii de componente, dintre care, câteva zeci sunt cancerigene. Gazele includ monoxid de carbon, dioxid de azot, formaldehida, cadmiu, hidrocarburi aromatice policiclice – HAP, COV-uri și elemente radioactive, ca poloniu. Partea caracteristică, numită tar, conține nicotina și hidrocarburi mai puțin volatile și, în cea mai mare parte, este respirabilă. Mulți oameni acuză iritații ale ochilor sau ale cailor respiratorii din cauza expunerii. Componentele gazoase ale fumului de țigară, în special formaldehida, acetona, toluenul și amoniacul, sunt principalele cauze ale mirosului și iritațiilor. Într-un studiu recent asupra asistentelor medicale s-a descoperit că femeile nefumătoare, dar expuse regulat la fumul de țigară, au o rată de infarct cu 91 % mai mare decât femeile ce nu au fost expuse. O analiză a tuturor studiilor recente despre fumatul pasiv au condus la concluzia că riscurile de îmbolnăviri de cancer la plămâni și de inimă cresc cu o pătrime pentru nefumătorii expuși fumului. Fumul de țigară este estimat că omoară circa 140 000 de europeni anual prin cancer și boli de inimă.

**Azbestul.** Termenul de azbest de referă la o familie de 6 minerale de silicat, naturale și fibroase în esență. Din punct de vedere chimic, ele sunt formate din atomi de silicon, situați pe 2 rânduri, legați între ei prin atomi de oxigen. Sarcina negativă netă a structurii silicatlui este neutralizată de prezența unor cationi, cum ar fi magneziul. Astfel, cea mai folosită formă de azbest, chrysotile, are formula Mg<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>. Este în formă solidă, albă, cu fiecare fibră ondulată. Azbestul a fost utilizat în cantități imense datorită rezistenței sale la căldură, durtății și costului relativ mic. Aplicațiile obișnuite ale azbestului includ utilizarea ca material izolator și hidrant împotriva focului în clădirile publice, la plăcuțele de frână la automobile, ca țevi și ca fibră în costumele rezistente la foc. Folosirea azbestului a fost drastic redusă pentru că, din studii, se recunoaște acum efectul cancerigen uman asupra sănătății minerilor din minele de azbest. Cauzează mesothelioma, un cancer incurabil al plămânului, stomacului și inimii. Fibrele de azbest și fumul de țigară prezente în aer acționează sinergetic (efectul lor combinat este mai mare decât suma efectelor lor individuale) în cauzarea cancerului la plămâni. Există o mare controversă în ceea ce privește utilizarea azbestului și înlocuirea cu alt material. Mulți experți sunt de părere că azbestul ar trebui lăsat la

locul lui până se va deteriora atât de mult, încât există șansa ca fibrele să se desprindă în aer. Într-adevăr, îndepărtarea izolațiilor de azbest poate duce la creșterea dramatică a nivelului de azbest din aer într-o clădire, cu excepția cazului în care sunt luate măsuri excepționale. Marea majoritate a îngrijorării în ceea ce privește azbestul a fost legată de azbestul albastru, numit și crocidolit. Implicarea evidentă a acestei materii în îmbolnăvirea de cancer a oamenilor, s-a stabilit deja cu mai mult de două decenii în urmă. Azbestul albastru este o materie cu fibre subțiri, drepte și relativ scurte, care penetrează mai ușor plămânii și este un cancerigen mai puternic decât azbestul alb. Se extrage în minele din Africa de Sud și Australia și nu este utilizat în România.

**Radioactivitatea gazului radon.** După cum se cunoaște, o serie de nuclee atomice sunt instabile, deși cele mai multe sunt stabile. Nucleele instabile, sau radioactive, se descompun eliminând o particulă mică, de obicei, încărcată cu o mare cantitate de energie. Prin radioactivitate naturală se înțelege proprietatea unor elemente libere sau combinate de a emite în mod spontan, fără nici o intervenție din afară, radiații electromagnetice. În multe astfel de procese, atomii sunt transformați de la unul la celălalt, ca rezultat al acestei emisii. Elemente foarte grele sunt înclinate acestui tip de descompunere, particulele eliberate în aceste cazuri fiind de obicei de tip “alfa”, “beta” sau „gama”. Radioactivitatea se explică prin faptul că nucleele elementelor radioactive suferă dezintegrări spontane, dând naștere altor nuclee. Principalele elemente radioactive naturale sunt uraniu (U), toriu (Th), radium (Ra), actiniu (Ac), reniu (Re), poloniu (Po). Radiațiile  $\alpha$ , care deviază într-un câmp electromagnetic spre polul negativ, sunt formate din nuclee de heliu (atomi de heliu care au pierdut cei doi electroni). Aceste particule au viteze de  $14000\div 25000$  km/s, o mare putere de ionizare și o mică putere de pătrundere.

