

**CARACTERISTICI CHIMICE (OXIGEN, DIOXID DE CARBON, AZOT, OZON; PENTRU FIECARE FACTOR: PARTICULARITĂȚI ECOLOGICE ȘI RELAȚIE CU STAREA DE SĂNĂTATE). POLUAREA AERULUI (FACTORII CARE CONDIȚIONEAZĂ POLUAREA ȘI AUTOPURIFICAREA AERULUI: SURSE DE POLUARE, CONDIȚII METEOROCLIMATICE, PARTICULARITĂȚI TOPOGRAFICE NATURALE ȘI ARTIFICIALE; POLUAREA ÎN RELAȚIE CU STAREA DE SĂNĂTATE ȘI MĂSURI MEDICALE DE MONITORIZARE A CALITĂȚII AERULUI (CONCENTRAȚII MAXIME ADMISE, MARKERI BIOLOGICI)**

### **1.3. CARACTERISTICI CHIMICE ALE AERULUI**

**Aerul atmosferic este un amestec de gaze, vapori de apă, particule solide și lichide.**

**În troposferă**, compoziția chimică a aerului se caracterizează printr-o constanță relativă a componentelor.

**Aerul atmosferic este un sistem dinamic cu două componente:**

- **componenta bazală**, cu elemente în concentrație relativ constantă:  $N_2$  – 78%,  $O_2$  – 21%, Ar – 0,9%, (99,9%) și Ne, He,  $H_2$ , Xe, Kr
- **componenta variabilă**, cu elemente în concentrație fluctuantă, de origine naturală sau antropogenică, unele potențial poluante: vapori de apă,  $CO_2$ , CO,  $NH_4^+$ ,  $O_3$ ,  $NH_3$ ,  $NO_x$ .

Starea de sănătate a omului este influențată nefavorabil de modificarea compoziției chimice a aerului prin:

- variația concentrației gazelor
- variația presiunii parțiale a gazelor.

#### **1.3.1. Oxigenul**

##### **1.3.1.1. Ca factor ecologic**

Concentrația relativ constantă a oxigenului în aerul atmosferic, 20,95% este asigurată prin echilibrul dintre producerea continuă de oxigen, prin sinteza clorofiliană, și consumul de oxigen în procesele oxidative.

**Circuitul oxigenului poate fi alterat** prin procese diferite:

- Plantele planctonice și plantele de pe uscat, în special pădurile tropicale, constituie adevărate uzine naturale de oxigen.  
Pericole pentru fotosinteza plantelor de pe uscat: reducerea suprafețelor împădurite prin exploatarea nerațională a pădurilor, procesele de urbanizare cu acoperirea solului cu construcții și căi de transport, poluarea aerului.

Fotosinteza plantelor acvatice este periclitată prin: depozitarea în ocean de deșeuri; pesticidele clorurate cu remanentă lungă care ajung în final în mări și oceane; substanțele toxice inhibitoare ale fotosintezei din petrolierele avariate.

- Combustiile industriale și în motoarele cu ardere internă ale mijloacelor de transport sunt mari consumatoare de oxigen.
- Autopurificarea mediilor naturale are loc cu ajutorul oxigenului. Diminuarea sau lipsa oxigenului sunt cauze de depășire a proceselor de autopurificare, cât și de producere și acumulare de produși toxici.

### 1.3.1.2. Oxigenul în relație cu starea de sănătate

Viața se bazează pe oxigen ca element indispensabil.

În condițiile unei activități normale, omul are un consum mediu de 15-60 m<sup>3</sup> aer/zi și 3-12 m<sup>3</sup> oxigen/zi.

Dacă în aerul inspirat concentrația oxigenului este de aproximativ 21%, în aerul expirat este doar de 16%.

#### ▪ Deficitul de oxigen

##### ➤ Scăderea concentrației de oxigen

Concentrația oxigenului este scăzută în încăperi cu aer viciat, refugii subterane, fântâni adânci (16%), mine de mare profunzime (13%), în urma exploziilor (5%).

**Limita inferioară a concentrației de oxigen la care viața este posibilă este de 8-10%**, chiar mai scăzută la persoanele antrenate în hipoxie.

Scăderea concentrației oxigenului din aer până la 18% nu determină tulburări la persoanele expuse.

La concentrații între 15-10%, fenomenele compensatorii devin insuficiente și apar semnele hipoxiei cerebrale și alcaloză.

Se poate produce asfixie prin oxigen insuficient la nou-născuți împachetați în perini, la copii blocați în joacă în frigidere și congelatoare, iar în condiții naturale, în perimetrul trăsnetului și a exploziei.

##### ➤ Scăderea presiunii parțiale a oxigenului

Presiunea parțială a oxigenului scade cu altitudinea, odată cu scăderea presiunii atmosferice. Tulburările care apar la ascensiuni sunt determinate de altitudine, de ritmul ascensiunii, de gradul de antrenament, starea de sănătate.

**Ascensiunea pe munte.** În ascensiunea pe munte până la 3000 m, majoritatea persoanelor sănătoase nu acuză modificări, exceptând fenomene de compensare cardiorespiratorii (creșterea frecvenței respirației, creșterea debitului respirator, creșterea presiunii arteriale).

Între 3000-5000 m altitudine apare răul de munte sau boala de ascensiune, descrisă prima dată la alpiniști. Se manifestă la început printr-o stare de bună dispoziție, euforie, urmată după câteva ore de oboseală intensă, cefalee, grețuri, vărsături, amețeli, somnolență. În cazurile grave se semnalează epistaxis, hemoptizie, lipotimie. Boala apare mai frecvent la persoanele neantrenate sau la cele care nu-și dozează corect efortul (mers rapid, pauze nesistematizate).

Altitudinea între 5000-7000 m este limita de adaptare pentru persoanele neantrenate, ultima etapă fiind pierderea cunoștinței. Prin adaptare, omul poate trăi în condiții aproape normale la altitudinea de 5000 m.

