



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIA MEDIULUI
ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚA MEDIULUI



-Rezumatul tezei de doctorat-

**POLUAREA SOLURILOR CU METALE GRELE.
EVALUAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI ȘI ASUPRA
STĂRII DE SĂNĂTĂTE A POPULAȚIEI.**

**Coordonator științific,
Prof. Univ. Dr. Eugen Stelian Gurzău**

**Student doctorand
Camelia Miclăușu**

**Cluj-Napoca
2019**

Cuvinte cheie: *Copșa Mică, poluarea solurilor, metale grele, programe de sănătate*

CUPRINS

CAP. 1. INTRODUCERE	3
1.1. Structura tezei.....	3
1.2. Scopul și obiectivele tezei.....	5
1.3. Etapele cercetării.....	6
1.4. Metodologia cercetării.....	7
CAP. 2. SINTEZA LITERATURII DE SPECIALITATE. METALURGIA NEFEROASĂ. PRESIUNI ASUPRA MEDIULUI ȘI EFECTE ASUPRA STĂRII DE SĂNĂTATE A POPULAȚIEI	9
CAP. 3. CADRUL GENERAL AL CERCETĂRII. ORAȘUL COPȘA MICĂ	11
CAP. 4. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN SOL	14
4.1. Introducere	14
4.2. Materiale și metode	14
4.3. Rezultate și discuții	17
5.4. Concluzii	24
CAP. 5. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN PRAFUL DE LA EXTERIORUL ȘI DE LA INTERIORUL LOCUINȚELOR	26
5.1. Introducere	26
5.2. Materiale și metode	26
5.3. Rezultate și discuții	27
5.4. Concluzii	30
CAP. 6. ANALIZA STATISTICĂ A CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN SOL ȘI ÎN PRAF 31	
6.1. Introducere	31
6.2. Metoda de analiză statistică, corelația și regresia	31
6.3. Rezultate și discuții	32
6.4. Concluzii	36
CAP. 7. EVALUAREA EXPUNERII POPULAȚIEI LA METALELE GRELE DIN SOL ȘI PROGRAME PENTRU SĂNĂTATE ÎN ORAȘUL COPȘA MICĂ	37
7.1. Introducere	37
7.2. Materiale și metode	37
7.3. Evaluarea expunerii populației la metalele grele din sol – rezultate și discuții	37
7.5. Concluzii	39
CAP. 8. CONCLUZII	41
8.1. Concluzii generale.....	41
8.2. Recomandări pentru studii viitoare	43
Bibliografie selectivă	45
Mulțumiri	47

CAP. 1. INTRODUCERE

După anii 1990, orașul Copșa Mică a fost recunoscut drept *”cel mai poluat oraș din Europa”*. Cauza principală a poluării este legată de istoricul industrial al orașului. După ce s-au înregistrat numeroase cazuri de îmbolnăviri profesionale ale angajaților din unitatea metalurgică (I.M.M.N.), din cauza expunerii la plumb (Bardac, 1999), protecția mediului și sănătatea populației au devenit teme importante de studiu.

În ultimii ani, activitatea unității metalurgice s-a redus, fiind aproape sistată, astfel că emisiile atmosferice sunt semnificativ reduse. Solul din orașul Copșa Mică continuă să fie poluat cu metale grele (Lăcătușu, 2014; Szanto et al., 2012), acestea au remanență îndelungată, între zeci și până la mii de ani (Kabata-Pendias, 2001), astfel că expunerea la metalele grele din sol constituie un risc actual pentru sănătatea populației.

Studiile de sănătate realizate în zonă (Gurzău et al., 2010; Gurzău&Neamțiu, 2010; Gurzău&Bardac, 2002) au arătat că în Copșa Mică nivelul plumbemiei la copii este de cca. 7 ori mai ridicat decât nivelul de referință stabilit de CDC (Centers for Disease Control and Prevention USA). Conform studiului realizat de Gurzău et al. (2010), principalele căi de expunere ale populației la metalele grele din sol sunt prin ingestia particulelor, prin ingestia de legume cultivate local și prin inhalarea prafului, cei mai expuși fiind copiii.

În contextul actual în care emisiile atmosferice sunt reduse, iar poluarea solului cu metale grele este prezentă, acesta fiind o sursă permanentă de expunere pentru populație, în cadrul cercetării am evaluat nivelul actual al metalelor grele din sol și din praf, am efectuat analiza statistică privind corelația între cele două componente și am evaluat dozele de expunere ale populației la metalele grele din sol. Rezultatul cercetării este important pentru fundamentarea științifică, elaborarea și implementarea unor programe de sănătate, care să ducă la stoparea sau reducerea expunerii la metalele grele din sol, în scopul îmbunătățirii stării de sănătate a populației din Copșa Mică.

1.1. Structura tezei

Teza este structurată în două părți. În prima parte, cea teoretică, este prezentată sinteza literaturii de specialitate în domeniul metalurgiei neferoase, cu aspectele de mediu și problemele de sănătate asociate, s-a conturat cadrul general al cercetării și s-a studiat istoricul industrial al orașului.

În cea de-a doua parte, care reprezintă contribuțiile personale la teză, s-a analizat calitatea solului, conținutul de metale grele în praful de la interiorul și de la exteriorul locuințelor și s-a stabilit dacă există o relație semnificativă statistic între cele două serii de date. S-a evaluat expunerea populației la metalele grele din sol pentru ca pe viitor să fie fundamentat științific un program de sănătate pentru populația orașului Copșa Mică.

Prima parte a tezei cuprinde trei capitole:

- **Cap. 1 Introducere**
- **Cap. 2 Sinteza literaturii de specialitate. Metalurgia neferoasă. Presiuni asupra mediului și efecte asupra stării de sănătate a populației.**

În acest capitol s-a efectuat analiza literaturii de specialitate privind metalurgia neferoasă cu aspectele de mediu asociate producției de Pb, Zn și Cd.

S-a efectuat o analiză a poluării solului cu metale grele, a transferului acestora din sol, în special prin intermediul prafului și a efectelor asupra sănătății populației care apar în zonele contaminate cu metale grele.

S-a efectuat o sinteză a cercetărilor din zonele poluate istoric din cauza metalurgiei neferoase, la nivel regional (în Europa) și local (în România: Zlatna, Baia Mare, Copșa Mică).

- **Cap. 3 Cadrul general al cercetării. Orașul Copșa Mică**

În acest capitol s-a efectuat analiza cadrului general al cercetării, a condițiilor fizico-geografice ale orașului cu particularitățile locale care favorizează transportul sau stagnarea poluanților atmosferici în zonă. S-a studiat istoricul industrial al orașului Copșa Mică pentru a identifica particularitățile surselor de emisie și s-a efectuat o sinteză a studiilor privind poluarea solului cu metale grele, niveluri ale metalelor grele în praf și evoluția stării de sănătate a populației din Copșa Mică.

Cea de-a doua parte a tezei cuprinde șase capitole:

- **Cap. 4 Contribuția personală. Motivațe, scop, obiective, metodologia de lucru.**

Capitolul prezintă contribuția personală în teză, am ilustrat cadrul problemei, scopul, obiectivele, modelul de studiu și metodologia de analiză utilizată în cercetare.

- **Cap. 5 Evaluarea conținutului de metale grele din sol.**

Sunt detaliate metodele cercetării de birou și din teren, metodele analitice de laborator și metodele analizei statistice pentru datele obținute în laborator.

Este evaluată starea de calitate a solului în cele două campanii de cercetare – anul 2014 și 2018, sunt prezentate rezultatele analizei statistice pentru conținutul de Pb, As, Cd, Cu și Zn în sol, care s-au raportat la standardele de mediu aplicabile, s-a evaluat nivelul de poluare al solului prin metoda indicilor de poluare (PLI și PI) și s-au realizat hărțile de distribuție pentru metalele grele în solul orașului Copșa Mică.

- **Cap. 6 Evaluarea conținutului de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor.**

Capitolul prezintă metodele cercetării de birou și din teren, metodele analitice de laborator și metodele analizei statistice pentru datele obținute în laborator.

Este analizat nivelul metalelor grele în praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor, în anul 2014, sunt prezentate rezultatele analizei statistice pentru conținutul de Pb, Cu și Zn în praf și s-au efectuat hărțile de distribuție pentru metalele grele în praful orașului Copșa Mică.

- **Cap. 7 Analiza statistică a conținutului de metale grele în sol și în praf.**

Sunt prezentate rezultatele analizei statistice prin metoda corelației și a regresiei lineare simple pentru nivelul metalelor grele din sol și din praf, precum și pentru nivelul metalelor grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor.

- **Cap. 8 Evaluarea expunerii populației la metalele grele și programul pentru sănătate în orașul Copșa Mică.**

Capitolul prezintă o descriere sumară a populației orașului Copșa Mică, rezultatele evaluării expunerii populației la metalele grele din sol (prin ingestie) și hărțile de distribuție a dozelor de expunere pentru grupurile populaționale: adulți, copiii și *pica child*.

- **Cap. 9 Concluzii.**

Sunt prezentate concluziile generale rezultate din cercetare și soluția de implementare a unui program pentru sănătate în scopul stopării sau diminuării expunerii populației din Copșa Mică, la metalele grele din sol și praf.

1.2. Scopul și obiectivele tezei

Scopul tezei “*Poluarea solurilor cu metale grele. Evaluarea impactului asupra mediului și asupra stării de sănătate a populației*” este de a obține o imagine actuală privind conținutul de metale grele din sol și din praf, de a stabili o relație între cele două componente și de a evalua

expunerea populației la metalele grele din sol, pentru fundamentarea unor măsuri viitoare pentru îmbunătățirea stării de sănătate a populației din orașul Copșa Mică.

Obiectivele tezei:

1. Analiza literaturii de specialitate, a cercetărilor realizate în domeniul poluării cu metale grele din metalurgia neferoasă și obținerea unei imagini privind istoricul de poluare în orașul Copșa Mică.
2. Analiza și prelucrarea unor seturi noi de date obținute din orașul Copșa Mică, pentru a evalua starea de calitate a solului și conținutul de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor.
3. Stabilirea unei relații între conținutul de metale grele din solul și din praful de la interiorul și de la exteriorul locuințelor, pentru a înțelege ponderea în care conținutul de metale grele din sol ar putea să fie determinant pentru conținutul de metale grele din praf.
4. Evaluarea expunerii populației la metalele grele din sol.
5. Identificarea unor măsuri viitoare pentru stoparea sau diminuarea expunerii la metalele grele din sol și praf cu scopul îmbunătățirii stării de sănătate a populației din orașul Copșa Mică.

1.3. Etapele cercetării

Cercetarea s-a desfășurat în patru etape:

În **prima etapă a cercetării** s-a analizat literatura de specialitate și studiile disponibile în domeniul poluării solurilor cu metale grele în zonele afectate de poluare din cauza metalurgiei neferoase. S-au consultat studiile realizate în Copșa Mică, rapoartele anuale privind starea mediului publicate de Agenția pentru Protecția Mediului Sibiu și proiectele implementate de autorități în zonă.