Radonul ia naștere prin transformarea elementului radioactiv radium și este un element (gaz) radioactiv cu punctul de topire de circa  $-71$  °C și punctul de fierbere de  $-65$  °C. Izotopul său cel mai stabil, cu număr de masă 222, are un timp de înjumătățire de numai 3.85 zile. Radonul este mai radioactiv decât radiumul, emițând raze  $\alpha$  și transformându-se în heliu. Radiumul, precursorul gazului radon, se găsește în minerale conținând toriu, uraniu, sau actiniu. Principala sursă de toriu este monazita, minereul pământurilor rare, un amestec de fosfați ce conține toriul sub forma unui silicat. Mai rar se găsește în natură silicatul de toriu,  $\text{ThSiO}_4$ , în minereul denumit torită sau în combinație cu bioxidul de uraniu în torianită ( $\text{ThO}_2$  și  $\text{UO}_2$ ). Principalul minereu ce conține uraniu este pehblendă, în care se găsește preponderent  $\text{U}_3\text{O}_8$  dar și oxizi de fier, plumb, toriu, radium și lantanide. Cleveita este o varietate de pehblendă, cu un conținut mare de toriu și lantanide. Actinidele se găsesc de regulă în aceleași minereuri ca și toriul și uraniul. O mare parte din radonul ce se infiltrează în locuințe provine din solul de dedesubt și din jurul fundației, de la adâncimi de până la 1 m. Solul afânat permite difuzia maximă a gazului radon, în timp ce solul compact, înghețat, argila, îi oprește fluxul. Radonul pătrunde la baza locuinței prin găuri și crăpături din fundațiile lor de ciment. Cantitatea ce pătrunde crește semnificativ dacă presiunea aerului la bază este mică.

Materiile folosite pentru construirea caselor și apa din fântânile arteziene sunt alte surse potențiale ale prezenței radonului în locuințe și mediu. Mai mult, gazul radon se acumulează în cantități dăunătoare în peșteri, inclusiv în cele folosite în scopuri recreative. Radonul, cel mai greu component al grupului de gaze nobile, este inert din punct de vedere chimic, în condiții normale de mediu și rămâne un gaz monoatomic. Astfel, el devine parte a aerului pe care îl respirăm imediat ce intrăm în case. Datorită stării fizice inerte și solubilității grele în fluidele corpului, radonul nu implică un pericol prea mare, deoarece probabilitatea ca acesta să se dezintegreze în scurtul timp pe care îl petrece în plămâni noștri este mică. Parcursul particulelor a din aer, înainte ca ele să-si piardă cea mai mare parte din energie, este de mai puțin de 10 cm. Pericolul radonului provine din radioactivitatea dată de 3 elemente produse în serie prin dezintegrarea radonului și anume poloniu, plumb și bismut; astfel de “descendenți” sunt numiți “fiicele” radonului. În cantități macroscopice, aceste elemente sunt solide și atunci când se formează în aer din radon, imediat aderă la particulele de praf. Câteva particule de praf se lipesc pe suprafața plămânilor când sunt inhalate și în aceste condiții, aceste elemente pot cea un pericol pentru sănătate. Cea mai mare expunere la particule a, provenite din dezintegrarea radonului, este suportată de acei mineri care lucrează în mine de uraniu prost ventilate. Rata cancerului la plămâni înregistrată la ei este într-adevăr mai mare decât cea pentru populație în general, chiar și după ce s-a luat în considerație fumatul. Din date statistice, ce arată legătura dintre frecvența cancerului la plămâni și nivelul cumulat al expunerii la radiații, s-a creat o relație matematică între frecvența cancerului și expunerea la radon. Oricum, aceste estimări s-ar putea să fie prea ridicate, deoarece minerii lucrează în condiții de praf mai grave decât condițiile dintr-o locuință și respirația în timpul lucrului este mult mai rapidă și profundă decât ar fi normal; în consecință, șansa ca fiicele radonului să pătrundă în plămâni minerilor este mult mai mare, în comparație cu situația populației în general. Expunerea lor la arsenic și la gazele de eșapament poate contribui, de asemenea, la creșterea ratei cancerului la plămâni și aceasta ar putea fi atribuită expunerii la radon. De menționat ca studiile epidemiologice sunt contradictorii în ceea ce privește riscul radonului asupra oamenilor. În Suedia s-a constatat că rata cancerului la plămâni la nefumători și, în special, la fumători crește odată cu creșterea nivelului de radon din locuințele lor. În Canada, studiile s-au desfășurat în zonele cu cel mai mare conținut de radon (Winnipeg, Manitoba) și nu s-a găsit nici o legătura între nivelul de radon și frecvența cancerului la plămâni. În SUA s-a descoperit o infimă dovadă a tendinței de creștere a ratei cancerului la plămâni, odată cu creșterea concentrației de radon din interior. “Problema radonului” a primit cea mai mare atenție în Statele Unite, unde în mod curent există programe pentru a testa aerul de la baza unui număr mare de case, pentru a descoperi nivelul de radon. Odată ce radonul este identificat, proprietarii pot schimba căile de aerisire în aceste clădiri pentru a reduce nivelurile viitoare de radon în zonele locuite și astfel, reducându-se și riscul adițional de a contracta cancer la plămâni.



