



Raport de cercetare științifică

privind implementarea proiectului în perioada octombrie - decembrie 2021

**Integrarea soluțiilor geospațiale în managementul calității aerului
într-o zonă rezidențială/AIRGIS**

Elaborat de:

Sl.dr.ing. Constantin Stan

Dr.ing. Constantin Streche

Coordonator Proiect

Conf.dr.ing. Diana Mariana Cocârță



CUPRINS

1.	INTRODUCERE	3
2.	CONTEXTUL CERCETĂRII	4
3.	LEGISLAȚIA ȘI STANDARDELE ÎN VIGOARE PENTRU DETERMINAREA CONCENTRAȚIEI DE PM DIN AERUL ÎNCONJURĂTOR	12
3.1	LIMITE ȘI RECOMANDĂRI PRIVIND NIVELUL DE POLUARE CU PM2.5 ȘI PM10	13
4.	STUDIU EXPERIMENTAL CU PRIVIRE LA IDENTIFICAREA NIVELULUI DE POLUARE A AERULUI CU PULBERI ÎN SUSPENSIE PM10 ȘI PM2.5	16
4.1	Stabilirea amplasamentului și descrierea echipamentelor folosite	16
4.2	Plan de monitorizare	21
4.3	Rezultate și discuții	22
5.	CONCLUZII	34
	ACTIVITĂȚI VIITOARE	37
	BIBLIOGRAFIE	38



1. Introducere

Prezentul raport de cercetare prezintă un studiu complex, cu un caracter puternic experimental ce prezintă calitatea actuală a aerului dintr-o zonă rezidențială din municipiul București și propunerea de soluții integrate geospațiale în vederea managementului calității aerului. Proiectul *"Integrarea soluțiilor geospațiale în managementul calității aerului într-o zonă rezidențială"*/AIRGIS este finanțat de Academia Oamenilor de Știință din România (AOSR).

În perioada octombrie – decembrie 2021, activitatea de cercetare vizată a constat în:

- studiu bibliografic cu privire la metodele și echipamentele de prelevare a pulberilor în suspensie din aerul ambiental realizate în cadrul unor studii la nivel internațional, atenția fiind focalizată de asemenea pe integrarea soluțiilor geospațiale în managementul calității aerului;
- continuarea unor campanii experimentale pentru evaluarea nivelului de poluare cu pulberi fine în suspensie (PM10 și PM2.5) într-o zonă rezidențială din cadrul municipiului București, fiind astfel acoperite toate cele patru anotimpuri;
- identificarea și propunerea unor modele geospațiale pentru managementul calității aerului dintr-o zonă rezidențială în vederea evaluării expunerii populației la poluarea aerului sub formă de particule fine din marile aglomerări urbane

Astfel, pentru atingerea obiectivelor de cercetare din cadrul proiectului, în prima etapă a fost realizat un studiu bibliografic complet în vederea stabilirii cadrului general de cercetare și evidențierea problematicei subiectului abordat. Studiul a constat într-o analiză complexă a informațiilor din cadrul unor articole științifice și a altor materiale din literatura de specialitate ce vizează situația actuală a poluării cu pulberi în suspensie la nivelul Municipiului București. Totodată, studiul a fost extins atât la nivel național, european cât și internațional pentru a putea evidenția modelele de evaluare a expunerii populației la factorii poluanți din marile aglomerări urbane.

2. Contextul cercetării

Una dintre problemele cu care se confruntă omenirea la ora actuală este poluarea aerului într-un ritm din ce în ce mai mare cu efecte catastrofale asupra sănătății și ecosistemelor. În ultimii ani, emisiile și concentrațiile de poluanți din aer au crescut în multe zone și regiuni din întreaga lume la un nivel alarmant. În general, zonele cu populație densă au probleme legate de calitatea mediului precum: scăderea calității aerului datorită emisiilor de poluanți din diverse surse antropice, generarea unor cantități mari de deșeuri, nivel ridicat de ape uzate, nivel crescut al zgomotului. Astfel, calitatea aerului afectează în mod direct sănătatea populației și calitatea vieții prin introducerea unui stres chimic continuu asupra organismului.

Poluarea poate fi de natură: fizică – poluarea termică (deversare abur, apă caldă, apă fierbinte); chimică (deversare substanțe poluante); biologică (agenți patogeni din dejecții animaliere și din reziduuri din industria alimentară); radioactivă (izotopi radioactivi- Cs-137, Cs-144, Sr-90, Ba-140, I-131, U-238, Zr-95 etc.). În ceea ce privește caracterul poluant, aceasta poate fi: simplă (cauzată de un singur poluat) sau complexă (întâlnită în zonele industriale și în cele urbane cu circulație intensă de autovehicule).

Pulberile în suspensie (PM10) este termenul general folosit pentru un amestec de particule de aerosoli (solide și lichide), cu dimensiuni și compoziție chimică diferită. PM2.5 se referă la „particule fine” care au diametrul aerodinamic mai mic de 2,5 μm , iar PM10 se referă la particule cu diametrul aerodinamic mai mic de 10 μm , incluzând și fracția de particule grosiere (Figura 1).

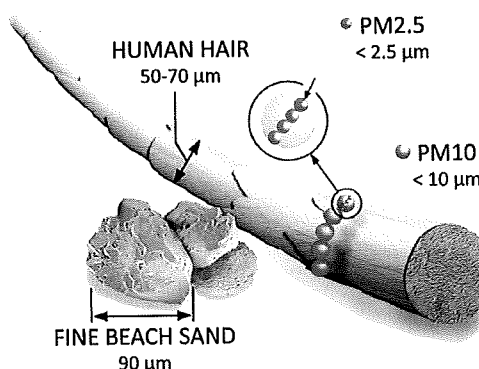
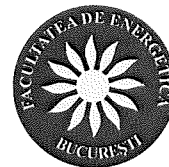


Fig. 1 Dimensiunea pulberilor în suspensie PM2.5 și PM10



Aceste pulberi sunt emise direct ca particule primare sau se formează în atmosferă din reacția chimică a emisiilor primare – precursori – acestea fiind numite particule secundare. Cei mai importanți precursori pentru particulele secundare sunt dioxidul de sulf, oxizi de azot, amoniac și compuși organici volatili (COV). Unii precursori (SO_2 , NO_x , NH_3) reacționează în atmosferă și formează sulfat și azotat de amoniu sau alți compuși care condensează și formează în aer aerosoli secundari anorganici.

Ca indicatori de risc pentru sănătatea populației, Organizația Mondială a Sănătății recomandă utilizarea concentrației masice de PM_{10} și $\text{PM}_{2.5}$ măsurată în $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aer (OMS 2005; OMS 2007). Frația grosieră de PM_{10} poate afecta căile respiratorii și plămânii. Frația fină $\text{PM}_{2.5}$ reprezintă o problemă de sănătate în special datorită faptului că poate pătrunde în sistemul respiratoriu până la nivelul alveolelor și să fie absorbită în fluxul sangvin sau poate rămâne în țesutul pulmonar pentru perioade lungi de timp. Pentru protecția sănătății umane, Directiva privind calitatea aerului (CE/2008), stabilește, pe lângă valorile limită pentru PM_{10} și valori limită pentru $\text{PM}_{2.5}$.

Expunerea la aerul poluat cu PM poate afecta sănătatea, atât pe termen scurt cât și pe termen lung, fiind asociată cu probleme respiratorii, cum ar fi astmul, efecte cardiovasculare, dezvoltarea deficitară a plămânilor și a funcției pulmonare la copii, greutate redusă la naștere și deces (OMS, 2005; OMS, 2006). Studiile epidemiologice indică faptul că nu există nici o concentrație prag sub care să nu existe efecte negative asupra sănătății în urma expunerii la PM, atât în caz de mortalitate cât și de morbiditate. În multe cazuri, doar rezultatele grave de sănătate, cum ar fi riscul crescut de mortalitate și speranța redusă de viață, sunt luate în considerare în studiile epidemiologice și analizele de risc, din cauza lipsei de date colectate pentru alte probleme de sănătate. Exemple de efecte pe termen scurt ale poluării aerului cu PM includ iritații ale ochilor, nasului și gâtului, inflamații și infecții respiratorii, bronșita și pneumonia. Alte simptome pot include dureri de cap, greață și reacții alergice. Efectele pe termen lung asupra sănătății includ boli cronice respiratorii, cancer pulmonar, boli de inimă și chiar afecțiuni ale creierului, nervilor, ficatului și rinichilor.

În plus față de efectele negative asupra sănătății umane, PM pot avea efecte nedorite și asupra schimbărilor climatice și a ecosistemelor. De asemenea se depun și pot avea un efect coroziv asupra patrimoniului material și cultural, în funcție de compoziția chimică.

În Figura 2 se prezintă emisiile de PM_{10} din diferitele sectoare economice.

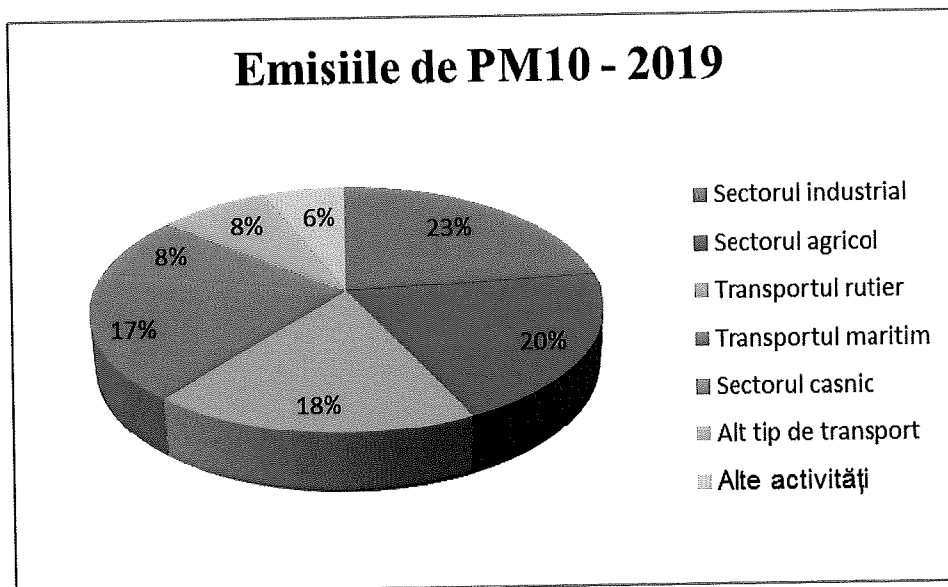


Fig. 2 Principalele domenii de activitate și emisiile de PM10

Se poate observa ca emisiile cele mai consistente provin din domeniul industrial, agricultură și transport rutier, atingând valori de până la 60% din total emisii generate. Din activitățile casnice rezultă 8% din totalul emisiilor generate de PM10 la nivelul anului 2019.