În **cea de-a doua etapă a cercetării, anul 2014**, s-au realizat activități de teren pentru prelevarea probelor de sol și de praf din gospodăriile populației și activități de laborator pentru analiza probelor prelevate. S-au obținut 60 de probe de sol și 80 de probe de praf din gospodării.

În **cea de-a treia etapă a cercetării, anul 2018**, s-au realizat activități de teren pentru prelevarea probelor de sol din zonele publice și activități de laborator pentru analiza probelor. S-

au obținut 27 de probe de sol din zonele publice (școli, grădinițe, locuri, de joacă, terenuri de sport, piața-supermarket etc.).

În cea de-a patra etapă a cercetării, anii 2018-2019, s-au prelucrat rezultatele obținute în laborator și s-a elaborat prezenta teză.

1.4. Metodologia cercetării

În tabelul nr. 1 este o prezentare generală a metodologiei utilizată în cercetare, cu trimiteri la capitolele corespunzătoare din teză unde s-a detaliat și motivat metoda aplicată.

Tabel 1 – Metodologia cercetării

Capitolul tezei	Obiectivul tezei	Metodologia cercetării	Detalierea metodei și motivația / capitol
Cap. 5.	O2: Analiza și prelucrarea unor seturi noi de date obținute din orașul Copșa Mică, pentru a evalua starea de calitate a solului și conținutul de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor.	Metoda de analiză a probelor de sol – spectometrie de fluorescență de raze X (XRF), US EPA Method 6200. Metoda calculului indicilor de poluare – PLI, PI. Metoda de analiză statistică și geostatistică: statistica descriptivă a datelor, histogramme, corelația, interpolare Kriging pentru hărțile de distribuție (soft ArcGIS).	Cap. 5.2.
Cap. 6.		Metoda de prelevare a probelor de praf, conformă cu <i>OSHA Technical Manual (OTM), Section II, Chapter 2, Appendix C Procedure for Collecting Wipe Samples</i> . Metoda de analiză a probelor de praf – spectometrie de fluorescență de raze X (XRF). Metoda de analiză statistică și geostatistică: statistica descriptivă a datelor, histogramme, corelația, interpolare Kriging pentru hărțile de distribuție (soft ArcGIS).	Cap. 6.2.
Cap. 7.	O3: Stabilirea unei relații între conținutul de metale grele din solul și din praful de la interiorul și de la exteriorul locuințelor, pentru a înțelege ponderea în care conținutul de metale grele din sol ar putea să fie determinant pentru conținutul de metale grele din praf.	Metoda de analiză statistică: corelația și regresia liniară simplă.	Cap. 7.2.

Capitolul tezei	Obiectivul tezei	Metodologia cercetării	Detalierea metodei și motivația / capitol
Cap. 8.	O4: Evaluarea expunerii populației la metalele grele din sol.	Metoda de calcul a expunerii populației la metale grele: program aparținând ATSDR. Metoda geostatistică: interpolarea Kriging pentru hărțile de distribuție a dozelor de expunere în intravilanul Copșa Mică.	Cap. 8.2.

CAP. 2. SINTEZA LITERATURII DE SPECIALITATE. METALURGIA NEFEROASĂ. PRESIUNI ASUPRA MEDIULUI ȘI EFECTE ASUPRA STĂRII DE SĂNĂTATE A POPULAȚIEI

În urma sintezei literaturii de specialitate a rezultat că principalul aspect de mediu asociat cu metalurgia neferoasă este poluarea cu metale grele (Nriagu, 1996; Ettler, 2015; Cusano et al., 2017), concentrații importante fiind monitorizate în sol, unde acestea se acumulează și au remanență îndelungată (Wuana et al., 2011).

Poluarea solurilor cu metale grele din metalurgia neferoasă se produce direct prin depozitarea materiilor prime și a deșeurilor, dar și indirect prin depuneri atmosferice. În cazul în care poluarea s-a produs prin depuneri atmosferice, gradul de poluare al solurilor scade cu distanța față de sursă, dar a fost identificată și la distanțe mari, transportul poluanților fiind influențat de direcția predominantă de deplasare a maselor de aer (Ettler, 2016). Un exemplu este poluarea solului semnalată în zona localității Micăsasa din județul Sibiu, localitate amplasată la cca. 9 km distanță față de orașul Copșa Mică, în aval pe valea Tarnavei Mari, deplasarea locală a maselor de aer făcându-se cu frecvență ridicată pe direcția de curgere a râului. Poluarea solului a fost constatată până în zona municipiului Mediaș, situat în amonte pe valea Târnavei Mari.

Studiile efectuate la nivel regional și local, în zone afectate de metalurgia neferoasă, au concluzionat că poluarea cu metale grele este mai accentuată în orizonturile de la suprafața solului, aici fiind înregistrate cele mai ridicate concentrații de Pb, As, Cd, Cu și Zn (Derome&Lindroos, 1998; Steckerman et al., 2000; Kabala&Singh, 2001; Burt et al., 2003; Ettler et al., 2004; Martley et al., 2004; Neaman et al., 2009; Kribek et al., 2010; Li et al., 2011, Chrastny et al., 2012; Vanek et al., 2013; Podolsky et al., 2015, citați de Ettler, 2016). În cazul terenurilor agricole, concentrații mai scăzute de metale grele au fost explicate de intervențiile asupra solului, prin lucrări agricole, care au ca efect *diluarea* concentrațiilor de poluanți din orizontul de la suprafață (Rieuwerts&Farago, 1996; Ettler et al., 2005; Douay et al., 2009; Chrastný et al., 2012; Vanek et al., 2013, citați de Ettler, 2016).

Transferul metalelor grele din sol se face prin *migrația* pe adâncime, prin transport pe fluxul apelor de suprafață, prin bioacumulare în organismele vii, dar și prin suspendarea particulelor de la suprafața solului, prin praf. O serie de studii (Young et al., 2002; Harris&Davidson, 2009; Hillel, 2008; Sullivan&Ajwa, 2011) au arătat că transferul metalelor grele (Pb) pe calea aerului se poate face prin particulele suspendate de la suprafața solului, în condiții de uscăciune a terenurilor și agitație mecanică, terenurile denudate pot deveni astfel surse de emisie importante.

În zonele cu metalurgie neferoasă, populația este expusă la metale grele în principal prin ingerarea particulelor de sol, sau prin consumul alimentelor obținute local, prin ingerarea și inhalarea prafului de pe suprafețe sau din aer (Gurzău et al. 2008, 2010).

Cele mai susceptibile grupuri populaționale la expunerea la metale grele sunt copiii, femeile însărcinate și adulții de peste 50 de ani (Gurzău et al. 2008, 2010). Copiii sunt expuși la cantități mai mari de metale grele decât adulții din cauza obiceiului *mână-gură*, prin ducerea mâinii și a jucăriilor la gură, prin joaca la suprafața solului, comportamente care favorizează ingerarea particulelor cu conținut de metale grele. În cazul lor, absorbția metalelor grele în organism este mai ridicată decât în cazul adulților din cauza dozelor zilnice mai ridicate ingerate și a greutateii corporale mai scăzute.

Efectele metalelor grele asupra stării de sănătate a populației au fost documentate printr-o serie de cercetări (Wani et al., 2015; CDC, 2014), constatându-se că expunerea cronică duce în timp la acumularea metalelor grele în organism și la afecțiuni grave, chiar letale. Metalele grele precum Pb, Cd și As au efecte extrem de grave asupra stării de sănătate a populației la expunerea cronică, chiar la concentrații reduse, de exemplu saturnismul care apare la expunerea la Pb, sau Itai-Itai la expunerea la Cd. Arsenul poate avea efecte letale la expunere acută, cum este forma As anorganic, recunoscut ca otravă încă din istorie. Cu și Zn sunt considerate elemente esențiale pentru sănătate, însă la concentrații ridicate pot produce efecte toxice.

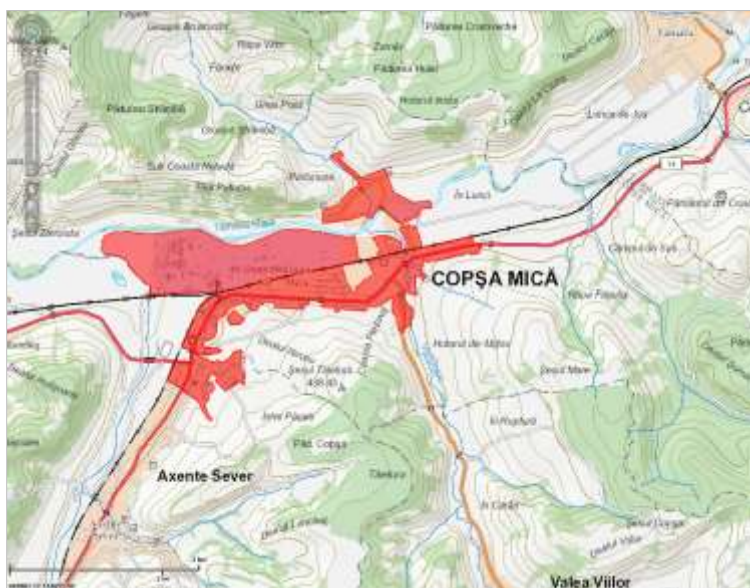
Din cauza remanenței îndelungate, expunerea populației la metalele grele din sol și din praf este o problemă actuală în orașul Copșa Mică generând riscuri asupra sănătății, chiar dacă activitățile industriale au fost reduse sau au încetat în zonele poluate istoric.

CAP. 3. CADRUL GENERAL AL CERCETĂRII. ORAȘUL COPȘA MICĂ

În capitolul 3 s-a descris cadrul general al orașului Copșa Mică și aspectele locale care favorizează sau defavorizează transportul poluanților atmosferici pe distanțe mari. S-a documentat dezvoltarea industrială și istoricul de poluare în zonă și s-a realizat o sinteză a cercetărilor care au investigat starea de calitate a solului, conținutul de metale grele în praf și efectele asupra stării de sănătate a populației din orașul Copșa Mică.

Din punct de vedere fizico-geografic, orașul Copșa Mică este situat în unitatea geomorfologică Podișul Transilvaniei, în partea central-sudică, subunitatea Podișul Târnavelor, o regiune depresionară drenată de cursul mijlociu al Târnavei Mari. Orașul are o poziție centrală pe culoarul râului Târnavă Mare, într-o zonă dezvoltată pe lățime cu terase de luncă bine individualizate.