**PCB (bifenili policlorurati).** Termenul de PCB (bifenili policlorurati ) se referă la o clasă de substanțe chimice sintetice, care sunt, în mare parte, inerte din punct de vedere chimic. Ele au fost utilizate ca aditivi în uleiul din echipamentele electrice, din mașinile hidraulice și alte cazuri în care este necesară stabilitatea chimică pentru o bună funcționare. PCB-urile sunt folosite ca dielectrici în echipamente și instalații electrice, în sisteme de transfer termic și în diverși solvenți pentru curățire sau tuș. Alte utilizări ale PCB-urilor sunt în adezivi, în materiale plastice și în plastifianți pentru vopsele. Deși din punct de vedere comercial stabilitatea chimică a PCB-ului a fost un beneficiu, tot această stabilitate se face vinovată de crearea unei probleme de mediu, deoarece PCB-urile sunt printre substanțele poluante cele mai larg răspândite în mediu, regăsindu-se în toate mediile (în aerul atmosferic, în aerul din incinte, în apa de suprafață și subterană, în sol și în hrană). Nu numai faptul ca PCB-urile sunt adesea persistente, ci și faptul că în anumite combinații PCB-urile devin toxice, fac din aceste substanțe un pericol iminent. Expunerea la concentrații scăzute de PCB-uri este bănuita ca fiind cauza unor probleme acute și cronice de sănătate. Protejarea sănătății umane și a mediului ambiant impune distrugerea PCB-urilor. PCB-urile sunt insolubile în apă, dar se dizolvă repede în grăsimi, în hidrocarburi și alți compuși organici. PCB-urile sunt bioacumulabile, ele depozitându-se în țesuturile adipoase, iar acest tip de expunere este considerat a fi responsabil de numeroase boli. Expunerea la niveluri ridicate de PCB-uri este asociată cu iritații ale pielii, mâncărimi și arsuri, iritări ale ochilor, schimbări ale pigmentării pielii și unghiilor, disfuncții hepatice și ale sistemului imunitar, iritații ale căilor respiratorii, dureri de cap, amețeli, depresii, pierderi de memorie, nervozitate, oboseală și impotență. Efectele cronice ale PCB-urilor cauzate de expuneri pe perioade mai îndelungate la doze mici, constau în boli ale ficatului, ale sistemului reproducător, dar cel mai important efect este cel cancerigen.

### **1.3 Poluarea aerului la nivelul solului**

Poluarea aerului la nivelul solului afectează dominant viața locuitorilor din așezările urbane și rurale, precum și culturile agricole, pădurile, animalele, construcțiile. Principalii poluanți la nivelul solului sunt particulele de diferite dimensiuni și diverse compoziții chimice (smogul, ozonul, ploaia acidă etc.) [3].

**Smogul.** Cel mai bun exemplu de poluare a aerului îl constituie “smog-ul” (amestec de ceață și fum), care apare în multe orașe din întreaga lume. Reactanții care produc cel mai întâlnit tip de smog sunt, în special, emisiile de la automobile, iar în zonele rurale o serie de ingrediente, care pot fi furnizate de emisiile din păduri. Într-adevăr, funcționarea motoarelor vehiculelor produce o mai mare poluare a aerului decât orice altă activitate umană singulară. Cea mai evidentă manifestare a smogului o constituie pâcla, de culoare galben-marogri, care se datorează prezenței în aer a unor mici picături de apă, ce conțin produse ale

