A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

METODOLOGIE PENTRU DETERMINAREA CONCENTRAȚIILOR DE PARTICULE DIN ATMOSFERĂ

Tiberiu RUSU, Carmen VIDA, Tudor Andrei RUSU, Anca SUCIU

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF PARTICLE IN ATMOSPHERE

This paper presents a series of results for determining air quality in Cluj-Napoca area. The measurements were aimed primarily for determination of particulate matter using modern equipment to determine aerosols. For determinations were chosen areas where is intense traffic.

Keywords: particulate matter, determining aerosol, means for determining
Cuvinte cheie: particule in suspensie, determinare aerosolilor, metode de determinare

1. Aspecte generale

Existența unor particule dăunătoare în atmosferă pentru om şi mediu a fost menționată în literatura de specialitate foarte devreme. De exemplu romanii s-au plâns de aerul contaminat în Roma antică. Poluarea gravă cu particule din aer a dus la interzicerea arderii cărbunelui în Londra, în anul 1273, urmată de o proclamație, numită Proclamația Royal a lui Edward I, în 1306. În anul 1661, John Evelyn a prezentat primul tratat major în ceea ce privește problema poluării aerului cu particule numit *Fumi fugium* şi care conținea o descriere grafică a poluării în orașul Londra.

2. Principiile de măsurare a aerosolilor

Trebuie să menționăm existența a două perioade semnificative privind modul de realizare a determinărilor, perioada înainte de anul 2000 şi perioada de după anul 2000. Preocupări mai importante privind determinările particulelor din atmosferă sau dezvoltarea mai ales după 1960, când s-a profitat de progresul tehnic și instrumental ce s-a dezvoltat rapid în domeniul microelectronicii cu laser și tehnici informatice (de calculator), precum și metode fizice moderne, mai ales în chimie analitică și microscopia electronică analitică.

După anul 2000 s-au obținut îmbunătățiri enorme în ceea ce priveşte contoarele de particule optice și analizoarele, dar şi tehnicile de spectroscopie cu laser. Noile filtre de aerosoli analitice (fabricate din sticlă, polimer, fibră de carbon și în special policarbonat - filtrele "Nuclopore") au fost dezvoltate foarte mult. Analizoarele de aerosoli din domeniul chimic și mineralogic prezintă și ele o evoluție de succes. Trebuie menționat faptul că preocupările în domeniul protecției mediului a impus introducerea de tehnici analitice moderne, care sunt rapide și suficient de sensibile şi care au făcut posibil dezvoltarea unui domeniu nou și important privind măsurarea calitătii mediului, respectiv măsurarea în timp real și identificarea de particule unice/individuale din atmosferă.

Tendințele actuale se referă la determinarea particulelor de aerosoli, constând din particule mici sau chiar mai mici de 1 μm, ce vor reprezenta o mare importanță în viitorul apropiat, având în vedere impactul direct al acestoera asupra sănătății omului.

Aceste particule sunt de o importanță deosebită în analiza aerosolilor de dimensiuni nanometrice. De asemenea tehnologia de înaltă performanță privind măsurarea particulelor de aerosoli va ajuta și în domeniul medicinei privind inhalarea și efectele toxicologice asupra sănătății.

3. Clasificarea tehnicilor de măsurare în funcție de caracteristici

În funcție de scopul măsurătorilor, tehnicile de investigare se clasifică astfel: ▪ *Măsurători continue*, înregistrează dependența de timp a valorilor măsurate; ▪ *Măsurători discontinue*, determină valorile medii, reprezentative pentru intervalul de timp în care s-au măsurat.

Dacă se ține cont de modul de efectuare a măsurătorii, acestea se clasifică după: ● *Măsurători on line*, in situ, se vorbește despre o

măsurare directă; ● *Măsurători on-line*, la distanță (teledecție); ● *Măsurători off-line,* pe o mostră colectată la fața locului, păstrată și transportată pentru a fi investigată ulterior într-un laborator de specialitate.