Figură 1 – Amplasarea în zonă a orașului Copșa Mică (Sursa: *ancpi.geoportal.ro*)



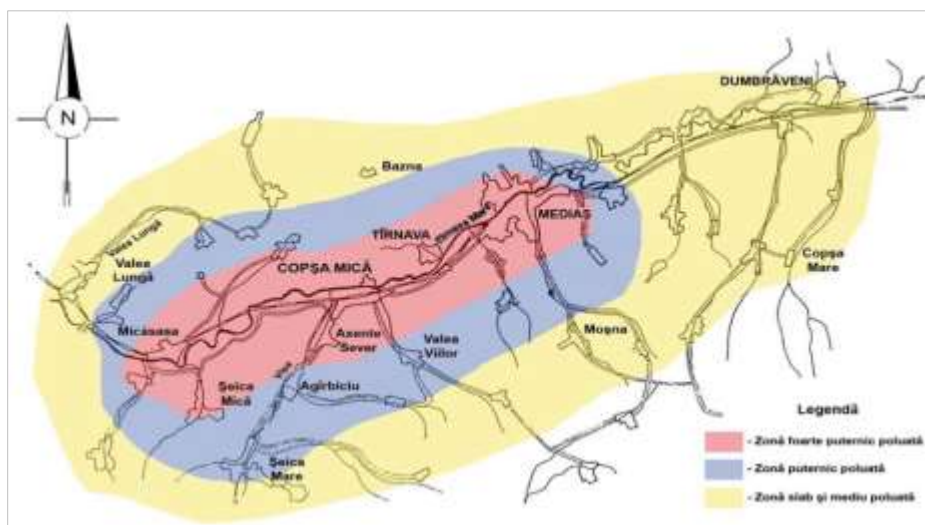
Orașul s-a dezvoltat predominant pe partea stângă a Târnavei Mari. Pe partea dreaptă este doar cartierul Târnavioara, care în trecut a fost un sat izolat. Platforma industrială unde a funcționat unitatea chimică și cea metalurgică – CARBOSIM și SOMETRA, iar în prezent și ROMBAT, este situată pe malul stâng al Târnavei, între confluența cu pârâul Valea Viilor (la E, în amonte) și confluența cu râul Visa (la V, în aval). Zona rezidențială a orașului este dezvoltată majoritar pe partea stângă a râului, la S de calea ferată și de drumul național (DN14).

Relieful zonei este specific de culoar, cu orientare E – V pe valea Târnavei Mari, poziție care favorizează atât stagnarea, cât și transportul poluanților în sens longitudinal. Transportul poluanților este influențat de sensul de curgere al râului și de datele climatice sezoniere.

Solurile din zonă aparțin clasei protisoluri (aluvisol, entiantrosol, regosol), pH-ul solurilor este situat în intervalul 7-8 UpH (Szanto et al., 2012).

Conform documentelor publicate de Agenția pentru Protecția Mediului Sibiu (APM, 2010), a rezultat că de-a lungul văii Târnava Mare, suprafața de teren poluată a însumat 180.750 ha, din care 31.285 ha din fond forestier și 149.465 ha terenuri agricole. Din total suprafață poluată, a fost estimată o suprafață foarte puternic poluată, la 21.875 ha. În figura nr. 2 sunt evidențiate prin culori distincte zonele cu grade diferite de poluare, așa cum au fost prezentate de APM Sibiu.

Figură 2 – Harta zonei Copșa Mică-Mediaș aflată sub incidența poluării (Sursa: APM Sibiu, 2010, Program integrat de gestionare a calității aerului în zona Copșa Mică-Mediaș, jud. Sibiu)



Se observă că până în zona localității Micăsasa, în aval față de sursă, dar și în amonte la Mediaș, la cca. 9-10 km distanță, terenurile au fost clasificate ca fiind foarte puternic poluate, transportul poluanților făcându-se longitudinal pe culoarul Târnavei Mari.

Cu privire la utilizarea terenurilor, în urma cercetării din teren, s-a observat că majoritatea populației care locuiește la case utilizează grădinile pentru pomi fructiferi, viță de vie și alte plante de cultură pe care le folosesc în gospodării pentru consum propriu sau al animalelor.

Cu privire la apa subterană în zona de luncă, din intravilanul orașului Copșa Mică, aceasta se întâlnește la -3,0 – -4,5 m față de c.t.n. În urma monitorizării forajelor din corpul de apă subterană ROMU05 – Lunca și terasele râului Târnava Mare, în zonă a fost depășită valoarea prag pentru Cd stabilită prin H.G. nr. 53/2009 pentru aprobarea Planului național de protecție a apelor subterane împotriva poluării și deteriorării și prin Ordinul nr. 137/2009 privind aprobarea valorilor de prag pentru corpurile de ape subterane din România (valoare limită pentru Cd – 0,005 mg/l).

În urma activităților din teren s-a remarcat că majoritatea populației care locuiește la case folosește apa subterană (din fântâni) pentru udarea grădinilor și pentru gătit, așa cum a rezultat din discuțiile cu subiecții cuprinși în cercetare.

În orașul Copșa Mică s-a implementat (parțial) proiectul de alimentare cu apă și canalizare, investiție nefinalizată, astfel că orașul dispune, la acest moment, parțial, de un sistem centralizat de alimentare cu apă potabilă la blocuri și case, sau cișmele și fântâni proprii în zona de case, aceasta fiind o altă problemă de sănătate publică.

Precipitațiile lichide medii anuale sunt de cca. 570 l/mp. Nivelul total anual al precipitațiilor este relativ redus, ceea ce reprezintă un factor favorizant pentru prezența poluanților în aerul atmosferic (APM Sibiu, 2010), dar și pentru suspensia particulelor fine de la suprafața solului.

Privind starea de calitate a aerului în zona Copșa Mică, monitorizarea efectuată de APM Sibiu a arătat ameliorarea calității aerului începând cu anul 2009, care s-a datorat încetării temporare a activității SOMETRA, iar la repornire datorită reducerii activității și a faptului că s-au implementat o serie de măsuri: montarea de filtre cu saci și scrubere pentru purificarea gazelor, carcasarea și etanșarea utilajelor principale pentru eliminarea emisiilor fugitive și automonitorizarea emisiilor.

În urma analizei a rezultat că prin construirea și amplasarea neadecvată a unităților industriale într-o zonă în care condițiile locale fizico-geografice și climatice au favorizat acumularea, dar și transportul pe distanțe mari al poluanților atmosferici, s-a ajuns la situația în care o suprafață extinsă de teren să fie afectată de poluarea cu metale grele. Poluanții care se găsesc în concentrații care depășesc pragurile de alertă și uneori pragurile de intervenție pentru folosința sensibilă a terenurilor, sunt Pb, Cd, Cu, Zn, la care se adaugă și As (Damian F. et al., 2008).

Studiile efectuate anterior în zonă (Lăcătușu, 2014; Szanto et al., 2012) au evidențiat un nivel ridicat de poluare al solului și ca urmare efectele asupra stării de sănătate a populației sunt prezente, mai ales în cazul grupurilor susceptibile expuse (copiii). Se cunoaște că în zonele poluate istoric se înregistrează date statistice de sănătate care exced mediile naționale pentru afecțiunile specifice cauzate de prezența metalelor grele în mediu, în Copșa Mică aceasta fiind o problemă actuală.

CAP. 4. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN SOL

4.1. Introducere

Studiul calității solului s-a efectuat în două campanii de cercetare, în anul 2014 și 2018, când s-au prelevat și analizat probe din intravilanul orașului Copșa Mică, din orizontul superficial de sol, de la adâncimea de 0-5 cm. La stabilirea adâncimii de prelevare a probelor de sol s-a ținut cont că majoritatea cercetărilor din zonă au evidențiat că cele mai ridicate concentrații ale metalelor grele sunt înregistrate în orizontul de la suprafața solului (Damian F. et al., 2008). Zona de cercetare s-a stabilit în intravilanul orașului Copșa Mică, pe terenurile cu folosință sensibilă, pentru că acestea sunt utilizate în mod curent de populație aici fiind expusă pentru cea mai îndelungată perioadă de timp.

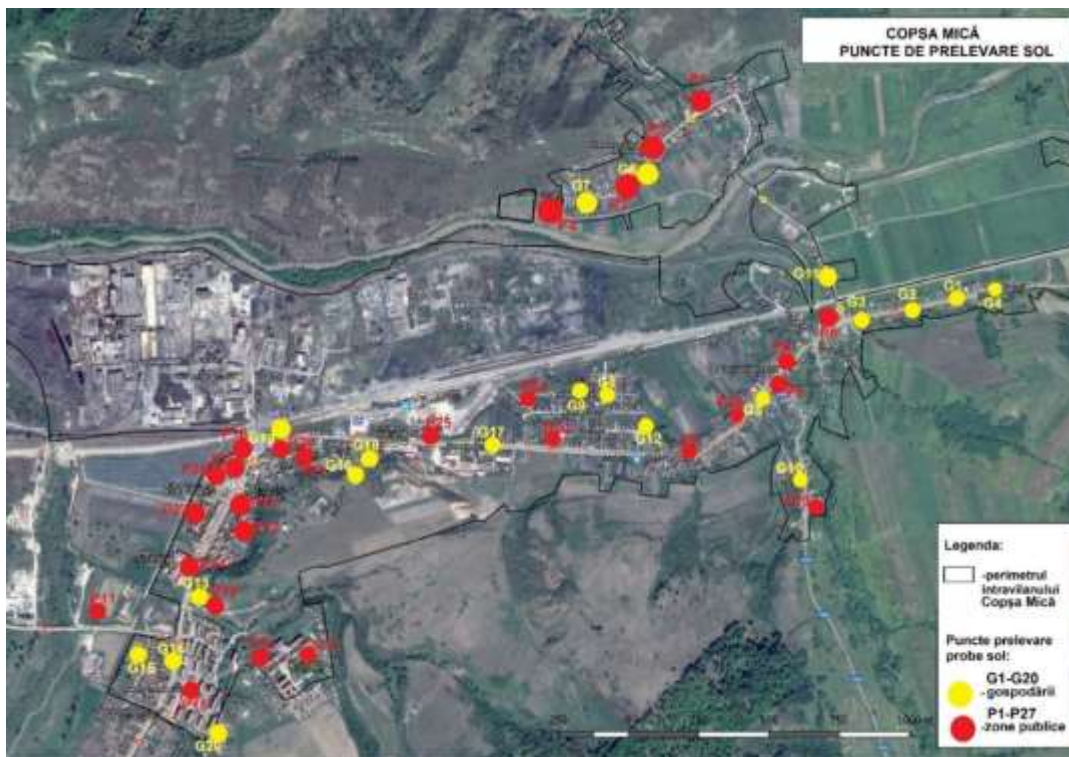
4.2. Materiale și metode

În anul 2014 au fost investigate 20 de gospodării individuale din orașul Copșa Mică. Probele au fost prelevate de pe zona de acces în gospodării (la frontal stradal), din curți și din grădini, rezultând un număr de 60 de probe de sol analizate.

