



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00321

(22) Data de depozit: 28/06/2019

(41) Data publicării cererii:  
30/12/2020 BOPI nr. 12/2020

(71) Solicitant:  
• BEIA CONSULT INTERNATIONAL S.R.L.,  
STR. POIANA NARCISELOR NR.12, ET.1,  
AP.3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN  
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI  
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• BĂLĂNESCU NICULINA MIHAELA,  
ȘOS.BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE, NR.44B,  
BL.2, AP.336, ȘAT MOGOȘOAIA,  
MOGOȘOAIA, IF, RO;  
• SUCIU GEORGE,  
STR. POIANA NARCISELOR NR. 12, ET. 1,  
AP. 3, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;

• BĂLĂCEANU CRISTINA MIHAELA,  
STR.TURNU MĂGURELE, NR.13, BL.S2,  
SC.2, ET.2, AP.353, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• DOBREĂ MARIUS ALEXANDRU,  
STR.SÂNDULEȘTI, NR.11, BL.Z15, SC.A5,  
ET.9, AP 55, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• DOBRE CIPRIAN MIHAI,  
CALEA CRÂNGAȘI, NR.50, BL.6ICEM,  
SC.1, ET.4, AP.19, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• CIOBANU RADU IOAN,  
BULEVARDUL IULIU MANIU, NR.15H, BL.2,  
SC.1, ET.10, AP.65, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **SISTEM ȘI METODĂ DE CORECTARE ÎN TIMP REAL  
A VALORILOR CONCENTRAȚIILOR DE PULBERI ÎN  
SUSPENSIE MĂSURATE CU SENZORI/ECHIPAMENTE  
CU CONTOARE OPTICE DE PARTICULE PENTRU  
PLATFORME CE UTILIZEAZĂ TEHNOLOGIA INTERNETUL  
LUCRURILOR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și la o metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie, măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule. Sistemul conform invenției cuprinde: un modul (1) pentru colectarea datelor din mediul ambiental cuprinzând un senzor (1.1) de umiditate și niște senzori (1.2 și 1.3) pentru măsurarea concentrației de particule în suspensie  $PM_{10}$  și, respectiv,  $PM_{2,5}$ , un modul (2) de transmisie a datelor prin care datele măsurate de senzori (1.1, 1.2 și 1.3) sunt transmise la un dispozitiv central care efectuează transmiterea acestora în cloud prin protocoale de comunicație de tip Ethernet/4G/3G/GPRS, un modul (3) de procesare a datelor primite de la senzori (1.1, 1.2 și 1.3) care asigură stocarea datelor și corectarea valorilor măsurate de senzori în funcție de umiditatea relativă și de tipul de senzor/echipament utilizat, și un modul (4) de vizualizare a datelor colectate care permite afișarea valorilor măsurate de senzori, cât și a valorilor corectate, în timp real și pe perioadele de timp selectate de utilizator. Metoda conform invenției cuprinde o primă etapă de corectare a valorilor momentane ale concentrațiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  în funcție de umiditatea relativă prin: stabilirea clasei de umiditate în care se încadrează

valoarea umidității relative măsurate în timp real de senzorul (1.1), metoda prezentând șase clase de umiditate și factorii de corecție aferenți fiecărei clase, urmată de calculul noilor valori ale concentrațiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  prin aplicarea factorului de corecție specific fiecărei clase și o a doua etapă de corectare a valorilor calculate în prima etapă cu ajutorul ecuațiilor specifice fiecărui tip de senzor/echipament.