Pentru evaluarea calității aerului se folosesc praguri, stabilite conform Legii 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător, cum ar fi: prag inferior de evaluare, prag superior de evaluare, prag de informare, prag de alertă, valori de prag, valori limită de emisie și valori țintă.

În cazul depășirii valorilor limită apar consecințe administrative, ce constau în: îndepărtarea sursei perturbatoare, sancționarea vinovatului de încălcarea prevederilor legislative, promovarea unor măsuri pentru adaptarea la noua situație. În Tabelul 1 se prezintă valorile limită a PM10 conform legislației în vigoare.

Tabel 1 Valori limită a PM10

Sursa: www.aerlive.ro

Poluant	Perioana de mediere	Ordin 582/202 – Valoare limită	Legea 104/2011 – Valoare limită
PM10			
Valoare limită zilnică pentru protecția sănătății umane	24 h	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, a nu se depăși de peste 7 ori într-un an calendaristic	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, a nu se depăși mai mult de 35 de ori într-un an calendaristic
Valoare limită anuală pentru protecția sănătății umane	An calendaristic	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pragul superior de evaluare	24 h	60% din valoarea limită zilnică (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 7 ori într-un an	70% din valoarea limită zilnică (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși mai mult de 35 de ori într-un an calendaristic)

Poluant	Perioana de mediere	Ordin 582/202 – Valoare limită	Legea 104/2011 – Valoare limită
		calendaristic)	
Pragul superior de evaluare	An calendaristic	70% din valoarea limită anuală (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70% din valoarea limită anuală (28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Pragul inferior de evaluare	24 h	40% din valoarea limită (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși de peste 7 ori într-un an calendaristic)	50% din valoarea limită zilnică (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a nu se depăși mai mult de 35 de ori într-un an calendaristic)
Pragul inferior de evaluare	An calendaristic	50% din valoarea limită (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50% din valoarea limită (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Valoriile medii anuale de poluare a aerului depășesc valorile maxime admisibile indicate de către OMS (Organizația Mondială a Sănătății) privind calitatea aerului de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, cu valori foarte mari în zonele din regiunile Mediteranei de Est, Asiei de Sud-Est și Pacificului de Vest (Figura 3).

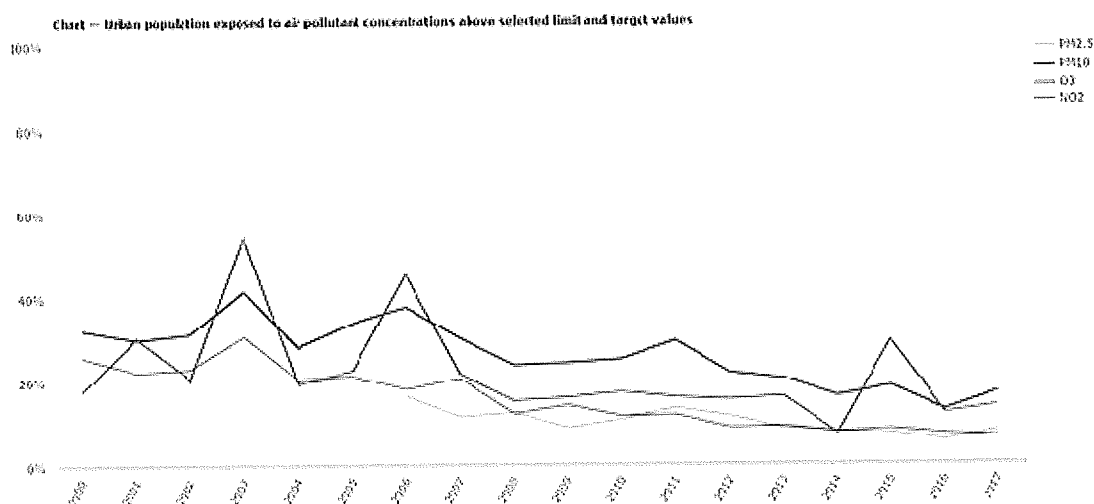


Fig. 3 Expunerea populației din mediul urban la concentrațiile poluanților din atmosferă

Din analiza datelor existente se prezintă faptul că 91 % din populația mondială este expusă la concentrații de poluare a aerului PM2.5 peste limitele impuse de OMS.

La nivelul anului 2016 concentrațiile de PM₁₀ din aer sunt peste valoarea limită impusă la nivel UE, cu nivel ridicat de poluare în timpul anotimpului de iarnă, primăvară și toamnă (Figura 4).

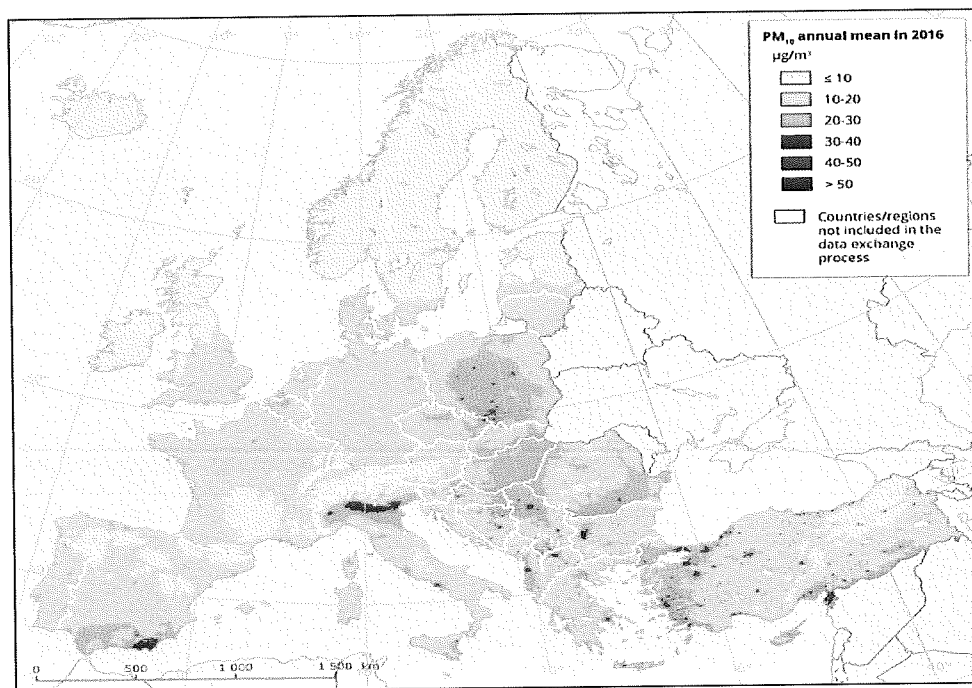


Fig. 4 Concentrația medie de PM₁₀ în anul 2016 la nivel UE

Sistemul respirator uman este construit în așa fel încât să filtreze particulele de dimensiuni mari, dar este vulnerabil în fața particulelor cu diametru mai mic de 10 microni (PM₁₀) și cu atât mai expus pulberilor mai fine (PM_{2.5}). Astfel, când respirăm, particulele intră în sistemul nostru respirator iar unele rămân lipite de căile respiratorii, iar o parte din ele pătrund în plămâni, ajungând până la alveolele pulmonare.

În cazul expunerii prelungite la concentrații crescute ale poluanților, bolile pulmonare cronice este patologia care s-a dovedit a fi cel mai puternic corelată cu pulberile în suspensie, atât cu PM₁₀ cât și cu PM_{2.5}.

Organizația mondială a sănătății estimează că în viitor bolile pulmonare cronice obstructive (BPOC) vor ocupa locul 13 din totalul categoriei de afecțiuni la nivel mondial cu posibilitatea de a ajunge pe locul 5 până în anul 2030.

În ceea ce privește sănătatea populației și mortalitatea din România în special populația din București se prezintă faptul că majoritatea afecțiunilor prezente sunt de natură respiratorie și cardiovasculară ce au condus și la majoritatea deceselor.



Unul dintre factorii care influențează puternic incidența și gravitatea acestor afecțiuni este, conform datelor prezentate, calitatea aerului.

Între anii 2015 și 2020, aproape 4 milioane de români au fost externați din spital diagnosticați cu boli ale sistemului respirator. Dintre categoriile de boli incluse în statistici, bolile respiratorii au reprezentat cel mai frecvent diagnostic, depășind în statistici și categoria bolilor sistemului circulator (Tabelul 2).