**Zborul cu avionul în cabine nepresurizate**, duce la tulburări.

Călătorii prezintă răul de aer: tulburări neurovegetative, senzație de dezechilibru, anxietate, paloare, transpirații reci, grețuri, vărsături. Aviatorii, persoane antrenate, pot prezenta răul aviatorilor, manifestat prin: tulburări respiratorii (tahipnee, amplitudine respiratorie crescută), tulburări circulatorii (tahicardie, hipertensiune, cianoză), tulburări gastro-intestinale (meteorism, dureri, vărsături), tulburări de sistem nervos (văâituri în urechi, amețeli, cefalee, scăderea atenției, necoordonare în mișcări), tulburări oculare (muște volante), stare de oboseală plăcută (beția înălțimilor), pierderea cunoștinței, moarte.

La înălțimi mari, supraviețuirea este posibilă numai prin crearea unei atmosfere artificiale în jurul individului, în cabine presurizate, alimentate cu oxigen și prevăzute cu sisteme de îndepărtare a dioxidului de carbon.

Pentru **profilaxia** tulburărilor se vor folosi aparate de oxigen la ascensiuni peste 5000 m și începând cu înălțimea de 10000 m, costume și cabine presurizate.

Este **contraindicat** zborul cu avionul în cabine nepresurizate la persoanele cu leziuni miocardice, infarct miocardic, angină pectorală, leziuni vasculare decompensate, hipertensiune arterială, leziuni pulmonare congestive, pneumotorax, astm bronșic, ulcer gastroduodenal, anemii grave.

**Viața la altitudine** este o expunere îndelungată la presiunea parțial scăzută a oxigenului și este posibilă prin aclimatizare.

Aclimatizarea la hipoxie este imposibilă la bolnavii cardiaci și pulmonari, datorită suprasolicitării funcțiilor compromise deja.

La embrionul uman hipoxia este **teratogenă**. Frecvent, nou-născuții prezintă malformații, în special cardiace.

Deficitul de oxigen atrage după sine deficitul de oxigenare la nivelul țesuturilor și celulelor, **hipoxia**. **Adaptarea omului la hipoxie**, ca și carență relativă de oxigen are loc în etape succesive.

- Fenomene cardiopulmonare
  - hiperaerare
  - creșterea circulației sangvine
  - creșterea minut-volumului cardiac
  - poliglobulie de 7-8 milioane hematii/mm<sup>3</sup>
- Fenomene umorale
  - creșterea concentrației hemoglobinei sanguine
  - creșterea încărcării hematiilor cu hemoglobină
  - formarea oxihemoglobinei la o presiune parțială a oxigenului mai mică
  - disocierea mai mare a oxihemoglobinei cu eliberarea unei cantități crescute de hemoglobină
  - schimbarea activităților enzimactice sanguine și a echilibrului acido-bazic la limite tolerabile
- Fenomene tisulare
  - proliferarea capilarelor în țesuturi
  - creșterea numărului de mitocondrii celulare
  - creșterea concentrației mioglobinei în mușchi.

Modificările fiziologice și anatomice interne se însoțesc și de modificări anatomice externe, cum este toracele globulos.

## **Terapia hipobară**

Presiunea parțială a oxigenului pentru altitudini cuprinse între 1000-2000 m este utilizată în terapeutică datorită efectului de stimulare cardiovasculară și respiratorie, în condiții naturale și în condiții artificiale, barocamerele, la anemici (altitudine de 1000-1200 m), la astmatici (altitudine de 1500-2000 m).

### ▪ **Excesul de oxigen**

**Creșterea presiunii parțiale a oxigenului** se poate întâlni numai în condiții artificiale, în condiții de muncă cu presiune crescută, la scafandri, la muncitorii din chesoane, de la construcția podurilor, tunelelor, barajelor, hidrocentralelor.

Oxigenul hiperbar (3 atmosfere) duce la tulburări ireversibile respiratorii și nervoase și la moarte.

**Terapia hiperbară** în chesoane artificiale este indicată în tratamentul infecțiilor anaerobe, în chirurgia plastică pentru hemostază mai bună și pentru prevenirea necrozelor țesuturilor insuficient vascularizate.

## **1.3.2. Dioxidul de carbon**

### **1.3.2.1. Ca factor ecologic**

Dioxidul de carbon se găsește într-o concentrație relativ constantă în aerul atmosferic de 0,03-0,04%, rezultat al echilibrului dintre producția și consumul de dioxid de carbon.

#### ▪ **Sursele de producere** ale dioxidului de carbon:

- combustiiile naturale din sol
- respirația ființelor vii: omul elimină 14-22 l CO<sub>2</sub>/oră, concentrația de dioxid de carbon în aerul expirat fiind de 4%, de 100 de ori mai mare decât în aerul inspirat
- combustiiile industriale
- putrefacția și descompunerea substanțelor organice
- arderea combustibililor
- transformarea bicarbonaților în carbonați la nivelul mărilor și oceanelor cu eliberare de CO<sub>2</sub>
- izvoarele minerale suprasaturate
- emanațiile vulcanice.

#### ▪ **Consumul dioxidului de carbon** este realizat prin fixare:

- prin fotosinteza plantelor verzi care elimină oxigen
- de către carbonați, și transformarea lor în bicarbonați la suprafața mărilor și oceanelor
- de către precipitații (ploi, ninsori).

#### ▪ **Efectul de seră**

Este procesul de încălzire a unei planete din cauza radiației reflectate de aceasta. În condițiile prezenței unor gaze cu efect de seră emise natural sau artificial în atmosferă, o parte semnificativă a radiației va fi reflectată înapoi spre suprafață.

În cazul atmosferei Pământului, efectul de seră a fost responsabil de încălzirea suficientă pentru a crea un mediu propice vieții.