În anul 2018, s-au prelevat 27 de probe de sol din zonele publice, cele mai tranzitate de populație, în special zonele folosite frecvent de copii: școli, grădinițe, locuri de joacă, terenuri de sport, instituții ale administrației publice și de cult, piața, supermarket.

Punctele investigate s-au stabilit astfel încât să fie uniform distribuite, pe toate direcțiile, în teritoriul intravilan al orașului Copșa Mică. S-au notat cu G₁₋₂₀ (gospodării), punctele investigate în anul 2014 și cu P₁₋₂₇ (zone publice), punctele investigate în anul 2018. Punctele investigate sunt localizate conform cu figura nr. 3.

Figură 3 – Puncte de prelevare a probelor de sol, Copșa Mică, anii 2014 și 2018



Metoda de analiză a metalelor grele din sol este prin spectrometrie de fluorescență de raze X (SRF).

Echipamentul de analiză utilizat: *Niton™ XL3t XRF Analyzer* (Thermo Scientific™).

Metoda de pentru analiza de laborator utilizată: metoda de referință US EPA Method 6200.

Analiza statistică

Rezultatele analizelor au fost centralizate într-un document .xlsx și s-au interpretat prin analize statistice sumare precum măsurarea tendinței centrale (media, mediana, frecvența de apariție a anumitor valori/histograma) și prin măsurarea variabilității (intervalul de dispersie al datelor – valoare minimă și maximă, deviația standard). S-a utilizat din programul Surfer 13, instrumentul de analiză statistică a datelor.

Analiza geostatistică

Distribuția spațială a concentrațiilor de metale grele în sol s-a efectuat prin metoda de interpolare Kriging, în soft-ul ArcGIS, metodă prin care se determină și se atribuie valori punctelor lipsă (neinvestigate) pe baza valorilor măsurate în vecinătatea acestora. Interpolarea Kriging este o metodă utilizată în cercetările privind poluarea solului.

Observând similitudini în distribuția spațială a concentrațiilor metalelor grele din sol în intravilan, s-a utilizat testarea statistică prin metoda corelației. Pentru calculul coeficientului de corelație între metalele grele din sol, s-a utilizat instrumentul DataAnalysis din programul Excel și s-a obținut matricea coeficienților de corelație.

Coeficientul de corelație r (Pearson) ia valori cuprinse între -1 și $+1$, trecând și prin valoarea 0 , care indică o corelație nulă. Pentru interpretarea pozitivă a coeficientului de corelație (r) se folosește: $0 < r \leq 0,1$ – corelație neglijabilă; $0,1 < r \leq 0,39$ – corelație slabă; $0,4 < r \leq 0,69$ – corelație moderată; $0,7 < r \leq 0,89$ – corelație puternică; $0,9 < r \leq 1$ – corelație foarte puternică (Schober P. et al., 2018).

Metoda de evaluare a gradului de poluare al solului

Evaluarea gradului de poluare al solului s-a efectuat prin calculul **indiceului general de poluare (PLI)**. Acest indice arată nivelul de contaminare cu metale grele al solului și s-a obținut pe baza indicelui individual de poluare (PI). Acești indici individuali sunt calculați separat pentru fiecare metal analizat (Kovalska et. al, 2018). PLI se calculează ca o medie geometrică a PI conform formulei:

$$PLI = \sqrt[n]{(PI_1 \times PI_2 \times PI_3 \times \dots \times PI_n)} \quad (19)$$

unde:

- n – numărul de metale analizate;
- PI – indice individual de poluare calculat pentru fiecare metal analizat.

Valoarea PLI variază de la 0 (nepoluat) la 10 sau mai mare (nivel grav de poluare) după cum se detaliază: $PLI=0$ – nivel de fond; $0 < PLI \leq 1$ – nepoluat; $1 < PLI \leq 2$ – nivel scăzut spre moderat de poluare; $2 < PLI \leq 3$ – nivel moderat de poluare; $3 < PLI \leq 4$ – nivel moderat spre ridicat de poluare; $4 < PLI \leq 5$ – nivel ridicat de poluare; $PLI > 5$ – nivel foarte ridicat de poluare (Zang et al. 2011, Kowalska et al., 2018).

Indicele individual de poluare (PI) se utilizează pentru a determina metalul care reprezintă cea mai mare amenințare pentru sol, este un indice care se calculează pentru fiecare metal separat (Kowalska et al., 2018) cu formula:

$$PI = C_n / GB \quad (19)$$

Unde:

- C_n – conținutul de metale grele în sol (concentrația);
- GB – nivelul de fond geochimic.

Nivelurile PI și semnificația: $PI \leq 1$ – nepoluat; $1 < PI \leq 2$ – nivel scăzut de poluare; $2 < PI \leq 3$ – nivel moderat de poluare; $PI > 3$ – nivel foarte ridicat de poluare (Jorfi et al., 2017).

În calculul indicelui individual de poluare (PI) s-a ținut cont de nivelul de fond geochemic din România (Utermann et al., 2006).

4.3. Rezultate și discuții

Rezultatele analizelor efectuate au fost centralizate într-un document .xlsx și s-au interpretat prin metode statistice sumare.

Tabel 2 – Valori ale concentrațiilor minime, medii și maxime, pentru plumb (Pb) și arsen (As) în sol, în zone cu funcțiuni diferite (mg/kgSU)

Zona de prelevare	Pb			As		
	min	med	max	min	med	max
Zona acces (stradă)	157,73	1550,22	8141,12	16,85	63,06	302,51
Curte	214,98	1465,79	4496,61	12,97	62,84	152,29
Grădină	270,54	907,55	2595,45	20,43	36,93	69,39
Zone publice	36,27	2920,11	18514,66	18,62	199,02	803,57

Tabel 3 – Valori ale concentrațiilor minime, medii și maxime, pentru cadmiu (Cd), cupru (Cu) și zinc (Zn) în sol, în zone cu funcțiuni diferite (mg/kgSU)

Zona de prelevare	Cd			Cu			Zn		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Zona acces (stradă)	9,54	46,26	236,90	57,68	232,91	1123,46	543,75	2843,85	17661,06
Curte	11,33	32,81	84,84	56,19	224,59	1373,17	531,21	2566,05	8221,26
Grădină	8,84	21,82	53,28	61,76	131,37	233,87	610,00	1640,81	3599,07
Zone publice	11,49	48,76	151,85	13,14	250,43	1272,93	34,76	2810,99	11346,43

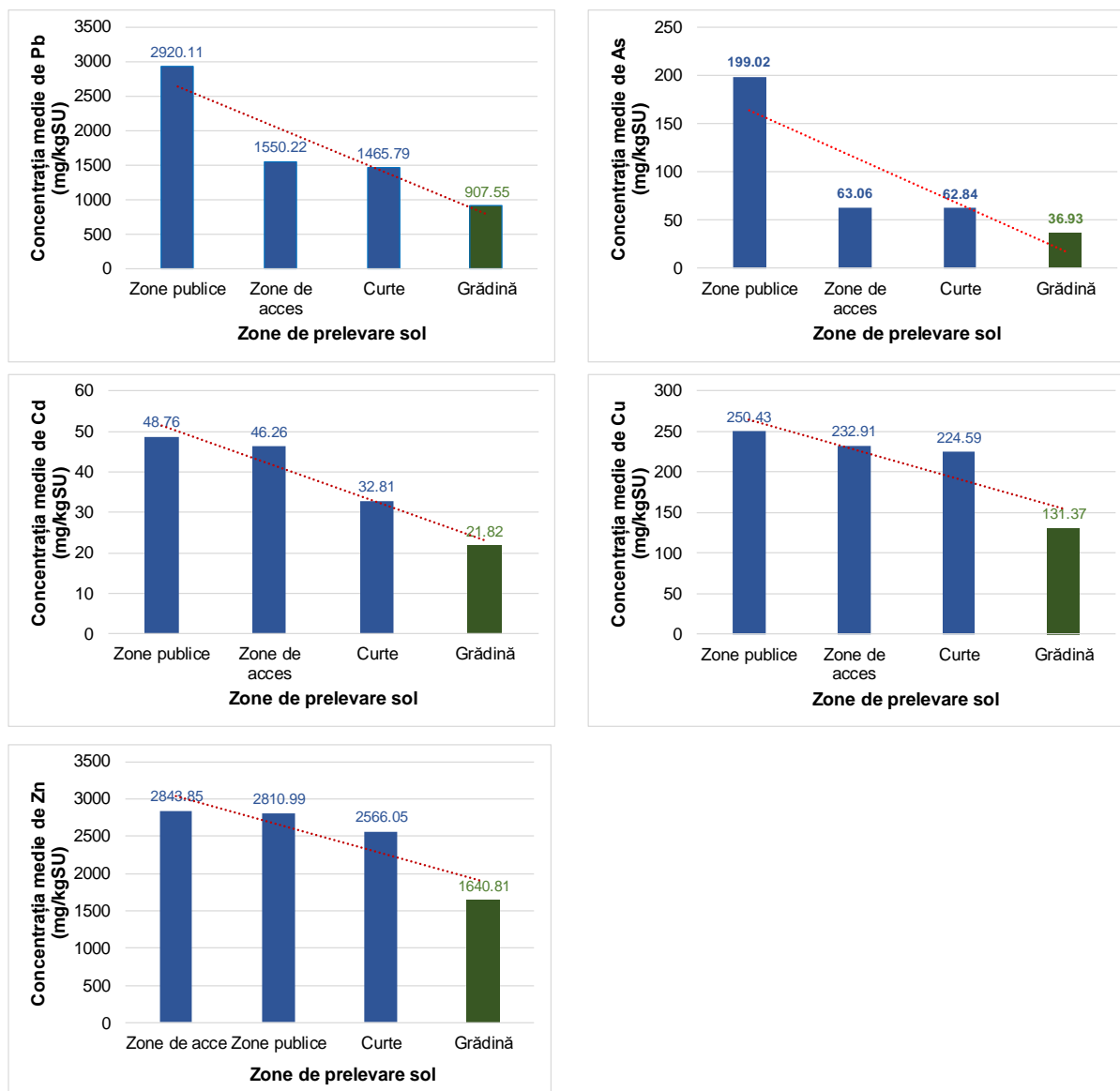
Rezultatele analizelor arată că în anul 2014 s-au înregistrat concentrații medii în ordine descrescătoare $Zn > Pb > Cu > As > Cd$, cu următoarele valori (mg/kgSU): Zn – 2350,23; Pb – 1307,85; Cu – 196,29; As – 54,94; Cd – 32,88.

Pentru anul 2018, metalele grele au înregistrat concentrații medii în ordine descrescătoare $Pb > Zn > Cu > As > Cd$, cu următoarele valori (mg/kgSU): Pb – 2920,11; Zn – 2810,99; Cu – 250,43; As – 199,02; Cd – 48,76.