Revendicări: 3  
Figuri: 5

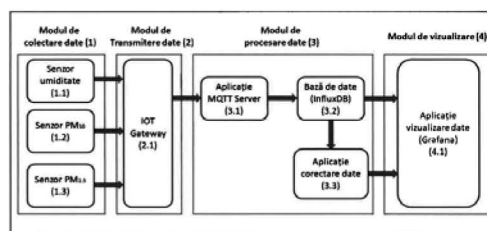


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2019 00321
Data depozit ....	28-06-2019

## 1. DESCRIEREA INVENȚIEI

### 1.1 TITLUL INVENȚIEI

Obiectul invenției constă într-un: *Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor*

### 1.2 DOMENIUL DE APLICARE A INVENȚIEI

Invenția se referă la un *Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor*, dezvoltate în cadrul proiectului “Sistem mobil de telemonitorizare a calității aerului” - Tel-MonAer (contract subsidiar nr.1223/22.01.2018, al proiectului NETIO, ID: P 40270, Cod MySmis: 105976).

Soluția *Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule* (Optical Particle Counter – OPC) se adresează:

- dezvoltatorilor de platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor (Internet of Things – IoT);
- autorităților locale, regionale și naționale de protecție a mediului ce utilizează sisteme de măsurare de tip contor optic de particule în completarea măsurărilor efectuate de către Agenția Națională de Mediu (ANPM) prin Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA);
- autorităților locale ce utilizează platforme de tipul orașe inteligente (Smart City);
- companiilor ce dezvoltă și aplică un program de identificare și monitorizare a emisiilor difuze de pulberi în suspensie.

### 1.3 STADIUL ACTUAL AL TEHNICII MONDIALE

Pulberile în suspensie (PM) provin atât din surse naturale, cum ar fi vulcani sau incendii forestiere, precum și din surse antropice, precum industriei, trafic, agricultură, construcții. PM-urile sunt cunoscute pentru complexitatea lor întrucât acestea nu provin direct dintr-o singură sursă de emisie, ci pot fi rezultatul unor serii de reacții chimice între gaze sau precursori de gaze precum NOx și SO<sub>2</sub> [1]. Caracterizarea PM-urilor necesită o abordare complexă ce presupune o combinație de tehnici analitice pentru a evalua: masa, compoziția elementară, specii ionice solubile în apă și compuși organici. Condițiile meteorologice au efecte asupra concentrațiilor de pulberi de dimensiuni diferite. Astfel, vântul și precipitațiile au un impact diferit în funcție de valoarea



concentrației de PM. În timp ce concentrațiile particulelor fine se reduc treptat odată cu creșterea vitezei vântului, concentrațiile particulelor de dimensiuni mai mari cresc din cauza efectului de suspensie în condiții de vânt puternic [2]. Umiditatea relativă are o influență semnificativă asupra concentrațiilor de PM. În condiții de umiditate scăzută (sub 70%), a fost înregistrată o creștere a concentrației de  $PM_{2,5}$ , în timp ce condițiile de umiditate mai ridicată (între 70-100%) favorizează reducerea concentrațiilor de  $PM_{2,5}$ . Pentru concentrațiile de  $PM_{10}$ , valori ale umidității sub 45% determină un efect de acumulare, în timp ce valorile de peste 45% cauzează un efect de atenuare. De asemenea, s-a demonstrat că pe măsură ce crește umiditatea, concentrația de  $PM_{2,5}$  devine din ce în ce mai preponderentă în raportul volumelor de particule [3]. Valorile concentrațiilor de PM măsurate pot fi corectate pe baza unui factor de corecție specific fiecărui tip de senzor.

Pentru determinarea nivelurilor de poluarea și a impactului surselor de poluarea asupra sănătății umane s-au dezvoltat o serie de platforme, care oferă o puternică infrastructură de monitorizare și control. Aceste platforme permit o vizualizare tridimensională a unui oraș inteligent. În cadrul acestei vizualizări inteligente, analiza poluării aerului cu noile tehnologii cu senzori deschide posibilitatea de a monitoriza, la rezoluții spațiale, nivelul de poluare al aerului dintr-o perspectivă ce nu poate fi realizată cu sistemele tradiționale de monitorizare. Acești senzori atmosferici permit colectarea, procesarea și interpretarea datelor în timp real pentru diferiți poluanți și parametri meteorologici ( $PM_{2,5}$  și  $PM_{10}$ , temperatură, presiunea aerului și umiditate). Pe baza acestor date sunt afișate informații despre calitatea aerului pe hărți online. O rețea adecvată de senzori reprezintă primul pas pentru a rezolva problema poluării aerului. Activitățile de monitorizare și prognoză a calității aerului, vizează cu prioritate delimitarea spațială a zonelor critice luând în considerare vulnerabilitatea receptorilor și caracterizarea detaliată a acestora ținând cont de efectul poluanților asupra sănătății umane. Analiza nivelului de poluare cu senzori se bazează pe dispozitive cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia de tipul Internetul Lucrurilor (IoT) adaptate domeniului de colectare a datelor.