Tabelul 2 Numărul pacienților ieșiți din spital, pe clase de boli, 2015-2020, România

Nr.crt.	Afecțiuni	Procent de pacienți ieșiți din spital
1	Boli ale aparatului respirator	17%
2	Boli ale aparatului circulator	9%
3	Boli ale aparatului digestiv	9%
4	Sarcină, naștere și lăuzie	9%
5	Tumori	17%
6	Boli ale aparatului genito - urinar	6%
7	Leziuni traumatiche, otrăviri și alte consecințe ale cauzelor externe	6%
8	Tulburări mentale și de comportament	6%
9	Boli ale sistemului nervos	13%
10	Boli infecțioase și parazitare	9%

Bolile aparatului respirator reprezintă a patra cauză de deces în România, după bolile cardio-vasculare, tumori și boli digestive. Între 2015 – 2020, peste 5% dintre decesele înregistrate în România au fost cauzate de o boală a aparatului respirator. Dacă adăugăm și bolile aparatului circulator, care la rândul lor sunt favorizate de poluarea atmosferică, procentul se ridică la peste 66%.

În anul 2019, peste 10.000 de bucureșteni de toate vârstele au fost spitalizați și diagnosticați cu boli pulmonare cronice: diverse tipuri de bronșite, emfizem și astm bronșic. Aceștia au petrecut în medie peste 8 zile internați în spital. Aproape 1000 dintre pacienți au fost copii cu vârste mai mici de 15 ani.

Dintre bolile respiratorii cronice, cele mai întâlnite situații în București sunt bolile pulmonare cu exacerbare acută, nespecificată. Dintre afecțiunile respiratorii, acestea sunt printre cele mai puternic agravate de poluarea atmosferică.

În paralel, în 2019, în rândul bucureștenilor de toate vârstele au fost declarate la medicii de familie aproape 11.500 cazuri noi de îmbolnăvire cu boli respiratorii cronice. Dintre aceștia, peste 4000 au fost copii cu vârste mai mici de 15 ani.



În ce privește mortalitatea la nivelul Bucureștiului, în 2019, 830 de bucureșteni au decedat din cauza unor boli ale aparatului respirator, și peste 11.000 din cauza unei boli a aparatului circulator.

Aproximativ 60% din totalul deceselor au fost cauzate de boli respiratorii și cardio-vasculare. Bolile respiratorii reprezintă a 4 cauză de deces și la nivelul populației Bucureștiului, la fel ca și în cazul populației României în general.

Dacă în București media anuală pentru PM10 ar fi fost de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, așa cum recomandă OMS, numărul de decese ce s-ar putea evita în rândul populației Municipiului București între 2015 – 2019 ar fi fost de 814.

Pentru a atinge ținta cu privire la concentrațiile de PM10, în București ar trebui să se reducă cu $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentrațiile la nivelul anului 2019.

Numărul de decese evitabile în fiecare an variază în funcție de valorile depășite pentru PM10 și de rata generală a mortalității pentru anul de studiu. În Tabelul 3 se prezintă numărul de decese ce s-ar putea evita, în perioada 2015-2019, dacă s-ar reduce concentrația de PM10.

Tabel 3 Numărul de decese evitabile, PM10, București

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Media anuală PM10 București	57	49	53	43	49	46	814
Reducere PM10	37	29	33	23	29	26	
Decese evitabile	166	135	157	108	130	118	

Aceeași metodă de estimare a deceselor evitabile ar putea fi aplicată și pentru populația totală a României, însă nu există informații suficiente pentru a calcula o medie corectă pentru PM10 la nivelul întregii țări pentru o perioadă de referință.

Întrucât nu au fost disponibile informații privind numărul total de spitalizări cu boli respiratorii în București în anul 2019, calculul a fost efectuat având în vedere doar numărul de persoane spitalizate cu boli cronice respiratorii. Astfel, dacă în București media anuală pentru PM10 ar fi fost de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, așa cum recomandă OMS, numărul de spitalizări cu boli respiratorii cronice în rândul populației Municipiului București în anul 2019 ar fi fost mai mic cu cel puțin 297 persoane.

Având în vedere faptul că impactul PM10 este cel mai puternic corelat cu această categorie de afecțiuni respiratorii, un coeficient care să se refere în mod specific la această



categorie ar fi produs, cel mai probabil, o cifră și mai mare privind reducerea potențială a spitalizărilor.

Pentru fiecare pacient externat dintr-o secție de pneumologie a unui spital din București, statul român plătește o sumă de 1314 RON. Conform estimării de mai sus, numai prin reducerea numărului de spitalizări cu boli respiratorii cronice, statul român ar fi putut economisi cel puțin 400.000 RON numai în 2019, pentru București.

Din nou suma este mult sub-estimată din cauza absenței unor informații complete, privind numărul total al spitalizărilor respiratorii. În plus, suma estimată nu include costuri cu medicamentele necesare bolnavilor și nici costurile decontate către cabinetele medicilor de familie care au consultat această categorie de pacienți.

În România, bolile aparatului respirator reprezintă a 2 a cauză de deces în rândul copiilor cu vârstă mai mică de 1 an și prima dintre cauzele de deces a căror origine nu se situează în perioada perinatală. Cu alte cuvinte, în afara celor cauzate de complicații înaintea sau în timpul nașterii, cele mai multe decese la copii sub 1 an au la origine probleme respiratorii. În 2019, în România, 633 de copii cu vârstă mai mică de 1 an au murit din cauza unor boli ale sistemului respirator, ceea ce reprezintă 28% din totalul de decese înregistrate pentru această categorie de vârstă.

În acest context, având în vedere situația nefavorabilă în care se află România din punct de vedere a calității aerului, prezentul raport de cercetare prezintă rezultatele unei campanii experimentale realizate într-o zonă rezidențială a Municipiului București în scopul identificării nivelului de poluare a aerului cu pulberi în suspensie PM₁₀ și PM_{2.5}. Se urmărește compararea nivelului legal de valori limită zilnice al pulberilor în suspensie cu valorile măsurate. Așadar, acest raport se focalizează pe identificarea nivelului de poluare în mai multe puncte ale unei zone rezidențiale a Municipiului București. Datele experimentale vor servi ca input pentru construcția unei soluții geospațiale de management a calității aerului din Municipiul București.



3. Legislația și standardele în vigoare pentru determinarea concentrației de PM din aerul înconjurător

Dezvoltarea experimentală realizată în cadrul prezentului raport de cercetare a fost realizată respectând cerințele, legislația națională și europeană în vigoare. Mecanismul legislativ utilizat în obținerea rezultatelor experimentale a fost format din:

- SR EN 16450 Aer înconjurător. Sisteme automate de măsurare pentru măsurarea concentrației de pulberi în suspensie (PM10; PM2.5);
- SR EN 12341:2014 Calitatea aerului. Metodă standardizată de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracției masice de PM10 sau PM2.5 a particulelor în suspensie;
- STAS 10813/76 – Puritatea aerului. Determinarea pulberilor în suspensie.
- STAS 10331 – 92 – Puritatea aerului. Principii și reguli generale de supraveghere a calității aerului;
- STAS 12574 – 87. Aer din zonele protejate. Condiții de calitate;
- Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa;
- Directiva 2004/107/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 decembrie 2004 privind arsenicul, cadmiul, mercurul, nichelul și hidrocarburile aromatice policiclice în aerul înconjurător;
- Legea 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător.



3.1 Limite și recomandări privind nivelul de poluare cu PM2.5 și PM10

Pentru respectarea limitelor privind nivelul de poluare cu PM2.5 și PM10 există diferite politici publice la nivel local, național și european.

Dintre politicile publice la nivel european și național putem aminti:

- Prioritizarea investițiilor în mijloace alternative de transport, îmbunătățirea infrastructurii feroviare, construcția de șosele noi;
- Îmbunătățirea standardelor privind conținutul acceptabil de poluanți din combustibili (prin impunerea folosirii unor filtre îmbunătățite pentru particule);
- Încurajarea, prin instrumente de taxare, a utilizării vehiculelor care respectă standarde EURO cât mai ridicate;
- Impunerea unor taxe de poluare aplicabile transportului aerian la nivel de pasager;
- Descurajarea, respectiv încurajarea prin taxare a furnizorilor de energie din surse convenționale față de cei care furnizează energie din surse regenerabile;
- Identificarea și sancționarea mai atentă și mai strictă a poluatorilor industriali și comerciali;
- Încurajarea sistemului de tranzacționare a certificatelor verzi;
- Reglementarea și sancționarea mai strictă a arderii deșeurilor din agricultură;
- Îmbunătățirea infrastructurii de monitorizare a calității aerului.

La nivel local politicile publice pot fi împărțite astfel:

- Definirea unor zone urbane în care să fie impuse restricții asupra traficului rutier;
- Încurajarea transportului local alternativ, prin: îmbunătățirea infrastructurii de transport local; pentru a fi motivați să nu circule cu mașina personală, locuitorii orașelor au nevoie de acces la transport în comun eficient, rapid și accesibil ca preț. Dacă este necesară creșterea numărului de autobuze este preferabil să se investească într-o flotă cât mai ecologică din punct de vedere al emisiilor; creșterea numărului de benzi rutiere destinate exclusiv transportului în comun,



astfel crește, pe de o parte, viteza de deplasare cu transportul în comun, iar pe de altă parte descrește motivația de a folosi mașina personală. Construirea și mentenanța pistelor pentru bicicliști și a zonelor pietonale. Construirea de parcuri în zonele limitrofe ale orașelor, bine conectate la liniile de transport în comun, astfel încât să încurajeze oprirea traficului din afara orașului la marginea acestuia;

- Construirea și mentenanța liniilor de centură și în general a rutelor de ocolire a orașelor, astfel încât ca traficul să fie deviat de marile aglomerări urbane.

La implementarea acestor politici publice fiecare dintre noi putem contribui prin:

- Utilizarea cât mai rar posibil a automobilelor personale, înlocuindu-le fie cu mersul cu bicicleta sau pe jos, cu utilizarea transportului în comun, sau cu împărțirea unei mașini cu prieteni sau colegi.
- Cumpărarea de alimente și obiecte care au fost produse cât mai aproape de locul din care le cumpărăm: astfel încurajăm reducerea transportului de mărfuri pe distanțe mari și deci traficul rutier în general.
- Înlocuirea centralelor sau sobele pe lemn sau cărbune cu sisteme de încălzire cu gaz sau electrice și, bineînțeles, să consumăm cât mai puțină energie.
- Eliminarea arderii deșeurilor de natură agricolă în spațiu liber.
- Încurajarea realizării unui transport în comun cu mijloace de locomoție ce folosesc energie electrică sau hibridă.
- Îmbunătățirea legislației și normelor de control al poluării prin implicare voluntară.