**Gazele cu efect de seră** sunt gaze care intră în compoziția atmosferei terestre. Principalele elemente responsabile de producerea efectului de seră sunt vaporii de apă (70%), dioxidul de carbon (9%), metanul (9%) și ozonul (7%), urmate cu pondere mai mică de protoxidul de azot, hidrofluorocarburi, perfluorocarburi și fluorura de sulf.

Gazele de seră au o structură chimică propice absorbției radiației infraroșii, prevenind dispersarea acesteia în spațiu. Aceste substanțe dau posibilitate razelor ultraviolete și luminii să treacă foarte ușor, dar nu permit căldurii să se piardă, precum geamurile de sticlă dintr-o seră.

Pe măsură ce acești compuși chimici absorb energia radiației infraroșii, ei se încălzesc și încep să emită la rândul lor radiație infraroșie în toate direcțiile. O parte se întoarce la suprafața Pământului încălzind-o suplimentar și generând efect de seră, iar o altă parte este eliberată în spațiul cosmic. Acest transfer de căldură creează un echilibru energetic între cantitatea de energie care ajunge la pământ dinspre soare, și cantitatea eliberată de planetă înapoi în spațiu, vitală pentru supraviețuirea formelor de viață.

Gazele cu efect de seră au un rol identic cu cel al sticlei folosite la construcția serelor. Fără ele, energia absorbită și reflectată de suprafața Pământului și-ar găsi foarte ușor drumul înapoi în spațiul interplanetar, lăsând în urmă o planetă propice vieții așa cum o cunoaștem astăzi. S-a calculat că prezența și influența gazelor cu efect de seră ridică temperatura medie pe Terra de la -19°C, valoare care s-ar înregistra în absența acestor gaze, la o medie prezentă de 15°C la nivel global.

**Temperatura globală și concentrația de dioxid de carbon au fluctuat de-a lungul timpului**, formând cicluri de sute de mii de ani, schimbând periodic clima planetei. A variat și poziția Pământului față de soare. Ca rezultat, au apărut și au trecut erele glaciare. În ultimele sute de ani, emisiile de gaze cu efect de seră au fost în mod natural absorbite. Temperatura a fost destul de stabilă și a permis civilizației umane să trăiască într-un climat constant.

În ultima jumătate de secol, au fost emise în atmosferă cantități foarte mari de gaze de seră, care au redus permeabilitatea atmosferei pentru radiațiile calorice reflectate de Pământ spre spațiul cosmic. Acest lucru a dus la începerea fenomenului de **încălzire globală**.

### **Cauzele încălzirii globale**

- ✓ Vulcanismul ca fenomen natural, este un factor a cărui importanță a fost subestimată și contribuie la încălzirea globală prin producere de gaze cu efect de seră, în special CO<sub>2</sub>. Cenușa vulcanică conține și aerosoli sulfuroși care obturează radiația solară.
- ✓ Activitățile oamenilor au dus la creșterea emisiilor de:
  - CO<sub>2</sub> datorită defrișărilor și emisiilor de CO<sub>2</sub> din arderea combustibililor în mijloacele de transport, centrale termoelectrice, industrii, focare domestice
  - metan, ca urmare a activităților agricole (creșterea vacilor, cultivarea orezului)
  - NO<sub>x</sub> prin folosirea îngrășămintelor chimice și a arderii combustibililor fosili
  - compuși halogenați, prin utilizarea freonilor în instalațiile frigorifice, instalațiile pentru stingerea incendiilor sau ca agent de propulsie în sprayuri.

### **Efectele încălzirii globale**

- ✓ Dacă cantitatea normală de CO<sub>2</sub> de 0,03% va fi dublată, temperatura atmosferei poate să se schimbe cu 1,3 până la 3°C. Această majorare a temperaturii poate provoca topirea ghețarilor, iar nivelul oceanelor poate crește până la 6 m.

- ✓ Până la 30% din speciile vegetale și animale ar dispărea, iar dezastrelor naturale precum alunecările de teren și inundațiile ar deveni fenomene aproape obișnuite.
- ✓ Un alt efect negativ al încălzirii globale sunt taxele “eco”: pentru emisiile de CO<sub>2</sub>, pentru pungile de plastic și pentru multe alte produse unde este menționată suma care se duce către ecologiști.

#### ▪ Efectul de seră murdară

Există însă și un alt fenomen: **o creștere semnificativă a încălzirii atmosferei cu pulberi și în special cu pulberi în suspensie**. Ele provin din procese naturale (eroziune eoliană) și artificiale (industrii). Prin absorbția radiației solare de către particulele în suspensie, regimul radiației incidente pe sol se modifică. Consecințele pot fi mai importante dacă particulele fine ajung în stratosferă unde persistă, nemaifiind antrenate de către precipitații. Fenomenul a fost desemnat ca **efectul de seră murdară**.

Rezultă astfel o competiție inversă între creșterea temperaturii atmosferei prin creșterea concentrației dioxidului de carbon, și scăderea temperaturii atmosferei prin creșterea concentrației particulelor în suspensie.

#### 1.3.2.2. Dioxidul de carbon în relație cu starea de sănătate

**Frecvent, se ating concentrații ale dioxidului de carbon de 10 ori mai mari decât normalul**, în încăperi neventilate și aglomerate, săli de spectacole, laboratoare de chimie, pe artere de circulație rutieră intense, fără simptome din partea persoanelor expuse.

**Creșteri reale** ale concentrației dioxidului de carbon pot fi observate în:

- locuri declive, unde se acumulează dioxid de carbon până la 10-14%, în straturi, datorită densității mai mari a gazului față de aer: puțuri, gropi adânci, latrine, pivnițe închise și insuficient ventilate și unde se produc procese de fermentație
- sectoare industriale cu degajare mare de dioxid de carbon (industria extractivă minieră, metalurgică, chimică, alimentară - fabricarea berii și a zahărului).