Clasificarea măsurătorilor se mai poate face în funcție de durata de efectuare a analizei:

- *Măsurătoare momentană*, se referă la probele de scurtă durată (cel mult 15 minute), a căror medie oferă o estimare valabilă pentru întreaga durată necesară pentru verificare; acestea se aplică în general pentru determinarea concentrațiilor mari ce apar în cursul unor operațiuni tehnologice cu durată mică;
- *Măsurătoare continuă*, se referă la recoltarea unei singure probe pe întreaga durată necesară pentru verificare (de exemplu, durata unei zile de muncă).

În ceea ce privesc măsurătorile, este important de amintit locul de prelevare și anume:

▪ *Recoltarea în punct fix* (statică), recoltare care se realizează pe întreaga durată de observație (aceasta se utilizează pentru determinarea calității aerului);

▪ *Recoltare la nivelul de respirație*, determinarea concentrațiilor cât mai aproape de nivelul de respirație (al lucrătorului, al copilul, al polițistului din intersecție etc).

Este de asemenea important și debitul de recoltare a probei de poluanți:

- *Debit de recoltare mare*, utilizat pentru prelevarea unor cantități mari de probă necesară supravegherii calității aerului;
- *Debit de recoltare mic*, utilizat în dozimetria personală.

4. Tehnici de determinare a particulelor

Pentru analiza impurităților din aer (fie imisii, fie emisii), este important să se aibă în vedere determinarea următoarelor caracteristici: modul de prelevare a particulelor, concentrația, distribuția granulometrică, compoziția particulelor.

Ținând cont de modul de prelevare, cele mai multe tehnici de măsurare a particulelor de aerosol se clasifică în două categorii:

● Prima măsurare se bazează pe colectarea de particule de aerosol pe un substrat, cum ar fi un filtru, pentru analiza ulterioară în laborator (de obicei o locație mai îndepărtată);

● Cea de-a doua categorie, măsurarea *in situ*, măsurare a particulelor de aerosol care se face în timp real.

În mod tradițional, colectarea urmată de măsurătoare a fost

utilizată la scară largă, datorită faptului că sunt utilizate o serie de tehnici analitice performante disponibile în laborator. Cu toate acestea, această abordare are un dezavantaj, și anume că particulele pot fi modificate în timpul transportului dar modificate și în urma proceselor de colectare, iar rezultatele măsurătorilor nu sunt imediat disponibile. Pe de altă parte, tehnicile în timp real pot oferi măsurarea mult mai rapid la fața locului, cu toate acestea ele pot oferi un grad mai redus de caracterizare a particulelor.

Făcând referire la determinarea concentrațiilor de particule din aer, există două metode:

▪ *Metoda gravimetrică* – o pompă aspiră din aerul ambiental un debit constant, într-un dispozitiv special unde particulele sunt separate în funcție de mărime; particulele filtrate sunt apoi colectate pe un filtru special care apoi este cântărit; cântărirea are loc într-un mediu controlat din punct de vedere al temperaturii și umidității; volumul total de aer aspirat se cunoaște prin cântărirea și efectuarea diferenței de greutate a filtrului, dinainte și după prelevare (se măsoară în $\mu g/m^3$);

▪ *Metodele optice* - fotometria este partea de optică în care se studiază intensitatea surselor de radiații, precum și unele mărimi legate de această intensitate (fluxul luminos - Φ, intensitate luminii împrăștiate, intensitatea luminii absorbite). Un exemplu de fotometrie este fotometria solară sau altfel numită radiometria solară - radiometria este ştiinţa măsurării luminii în orice porţiune a spectrului electromagnetic; în practică, termenul este uzual limitat la măsurătorile luminii în domeniile IR, VIS şi UV folosind instrumente optice;

▪ *Metode de electroprecipitare* – camera de recoltare este puternic încărcată electric;

▪ Atenuarea intensității unui flux de radiații β la trecerea lor prin canalul de gaze de ardere încarcate cu praf (de exemplu, pentru buna funcționarea corectă a cicloanelor și a separatoarelor de praf și ținând cont de normele de emisie, se impune determinarea continuă a concentrației de praf din gazele de ardere).