În cadrul Tabelului 4 se prezintă valorile limită zilnice și anuale ale PM10 și PM2.5 precum și legislația în vigoare ce impune aceste limite. și 5 se prezintă informațiile cu privire la valorile limită ale PM10 și PM2.5

Tabel 4 Limitele la nivel național ale particulelor în suspensie PM10 și PM2.5

Nr.crt.	Valori limită zilnice PM10	Valori limită anuale PM10	Valori limită zilnice PM2.5	Valori limită anuale PM2.5	Legislație
1	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Legea nr.104/2011



Conform Legii nr. 104/2011 valorile limită anuale ale PM₁₀ nu pot depăși 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ în timp ce pentru PM_{2.5}, limitele impuse sunt mai severe datorită gradului de pericolozitate și nu trebuie să depășească 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anual.

La nivel european limitele recomandate de către Organizația Mondială a Sănătății în ceea ce privește particulele în suspensie de tip PM₁₀ și PM_{2.5} se pot regăsi în Tabelul 5.

Tabel 5 Limitele la nivel european recomandate de către OMS

Nr.crt.	An	Valori limită PM _{2.5}	Valori limită PM ₁₀	Legislație
1	2008	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
2	2009	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
3	2010	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
4	2011	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
5	2012	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
6	2013	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
7	2014	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE
8	2015	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Directiva 2004/107/CE

Conform Directivei 2004/107/CE, valorile limită pentru PM_{2.5} și PM₁₀ a suferit modificări în fiecare an pentru perioada 2008-2015, valorile impuse fiind cuprinse între 30 și 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru PM_{2.5} în timp ce pentru PM₁₀ acestea au variat între 50 și 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



4. Studiu experimental cu privire la identificarea nivelului de poluare a aerului cu pulberi în suspensie PM10 și PM2.5

În cadrul campaniilor experimentale s-a folosit și respectat metodologia și legislația în vigoare cu privire la determinarea concentrației de PM din aerul înconjurător.

Obiectivul prezentului raport a urmărit continuarea unui studiu realizat anterior printr-un proiect finanțat de către AOSR ce a permis identificarea de soluții suport pentru evaluarea expunerii populației la poluarea aerului sub formă de particule fine în marile aglomerări urbane. Prezenta dezvoltare experimentală are drept scop monitorizarea calității aerului prin stabilirea nivelului de poluare a aerului într-o zonă rezidențială din cadrul sectorului 1, Municipiul București. S-a identificat astfel nivelul de poluare cu pulberi în suspensie PM10 și PM2.5 prin realizarea de măsurători în 4 locații ale municipiului București. În completarea rezultatelor studiului anterior, prezenta cercetare constă în realizarea de măsurători și în anotimpul de toamnă/iarnă, respectiv perioada octombrie-decembrie.

Pe baza rezultatelor obținute în cadrul activităților experimentale finalizate, în faza curentă este realizată integrarea unor soluții geospațiale pentru managementul calității aerului pentru zona rezidențială investigată. Rezultatele obținute sunt în același timp centralizate în cadrul unei lucrări științifice care va fi transmisă către revista internațională Sustainability (ISSN 2071-1050), Special Issue "Environmental Risk Assessment and Sustainable Remediation Approaches", **FI 3.251**, acolo unde unul dintre co-autori este Guest Editor.

4.1 Stabilirea amplasamentului și descrierea echipamentelor folosite

Amplasarea punctelor pentru efectuarea măsurătorilor aferente acestui studiu s-a făcut pe raza sectorului 1, după cum urmează:

- Strada Luduș, numărul 22, sector 1, București
- Strada Subcetate, numărul 99, sector 1, București
- Strada Băiculești, numărul 27, sector 1, București
- Strada Drumul Eugen Brote, numărul 8, sector 1, București



Pentru fiecare din aceste locații s-au stabilit coordonatele GPS astfel, acest lucru fiind un sprijin important în realizarea activității integrarea soluțiilor geospațiale pentru managementul calității aerului pentru zona rezidențială evaluată:

- Strada Luduș, numărul 22, LAT: 44,45678559 LONG: 26,0370626
- Strada Subcetate, numărul 99, LAT: 44,4884651 LONG: 26,0397446
- Strada Băiculești, numărul 27, LAT: 44,4803846 LONG: 26,0515251
- Strada Drumul Eugen Brote, numărul 8, LAT: 44,5005026 LONG: 26,0596161

Colectarea de particule pe un filtru pentru analiză este cea mai veche metodă de măsurare a poluării cu particule și se mai numește și analiză gravimetrică. Concentrația de PM este exprimată ca unitate de masă pe m^3 aer (de obicei în $\mu g/m^3$).

Regulamentul european în vigoare pentru pulberile ambientale impune ca, volumul de aer prelevat să fie la aceeași temperatură și presiune ca a aerului ambiant de la momentul prelevării de probe.

În practică, acest lucru se traduce în folosirea de factori de corecție. Lucrul acesta apare dacă debitul utilizat pentru a calcula volumul eșantionat nu se bazează pe volumul real al aerului eșantionat.

Echipamentul utilizat în cadrul acestei lucrări de determinare al pulberilor ambientale (PM₁₀; PM_{2.5}) din mediul înconjurător este ECHO HiVol, producător TCR TECORA – Italia (Figura 4).

Echipamentul de laborator face parte din categoria prelevatoarelor cu ajutorul cărora mediul de recoltare al probelor (în acest caz filtru din fibră de quartz pe care au fost recoltate pulberile cu diferite diametre) este supus analizei gravimetrice.

Principalele componente ale sistemului de prelevare sunt (Figura 5):

- Tastatură și afișaj luminos
- Priză pentru sursa de alimentare și siguranță de protecție
- Port RS232 pentru transfer de date – conexiune modem (opțional)
- Ușă cu încuietore
- Senzor de temperatură ambientală
- Blocare acoperiș și acces cartuş PUF
- Tubul de evacuare a aerului eșantionat

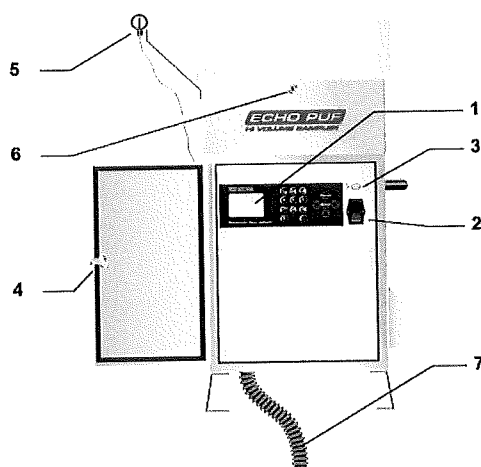


Fig. 5 Echipament ECHO Hivol – TCR TECORA

În plus față de prelevatoarele cu volum ridicat de prelevare (HiVol sau HVS – High Volume Sampler), așa cum este echipamentul utilizat în cadrul măsurătorilor curente, există și aparate de prelevare cu volum scăzut – LVS (Low Volume Sampler).

Aceste echipamente fac posibilă trecerea unui volum cunoscut de aer printr-un filtru (mediul de colectare al probei). Filtrele sunt cântărite atât înainte de a fi instalate în dispozitivul de prelevare al probelor (filtre neexpuse) cât și după eșantionare (filtre expuse). Diferența dintre HVS și LVS este reprezentată de cantitatea de aer prelevat.

Prelevatoarele cu volum ridicat de prelevare trec prin sistem mai mult de 1500 m³ de aer într-o perioadă de 24 de ore, în timp ce prelevatoarele cu volum redus trag doar 24 m³ de aer sau chiar mai puțin.

Pompa ECHO HiVol, utilizată în cadrul acestor experimentări are mai multe aplicații (în funcție de capul de prelevare utilizat), astfel:

- Utilizând capul de prelevare TSP se pot preleva pulberile totale
- Utilizând capul de prelevare PM10 se pot preleva pulberi u diametrul mai mic de 10μm (Figura 6)
- Utilizând capul de prelevare PM2,5 se pot preleva pulberi cu diametrul mai mic de 2,5μm (Figura 7)
- Utilizând capul de prelevare și modulul care încorporează PUF-ul se pot preleva micropoluanți de tipul HAP-uri, PCDD/F, pesticide.

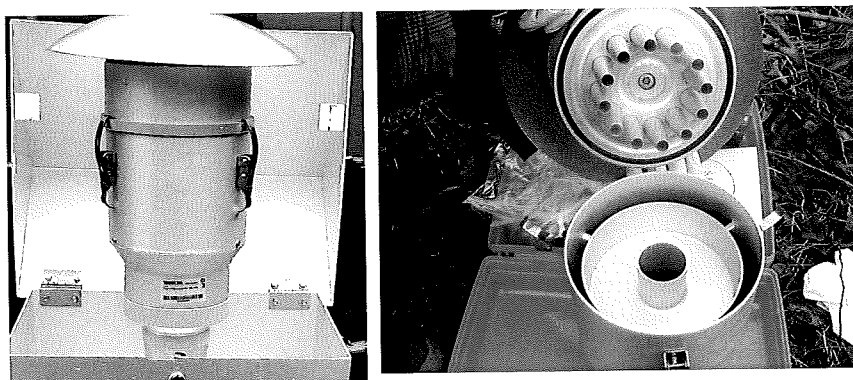


Fig. 6 Exemple cap de prelevare PM10



Fig. 7 Exemplu cap de prelevare PM2.5

Caracteristicile tehnice pentru sistemul de recoltare pulberi ambientale (PM10; PM2.5) și micropoluanți ECHO HiVol TCR TECORA – Italia, utilizat în cadrul măsurătorilor efectuate sunt următoarele:

- Debit constant, domeniu de operare: 100 – 600 l/min (6 – 36 m³/h) – la condiții actuale sau standard, controlat electronic.
- Sistem de răcire cu ventilație forțată.
- Memorie de date pentru 30 de seturi de măsurători data și ora pornirii, respectiv opririi, numărul de probe, timp de prelevare, media debitului la condiții actuale/standard, volum total prelevat, temperatură ambientală, presiunea ambientală, căderea de presiune pe filtru.
- Senzor pentru temperatură și presiune actuală.
- Display LCD.
- Ceas încorporat pentru timp real.