Tehnologia de măsurare optică pe bază de IoT vine în completarea tehnologiei clasice gravimetrice. Această tehnologie gravimetrică oferă o precizie ridicată, există standarde internaționale pentru măsurători bazate pe această tehnologie, dar prezintă și dezavantaj prin faptul că este un proces intensiv în ceea ce privește capitalul uman, este nevoie de multe investiții în laborator și costurile aferente (transportul zilnic al probelor, materialelor), nu există valori de concentrații în timp real sau aproape în timp real; restricții privind locația unde pot fi instalate; frecvențe joase (24 ore).

Platformele de monitorizare a valorilor concentrațiilor de PM-uri dotate cu senzori/echipamente pe bază de contoare optice de particule furnizează valori în timp real cu frecvență foarte ridicată, au un cost scăzut al investițiilor, iar senzorii pot fi instalați în orice zonă. Această tehnologie oferă noi perspective privind legătura dintre expunere și efectele poluanților atmosferici și poate fi utilizată pentru a completa măsurătorile realizate de rețeaua gravimetrică și pentru a crește gradul de conștientizare.

## 1.4 SCOPUL INVENȚIEI

Scopul invenției este îmbunătățirea calității aerului prin utilizarea unei platforme IoT dotată cu senzori/echipamente de tip OPC și cu un modul de corectare a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie (fracțiile  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$ ).

Stadiul actual al platformelor existente ce utilizează tehnologia IoT este reprezentat de platforme de achiziție, transmitere și vizualizare date. Valorile afișate de acestea sunt influențate de umiditatea relativă a aerului și pot furniza informații eronate utilizatorilor acestor platforme. Sistemul și metoda propusă are avantajul de a include o aplicație de corectare în timp real a valorilor măsurate ale concentrațiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$ . Această corecție se realizează funcție de valoarea parametrului umiditate relativă și de tipul de senzor/echipament realizat. Un alt avantaj al sistemului este reprezentat de modularitatea acestuia și de faptul că nu necesită condiții speciale de amplasare și funcționare.

## 1.5 EXPUNEREA INVENȚIEI

Funcționalitatea **Sistemului și metodei propuse** este reprezentată de monitorizarea parametrilor de mediu (umiditate relativă, concentrații de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$ ), procesarea datelor de la senzori, corectarea valorilor concentrațiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  și afișare acestora prin intermediul unei interfețe grafice.

Arhitectura sistemului este modulară și permite adăugarea de noi senzori/echipamente de măsură funcție de necesitățile și cerințele utilizatorilor.

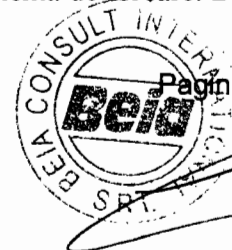
Utilizatorul sistemului are acces în timp real la valorile parametrilor monitorizați și a valorilor corectate pentru concentrațiile de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  și poate vizualiza datele stocate pentru diferite perioade de timp.

Arhitectura platformei *Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$*  este prezentată în Figura 1. Sistemul este compus din următoarele module:

(i) **Modulul pentru colectarea datelor din mediul ambiental (1):** senzorii (1.1), (1.2) și (1.3) măsoară valorile parametrilor specificați. Aceștia sunt parte integrantă a unor dispozitive hardware care conectează unul sau mai mulți senzori.