Un alt aspect de investigare a particulelor este dat de modul și locație unde sunt achiziționate datele:

▪ Măsurătorile efectuate la sol (in situ), - în plan orizontal;

▪ Măsurători efectuate la distanță (teledetecție) – realizate în plan vertical, reprezintă un complex de tehnici utilizate pentru prelucrarea de la distanţă a unor date cu privire la obiecte sau fenomene; indiferent de natura aplicațiilor (pasivă respectiv activă) folosește radiațiile electromagnetice pentru a obține imaginile corpurilor, de la altitudine, din avion, satelit, balon, elicopter deoarece în acest

mod, imaginea se poate utiliza în obținerea de hărți și planuri, iar interpretarea obiectelor este optimă.

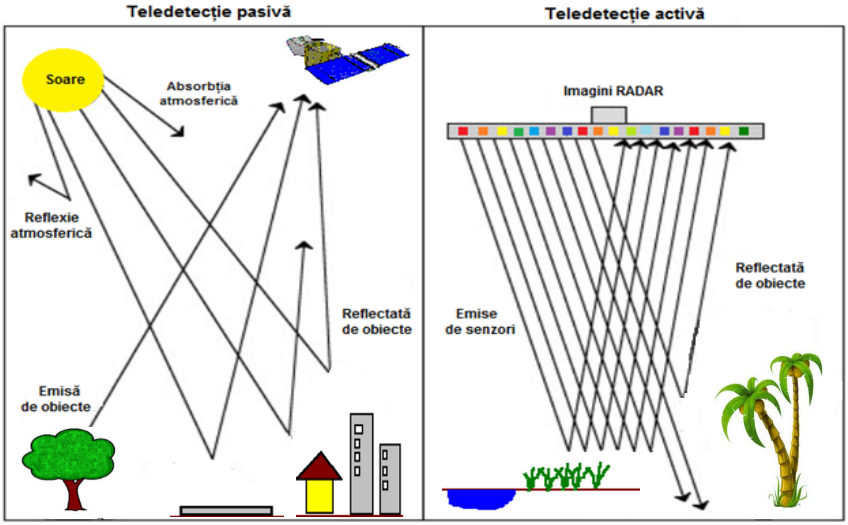

Fig. 1 Teledetecția - metoda pasivă (stânga) și metoda activă (dreapta)
Sursa: Universitatea din Omaha, Nebraska, SUA

5. Instrumente de măsurare a particulelor - la sol

Metodele de investigare a poluanților au fost materializate prin construirea unor ***game largi de aparate***, datorate în primul rând standardelor impuse de lege privind niveluri maxime ale emisiilor poluante, dar și ca urmare a stadiului de dezvoltare al tehnologiilor de ardere nepoluante (curate) din țările industrializate.

Dezvoltarea laserilor în sisteme de pulsuri au făcut posibilă realizarea unor noi generații de sisteme care trimit în atmosferă pulsuri scurte de mare intensitate, determinând astfel o intensă împrăștiere pe constituienți și permite recepția unor semnale retroîmprăștiate suficient de puternice pentru a fi extrase din zgomotul de fond.

Fotometrele sunt compuse dintr-un sensor, care își modifică anumite proprietăți electrice sub acțiunea iluminării, plasat într-un circuit electronic corespunzător pentru detectarea modificărilor respective. În ceea ce privesc senzorii, cele mai întâlnite sunt fotodiodele și fotorezistențele.

Astfel, în practica investigării atmosferei vorbim despre:

● Fotometre solare - măsoară radianța solară pentru determinarea coloanei totală de vapori de apă, ozon și proprietăți ale aerosolilor; acesta având un senzor cu câmp vizual îngust care este îndreptat către Soare; cele mai noi generații de fotometre solare sunt alcătuite pe lângă sistemul optic corespunzător și fotodetector, de un dispozitiv de filtrare spectrală, o unitate de urmărire automată a Soarelui și de un sistem de achiziție a datelor;