- Controller electronic de programare.
- Verificarea timpului, presiunii, temperaturii și volumului pe parcursul sau la sfârșitul prelevării.
- Oprirea automată în caz de funcționare necorespunzătoare.
- Protecție a datelor și programului în cazul opririi accidentale a curentului.
- Temperatura mediată în timp.
- Calculul volumului prelevat în condiții standard (20 °C, 760 mm Hg)
- Temperatură de operare -3.....+40 °C.
- Necesită întreținere la 20000 ore de funcționare.
- Alimentare 220 V, 50 Hz.

Pentru analiza gravimetrică s-a utilizat balanța analitică AS 82/220.X2 (Figura 8), balanță cu 5 zecimale așa cum este indicat și în standardul de referință, determinându-se astfel diferența dintre masa filtrului după prelevare și masa inițială a filtrului.

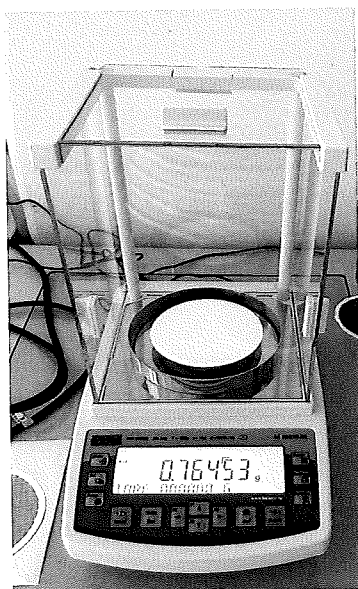


Fig. 8 Cântărirea masei filtrului anterior expunerii

În conformitate cu prevederile din cadrul standardului de referință, filtrele neexpuse se condiționează într-o incintă de climatizare (Etuva de laborator – Figura 9) timp de 24 de ore înaintea prelevării. În cadrul experimentărilor s-a folosit o etuvă de laborator de tipul SLN 32/53/115/240 (cuptor de uscare cu convecție forțată).

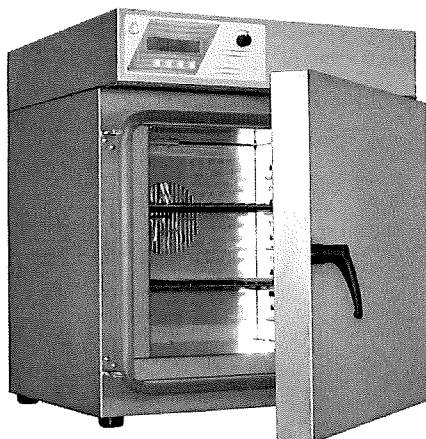


Fig. 9 Etuva de laborator de tip SLN

Transportul filtrelor până la locul de prelevare s-a realizat utilizându-se cutii de plastic cu capac, fiind astfel evitată contaminarea probelor prelevate. Au fost utilizate filtre cu o eficacitate de separare mai mare de 99,5% (Figura 10).



Fig. 10 Manipularea filtrelor cu ajutorul pensetei

4.2 Plan de monitorizare

În ceea ce privește planul de monitorizare, s-au avut în vedere următoarele aspecte:

- Domeniul de aplicabilitate este specificat în cadrul SR EN 12341 din anul 2012.
- Debitul de prelevare pentru pompa ECHO HiVol este de 200 l/min, iar recoltarea probelor se face prin aspirarea aerului cu un debit de 68 m³/h.



- Normele de prelevare, transport și conservare a probelor care se analizează în laborator indică un debit de prelevare pentru HSV – PM10 și PM2.5 de 30 m³/h (200 l/minut).
- Pentru prelevatoarele HSV recoltarea probelor se face prin aspirarea aerului cu un debit de 30m³/h (200 l/minut).
- Debitul pompei trebuie să fie constant pe toată durata prelevării.
- Perioada de prelevare pentru PM10 și PM2.5 trebuie să fie de 24 h.
- Mediul de colectare al probei (flitrele) se manipulează cu ajutorul unei pensete.
- Se utilizează o balanță cu o înaltă precizie(cu cinci zecimale) de tipul AS82/220.X2.
- Nu se folosesc filtre care au defecte, cum ar fi: rosături, material neuniform sau lipsă, decolorări.
- Filtrele neexpuse se condiționează într-o incintă de climatizare minim 48h înaintea prelevării.
- Toate filtrele se verifică vizual înainte de folosire pentru defecte cum ar fi găuri sau material neuniform și îndepărtate dacă sunt găsite defecte(SR EN 14907:2007).
- Toate filtrele trebuie să rămână nepliate și protejate pe timpul depozitării și transportului, de exemplu în suportul filtrului sau containere similare.
- Pentru transportul și identificarea filtrelor se folosesc cutii cu capac, confecționate din material plastic, pe care se notează datele necesare.

4.3 Rezultate și discuții

În cadrul cercetării curente, s-au prelevat probe de pulberi în suspensie PM10 și PM2.5 în perioada octombrie – noiembrie 2021, acoperind astfel anotimpul de toamnă, așa cum este prezentat în Tabelul 6.



Tabel 6 Măsurători PM10 / PM2.5 anotimp - toamnă

Nr. crt.	Oră și Dată	Masă filtru inițial [g]	Masă filtru după uscare [g]	Masă filtru după prelevare [g]	Masă filtru uscat [g]	Volum prelevare	Coordonate GPS	Durata prelevării	Condiții meteo
1	15.11.2021 17:30 PM10	0,77034	0,76403	0,77365	0,77301	200 l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Ploaie
2	16.11.2021 17:45 PM2.5	0,76453	0,75458	0,77584	0,76594	200 l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Ploaie
3	17.11.2021 18:00 PM10	0,77628	0,76901	0,77823	0,77791	200 l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
4	18.11.2021 18:00 PM2.5	0,76696	0,76052	0,77821	0,77113	200 l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
5	27.11.2021 18:15 PM10	0,75612	0,75136	0,77640	0,76815	200 l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
6	28.11.2021 18:30 PM2.5	0,76095	0,75770	0,78357	0,77882	200 l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
7	30.11.2021 18:45 PM10	0,78946	0,78478	0,79640	0,79125	200 l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Ploaie
8	01.12.2021 19:00 PM2.5	0,78586	0,77698	0,78997	0,78736	200 l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Ploaie

În Tabelul 7 se prezintă calculul concentrațiilor masice de pulberi pentru anotimpul de toamnă.

Tabel 7 Calculul concentrațiilor masice aferente anotimpului toamnă

Nr.crt	Pulberi în suspensie	Masă filtru înainte de expunere [g]	Masă filtru după expunere [g]	Volum de aer aspirat [m ³]	Conținut de pulberi rezultat [μg/m ³]
1	PM2.5	0,76403	0,77301	285,789	31,42
2	PM10	0,75458	0,76594	286,456	39,65
3	PM2.5	0,76901	0,77791	286,768	31,03
4	PM10	0,76052	0,77113	285,986	37,09
5	PM2.5	0,75136	0,76815	286,435	58,61
6	PM10	0,75770	0,77882	285,675	73,93
7	PM2.5	0,78478	0,79125	285,789	22,63
8	PM10	0,77698	0,78736	286,567	36,22

În Figura 11 se prezintă rezultatele cu privire la conținutul de pulberi rezultat în urma măsurărilor pentru toate cele 4 zone monitorizate.

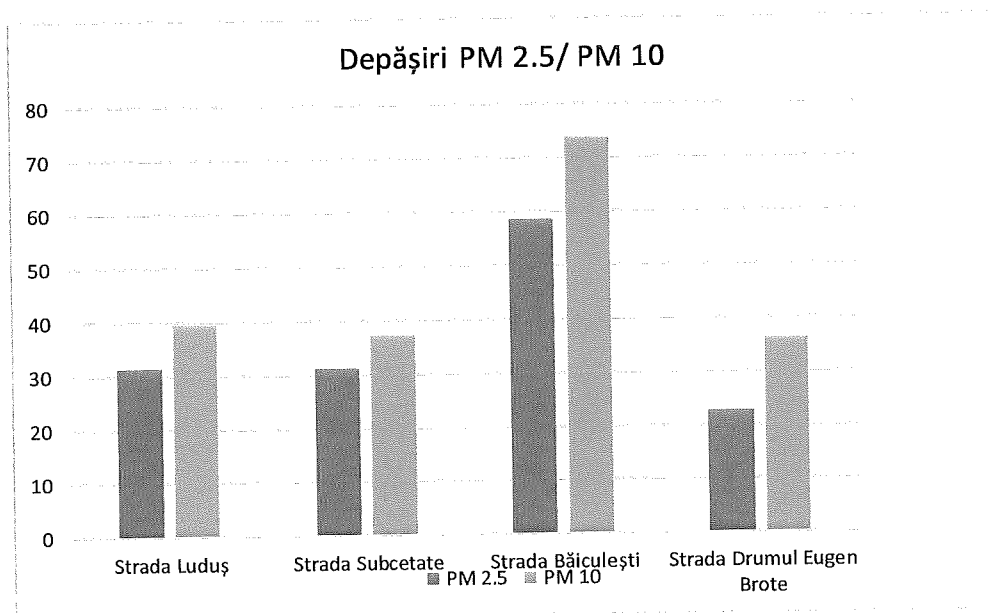


Fig. 10 Concentrația de PM 2.5 / PM 10 – anotimp toamnă

După cum se poate observa din Figura 10 dar și din Tabelul 7 (evidențiind concentrațiile masice), în aproape toate locațiile avem depășiri ale valorile limită impuse de legislația în vigoare. În cazul PM10 se depășesc valorile limită pentru una dintre cele 4 locații,



respectiv pentru strada Băiculești. Depășirea limitelor pentru această locație se datorează traficului feroviar din zonă, traficului auto (în vecinătatea străzii se află blv. Expoziției, blv. Dămăroaia), dar și din cauza șantierelor în lucru aflate în zonă.