(ii) **Modulul de transmitere date (2):** datele măsurate de senzorii (1.1), (1.2) și (1.3) sunt transmise de dispozitivele hardware în care sunt încorporate către un dispozitiv central - IoT Gateway (2.1) care realizează transmiterea acestora către Cloud prin protocoale de comunicație de tip Ethernet/4G/3G/GPRS.

(iii) **Modulul de procesare a datelor (3)** permite procesarea acestora de la senzorii de umiditate,  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  (1.1) (1.2) (1.3) (1.4). Datele preluate de la senzori cu ajutorul dispozitivului - IoT Gateway (2.1) sunt transmise către o aplicație server Message Queuing Telemetry Transport - MQTT (3.1). Pentru stocare permanentă și analize suplimentare, datele disponibile prin MQTT sunt interfațate de către un set de conectori care asigură trimiterea lor către baze de date specializate de tipul InfluxDB (3.2) ce alcătuiesc componenta de stocare. Din datele



45

stocate în baza de date (3.2) pot fi extrase și vizualizate diferite sub-seturi de date prin intermediul unei aplicații specifice – Grafana (4.1).

Aplicația de corectare a datelor (3.3) stocate în baza de date (3.2) permite corectarea valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$ . De asemenea, se pot realiza prelucrări suplimentare prin intermediul unei aplicații de corectare a datelor (3.3). Aceasta aplicație permite corectarea valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii (1.2) și (1.3) funcție de valoarea parametrului umiditate relativă măsurat de senzorul (1.1) și de tipul de senzor/echipament utilizat. Rezultatele obținute pot fi vizualizate prin utilizarea aplicației (4.1).

(iv) **Modulul de vizualizare a datelor colectate (4)** permite atât afișarea datelor măsurate de senzorii (1.1), (1.2) și (1.3) cât și a valorilor corectate. Vizualizarea datelor se realizează prin aplicația web (4.1). Datele de la senzori pot fi vizualizate în timp real și pe perioade de timp selectate de către utilizator.

Procesul de corectare în timp real al valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  se realizează în două etape.

**Etapa I** - Corectarea valorilor momentane funcție de umiditatea relativă presupune realizarea următorilor pași:

- Stabilirea clasei de umiditate în care se încadrează valoarea umidității relative măsurată în timp real de senzorul (1.1). Metoda prezintă șase clase de umiditate: 0-80%, 80-85%, 85-90%, 90-95%, 95-98% și > 98% și factorii de corecție aferenți fiecărei clase.
- Calculul noii valori a concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  prin aplicarea valorii factorului de corecție specific fiecărei clase.

**Etapa a II-a** - Corectarea valorilor concentrațiilor calculate în Etapa I prin raportare la metodele de referință pe baza ecuațiilor specifice fiecărui tip de senzor/echipament.

**Etapa a III-a** - Calculul concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  pentru un interval de mediere specificat de utilizator funcție de cerințele legislative privind valorile limită pentru acești poluanți (medii orare sau zilnice).

Condițiile de mediu în care **sistemul propus** poate funcționa includ: (a) scurgeri intermitente sau continue de apă (ploaie), (b) temperaturi scăzute, inclusiv sub limita de îngheț, (c) umiditate relativă ridicată și (d) curenți de aer puternici.

## 1.6 AVANTAJE

*Soluția Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor este unică din punct de vedere funcțional, fiind singurul produs dezvoltat prin care valorile concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule au o acuratețe crescută.*

Spre deosebire de alte sisteme de monitorizare a valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia IoT, invenția prezintă următoarele avantaje: (a) soluția poate realiza corectarea valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  funcție de valoarea umidității relative măsurată în timp real (b)



permite corectarea în timp real a valorilor măsurate față de metodele de referință funcție de tipul de senzor/echipament, sunt utilizate pentru monitorizarea și permit accesarea acestor valori prin intermediul computerului.