Spre deosebire de anul 2014, s-au observat concentrații medii mai ridicate pentru toate metalele analizate, pe zonele publice. Un motiv este că în anul 2014, mai mult de 20% din probele de sol au fost prelevate din zone puternic disturbate, din grădini, unde asupra solului au loc permanent intervenții prin lucrările agricole, fertilizare cu gunoi de grajd și udarea grădinilor etc. Se cunoaște că intervenția asupra solului prin lucrări mecanice poate duce la *diluarea*

concentrațiilor de poluanți în orizontul de la suprafața solului. De asemenea, irigarea poate favoriza transportul pe verticală. Acest fapt este evidențiat și în tabelele nr. 2 și 3 și în figura 4, unde se observă fără excepție că mediile concentrațiilor pentru metalele grele în probele prelevate din grădini sunt semnificativ mai scăzute comparativ cu celelalte zone de prelevare.

Figură 4 – Valori ale concentrațiilor medii pentru metalele grele analizate din zone cu funcțiuni diferite



Conform reprezentărilor grafice, cele mai ridicate concentrații medii pentru metalele analizate s-au înregistrat în ordine descrescătoare în: zona publică > în zona de acces (stradă) > în curte > în grădină. Excepție face Zn, unde concentrația medie înregistrată pe zonele de acces este ușor mai ridicată decât media înregistrată în zonele publice, însă diferența nu este semnificativă (1,16%).

Cele mai ridicate concentrații medii pentru metalele grele sunt înregistrate în afara gospodăriilor. Teoretic în interiorul acestora se intervine mai frecvent cu lucrări care au ca rezultat disturbarea orizontului superficial de sol și *diluarea* concentrațiilor de poluanți. În grădini, intervențiile sunt cele mai frecvente și regulate, din cauza lucrărilor agricole anuale. În zonele publice, intervențiile sunt mai reduse, comparativ cu zonele de acces în gospodărie; aici se intervine uzual pentru amenajarea și întreținerea accesului și excepțional, cu săpături pentru lucrările de infrastructură (construcție rețea de apă între anii 2013-2014).

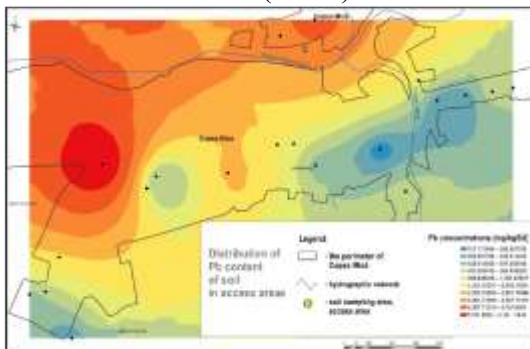
Distribuția spațială a concentrațiilor metalelor grele în sol, în orașul Copșa Mică

Distribuția spațială a concentrațiilor de metale grele înregistrate în anul 2014 și în anul 2018, în intravilanul Copșa Mică, evidențiază zonele cele mai afectate de poluare în raport cu sursa de emisie care este platforma industrială SOMETRA, coșul de dispersie al gazelor reziduale de la unitatea metalurgică.

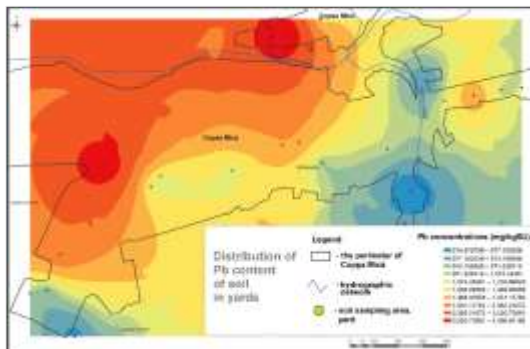
Pentru că s-a observat o regulă privind concentrațiile medii ale metalelor grele în funcție de folosința terenului, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în anul 2018 în zonele publice, cele mai scăzute valori fiind în anul 2014, în grădini (excepție Zn, diferență nesemnificativă), s-a considerat elocventă generarea hărților de distribuție separat pentru cele patru zone de eșantionare: zonă de acces în gospodărie (stradă), curte, grădină și zone publice.

Figură 5 – Distribuția Pb în sol, pe zone de folosință, în orașul Copșa Mică

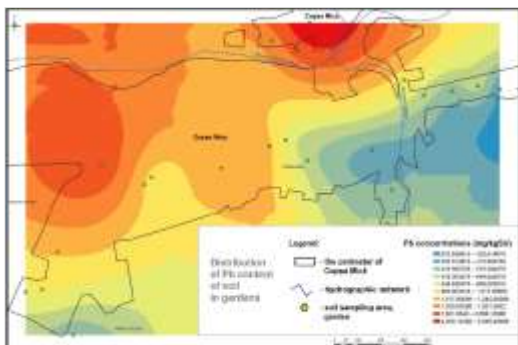
Harta de distribuție pentru Pb în zonele de acces (stradă)



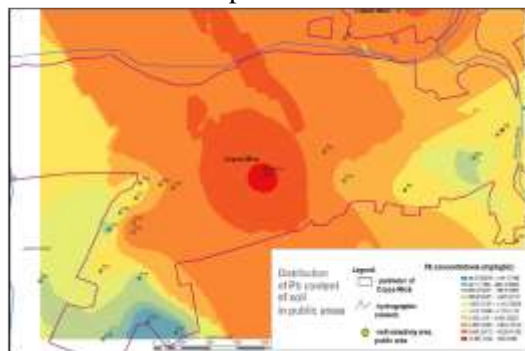
Harta de distribuție pentru Pb în curți



Harta de distribuție pentru Pb în grădini



Harta de distribuție pentru Pb în zonele publice



Hărțile de distribuție pentru Pb arată o similitudine în privința vârfurilor concentrațiilor, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în vecinătatea platformei industriale – la S de aceasta; în cartierul Târnăvioara – la NE și în cartierul din partea de E-SE a platformei industriale, indicând că acestea sunt zonele cele mai afectate de poluare. O distribuție deosebită apare pe zonele publice, unde intervențiile nu au aceeași regularitate ca în perimetrul gospodăriilor.

Chiar dacă asupra solului din grădini se intervine prin lucrări frecvente, se observă că se mențin cele mai ridicate concentrații în aceleași zone ale orașului. Se explică prin faptul că intervenind cu lucrări la suprafața solului, concentrațiile existente de poluanți, prin *diluarea* datorată lucrărilor agricole, nu ajung să coboare la valori normale. Așa cum s-a arătat anterior, concentrațiile medii înregistrate în grădini sunt cele mai mici față de mediile înregistrate în celelalte zone de eșantionare, însă concentrațiile ridicate de poluanți se mențin și aici.

Problematic este că în cartierele de case aflate la E-SE față de platforma industrială și în Târnăvioara, încă se mențin tradițiile rurale, populația cultivă în grădini plante pentru consum propriu, grădini care sunt udate cu apa din fântâni.

Zonele cele mai puțin afectate de poluarea cu Pb sunt situate în partea de E și SE a orașului, spre localitățile Mediaș și Valea Viilor.

După realizarea hărților de distribuție pentru celelalte metale, s-a observat că distribuția spațială a celor mai ridicate concentrații pentru As, Cd, Cu și Zn, respectă distribuția pentru Pb.

Pentru anul 2014, toate metalele analizate au înregistrat cele mai ridicate valori ale concentrațiilor în vecinătatea platformei industriale, la S de aceasta, apoi în cartierul Târnăvioara și în cartierul situat la E-SE față de platforma industrială. La ieșirea spre Mediaș și spre localitatea Valea Viilor, zonele din partea de E și SE a orașului sunt cele mai puțin afectate de poluare.

Din hărțile de distribuție spațială a concentrațiilor de metale grele în sol se observă că este posibilă o corelație între acestea în intravilanul orașului Copșa Mică.

Testul de corelație pentru concentrațiile metalelor grele în sol

Prin utilizarea instrumentului DataAnalysis din programul Excel s-a obținut matricea coeficienților de corelație.

Tabel 4 – Matricea coeficienților de corelație pentru metalele grele în sol, orașul Copșa Mică, anul 2014 și anul 2018

	Pb	As	Cd	Cu	Zn
Pb	1				
As	0.873956	1			
Cd	0.708955	0.741514	1		
Cu	0.687042	0.791314	0.754622	1	
Zn	0.688901	0.718573	0.951336	0.877277	1

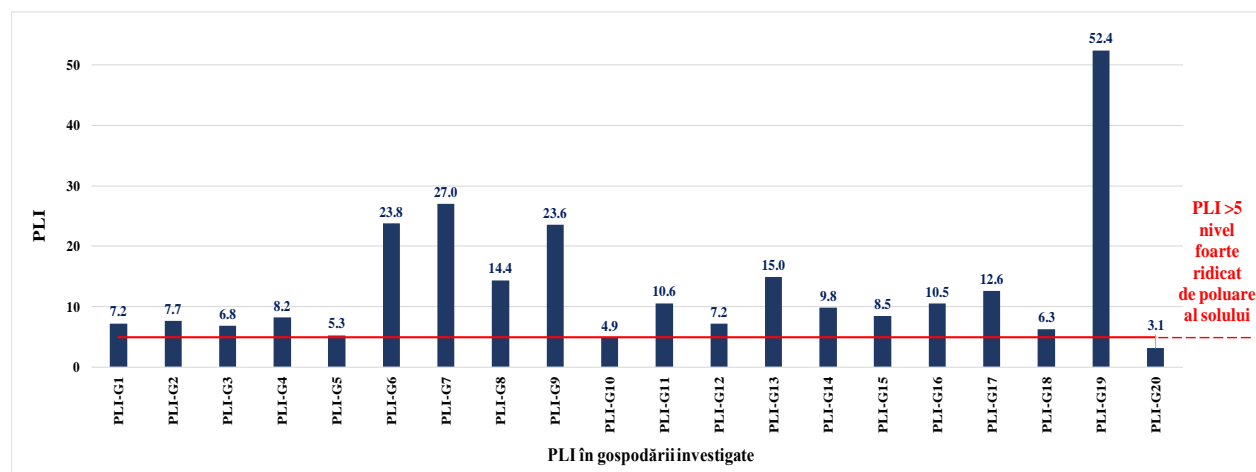
Există o corelație foarte puternică între concentrațiile Zn-Cd, o corelație puternică între Pb-As, Pb-Cd, As-Cd, As-Cu, As-Zn, Cu-Cd, Cu-Zn și o corelație moderată între Pb-Cu și Pb-Zn. Cele mai mici valori ale coeficienților de corelație sunt obținute pentru Pb și Cu în raport cu celelalte metale.

Corelația între cele cinci metale nu este întâmplătoare, acestea fiind influențate de același fenomen de poluare al solului, care e prezent de zeci de ani în orașul Copșa Mică.

Calculul indicilor de poluare (PLI, PI)

În graficele nr. 6-9 se prezintă rezultatele calculului pentru PLI, pentru probele de sol prelevate în anii 2014 și 2018.