Depășiri ale valorilor limită pentru PM_{2.5} se regăsesc în cele trei locații din patru (strada Luduș, strada Subcetate și strada Băiculești). Aceste depășiri pot fi datorate construcțiilor aflate în zonă (particule fine de praf ce se ridică în aer), traficului auto (noxele emenate de către autoturisme).

Pe parcursul desfășurării măsurătorilor s-a urmărit gradul de poluare pe fiecare zonă în parte; astfel putem spune că s-a urmărit nivelul de încărcare a filtrelor cu pulberi ambientale PM₁₀ și PM_{2.5}.

Modul de lucru a fost următorul:

- Pregătirea filtrelor – verificare vizuală, în caz că sunt deteriorate; cântărirea filtrelor înainte de prelevare și după prelevare.
- Uscarea filtrelor la etuva înainte de prelevare și după prelevare.
- Cântărirea filtrelor înainte de prelevare și după prelevare.
- Transportul filtrelor în cutii ermetice spre locul de prelevare / laborator.
- Manipularea filtrelor la montarea lor în prelevator, în etuvă; cântărirea a fost realizată cu ajutorul unei balanțe analitice de mare precizie, utilizând pentru manipularea filtrelor o pensetă specială.

Pentru interpretarea rezultatelor se calculează diferența dintre masa filtrului inițială și după expunere, ceea ce reprezintă cantitatea totală de pulberi în suspensie din probă.

Conținutul de pulberi în suspensie se calculează cu ajutorul relației:

$$\text{Pulberi în suspensie} = m_2 - m_1 / V [\mu\text{g}/\text{m}^3], \text{ unde}$$

m_2 masa filtrului după expunere

m_1 masa filtrului înainte de expunere

V volumul de aer aspirat.

În vederea realizării unei evaluări corecte și complete în ceea ce privește nivelul de poluare cu PM₁₀ și PM_{2.5} din zona rezidențială investigată, dar și pentru integrarea soluțiilor geospațiale de monitorizare a calității aerului utilizând rezultatele obținute, este necesară colectarea datelor de monitorizare obținute pe parcursul unui an calendaristic (pentru fiecare anotimp). Astfel, au fost utilizate și date prelucrate în cadrul studiului anterior finanțat de către



AOSR unde au fost propuse soluții suport pentru evaluarea expunerii populației la poluarea aerului sub formă de particule fine în marile aglomerări. În Tabelul 8 se prezintă calculul concentrațiilor masice de pulberi în suspensie PM pentru anotimpul de iarnă.



Tabel 8 Măsurători PM10 / PM2.5 anotimp - iarna

Nr. crt.	Oră și Dată	Masă filtru inițial [g]	Masă filtru după uscare [g]	Masă filtru după prelevare [g]	Masă filtru uscat [g]	Volum prelevare	Coordonate GPS	Durata prelevării	Condiții meteo
1	17.02.2020 16:30 PM10	0,77320	0,75694	0,78050	0,77987	200 l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Senin
2	18.02.2020 16:45 PM2.5	0,76949	0,75538	0,77568	0,77122	200 l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Senin
3	19.02.2020 17:00 PM10	0,77750	0,76132	0,78012	0,77991	200 l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
4	20.02.2020 17:20 PM2.5	0,78134	0,77558	0,78822	0,78622	200 l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
5	21.02.2020 17:30 PM10	0,77915	0,77450	0,78225	0,78003	200 l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
6	22.02.2020 17:50 PM2.5	0,78204	0,77956	0,78912	0,78634	200 l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
7	25.02.2020 18:10 PM10	0,77554	0,77124	0,77998	0,77789	200 l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Senin
8	26.02.2020 18:30 PM2.5	0,77485	0,77078	0,77911	0,77765	200 l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Senin

În Tabelul 9 se prezintă calculul concentrațiilor masice de pulberi pentru anotimpul iarnă.

Tabel 9 Calculul concentrațiilor masice aferente anotimpului toamnă

Nr.crt	Pulberi în suspensie	Masă filtru înainte de expunere [g]	Masă filtru după expunere [g]	Volum de aer aspirat [m ³]	Conținut de pulberi rezultat [μg/m ³]
1	PM2,5	0,75694	0,77987	286,679	79,98
2	PM10	0,75538	0,77122	286,783	55,23
3	PM2,5	0,76132	0,77991	286,357	64,91
4	PM10	0,77558	0,78622	285,987	37,20
5	PM2,5	0,77450	0,78003	285,689	89,36
6	PM10	0,77956	0,78634	285,879	23,71
7	PM2,5	0,77124	0,77789	286,691	23,19
8	PM10	0,77078	0,77765	285,568	24,05

Și în cazul anotimpului iarnă se înregistrează depășiri ale valorilor limită după cum se poate vedea observa și în Figura 11, deși nivelul de precipitații în acest anotimp este mai ridicat, iar acest aspect ar fi putut conduce la o reducere a nivelului de poluare cu PM10 și PM2.5.

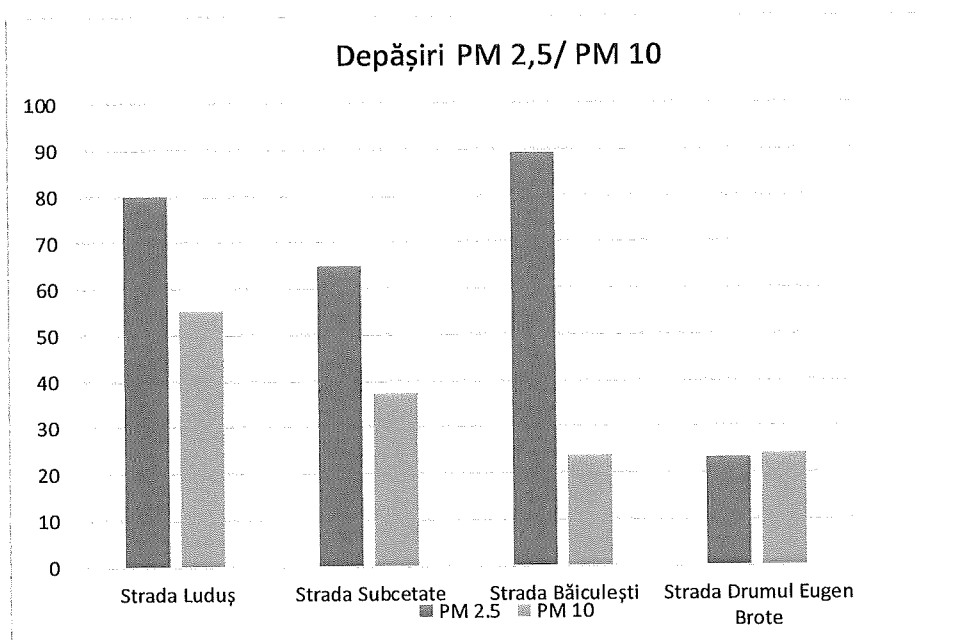
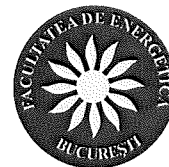


Fig. 11 Depășiri PM 2.5 / PM 10 – anotimp iarnă

După cum se poate observa în Figura 11 depășirile de PM10 se identifică doar într-o singură locație (strada Luduș). Această depășire este asociată traficului rutier intens (în



apropiere se află Calea Giulești). O altă cauză a depășirilor masive de PM10 sunt și încălzirile cu combustibil solid a locuințelor din zonă (lemn sau cărbune), care poluează în exces atunci când iernile sunt mai aprige.

Pentru PM2.5 avem depășiri în trei din cele patru locații (strada Luduș, strada Subcetate, strada Băiculești). După cum se poate observa depășirile valorilor limită sunt și de aproximativ patru ori mai mari (strada Băiculești limita este de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ față de $89,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) din cauza traficului intens, atât feroviar care se regăsește în zonă, cât și auto, dar și din cauza întreprinderilor care poluează.

Pentru anotimpul primăvară în Tabelul 10 și 11 se prezintă setul de măsurători.