Soluția permite:

- Corectarea în timp real a valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule; în momentul actual nu există platforme de monitorizare ce utilizează tehnologia IoT pentru măsurarea valorilor concentrațiilor de  $PM_{2.5}$  și  $PM_{10}$  care să includă corectarea influenței parametrului umiditate relativă și să includă ecuații de corectare față de metodele de referință funcție de tipul de senzor/echipament utilizat;
- Comparăția cu valorile limită prevăzute în legislația de mediu pentru parametrii  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$ .

## REFERINȚE

- [1] F. Dominici, R. D. Peng, M. L. Bell, L. Pham, A. McDermott, S. L. Zeger, and J. M. Samet, "Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases," *Jama*, vol. 295, no. 10, pp. 1127–1134, 2006.
- [2] B. Zhang, L. Jiao, G. Xu, S. Zhao, X. Tang, Y. Zhou, and C. Gong, "Influences of wind and precipitation on different-sized particulate matter concentrations (pm 2.5, pm 10, pm 2.5–10)," *Meteorology and Atmospheric Physics*, vol. 130, no. 3, pp. 383–392, 2018.
- [3] C. Lou, H. Liu, Y. Li, Y. Peng, J. Wang, and L. Dai, "Relationships of relative humidity with pm 2.5 and pm 10 in the yangtze river delta, china," *Environmental monitoring and assessment*, vol. 189, no. 11, p. 582, 2017.

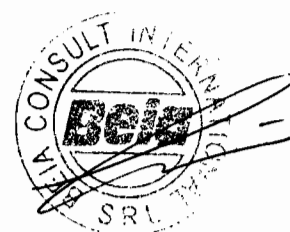


## REVENDICĂRI

**R1: Sistemul și metoda de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor** este caracterizat prin aceea că este constituit din următoarele module: modulul de colectare a datelor de mediu – umiditate, concentrații de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2.5</sub> (1), modulul de transmitere date (2), modulul de procesare a datelor (3), și modulul de vizualizare a datelor (4) (vezi Figura 1);

**R2: Sistemul și metoda de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor**, conform revendicării anterioare R1, este caracterizat prin aceea că include un modul (3.3) ce realizează corectarea valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2.5</sub> funcție de valoarea parametrului umiditate relativă și de tipul de senzor/echipament utilizat;

**R3: Sistemul și metoda de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de pulberi în suspensie măsurate cu senzori/echipamente cu contoare optice de particule pentru platforme ce utilizează tehnologia Internetul lucrurilor**, conform revendicărilor R1 și R2, este caracterizat prin aceea că acesta conține un modul de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor măsurate de senzorii de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2.5</sub> (3.3) cu scopul creșterii acurateței valorilor măsurate prin reducerea influenței umidității și funcție de tipul de senzor/echipament utilizat (vezi Figurile 2-5).