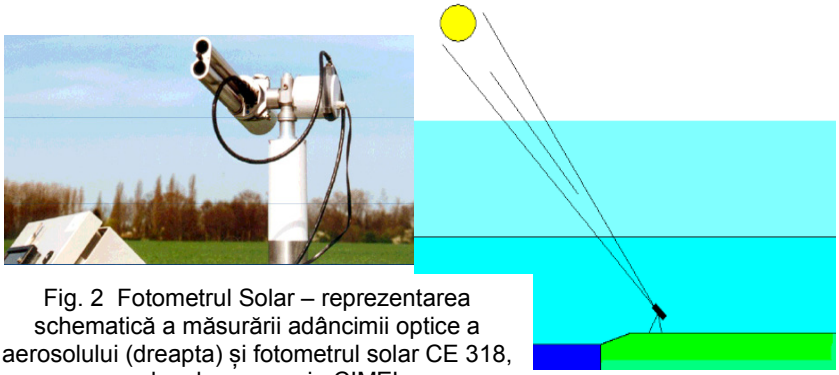

Fig. 2 Fotometrul Solar – reprezentarea schematică a măsurării adâncimii optice a aerosolului (dreapta) și fotometrul solar CE 318, produs de compania CIMEL

● Analizoare de particule – noile generații efectuează măsurări în timp real a fracțiilor de aerosol; avantajul acestui aparat constă în faptul că modelul acestui fotometru combină funcțiile unui fotometru cu un contor de particule optice.

În figura 3 este reprezentat principiul de funcționare al fotometrului, modelul Dust Trak, DRX. Se prezintă drumul probei de aer de la intrarea în fotometru și până la ieșire respectiv stocarea datelor pe placă de achiziții de date incorporată în aparat. Fracțiunile de interes sunt PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_4, PM_1, TSP (particulele totale în suspensie).

Fascicolul de lumină este emis într-o cameră de măsură, în momentul în care proba de aer este prezentă; lumina este reflectată pe particulele materiale și suma luminii difuze este cuantificată și stocată.

Alte tipuri de analizoare - analizoare de tip Horiba – stabilesc gradul de poluare a aerului și dețin un sistem de achiziție de date, de nivelul ppb pentru gaze și pulberi.

Contoare de particule optice - măsoară dimensiunea particulelor şi detectarea numărului de concentrații a luminii împrăştiate pe particule individuale; acestea au fost în mod tradiţional utilizate pentru monitorizarea camerelor curate, dar mai recent s-a găsit

aplicarea în filtrul de testare, în monitorizare aerului din mediului extern, precum și studii de calitatea a aerului din interior;