Figură 6 – Niveluri ale PLI pentru sol, Copșa Mică, anul 2014



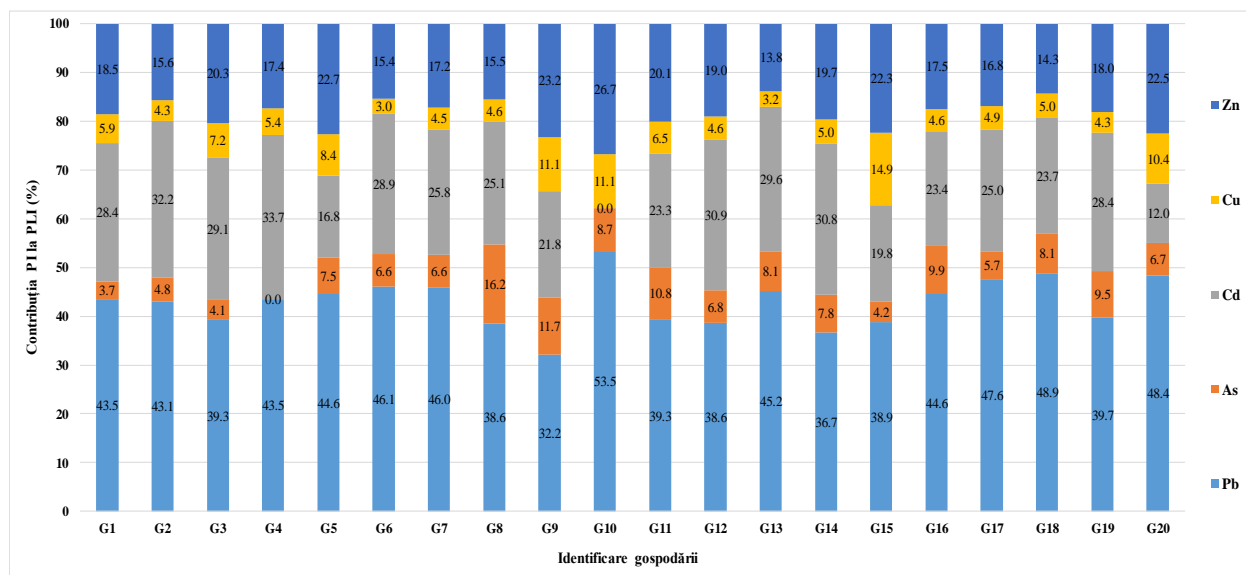
Valorile PLI indică un nivel moderat spre ridicat de poluare a solului într-una din gospodăriile investigate (G20 – PLI = 3,1), un nivel ridicat de poluare tot într-una din gospodării (G10 – PLI = 4,9) și un nivel foarte ridicat de poluare în restul de 18 gospodării investigate.

Cele mai scăzute niveluri ale PLI sunt înregistrate în două gospodării situate – una în Sud-Vestul orașului Copșa Mică, spre Axente Sever (G20) și una în Sud-Estul orașului, spre Valea Viilor.

Cele mai ridicate valori ale PLI s-au înregistrat în gospodăriile investigate: G19 – PLI = 52,4 ; G7 – PLI = 27 ; G6 – PLI = 23,8 și G6 – PLI = 23,6. Aceste gospodării sunt situate: în Sudul platformei industriale, în cartierul Târnăvioara și în cartierul din Sud-Estul platformei industriale.

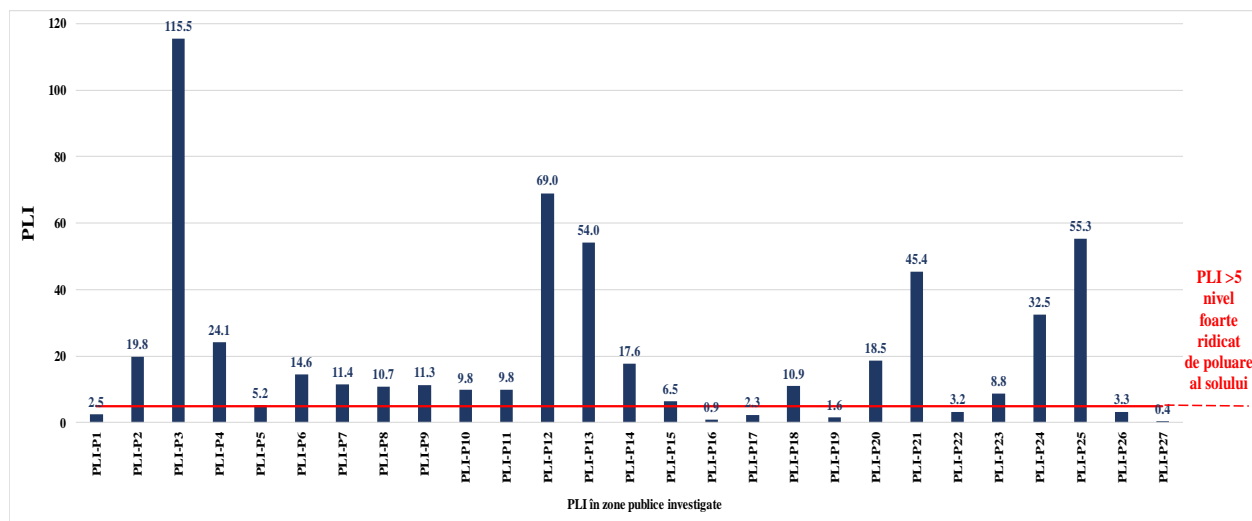
Pentru a evidenția aportul fiecărui metal la nivelul total al PLI în sol, s-au reprezentat grafic, indicii individuali de poluare (PI).

Figură 7 – Aportul procentual al PI pentru fiecare metal, la nivelul PLI, Copșa Mică, anul 2014



Se observă că cel mai ridicat aport la nivelul total al PLI prin indicii individuali de poluare (PI) i-au avut în ordine descrescătoare Pb > Cd > Zn > As > Cu, cu următoarele valori: Pb – 42,9% ; Cd – 24,5% ; Zn – 18,8% ; As – 7,4% ; Cu – 6,4%.

Figură 8 – Niveluri ale PLI pentru sol, Copșa Mică, anul 2018



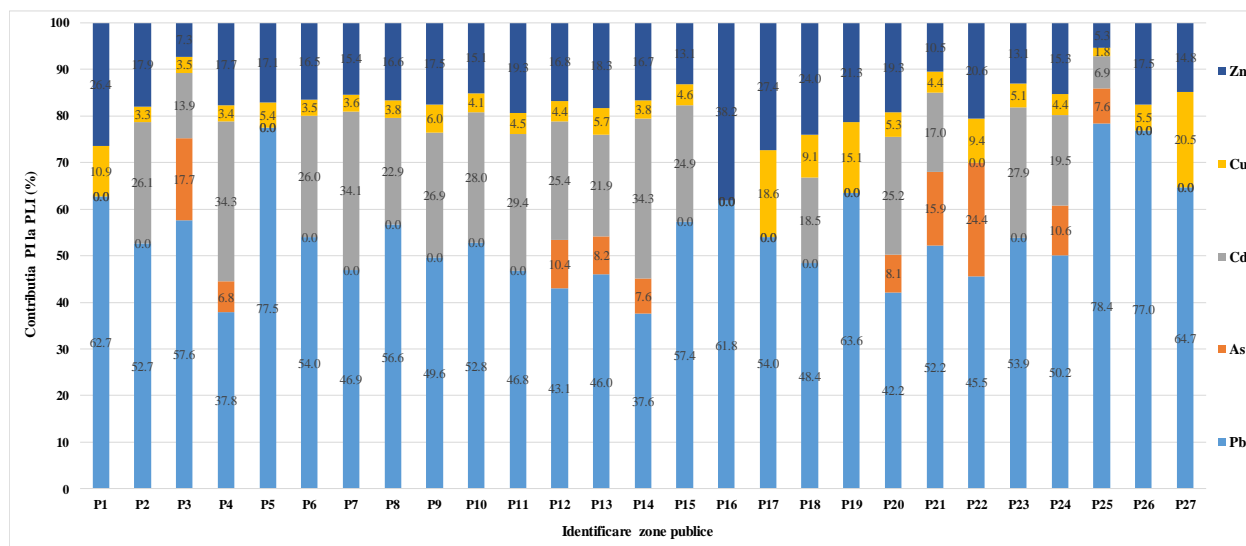
Pentru anul 2018, valorile calculate ale PLI pentru sol, indică un sol nepoluat în două puncte investigate: P27 – loc de joacă str. Castanilor (lângă parcare) și P16 – loc de joacă nr. 1, cartier 1 Decembrie, explicația fiind aceea că solul a fost disturbat în momentul amenajării recente a acestor zone, orizonturile de sol fiind rasturnate prin lucrările de săpătură.

Pentru un punct investigat (P19) a rezultat un nivel scăzut de poluare (PLI = 1,62), aici fiind zona cimitirului ortodox din Copșa Mică, pentru un număr de două puncte investigate a rezultat un nivel moderat de poluare (P1 – PLI = 2,48 și P17 – PLI = 2,34) – acestea fiind situate în Târnăvioara, loc de joacă și în Copșa Mică, loc de joacă nr. 2, explicația fiind că acestea au fost recent amenajate, solul fiind disturbat.

În punctele P22 (parc spre Valea Viilor) și P26 (parc cabinete medicale) s-a înregistrat un nivel moderat spre ridicat de poluare (P22 – PLI = 3,23 și P26 – PLI = 3,26). În restul punctelor investigate, 20 la număr, a rezultat un nivel foarte ridicat de poluare (PLI>5).

Cele mai ridicate valori ale PLI s-au înregistrat în punctele: P3 (biserica ortodoxă Târnăvioara) – PLI = 115,47 ; P12 (grădinița 1 Copșa Mică) – PLI = 69 ; P25 (sala sport Copșa) – 55,32; P13 (loc de joacă – grădinița 1) – PLI = 54,04 și P21 (loc de joacă Copșa Mică) – PLI = 45,43. Majoritatea acestor puncte se situează la distanță relativ mică față de platforma industrială.

Figure 9 – Aportul procentual al PI pentru fiecare metal, la nivelul PLI, Copșa Mică, anul 2018



Se observă că cel mai ridicat aport la nivelul general al PLI prin indicii individuali de poluare (PI) i-au avut în ordine descrescătoare Pb > Zn > Cd > As > Cu, cu următoarele valori: Pb – 54,5% ; Zn – 17,8% ; Cd – 17,1% ; Cu – 6,3% ; As – 4,3%.

Atât în anul 2014, cât și în 2018, cel mai mare aport la PLI pentru sol, îl au Pb, Zn și Cd.