#### Intoxicația cu dioxid de carbon

Semnele intoxicației cu dioxid de carbon apar de la concentrații de circa 100 de ori mai mari față de normal, 3-4%, concentrația mortală fiind în jur de 10%.

### 1.3.3. Azotul

#### 1.3.3.1. Ca factor ecologic

Azotul are cel mai mare procentaj în cadrul compoziției aerului atmosferic, 78,09%, fiind un gaz inert, impropriu pentru viață.

În afara azotului elementar, în mediu se întâlnesc și compuși ai azotului: oxizi de azot, amoniacul, acidul azotic și azotos.

#### 1.3.3.2. Azotul în relație cu starea de sănătate

Azotul îndeplinește rolul de **a dilua oxigenul folosit în respirație**. Concentrația azotului este aceeași în aerul inspirat și în aerul expirat. Este solubil în apă și mai ales în lipide. Azotul se găsește dizolvat în umorile și lipidele organismului în cantități importante, dependent de concentrația crescută din aer și de presiunea parțială. Cea mai mare afinitate pentru azot o are

țesutul adipos și țesutul nervos. La presiune atmosferică normală, azotul nu are nici o acțiune nefavorabilă asupra organismului.

### **Aeroembolia**

Azotul poate avea o **acțiune nefavorabilă în condițiile expunerii la presiune atmosferică crescută** (la scafandri, muncitorii din chesoane). În apă, cu fiecare 10 metri adâncime, presiunea crește cu o atmosferă. Expunerea la presiune atmosferică crescută și presiune parțială a azotului mare, duce la saturarea rapidă a sângelui în azot prin dizolvare. La revenirea la presiune normală se produce **decompresiunea**.

În caz de **decompresiune lentă**, prin scăderea lentă a presiunii atmosferice și a presiunii parțiale a azotului, gazul se deplasează de la țesuturi în sânge, apoi în aerul alveolar și va fi eliminat, fără consecințe negative pentru organismul uman.

În caz de **decompresiune bruscă**, azotul tisular este degajat rapid sub formă buloasă. Bulele de azot obturează capilarele cu apariția bolii de decompresiune, embolia gazoasă. Manifestările emboliei gazoase sunt dependente de localizarea în țesuturi: pulmonar, cardiac, nervos, adipos, articular.

**Prevenire aeroemboliei** este posibilă prin decompresiune lentă. Pentru scafandri, se recomandă decompresiunea în trepte. În aviație, se folosesc aparate presurizate în care presiunea atmosferică scade la cel mult valoarea corespunzătoare altitudinii de 2500 m.

### **Narcoza hiperbară**

Narcoza hiperbară sau beția adâncurilor se datorează **acțiunii narcotice a azotului la presiune ridicată**, la scafandri în condiții de durată și adâncime mare de scufundare.

Manifestările sunt starea de euforie, excitație și tulburări senzoriale, imposibilitatea ridicării la suprafață.

**Profilactic**, se asigură starea de antrenament a scafandrilor, controlul riguros al duratei de scufundare, al posibilității de readucere la suprafață. Accidentul poate fi prevenit și prin folosirea unor amestecuri de gaze: oxigen - heliu, oxigen - hidrogen.

### **1.3.4. Ozonul**

Ozonul, starea alotropică a oxigenului, este întâlnit în proporție redusă, 0,2-0,8 mg/100 m<sup>3</sup> aer, dar cu importanță deosebită pentru echilibrul atmosferei și protecția vieții pe Pământ.

Ozonul este dispus diferențiat pe verticală, de la sol până în stratosferă unde atinge cea mai mare concentrație sub forma **stratului de ozon sau ozonosferă**, cu rol în filtrarea radiației ultraviolete solare, așa numitul ozon bun.

În atmosfera joasă, **ozonul troposferic** ca și gaz puternic oxidant, este toxic pentru organismele vii și este numit ozonul rău.

#### **1.3.4.1. Ozonul stratosferic**

Ozonul stratosferic reprezintă peste 90% din ozonul atmosferic și este situat între 10-40 km altitudine, concentrația maximă fiind la 30 km altitudine. Are grosimea de 3 mm sau 300 DU (unitate Dobson; 1 DU=10μm din strat și conține 2,69x10<sup>20</sup> molecule ozon/m<sup>2</sup>).

Ozonul stratosferic este rezultatul echilibrului fotochimic care implică moleculele de oxigen, atomii de oxigen și radiația solară, dintre:

- formarea ozonului, pornind de la oxigen, sub influența radiației ultraviolete

$O_2 \rightarrow 2O$ , sub acțiunea UV tip C, sub 240  $\mu m$

$O + O_2 \rightarrow O_3$

- descompunerea ozonului, cu formare de oxigen, sub influența radiației ultraviolete

$2O_3 \rightarrow 3O_2$  sub acțiunea UV tip B, 240-320  $\mu m$ .

**Ozonosfera are rol de ecran** față de radiația ultravioletă de tip B cu lungime de undă între 240-320  $\mu m$  periculoasă pentru ființele vii, și pentru schimburile energetice între straturile atmosferice superioare și inferioare.

Generalizarea procesului de diminuare a ozonului stratosferic pe glob, a dus la primele măsuri coordonate de prevenire și combatere a deteriorării ozonului, începând cu Protocolul de la Montreal, 1987, urmat și de altele. Strategiile se referă la reducerea sau stoparea emisiilor care afectează ozonosfera.

Din 1985 s-au semnalat **găurile de ozon** deasupra Antarcticii, respectiv o subțiere a stratului de ozon în jur de 1 mm. Deasupra Europei se semnalează distrugeri de ozon în Scandinavia, Europa Centrală. România se situează la o latitudine considerată mai ferită de degradare.