Tabel 10 Măsurători PM10 / PM2,5 anotimp primăvară

Nr. crt.	Oră și Dată	Masă filtru inițial [g]	Masă filtru după uscare [g]	Masă filtru după prelevare [g]	Masă filtru uscat [g]	Volum prelevare	Coordonate GPS	Durata prelevării	Condiții meteo
1	02.04.2020 16:30 PM10	0,79104	0,78865	0,80115	0,79667	200l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Senin
2	03.04.2020 16:45 PM2,5	0,78853	0,78547	0,79224	0,79008	200l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Senin
3	04.04.2020 17:00 PM10	0,77691	0,77420	0,77995	0,77838	200l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
4	05.04.2020 17:20 PM2,5	0,79123	0,79001	0,79676	0,79454	200l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Înnorat
5	06.04.2020 17:30 PM10	0,78883	0,78800	0,79005	0,78997	200l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
6	07.04.2020 17:50 PM2,5	0,77159	0,77078	0,77855	0,77668	200l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Înnorat
7	28.04.2020 18:10 PM10	0,77532	0,77412	0,77851	0,77708	200l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Senin
8	09.04.2020 18:30 PM2,5	0,79809	0,79707	0,80543	0,80123	200l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Senin

Tabel 11 Calculul concentrațiilor masice aferente anotimpului primăvară

Nr.crt	Pulberi în suspensie	Masă filtru înainte de expunere [g]	Masă filtru după expunere [g]	Volum de aer aspirat [m^3]	Conținut de pulberi rezultat [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
--------	----------------------	-------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------	---

1	PM2,5	0,79104	0,79667	286,878	19,62
2	PM10	0,78853	0,79008	285,789	5,42
3	PM2,5	0,77691	0,77838	285,599	5,14
4	PM10	0,79123	0,79454	286,893	11,53
5	PM2,5	0,78800	0,78997	286,861	6,86
6	PM10	0,77078	0,77668	285,598	20,65
7	PM2,5	0,77412	0,77708	286,998	10,31
8	PM10	0,79707	0,80123	285,867	14,55

În anotimpul de primăvară se observă o reducere a nivelului de poluare (măsurătorile se află în limitele acceptate de standardul național), fără depășiri pentru toate cele patru locații (Figura 12).

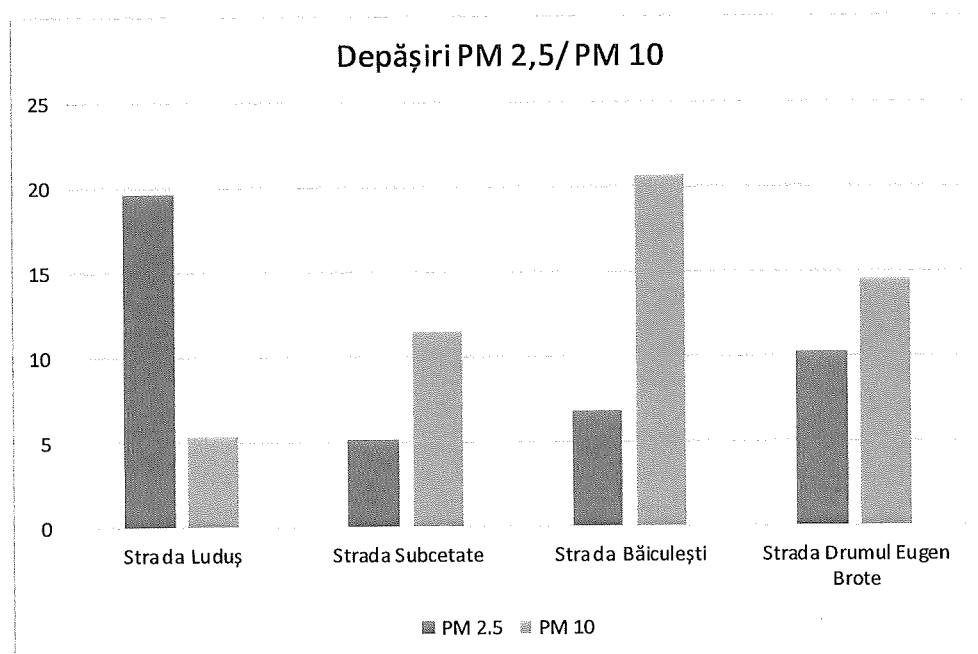
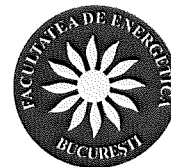


Fig. 12 Depășiri PM 2.5 / PM 10 – anotimp primăvară

Pentru ultimul anotimp studiat, vara, în Tabelul 12 și 13 se prezintă rezultatele activităților experimentale realizate în urma măsurătorilor.

**Tabel 12** Măsurători PM10 / PM2,5 anotimp de vară

Nr. crt.	Oră și Dată	Masă filtru inițial [g]	Masă filtru după uscare [g]	Masă filtru după prelevare [g]	Masă filtru uscat [g]	Volum prelevare	Coordonate GPS	Durata prelevării	Condiții meteo
1	01.08.2020 16:30 PM2,5	0,70180	0,70066	0,71293	0,70595	200l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Soare
2	02.08.2019 16:45 PM10	0,69091	0,68546	0,69792	0,69262	200l/min	Str. Luduș, nr.22 LAT:44,4678559 LONG:26,0370626	24h	Soare
3	05.08.2020 15:00 PM2,5	0,68322	0,67752	0,68702	0,68563	200l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Soare
4	06.08.2020 18:00 PM10	0,68116	0,67504	0,68891	0,68396	200l/min	Str. Subcetate, nr.99 LAT:44,4884651 LONG:26,0397446	24h	Soare
5	07.08.2020 19:15 PM2,5	0,70720	0,69804	0,70991	0,70854	200l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Soare
6	08.08.2020 19:30 PM10	0,66110	0,65500	0,66841	0,66410	200l/min	Str. Băiculești, nr.27 LAT:44,4803846 LONG:26,0515251	24h	Soare
7	14.08.2020 17:30 PM2,5	0,78456	0,77933	0,78951	0,78721	200l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Soare
8	18.08.2020 17:45 PM10	0,69261	0,68708	0,69866	0,69654	200l/min	Str. Drumul Eugen Brote, nr.8 LAT:44,5005026 LONG:26,0596161	24h	Soare

După cum se poate observa se înregistrează depășiri de PM 2,5, în aproape toate locațiile monitorizate.

Valorile de pulberi în suspensie PM10 sunt toate în limite acceptate de standardul național în vigoare (Legea nr.104 / 2011).

Tabel 13 Calculul concentrațiilor masice aferente anotimpului vară

Nr.crt	Pulberi în suspensie	Masă filtru înainte de expunere [g]	Masă filtru după expunere [g]	Volum de aer aspirat [m ³]	Conținut de pulberi rezultat [μg/m ³]
1	PM2,5	0,70066	0,70595	286,715	18,45
2	PM10	0,68546	0,69262	285,823	25,05
3	PM2,5	0,67752	0,68563	286,811	28,37
4	PM10	0,67504	0,68396	285,734	31,21
5	PM2,5	0,69804	0,70854	286,345	36,66

Nr.crt	Pulberi în suspensie	Masă filtru înainte de expunere [g]	Masă filtru după expunere [g]	Volum de aer aspirat [m ³]	Conținut de pulberi rezultat [μg/m ³]
6	PM10	0,65500	0,66410	285,810	31,83
7	PM2,5	0,77933	0,78951	286,109	35,58
8	PM10	0,68708	0,69654	286,567	33,01

După cum se poate vedea în prima locație (Str. Luduș) ambele valori sunt în limite acceptabile, neînregistrându-se depășiri. Aceste valorile au fost înregistrate din cauza condițiilor favorabile în care este situată locația și anume: locație retrasă de la bulevard unde traficul rutier este intens, amplasarea lângă Lacul Morii, zonă preponderent verde.

În Figura 13 se prezintă depășirea valorilor limită impuse în anotimpul de vară pentru locațiile studiate.

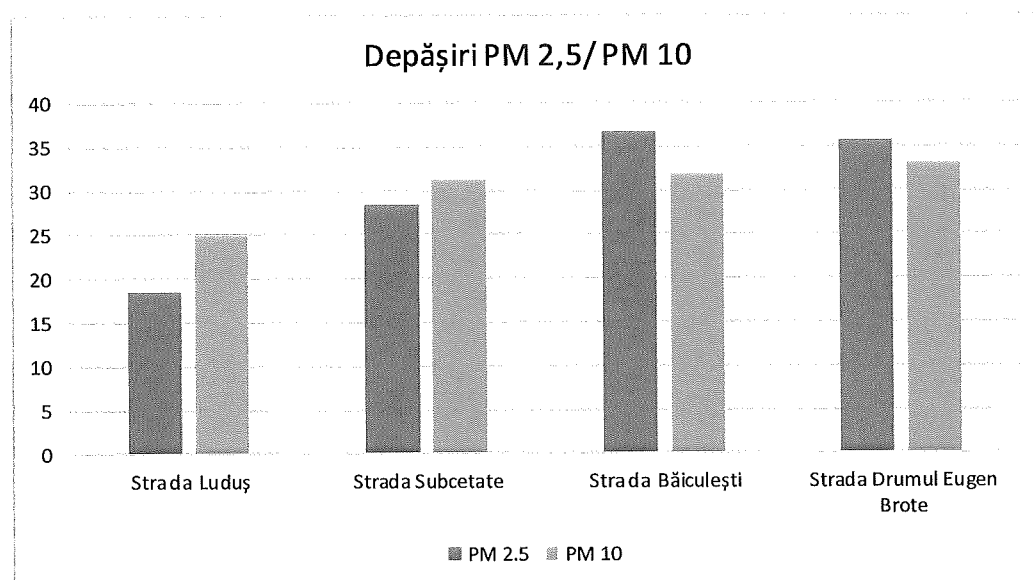


Fig. 13 Depășiri PM 2,5 / PM 10 – anotimp Vară

În ceea ce a doua locație observăm ca pentru PM10 nu avem depășiri, dar pentru PM2.5 există o depășire considerabilă (31,21μg/m³ comparativ cu 25 μg/m³, așa cum indică legislația în vigoare), deși locația este amplasată lângă un parc (Parcul Bazilescu). Acest fapt se datorează faptului că zona este într-o continuă creștere și dezvoltare imobiliară, fiind situată și foarte aproape de centura Bucureștiului, cu trafic intens. Pentru cele 2 locații rămase (Str. Băiculești și strada Drumul Eugen Brote) care sunt relativ aproape de locația anterioară, se observă din graficul de mai sus că pentru PM10 nu sunt depășiri, dar pentru PM 2.5 sunt depășiri: 36,66 μg/m³ și 35,58 μg/m³. Aceste depășiri sunt datorate dezvoltării imobiliare,



traficului intens (atât transportul în comun cât și transportul auto), deși în zonă se află și lacul Băneasa.