Pentru a verifica dacă există o corelație între valoarea indicelui general de poluare (PLI) și distanța față de platforma industrială, în speță coșul de dispersie al fostei unități metalurgice, s-a efectuat testul de corelație cu instrumentul DataAnalysis din Excel.

Tabel 5 – Testul de corelație între PLI pentru sol și distanța față de sursa de emisie – coșul de dispersie

	Distanța	PLI
Distanța	1	
PLI	-0.16907	1

Se observă o corelație foarte slabă, invers negativă, între nivelul PLI și distanța față de coșul de dispersie al fostei unități metalurgice. În intravilan, PLI scade ne semnificativ cu distanța față de sursa de emisie.

5.4. Concluzii

Cele mai ridicate concentrații medii pentru metalele grele s-au înregistrat pentru Pb, Zn, Cu, iar apoi pentru As și Cd, acestea din urmă fiind cunoscute ca având potențial toxic chiar la concentrații scăzute în mediu.

Pentru metalele grele analizate, în funcție de folosința terenurilor, cele mai ridicate concentrații medii se întâlnesc în ordine descrescătoare: în zona publică > în zona de acces (stradă) > în curte > în grădină, aceasta în corelație cu intervenția antropică pe aceste zone. Excepție a făcut Zn, unde concentrația medie înregistrată pe zonele de acces în gospodăria este ușor mai ridicată decât media înregistrată pentru zonele publice, dar nesemnificativ (1,16%).

În urma realizării hărților de distribuție pentru metalele grele în sol, zonele cele mai afectate de poluare în intravilanul orașului Copșa Mică sunt:

- în vecinătatea platformei industriale, la Sud față de aceasta;
- în cartierul din Est – Sud-Estul platformei industriale;
- în cartierul Târnăvioara, la Nord-Est față de platforma industrială.

Rezultatele analizelor de laborator pentru sol indică în continuare depășiri ale valorilor normale și ale pragurilor reglementate pentru metalele analizate (Pb, As, Cd, Cu, Zn), pentru folosința sensibilă a terenurilor. Pentru Pb, în 100% din probele analizate s-a depășit pragul de intervenție (100 mg/kgSU), pentru As în 55% din probe e depășit pragul de intervenție (25 mg/kgSU), pentru Cd în 85% din probe e depășit pragul de intervenție (5 mg/kgSU), pentru Cu în 23,3% din probe e depășit pragul de intervenție (200 mg/kgSU), iar pentru Zn în 95% din probe e depășit pragul de intervenție (600 mg/kgSU).

Pe baza calculului indicilor de poluare (PI și PLI) a rezultat un nivel de poluare al solului de la *moderat* până la *foarte ridicat*. Aportul cel mai mare la indicele general de poluare (PLI), prin indicii individuali de poluare (PI) îl au în ordine descrescătoare: Pb, Zn și Cd, metalele cu cele mai frecvente depășiri ale pragurilor de intervenție reglementate.

În urma aplicării testului statistic de corelație între nivelurile PLI și distanța față de sursa de emisie (coșul unității metalurgice) a rezultat că nu există o corelație statistic semnificativă. În intravilanul orașului, PLI scade nesemnificativ cu distanța.

În urma analizei calității solului din intravilanul Copșa Mică se constată că riscurile pentru starea de sănătate a populației sunt încă prezente în zonă, sursa de expunere fiind reprezentată de solul poluat. Având în vedere suprafața mare afectată de poluare, nu sunt fezabile măsuri pentru ecologizarea zonei, dar se pot implementa măsuri țintite pentru reducerea sau stoparea expunerii populației la metale grele din sol pe zonele cele mai afectate din oraș și în interiorul anumitor zone funcționale.

CAP. 5. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN PRAFUL DE LA EXTERIORUL ȘI DE LA INTERIORUL LOCUINȚELOR

5.1. Introducere

Pentru că remanența îndelungată a metalelor grele face ca solul să fie o sursă de expunere permanentă pentru populație și pentru că studii anterioare (Young et al., 2002; Hillel, 2008; Harris et al., 2009) au arătat că în anumite condiții solul poate să devină o sursă semnificativă de pulberi (prin suspensie/resuspensie), am continuat cercetarea prin investigarea nivelului metalelor grele din praf.

În anul 2014, din cele 20 de gospodării din care s-au analizat probele de sol, s-au prelevat probe de praf și s-au analizat aceleași metale (Pb, As, Cd, Cu, Zn). Rezultatele analizelor permit verificarea unei eventuale relații cu semnificație statistică între cele două șiruri de date: nivelul metalelor grele din sol și nivelul metalelor grele din praf.

5.2. Materiale și metode

Probe de praf s-au prelevat de pe pardoseli din interiorul locuințelor (bucătării, dormitoare), de la exteriorul locuințelor (pe calea de acces) și de pe mâna dreaptă a subiecților investigați (câte o persoană/gospodărie). S-au obținut cât 4 probe de praf din fiecare gospodărie (G₁₋₂₀), adică 80 de probe de praf au fost analizate.

Figură 10 – Puncte de prelevare a probelor de praf, Copșa Mică, anul 2014



Metoda de prelevare utilizată conform: *OSHA Technical Manual (OTM), Section II, Chapter 2, Appendix C – Procedure for Collecting Wipe Samples.*

Prelevarea probelor de praf s-a efectuat cu servetelele speciale (Lead Wipe) impregnate cu apă deionizată, polyorbate 20, methylparaben și propylparaben, care fixează o serie metale grele (Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, Ni etc.).

Metoda de analiză a metalelor grele din praf: spectrometrie de fluorescență de raze X (XRF).

Echipamentul de analiză utilizat: *Niton™ XL3t XRF Analyzer* (Thermo Scientific™).

Interpretarea rezultatelor de laborator s-a efectuat prin statistica descriptivă a datelor, s-au efectuat hărți de distribuție ale metalelor grele din praf prin modelul de interpolare Kriging, în ArcGIS și s-a obținut o imagine privind distribuția spațială a metalelor grele în praful orașului. S-a studiat potențialele similarități între hărțile de distribuție ale metalelor grele din sol și hărțile de distribuție ale metalelor grele din praf.

5.3. Rezultate și discuții

Pentru As și Cd, în 100% din probe s-au înregistrat niveluri ale metalelor grele care s-au situat sub limita de detecție a metodei (<LOD).

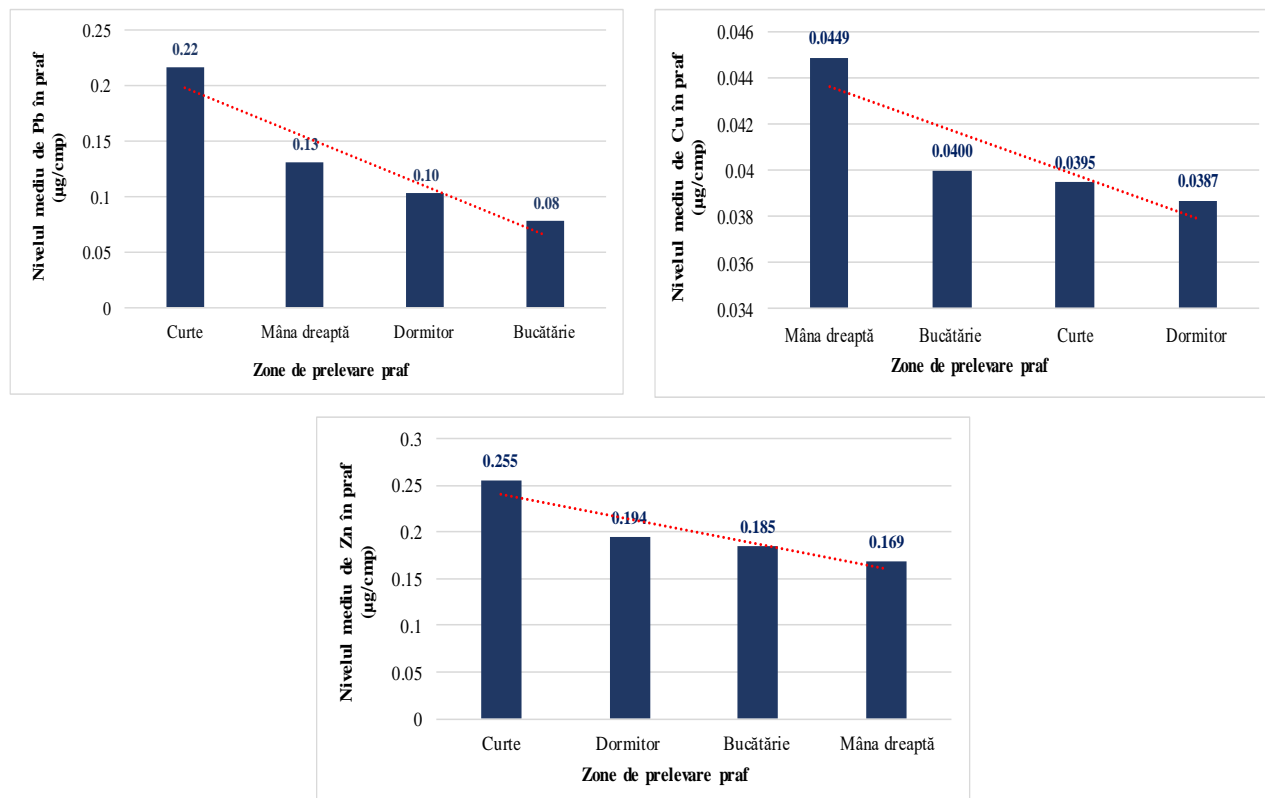
Tabel 6 – Niveluri minime, medii și maxime pentru metalele grele din praf, pe zone cu funcțiuni diferite, inclusiv de pe mâna subiecților investigați ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Zona de prelevare	Pb			Zn			Cu		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Acces locuință (curte)	0,0473	0,2160	0,5774	0,1319	0,2552	0,3857	0,0252	0,0395	0,0481
Bucătărie	0,0451	0,0780	0,1359	0,1069	0,1850	0,3163	0,0329	0,0400	0,0566
Dormitor	0,0397	0,1033	0,4576	0,1278	0,1943	0,3927	0,0313	0,0387	0,0527
Mâna dreaptă	0,0607	0,1306	0,2672	0,1124	0,1692	0,3234	0,0340	0,0449	0,0878

Cele trei metale au înregistrat niveluri medii în ordine descrescătoare $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$, după cum urmează ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$): Zn – 0,2009; Pb – 0,1598; Cu – 0,0408.

Comparând nivelurile medii ale metalelor grele în praf, cu concentrațiile medii ale metalelor grele în sol, se observă că în cazul solului cele mai ridicate medii au fost înregistrate tot pentru Zn, în ordine descrescătoare $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$.