### 3. DESENE

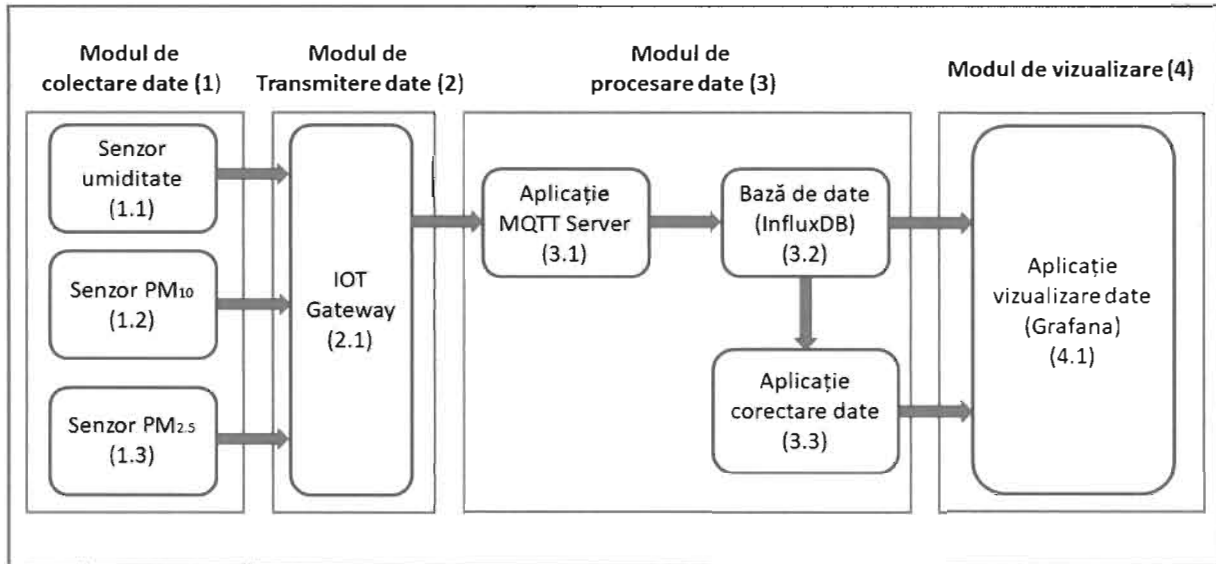


Figura 1: Arhitectura platformei \_Sistem și metodă de corectare în timp real a valorilor concentrațiilor de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2.5</sub>

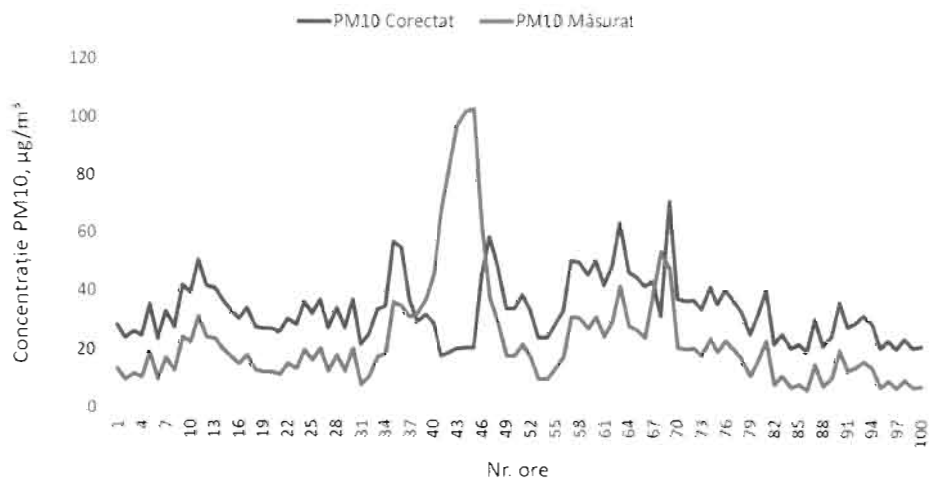


Figura 2: Comparație între valorile concentrațiilor de PM<sub>10</sub> măsurate și corectate