5. Concluzii

În ceea ce privește emisia de pulberi în suspensie PM10 și PM2.5 în aer, se observă depășiri ale limitelor admisibile în trei din cele 4 anotimpuri în care s-au făcut măsurători. Se evidențiază astfel existența unei probleme semnificative, reale, în cea ce privește calitatea aerului din Municipiul București, pentru zona rezidențială investigată.

Se confirmă astfel faptul că, Municipiul București este un oraș cu un nivel ridicat de poluare cu PM10 și PM2.5, așa cum rezultă din datele rezultate din campaniile experimentale. În consecință, se impune luarea unor măsuri urgente de către autoritățile competente cât și de către fiecare dintre noi, pentru reducerea nivelului de poluare atmosferică care generează efecte negative asupra sănătății populației.

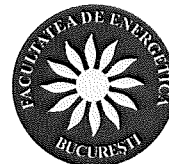
Au fost înregistrate depășiri cu peste 3 sau 4 ori față de limita zilnică pentru PM10 și de 5 sau 6 ori mai mari decât limita zilnică pentru PM2.5. Mediile anuale, atât pentru PM10 cât și pentru PM2.5 sunt mai mari decât limita anuală la toate punctele de monitorizare din București unde au fost efectuate măsurători în cadrul proiectului.

Prin reducerea poluării cu PM10 și PM2.5 ar putea fi redus numărul persoanelor internate cu afecțiuni respiratorii cronice de ordinul sutelor, fiind evitate în acest mod și morți premature asociate acestui tip de poluare a aerului.

La capitolul măsuri de atenuare a pulberilor în suspensie PM10 și PM2.5, se pot implica autoritățile, instituțiile publice și toate persoanele de rând.

Politicile publice la nivel european, dar și la nivel național ce pot fi aplicate de către autorități sunt:

- prioritizarea investițiilor în mijloace de transport alternative,
- încurajarea prin aparate de taxat a vehiculelor care respectă standarde EURO cât mai ridicate,
- impunerea unor taxe de poluare aplicabile transportului aerian,
- descurajarea prin taxare a furnizorilor de energie din surse neregenerabile,
- identificarea și sancționarea mai atentă și mai strictă a poluatorilor industriali și comerciali,
- încurajarea sistemului de tranzacționare a certificatelor de poluare,



- reglementarea și sancționarea mai strictă a arderii deșeurilor agricole și
- îmbunătățirea infrastructurii de monitorizare a calității aerului.

Politicile publice la nivel local ce pot fi aplicate de către instituțiile publice:

- definirea unor zone urbane în care să fie impuse restricții asupra traficului rutier,
- încurajarea transportului local alternativ,
- construirea și mentenanța centurilor și în general a rutelor de ocolire a orașelor.

Politicile ce pot fi aplicate de către populație, sunt:

- utilizarea cât mai rară a automobilelor personale,
- înlocuirea centralelor sau sobelor pe lemn sau cărbune cu sisteme de încălzire cu gaz sau electrice,
- să nu mai ardem deșeuri, nici măcar deșeuri agricole,
- înlocuirea transportului în comun diesel cu transport în comun electric sau hibrid,
- susținerea în mod activ îmbunătățirea legislației și normelor de control al poluării.

Odată cu realizarea cercetării curente au rezultat o serie de lucrări științifice indexate ISI care au fost realizate de către membrii echipei de implementare a proiectului sau care au fost acceptate și urmează a fi publicate. În acest sens putem aminti:

- **D.M.Cocârță, C. Stan, T. Apostol, C. Streche, A. Murariu, C. Feodorov, A. Todirascu, *Biodegradable Waste Treatment: Sewage Sludge Composting - A Case Study*, 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), 14-15 Oct. 2021, 978-1-6654-4584-9/21/\$31.00©2021 IEEE indexed Proceedings, DOI:10.1109/CIEM52821.2021.9614835.**
- **P.E.M. Lungu, M. Prodana, D M. Cocarta, I. Demetrescu, *Analysis of Heavy Metal Concentrations in the Fraction PM and TSP Measured in Dental Offices from Area with Different Level of Environment Pollution*, CONFERINȚA ȘTIINȚIFICĂ DE TOAMNĂ a AOSR, 2021, BUCUREȘTI, Tematica: "Tradiții și progrese în știința românească", 18-19 November 2021, NanoBioMat 2021, Virtual International Scientific Conference on "Applications of Chemistry in Nanosciences and Biomaterials Engineering ", Session iii. Nanostructures for food packaging, bioremediation and industrial applications, 25-27 November 2021.**
- **I.C. Pasvantu, A.C. Gogoncea, A. Badea, D.M. Cocârță, *Use of Risk Assessment in Management of Contaminated Sites*, CONFERINȚA ȘTIINȚIFICĂ DE TOAMNĂ a AOSR, 2021, BUCUREȘTI, Tematica: "Tradiții**



- și progrese în știința românească”, 18-19 November 2021, Științe tehnice, secția VI AOSR.
- F. Nenciu, M. Paraschiv, R. Kuncser, **C. Stan, D.M. Cocarta**, V. Valentin, *High-grade biofuel from marginal lands by using an integrated approach of alcoholic fermentation and pyrolysis of biomass and Sweet Sorghum residues*, *Sustainability* (ISSN 2071-1050), Special Issue "Environmental Risk Assessment and Sustainable Remediation Approaches", **FI 3.251** - acceptat spre publicare (minor revisions)
 - **D. M. Cocârță**, M. Prodana, I. Demetrescu, P. E. M. Lungu, A. C. Didilescu, *Indoor Air Pollution with Fine Particles and Implications for Workers' Health in Dental Offices: A Brief Review*, *Sustainability* 2021, Special Issue "Sustainability on Environmental Health and Well-Being", 13(2), 599; <https://doi.org/10.3390/su13020599>, **FI 3.251**.
 - Patricia Elena Maria Lungu, Mariana Prodana, **Diana Mariana Cocârță** and Ioana Demetrescu, *Evaluation of TSP and PM concentration and their heavy metal content in urban and rural areas with different level of environmental pollution*, Special Issue "Environmental Risk Assessment and Sustainable Remediation Approaches", **FI 3.251** – în lucru
 - **Diana Mariana Cocârță**, Florin Petre, Marius Bontoș, Constantin Stan and Constantin Streche, *A GIS model for evaluation of exposure to PM10 and PM2.5 in a residential area from Bucharest city*, Special Issue "Environmental Risk Assessment and Sustainable Remediation Approaches", **FI 3.251** – în lucru



Activități viitoare

Având în vedere faptul că obiectivul final al proiectului de cercetare îl constituie integrarea soluțiilor geospațiale în managementul calității aerului într-o zonă rezidențială, activitățile din cadrul cercetării vor continua și după închiderii proiectului și vor viza următoarele aspecte:

- Îmbunătățirea datelor colectate on-site prin utilizarea simulării computerizate a dinamicii poluanților în atmosferă, folosind soluții geospațiale avansate.
- Integrarea soluțiilor geospațiale cu datele monitorizate on-site pentru estimarea contribuției relative a surselor de poluare a aerului care afectează comunitatea urbană.
- Soluții suport pentru evaluarea expunerii populației la poluarea aerului din zonele rezidențiale prin integrarea sistemelor geospațiale cu date monitorizate on-site.



BIBLIOGRAFIE

1. SR EN 16450:2017 - Aer înconjurător. Sisteme automate de măsurare pentru măsurarea concentrației de pulberi în suspensie (PM10; PM2,5).
2. Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa.
3. Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător. Text publicat în M.Of. al României; în vigoare de la 28 iulie 2011.
4. European Environment Agency, Joint Research Centre – IES, JRC- AQUILA Position Paper, Assessment on siting criteria, classification and representativeness of air quality monitoring stations.
5. <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>
6. IQAir AirVisual 2018, <https://www.airvisual.com/>
7. OMS, Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease, 2016, p. 15 și AEM, Air quality in Europe — 2017 report (Calitatea aerului în Europa – raportul pe 2017), 2017, p. 12.
8. OMS, 2018. Exposure to ambient air pollution from particulate matter for 2016. Summary of results. https://www.who.int/airpollution/data/AAP_exposure_Apr2018_final.pdf?ua=1
9. www.who.int/airpollution/data
10. European Environmental Agency, EEA Report No 12/2018, Air quality in Europe — 2018 report, ISSN 1977-8449, ISBN 978-92-9213-989-6, doi: 10.2800/777411, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018, More information on the European Union is available on the Internet (<http://europa.eu>)
11. <https://www.numbeo.com/pollution/>
12. European Parliament, Sampling points for air quality, Representativeness and comparability of measurement in accordance with Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, March, 2019.
13. SR EN 12341:2014 Calitatea aerului. Metodă standardizată de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracției masice de PM10 sau PM2.5 a particulelor în suspensie.
14. WHO, 2005, Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment, WHO/SDE/PHE/OEH/ 06.02. https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/
15. US EPA, 2012. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), The National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution, Revised Air Quality Standards for Particle Pollution and Updates to The Air Quality Index (AQI). https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/2012_aqi_factsheet.pdf.
16. IEA, 2016. Energy and Air Pollution. World Energy Outlook Special Report. International Energy agency. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>.



17. ExternE (2005). Externalities of Energy – Methodology 2005 Update. Edited by Peter Bickel and Rainer Friedrich, European Commission EUR 21951.
18. ORDIN Nr. 1206/2015 din 11 august 2015 pentru aprobarea listelor cu unitățile administrativ-teritoriale întocmite în urma încadrării în regimuri de gestionare a ariilor din zonele și aglomerările prevăzute în anexa nr. 2 la Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător.

Elaborat de:

Sl.dr.ing Constantin Stan

Dr.ing. Constantin Streche

Coordonator Proiect

Conf.dr.ing. Diana Mariana Cocârță