Printre **cauzele subțierii stratului de ozon** figurează:

- **halocarbonii** (în principal freonii), molecule foarte ușoare care migrează în aerul atmosferic pe verticală, persistând zeci de ani; se desfac doar în condiții polare; rezultați în industria refrigeratoare, aerului condiționat, chimică, extintoare
- **zborurile stratosferice**, preferențial la aproximativ 20 km altitudine, cu eliberare de gaze arse cu oxizi de azot, oxigen atomic, hidrogen, grupări hidroxil, care interacționează fotochimic cu ozonul, consumându-l; zgomotul avioanelor supersonice, numit bang sonic
- **erupții vulcanice** (ex. erupția vulcanului Pinatubo de pe insula filipineză Luzon, 1991) cu eliberări importante de  $SO_2$
- **explozii nucleare experimentale**, cu eliberări mari de azot
- **încălzirea atmosferei**, provocată de gazele de seră în principal  $CO_2$ , duce indirect la distrugerea ozonului
- **agricultura**, prin folosirea îngrășămintelor cu azot.

Consecințele diminuării stratului de ozon au **implicații ecologice** mari:

- creșterea cantității de ultraviolete la suprafața solului, cu afectarea viețuitoarelor
- perturbări fiziologice și morfologice la plantele terestre, cu efecte negative pentru valoarea nutritivă
- deteriorarea fitoplanctonului și zooplanctonului, cu perturbarea lanțului trofic marin
- creșterea reactivității chimice în troposferă, datorită creșterii cantității de ultraviolete.

Pentru **om**, consecințele diminuării ozonului stratosferic sunt:

- creșterea incidenței cancerelor de piele cu 5% pentru o creștere a radiației ultraviolete cu 1%
- îmbătrânirea pielii
- slăbirea sistemului imunitar
- iritația ochilor, lăcrimare, inflamații, glaucom, cataractă.

### 1.3.4.2. Ozonul troposferic

În apropierea solului, ozonul troposferic provine din:

- ozonosferă, prin mișcarea aerului pe verticală



- regruparea atomilor de oxigen formați prin descărcări electrice, evaporarea suprafețelor de apă, cu oxigen molecular
- poluanți de la autovehicule (gaze de eșapament, CO<sub>2</sub>), industrii (NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>), termocentrale (SO<sub>2</sub>), în reacții chimice în prezența luminii solare.

**Sub aspect ecologic**, ozonul troposferic este o componentă de bază în forme de poluare accentuată a mediului: ploile acide, smogul, încălzirea globală în care participă ca și gaz de seră.

## **1.4. POLUAREA ȘI PROTECȚIA AERULUI. RELATIE CU STAREA DE SĂNĂTATE**

Prin **poluarea aerului** (OMS) se înțelege prezența unor substanțe străine de compoziția naturală sau variația importantă a componentilor (CO<sub>2</sub>) și care pot produce direct sau indirect alterarea sănătății omului.

**Autopurificarea aerului** înseamnă restabilirea proprietăților naturale ale aerului, când cantitatea de poluanți nu depășește anumite limite.

Cele două procese se desfășoară concomitent.

### **1.4.1. Factorii care condiționează poluarea și autopurificarea aerului**

#### **1.4.1.1. Surse de poluare**

Primele procese de poluare ale aerului au avut loc fără intervenția omului și s-au datorat antrenării de către vânt a pulberilor de pe sol, a gazelor rezultate din procesele biologice petrecute în sol, a emanațiilor vulcanice.

Impurificării naturale i s-a adăugat ulterior poluarea artificială legată de activitățile umane, prin utilizarea focului, dezvoltarea tehnologiilor. Poluarea artificială și poluanții rezultați se diversifică continuu.

**Sursele naturale de poluare ale aerului** sunt cele mai vechi. Ele impurifică mai ales prin particule solide și sunt reprezentate prin vulcani, erodarea solului, descompunerea substanțelor organice, vegetație, incendiile spontane ale pădurilor, elementele radioactive naturale, cometele și meteoriții.

*Poluanți:*

- pulberi, alte particule, polen, fungi
- gaze: CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S
- fum, cenușă, mercaptani.

**Sursele artificiale de poluare a aerului** reprezintă locul de producere și de evacuare în aerul ambiental sau interior a diferiților poluanți, mai ales sub formă de gaze și vapori, cu toxicitate crescută prin ei înșiși, și prin interacțiunea cu alți poluanți.

*Poluanți:*

- gaze și vapori: CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, acizi minerali și organici
- pulberi: minerale și organice, vegetale și animale
- fum, cenușă, mercaptani.

**Statistici recente ale OMS** indică:

- ✓ Predominența surselor artificiale.

- ✓ Ponderea surselor artificiale
  - autovehicule - 45-48%
  - industrii - 17-19%
  - producere de energie – 16-17%
  - consum casnic – 15-16%.
- ✓ Poluanți:
  - SO<sub>2</sub> : 60-65% din producerea de energie; 25% din industrii; 10% ardere casnice; 3-4% autovehicule
  - Praf: 55-60% din industrii; 20-22% din producerea de energie; 9% autovehicule; 9% sector casnic
  - NO<sub>x</sub>: 50-55% autovehicule; 28% producerea de energie; 14% industrii; 4% sector casnic
  - CO: 65% autovehicule; 20-21% sector casnic; 12-14% industrii.

#### 1.4.1.2. Condiții meteoroclimatice

**Temperatura aerului**, prin scăderea cu altitudinea, determină mișcarea aerului pe verticală și antrenarea poluanților la distanță de sol (diluare). Inversiunea termică, cu apariție când solul și aerul din apropiere se răcesc mai repede, se opune difuziei poluanților.

**Umiditatea aerului** crescută determină formarea ceții, ceea ce favorizează acumularea poluanților. Dioxidul de sulf și oxizii de azot din atmosferă sunt transformați în acizii corespunzători și cad apoi pe sol sub formă de ploaie sau zăpadă acidă. Precipitațiile favorizează antrenarea și depunerea particulelor sedimentabile pe sol.