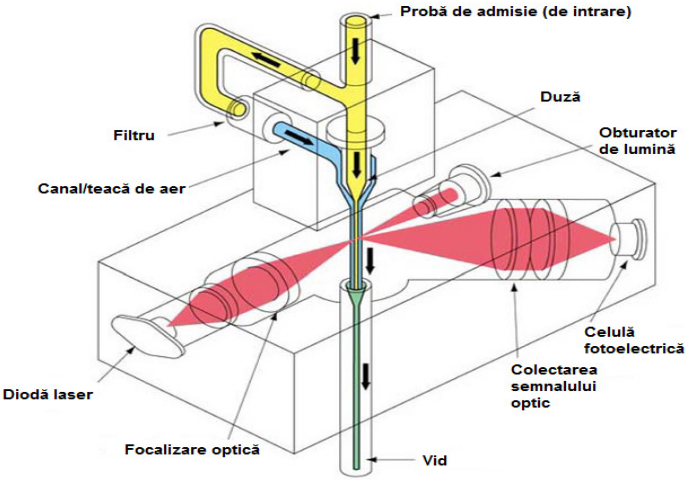

Fig. 3

Principiul de funcționare al analizorului de particole

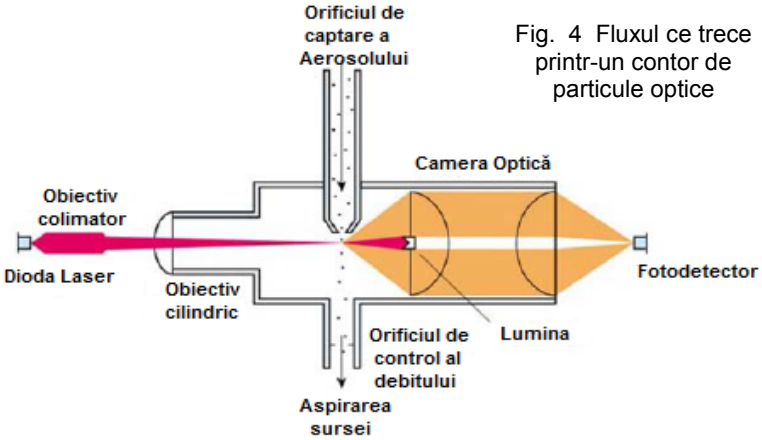

Fig. 4 Fluxul ce trece printr-un contor de particule optice

Particulele individuale trec printr-un fascicul laser concentrat şi produce un flash de lumină, după cum este ilustrat în figura 4. Intensitatea luminii împrăştiate este o funcţie complexă de diametru, forma şi indicele de refracţie al particulelor, precum şi lungime de undă a luminii şi geometria detector optic. O celulă fotoelectrică măsoară cantitatea de lumină împrăştiată pe fiecare particulă şi înregistrează un număr pentru fiecare gamă de dimensiuni.

6. Concluzii

■ În prezent există numeroase studii privind particulele de aerosoli vizând domeniul sănătății și al mediului. Domeniile privind mediul înconjurător și sănătatea populației reprezintă în prezent centrul de maxim interes al cercetărilor.

■ Marile aglomerări urbane sunt mari generatoare de poluare și interesul cercetărilor se axează asupra acestor aspecte - *poluarea din mediile urbane*.

■ Se impune o analiză complexă și minuțioasă a acestor medii. Fie că ne referim la zonele aglomerate sau zonele rezidențiale ale orașului, fie că ne referim la aerul pe care îl respirăm în apropierea șoselelor sau în imediata apropiere a acestora, fie că ne referim la aerul din exterior, sau la cel din interior, la aerul din medii urbane sau la zonele limitrofe acestora (rurale, industriale), fie că se are în vedere impactul pe care îl are poluarea asupra sănătății adulților, copiilor sau gravidelor, toate acestea sunt extrem de importante pentru a cunoaște situația specifică zonei și mai mult decât atât, luarea de măsuri privind calitatea aerului și calitatea vieții, cu tot ce implică aceasta.

.

BIBLIOGRAFIE

[1] Kovalev, V.A, Eichinger, W.E., *Elastic LIDAR – Theory, Practice, and Analysis Methods*, Wiley InterScience a John Wiley & Sons Inc, 2004.

[2] Mihai, B.A., *Teledetecție. Noțiuni generale,* Universitatea din București, pag. 6, 2008.

[3] * * * Universitatea din Omaha, Nebraska, SUA, http://maps.unomaha. edu/ Peterson/gis/notes/RS2.htm.

[4] Baron, P.A., Willeke K., *Aerosol measurement: priciples, techniques and applications*, John Wiley&Sons, 2001.

[5] * * * Application Note PD-001: *Getting data you need with particle measurements,* TSI Incorporated, USA, 2011.

[6] Budde, M., Beigl, M., *Investigation the use of commodity dust sensors for the embedded measurement of particulate matter*, Karlsruhe Institute of Technology, Germany, 2012.

[7] Sigrist, M., *Air Monitoring by Spectroscopic Techniques, Chemical Analysis,* vol. 127, John Willez&Sons Inc., 1994.

[8] Mihai, L., Ştefan, S., Ungureanu, I., *Determining Aerosol Radiative Properties Using the Integrating Nephelometer*, Conferinţa internaţională SPIE Europe Remote – Sensing, Berlin,Germania, 2009.

Prof.Dr.Ing.Tiberiu RUSU, Drd.Ing.Carmen VIDA, Asist.Dr.Ing.Tudor Andrei RUSU, Drd.Ing. Anca SUCIU – Universitatea Tehnică din Cluj Napoca