reacțiilor chimice dintre substanțele poluante din aer. Această pâclă, familiară celor din zonele urbane, se extinde în prezent periodic și în zone curate, cum ar fi rezervații naturale, zone de agrement, păduri, câmpii. Acest smog are de multe ori un miros neplăcut, datorită componenților gazoși. Produsele intermediare și finale ale reacțiilor care au loc în smog pot afecta sănătatea oamenilor și pot provoca degradări plantelor, animalelor și anumitor materiale. Este o caracteristică istorică generală ca, atunci când o țară nedezvoltată începe dezvoltarea industrială, calitatea aerului să se înrăutățească semnificativ. Situația continuă să se deterioreze până când un grad semnificativ de afluență este atins, punct în care controlul emisiilor este îmbunătățit, iar aerul începe să se purifice. Una dintre cele mai importante caracteristici ale atmosferei Pământului este aceea ca ea constituie un mediu oxidant, un fenomen datorat mării concentrații de oxigen diatomic,  $O_2$ , pe care aceasta o conține. Aproape toate gazele care sunt eliberate în aer, fie că sunt substanțe “naturale” sau “poluanți” sunt complet oxidate în aer, iar produsele finale sunt depozitate, în consecință, pe suprafața Pământului. Reacțiile de oxidare sunt vitale pentru purificarea aerului. Multe regiuni urbane din lume suferă de pe urma poluării aerului, proces în decursul căruia sunt produse cantități relativ mari de ozon la nivelul solului,  $O_3$ , un constituent indezirabil al aerului, care este prezent în concentrații semnificative la altitudini mici, ca rezultat al reacțiilor poluanților, induse de lumina solară. Acest fenomen este denumit smog fotochimic și este uneori caracterizat ca fiind un “strat de ozon într-un loc nepotrivit”, pentru a contrasta cu ozonul stratosferic, benefic pentru viața pe Pământ. Însuși cuvântul “smog” este o combinație a cuvintelor “smoke” – fum și “fog” – ceață. Procesul de formare a smogului cuprinde în realitate sute de reacții chimice diferite, incluzând o multitudine de produse chimice ce apar simultan, zonele urbane fiind “reactoare chimice gigant”. Principalii reactanți într-un proces de formare a smogului fotochimic sunt oxidul de azot,  $NO$  și hidrocarburile nearchive, care sunt emise în aer ca poluanți, de la motoarele cu ardere internă și de la alte surse. Concentrațiile acestor produse chimice sunt cu câteva ordine de mărime mai mari decât cele ce se găsesc în aerul curat. Recent, s-a constatat că hidrocarburile gazoase sunt de asemenea prezente în aerul urban, ca rezultat al scăpărilor de gaz metan de la vane, ventile sau arderi incomplete în CTE și locuințe, al evaporării solvenților, combustibililor lichizi și a altor componente organice. Substanțele care conțin hidrocarburi și derivații lor, ce se vaporizează ușor, se numesc **componente organice volatile** sau COV.

*Două mecanisme distincte sunt implicate în inițierea reacției dintre azotul și oxigenul molecular pentru producerea de oxid de azot; într-unul, oxigenul atomic atacă moleculele intacte de  $N_2$ , în timp ce în celălalt, atacul este realizat de radicalii liberi cum ar fi  $\bullet CH$ , derivați din descompunerea combustibilului. Se produce, de asemenea, o cantitate suplimentară de oxid de azot, prin oxidarea atomilor de azot conținuți în combustibil. Oxidul de azot,  $NO$ , și  $NO_2$  din aer se numesc, în comun, oxizi de azot,  $NO_x$ . Culoarea galbenă din atmosfera unui oraș este datorată dioxidului de azot prezent, deoarece acest gaz absoarbe o parte din lumina vizibilă din apropierea limitei violete, și, prin urmare, lumina solară, transmisă prin smog,*

apare galbenă. Nivelurile mici de  $\text{NO}_x$  din aerul curat rezultă din acțiunea reacțiilor de mai sus în apropierea fulgerelor și din degajarea de  $\text{NO}_x$  și amoniac,  $\text{NH}_3$ , din surse biologice.

Ca un oraș să devină subiect pentru *smogul fotochimic*, trebuie îndeplinite câteva condiții. În primul rând, trebuie să fie degajate cantități suficiente de  $\bullet\text{NO}$ , hidrocarburi și COV-uri, în aer. În al doilea rând, trebuie să fie *căldură și lumină solară* din abundență, pentru ca reacțiile decisive, o parte dintre ele fotochimice, să se desfășoare rapid. În sfârșit, pentru ca reactanții să nu fie diluați, trebuie să existe o mișcare relativ mică a maselor de aer. Multe țări și Organizația Mondială a Sănătății (OMS) au stabilit limitele maxime admise pentru concentrațiile de ozon în aer la aproximativ 100 ppb (parți pe miliard) sau mai puțin, raportate, în medie, la o perioadă de o oră; de exemplu, standardul în Canada este de 82 ppb, iar cel stabilit de OMS este de 75÷100 ppb. Din cauza transportului de lungă distanță a poluanților primari și secundari, unele localități rurale și chiar mici orașe, care se întind în drumul maselor de aer poluat, cunosc o creștere mai mare a nivelului de ozon decât marile zone urbane apropiate, deoarece în marile orașe o parte din ozonul transportat din altă parte este eliminat prin reacția cu oxidul de azot, eșapat de mașini.