- **Ploaia acidă** este un tip de poluare atmosferică. Se formează atunci când oxizii de sulf și de azot se combină cu vaporii de apă din atmosferă, rezultând acizi sulfurici și azotici, care pot fi transportați la distanțe mari de la locul producerii, și care pot precipita sub formă de ploaie, zăpadă, lapoviță cu un pH mai mic de 5,6.

##### *Cauzele ploii acide*

- Emisiile industriale au fost invinuite ca fiind cauza majoră a formării ploii acide.
- Severitatea efectelor poluării acide a fost de mult recunoscută pe plan local, exemplificată fiind de smog-urile acide din zonele puternic industrializate.
- SO<sub>2</sub> este răspunzător de apariția ploii acide, provenit din surse naturale (vulcanii, picăturile fine din apa mărilor și oceanelor, descompunerea resturilor vegetale) și surse artificiale (arderea combustibililor). Când SO<sub>2</sub> ajunge în atmosferă, inițial se oxidează la sulfură, apoi devine acid sulfuric prin reacții cu atomii de hidrogen din aer și cade pe pământ.
- NO și NO<sub>2</sub> sunt componenți ai ploii acide. Sursele lor sunt centralele electrice și gazele de eșapament. La fel ca SO<sub>2</sub>, oxizii azotului se ridică în atmosferă, sunt oxidați pentru a forma acidul azotic.

##### *Consecințele ploilor acide*

- Ceața acidă afectează vizibilitatea, face deplasarea mai dificilă pentru piloți, împiedică cursul luminii solare către pământ.
- Particulele acide cauzează coroziunea clădirilor, statuilor, podurilor, șoselelor, punând în pericol siguranța cetățenilor.
- Ploaia acidă are efecte nocive asupra florei și faunei apei lacurilor, apelor curgătoare.

- Ploaia acidă reacționează cu substanțele nutritive necesare copacilor, cum sunt calciul, magneziul, potasiul, ceea ce îngreunează hrănirea lor. Arborii devin fragili și nu mai rezistă vântului sau greutății zăpezii, frunzele capătă o culoare anormală și cad.
- Cărțile și obiectele de artă sunt afectate de ploaia acidă care pătrunde în clădirile în care sunt păstrate, deteriorând astfel materialele.
- Ploaia acidă afectează sănătatea omului, provocând tuse, astm, dureri de cap, iritații ale ochilor, nasului și gâtului, prin emisiile de SO<sub>2</sub> și NO<sub>2</sub>.

**Curenții de aer** orizontali au rol în dispersia poluanților. Prin mișcarea aerului, poluanții pot ajunge în zone unde sursele de poluare lipsesc. Calmul atmosferic duce la acumularea și creșterea concentrației poluanților.

**Radiația solară** ultraviolet determină producerea unor reacții fotochimice, la care participă poluanții și compușii normali ai aerului. Rezultă **smogul oxidant** sau ceața fotochimică, un amestec de compuși toxici, mai agresivi decât poluanții inițiali: ozon, radicali liberi, substanțe oxidante. Smogul oxidant poate să apară în toate centrele industrializate cu circulație intensă a autovehiculelor.

#### 1.4.1.3. Particularități topografice naturale (geografice) și artificiale (urbanistice)

**Obstacolele naturale** (dealuri, munți) și artificiale (construcțiile) existente pe direcția de deplasare a unei mase de aer, poate să protejeze teritoriul din spatele obstacolului. O dispoziție paralelă a obstacolelor, favorizează mișcarea aerului și formarea de canale aeriene ce transportă impuritățile la distanțe mari.

**Depresiunile și văile** sunt locuri unde se acumulează impuritățile. Temperatura mai scăzută din depresiuni favorizează formarea ceții. Văile creează și canale aeriene în care deplasarea aerului este în sensul curgerii apei.

**Relieful plat**, prin favorizarea mișcării aerului pe orizontală, determină dispersia poluanților.

**Procese biologice din sol** producătoare de căldură intervin în generarea de curenți de aer ascendenți care determină difuziunea impurităților pe verticală.

**Suprafețele de apă** (mări, oceane, lacuri) favorizează reținerea impurităților prin sedimentare, dizolvare și fixare. Curenții locali din zonele de litoral (brizele) contribuie la transportul poluanților.

**Vegetația** participă la autopurificarea aerului prin crearea de zone tampon cu fixare de dioxid de carbon, pulberi, dioxid de sulf, unde sonore.

**Sistematizarea centrelor populate** poate interveni favorabil în protecția față de procesele de poluare, prin amplasarea corespunzătoare a zonei industriale în raport cu zonele de locuit și cu direcția vânturilor dominante, prin respectarea zonei de protecție sanitară în jurul surselor de poluare, prin orientarea corectă a rețelei stradale, prin crearea de spații verzi și oglinzi de apă intravilane.

#### Protecția atmosferei

Prin protecția atmosferei se urmărește prevenirea, limitarea deteriorării și ameliorarea calității acesteia, pentru a evita efecte negative asupra mediului și a sănătății oamenilor (Legea protecției mediului 137/1995, art. 40,41,42).

#### 1.4.2. Poluarea aerului în relație cu starea de sănătate

Poluanții din aerul ambiental pot produce modificări ale sănătății când pătrund în organism și depășesc capacitatea acestuia de a se apăra.

**Efectul biologic** este un fenomen obiectiv sau subiectiv, resimțit sau măsurat într-o perioadă de timp dată. Stabilirea efectelor biologice pornește de la date statistice de morbiditate și mortalitate = **efecte biologice nespecifice**, completate cu tulburări fiziologice și biochimice = **efecte biologice specifice**.

#### 1.4.2.1. Clasificarea poluanților după efectele biologice specifice

Poluanții din aer sunt **clasificați pornind de la efectele dominante**:

- poluanți toxici
- poluanți alergogeni
- poluanți mutageni, cancerigeni, teratogeni.