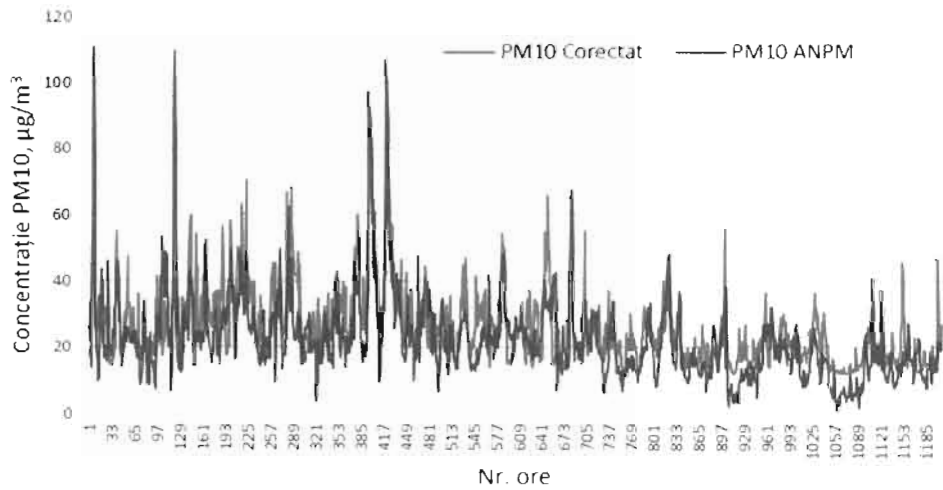


Figura 3: Comparație între valorile concentrațiilor de  $\text{PM}_{10}$  corectate și valorile măsurate de ANPM într-un punct de monitorizare al RNMCA

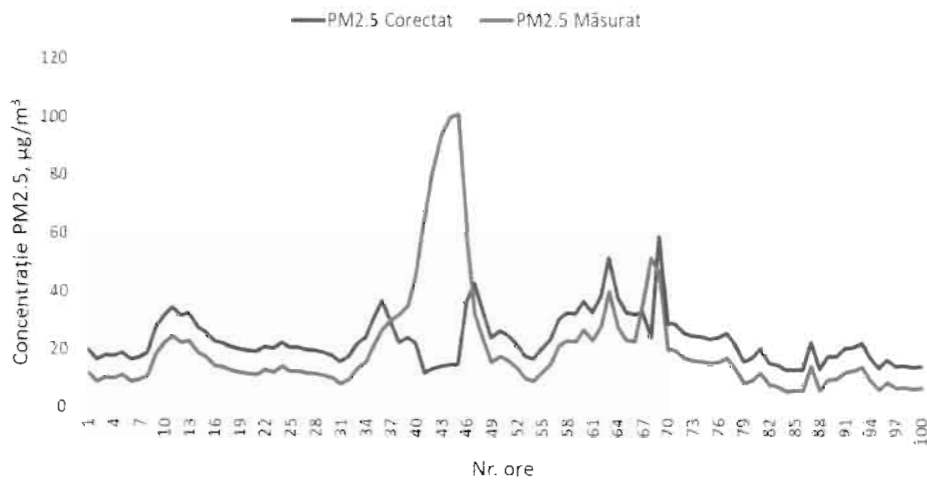


Figura 4: Comparație între valorile concentrațiilor de  $\text{PM}_{2.5}$  măsurate și corectate

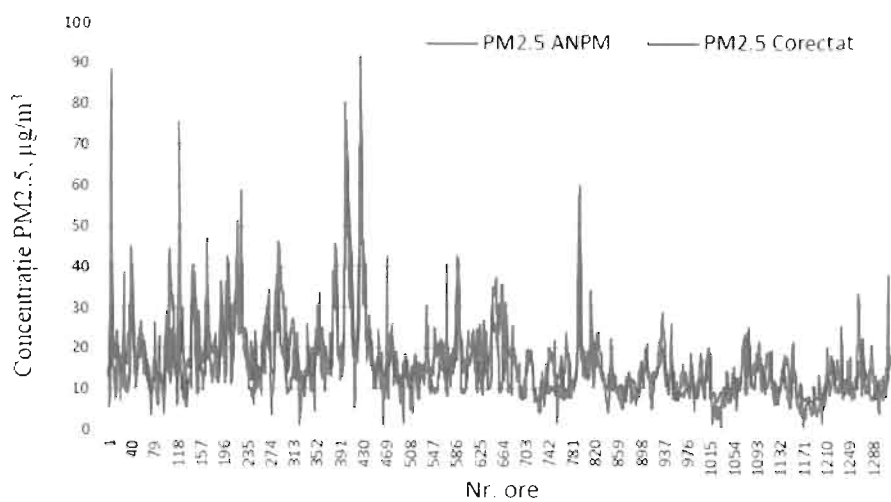


Figura 5: Comparație între valorile concentrațiilor de  $\text{PM}_{2.5}$  corectate și valorile măsurate de ANPM într-un punct de monitorizare al RNMCA