##### ▪ Poluanții toxici

Sunt **substanțe chimice care lezează organismul viu cu dezorganizarea structurilor și deteriorarea funcțiilor la diferite niveluri, de la molecule la organism ca întreg**. Efectele toxice pot fi acute și cronice.

##### ➤ Poluanții toxici sistemici

Includ substanțe existente în concentrații mici în factorii de mediu și care ajung în organismul uman, putând fi concentrate în lanțuri trofice. Ele sunt lipsite de funcție biologică.

Aceste substanțe sunt improprii vieții prin simpla lor prezență, iar în cazul creșterii concentrației devin nocive cu producere de intoxicații acute sau cronice. Ele acționează la nivel molecular: mitocondrii, reticul endoplasmatic, lizozomi, nucleu celular.

Poluanții toxici sistemici stau la baza patologiei profesionale în primul rând. În mod excepțional pot crește accidental și în factorii de mediu, influențând negativ sănătatea.

*Exemple:*

- compuși anorganici: metale grele și metaloizi - plumb, mercur, cadmiu, mangan, vanadiu, seleniu, fosfor, fluor, beriliu, nichel
- compuși organici: pesticide organoclorurate și organofosforice.

##### ➤ Poluanții toxici asfixianți

Cuprind un număr crescut de substanțe care prin diferite mecanisme fiziopatologice produc hipoxia/anoxia țesuturilor.

*Exemple:*

- unii determină blocarea transportului de oxigen la țesuturi, prin formarea unor compuși specifici cu hemoglobina: carboxihemoglobina la expunere la monoxid de carbon, methemoglobina la expunere la nitrați
- alții împiedică utilizarea tisulară a oxigenului: cianurile
- blocarea centrului respirator prin paralizia sistemului nervos central:  $H_2S$ .

##### ➤ Poluanții iritanți

Afectează mucoasa căilor respiratorii superioare și inferioare. Efectul iritant se traduce prin modificări funcționale/morfologice la nivelul căilor respiratorii și a alveolei pulmonare. La concentrații mari, prezintă și efecte extrapulmonare, cu interesarea conjunctivei, corneei, mucoasei digestive.

**Expunerea acută la concentrații mari**, de scurtă durată, determină la nivelul căilor respiratorii leziuni de mucoasă (hiperemie și edem până la necroză), hipersecreție de mucus, spasm bronșic reflex, modificarea activității cililor vibrațili până la tetanie. La nivelul alveolei pulmonare se

produc leziuni ale pneumocitelor cu alterarea surfactantului pulmonar și a macrofagelor. Leziunea caracteristică cea mai gravă este edemul pulmonar toxic.

**Expunerea acută la concentrații moderate sau mici** nu produce efecte toxice, însă se constată o suprasolicitare a mecanismelor de clearance pulmonar. La nivelul căilor respiratorii scade capacitatea de apărare. La nivelul alveolei, macrofagele cu rol în fagocitoză suferă alterări.

**Expunerile cronice la concentrații moderate** determină efecte cornice frecvente: creșterea frecvenței și gravității infecțiilor de căi respiratorii bacteriene și virotice, a bronhopneumopatiilor cronice nespecifice, bronșita cronică, astmul bronșic, emfizemul pulmonar, poluanții iritanți fiind factori agravanți; creșterea frecvenței conjunctivelor acute și cronice; creșterea morbidității și mortalității la copii sub un an și la adulții de peste 45 de ani, la bolnavii cardiovasculari și pulmonari; la copii: retardare în dezvoltarea fizică și neuropsihică, modificări hematologice de tipul poliglobulie cu microcitoză, hipertrofie amigdaliană și a ganglionilor cervicali.

*Exemple:*

- poluanți gazoși: dioxid de sulf, oxizi de azot, substanțe oxidante, amoniac, clor, fluor
- pulberi, cu capacitate absorbantă crescută pentru gaze iritante, ceea ce le crește efectul iritativ.

#### ➤ **Poluanții fibrozanți**

Determină un răspuns nespecific fibrogen al plămânului, care poate fi provocat de factori exogeni și endogeni. Tulburările țesutului conjunctiv pulmonar pot fi sub formă de proliferare (fibroză) și sub formă de redistribuire a țesutului conjunctiv cu pierderea structurii alveolare (emfizem).

*Exemple:*

- pulberile pneumoconio gene (dioxidul de siliciu) determină fibrozări cu restricție pulmonară, fibroze nodulare în zone de deșert
- compușii de fier pot cauza fibrozări pulmonare în zone cu industrie siderurgică
- azbestul din aerul interior poate determina fibrozări și corpi azbestozici, calcificări și plăci pleurale, cancer
- poluanții predominant iritanți pot produce modificări fibroase care accelerează îmbătrânirea țesutului pulmonar.

#### ▪ **Poluanții alergogeni**

Determină efecte de hipersensibilitate. Reacțiile la alergenele aeropurtate sunt:

- respiratorii: astmul bronșic la praf de casă, fungi, polen; bronșita cronică progresivă la fibre textile
- cutanate: sensibilizarea pielii prin pulberi de lemn, gudroane; dermatite la detergenți, pulberi de lemn, nichel; acnee la uleiuri minerale.

*Exemple:*

- alergeni naturali organici, complecși din punct de vedere chimic
  - vegetali (polen atmosferic, mușcături, fibre textile)
  - animalii (peri, descumări epidermice de animale, fulgi)
  - vegetali și animalii (praful de casă, cel mai răspândit și mai complet alergen)
- alergeni artificiali, din industrii, combustii în motoarele autovehiculelor, cu structură chimică simplă: SO<sub>2</sub>, poluanți iritanți, CO, formaldehidă

- alergeni complecși: proteine, polizaharide (fungi, descumări epidermice ale animalelor, pulberi de cereale)
- alergeni incomplecși: neproteici, haptene capabile să se combine cu grupări proteice din organism, devenind antigene (formaldehidă, fenoli, medicamente).

#### ▪ **Poluanți mutageni, cancerigeni, teratogeni**

Afectarea sănătății prin mutageneză, carcinogeneză și teratogeneză are la bază **dereglarea creșterii celulare prin intermediul acizilor nucleici**, dereglare datorată intervenției unor factori endogeni și exogeni. Frecvent, intervenția este plurifactorială, cu predominanța unuia sau mai multora dintre factori.

##### ➤ **Poluanții mutageni**

Determină **modificări ale materialului genetic** sub formă de mutații.

Efectele genetice se produc la orice concentrație a agentului mutagen. Mutațiile se transmit la urmași. Pot determina moartea embrionului sau fătului, cu avorturi spontane, malformații congenitale, deficiențe mintale și fizice.

*Exemple:*

- nitrosamine
- pesticide organoclorurate
- anestezici volatili
- monomeri
- dioxid de sulf
- fluor
- oxizi de azot
- cloropren
- arsen.

##### ➤ **Poluanții teratogeni**

**Perturbă dezvoltarea produsului de concepție** (după fecundare) și cu producere de malformații congenitale. Agenții teratogeni pot acționa direct asupra embrionului sau fătului, asupra complexului feto-placental, și indirect prin intermediul mamei. Efectul teratogen este maxim dacă acțiunea agentului se produce în **perioada de organogeneză maximă**, în primele săptămâni de sarcină.

*Exemple:*

- mangan
- pesticide
- cloroprenul.

##### ➤ **Poluanții cancerigeni**

**Produc mutageneză pe celule somatice.** Dezechilibrul în multiplicarea celulară duce la creștere tisulară și apariția cancerului. Perioada de latență dinaintea apariției efectelor cancerigene este lungă, de ani și chiar decenii.

#### **Cancere asociate poluanților aerului**

- cancer pulmonar, laringian, de cavitate bucală, de pancreas, de vezică urinară (fumat)
- cancer de esofag și orofaringe (fumat și alcoolism)
- cancer de căi nazale (pulberi de lemn)
- mezoteliomul cavității pleurale, cancer pulmonar (azbest)
- epiteliome ale mâinilor, brațelor, capului, scrotului (gudron, smoală, uleiuri de răcire)
- cancer pulmonar (plumb)

- angiosarcom hepatic (clorură de vinil)
- cancer vezical (alfanaftilamină).

*Exemple:*

- hidrocarburi aromatice policiclice, cel mai bine cunoscut benzpirenul (fum de țigară, gaze de eșapament, gudroane, aer ambiental urban)
- nitrozaminele (fum de țigară, industria chimică).

#### **1.4.2.2. Măsurile medicale de supraveghere a poluării aerului**

##### **▪ Concentrații maxime admise**

Concentrațiile maxime admise (CMA) pot fi definite ca doze de poluanți care nu determină direct și indirect efecte nocive asupra organismului uman. Odată stabilite, concentrațiile maxime admise primesc **caracter de lege**.

Concentrațiile maxime admise se stabilesc astfel încât să fie:

- sub pragul de acțiune acută și cronică pentru om, componentele regnului animal și vegetal
- sub pragul de percepere a mirosului și a acțiunii iritative asupra mucoasei respiratorii și conjunctivale
- să nu modifice cantitativ și calitativ radiația solară
- să țină seama de morbiditatea populației
- să țină seama de prezența concomitentă a mai multor poluanți într-un singur factor de mediu sau în mai mulți factori de mediu.

#### **Forme de concentrație maximă admisă pe termen scurt și pe termen lung**

##### **✓ Concentrația maximă admisă momentană**

Durata de recoltare a probei de 30 minute.

##### **✓ Concentrația maximă admisă medie/24 ore**

Probe recoltate continuu timp de 24 ore sau discontinuu, în mai multe reprize egale de timp, repartizate uniform de-a lungul a 24 ore, cu condiția ca suma intervalelor de timp de recoltare să fie de cel puțin 12 ore.

##### **✓ Concentrația maximă admisă medie lunară**

Media a cel puțin 15 valori ale concentrației medii/24 ore, repartizate uniform pe perioada de timp cercetată.

##### **✓ Concentrația maximă admisă medie anuală**

Media a cel puțin 100 valori ale concentrațiilor medii/24 ore, repartizate uniform pe perioada de timp cercetată.

Concentrațiile maxime admise vor fi cu atât mai mici cu cât durata de determinare, respectiv de acțiune, este mai mare.

##### **▪ Markerii biologici**

Sunt **indicatori direcți ai unor evenimente care au loc organismul uman, asociat poluării aerului.**

##### **✓ Markerul de expunere**

Poate fi o **substanță exogenă**, un **metabolit** al acesteia sau **produsul de interacțiune** dintre un agent xenobiotic și celule țintă. Markerii de expunere tind să măsoare toate căile de expunere la o anumită substanță chimică.

*Exemple:*

- plumbemia, pentru expunerea la plumb
- carboxihemoglobinemia, pentru expunerea la monoxid de carbon
- acidul mandelic (metabolit), pentru expunerea la stiren, etilbenzen.

✓ **Markerul de efect**

Este o **alterare reală sau potențială** a sănătății, măsurabilă. Markerul de efect poate semnala stadii preclinice ale bolii; modificări adaptative care nu sunt patologice prin ele însele; moartea, efectul cel mai dramatic.

*Exemple:*

- Carboxihemoglobinemia, pentru expunerea la monoxid de carbon.

✓ **Markerul de susceptibilitate**

Este **indicatorul unei limitări a răspunsului organismului** la expunerea la o substanță xenobiotică.

*Exemple:*

- reactivitatea căilor aeriene la inhalarea substanțelor bronhoconstrictoare.