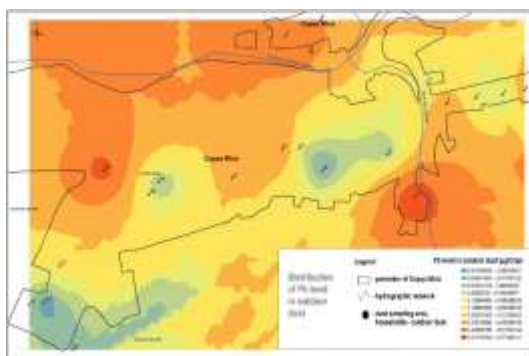
Figură 11 – Niveluri medii pentru metalele grele din praf, pe zone cu funcțiuni diferite, inclusiv de pe mâna subiecților investigați ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)



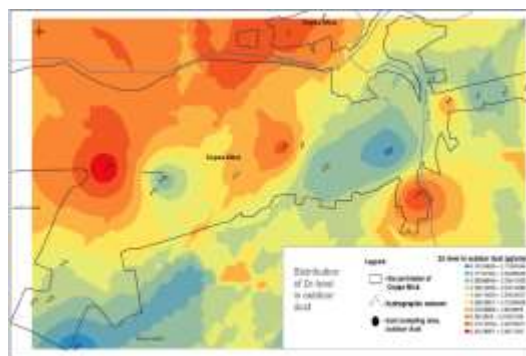
Spre deosebire de concentrațiile medii ale metalelor grele în sol, unde există o regulă pe zonele funcționale, cu cele mai ridicate niveluri pe zonele de acces (stradă) și cele mai scăzute în grădini, în cazul prafului nu există o regulă. Cele mai ridicate niveluri medii pentru Pb și Zn în praf s-au înregistrat la exterior pe zona de acces în locuință, pentru Cu cel mai ridicat nivel mediu este înregistrat pe mâna dreaptă a subiecților investigați.

Figură 12 – Distribuția metalelor grele în praful exterior, orașul Copșa Mică, anul 2014

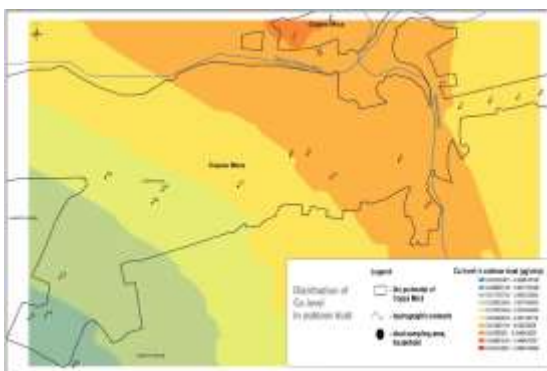
Harta de distribuție pentru Pb în praf



Harta de distribuție pentru Zn în praf



Harta de distribuție pentru Cu în praf



Se observă o probabilă corelație privind distribuția spațială a Pb și Zn din praf.

Pentru Pb și Zn, cele mai ridicate niveluri sunt în partea de NE – cartier Târnăvioara și în vecinătatea platformei industriale, în partea de S a acesteia, dar și în partea de E-SE a platformei industriale, similar cu distribuția metalelor grele în sol. Hărțile de distribuție arată și o altă zonă cu niveluri ridicate ale metalelor grele în praf, în partea de SE a orașului. Această zonă nu se suprapune cu zonele cu niveluri ridicate ale metalelor grele în sol.

Testul de corelație pentru nivelurile metalelor grele în praf

S-a utilizat instrumentul DataAnalysis din Excel pentru obținerea matricei de corelație.

Tabel 7 – Matricea de corelație pentru metalele grele din praf, Copșa Mică, anul 2014

	Pb	Cu	Zn
Pb	1		
Cu	0.298078	1	
Zn	0.822298	0.250295	1

Așa cum s-a observat și pe hărțile de distribuție, rezultă o corelație puternică între nivelurile Pb-Zn în praf și o corelație slabă între Cu-Pb și Cu-Zn. Cele mai mici valori ale coeficientului de corelație Pearson sunt pentru Cu cu celelalte metale, situație constatată și în hărțile de distribuție.

Asemănător, la testul de corelație pentru concentrațiile metalelor grele în sol, Cu a înregistrat valorile cele mai scăzute ale coeficientului de corelație în raport cu celelalte metale.

5.4. Concluzii

În urma analizei nivelurilor metalelor grele în praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor individuale, a rezultat că:

- Pentru Cd și As din praf s-au înregistrat niveluri care s-au situat sub limita de detecție a metodei (<LOD).
- Cele trei metale din praf au înregistrat niveluri medii în ordine descrescătoare $Zn > Pb > Cu$, cu următoarele valori ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$): Zn – 0,2009; Pb – 0,1598; Cu – 0,0408. Nivelul descrescător al nivelurilor medii pentru metalele grele din praf este similar cu ordinea descrescătoare a concentrațiilor medii ale metalelor în sol ($Zn > Pb > Cu > As > Cd$).
- Cele mai ridicate niveluri medii pentru conținutul de Pb și Zn în praf, s-au înregistrat la exterior, pe zona de acces în locuință, aici fiind cea mai ridicată expunere a populației la metalele grele din praf; pentru Cu cel mai ridicat nivel mediu este înregistrat pe mâna dreaptă a subiecților investigați.

Spre deosebire de concentrațiile medii ale metalelor grele în sol, unde s-a observat o regulă pe zonele de prelevare, cu cele mai ridicate valori pe zonele publice și cele mai scăzute în grădini, în cazul nivelului mediu al metalelor grele din praf nu există o regulă pe zonele investigate. Cauza probabilă este că nivelul metalelor grele pe zonele funcționale depinde de frecvența și temeinicia activităților de curățenie, iar în cazul mâinilor, depinde de frecvența și temeinicia spălatului pe mâini.

- Conform hărților de distribuție pentru metalele grele în praf, cele mai ridicate niveluri pentru Pb și Zn în praful de la exterior s-au înregistrat în vecinătatea platformei industriale la S de aceasta, în NE în cartierul Târnăvioara, în SE la ieșirea spre localitatea Valea Viilor și în cartierul din E-SE față de platforma industrială.

Cele mai ridicate niveluri ale Pb și Zn în praful de la exterior sunt înregistrate pe cele trei zone în care pentru sol s-au înregistrat cele mai ridicate concentrații de Pb. Excepție face partea de SE a orașului, la ieșirea spre Valea Viilor.

- În urma efectuării testului de corelație pentru metalele grele din praf s-a constatat că există o corelație puternică pentru Pb-Zn și un coeficient de corelație scăzut, adică o corelație slabă, pentru Cu și Pb sau Cu și Zn.

CAP. 6. ANALIZA STATISTICĂ A CONȚINUTULUI DE METALE GRELE ÎN SOL ȘI ÎN PRAF

6.1. Introducere

Pentru că în zonele industriale căile principale de expunere ale populației la metalele grele sunt prin ingerarea particulelor de sol și prin inhalarea prafului (Gurzău et. al, 2008), cumulat cu faptul că în anumite condiții solul este o sursă importantă de metale grele, prin fenomenul de suspensie/resuspensie al particulelor de la suprafața lui, s-a efectuat analiza statistică a rezultatelor de laborator. Prin metode statistice avansate s-a testat dacă există o relație semnificativă statistic între conținutul de metale grele din sol și conținutul de metale grele din praful de la exterior, precum și între conținutul de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor. Este importantă analiza și înțelegerea acestui fenomen pentru fundamentarea unor măsuri viitoare pentru diminuarea expunerii populației la metalele grele din sol și din praf. Este probabil ca în zonele în care se înregistrează concentrații ridicate de metale grele în sol, să se înregistreze și niveluri ridicate ale metalelor grele în praf, expunerea populației făcându-se în principal prin ingestie particule de sol și ingestie/inhalare de praf.

6.2. Metoda de analiză statistică, corelația și regresia

Prelucrarea statistică a rezultatelor de laborator a fost realizată prin corelație și prin modelul de regresie liniară simplă. Regresia liniară definește o relație matematică între o variabilă independentă și o variabilă dependentă.

Înainte de testarea prin regresie liniară simplă s-a realizat diagrama norului de împrăștiere a punctelor, Scatter-Plot. După realizarea norului de împrăștiere s-a efectuat matricea de corelație și s-a testat modelul de regresie cu instrumentul Data Analysis din Excel.

În cercetare s-a testat relația între nivelurile metalelor grele din sol, ca variabilă independentă și nivelurile metalelor grele din praful de la exterior, ca variabilă dependentă, iar rezultatele au fost interpretate din punct de vedere al semnificației statistice.

De asemenea, s-au testat alte două serii de date, una pentru nivelul metalelor grele în praful de la exterior, ca variabilă independentă și nivelul metalelor grele în praful de la interior, ca variabilă dependentă, pornind de la ipoteza că praful de la interior provine parțial din exterior, acesta fiind transportat pe calea aerului, prin încălțăminte, îmbrăcăminte și diverse alte obiecte.

Prin testarea statistică este posibil să rezulte că seriile de date sunt corelate, de exemplu acestea să aibă tendință de creștere, sau de scădere, în același timp.

Testul ANOVA s-a aplicat pentru verificarea semnificației regresiei, acesta arată că modelul este relevant dacă valoarea $p < 0,05$, la un nivel de încredere de 95%.

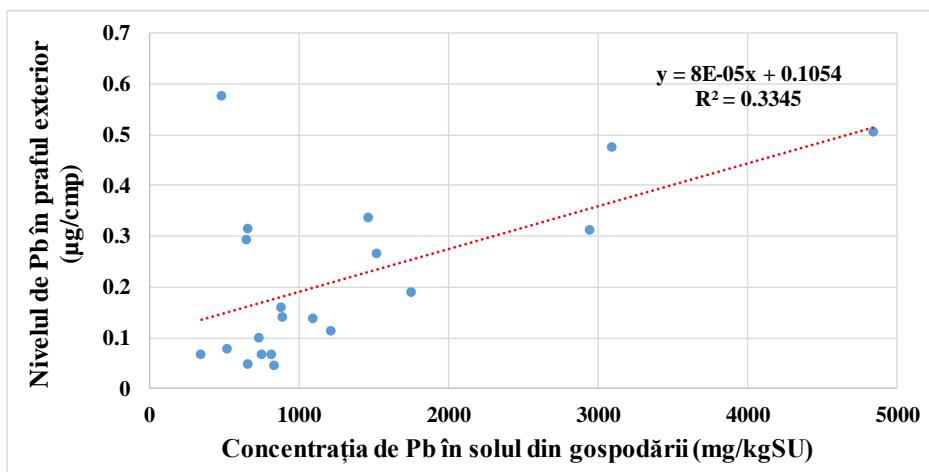
6.3. Rezultate și discuții

Pentru că nivelul As și Cd în praf s-a situat sub limita de detecție a metodei, diagramele de împrăștiere și analiza statistică prin corelație și regresie s-au realizat doar pentru Pb, Zn și Cu.

Pentru solul din fiecare gospodărie, s-a calculat concentrația medie pentru metalele grele din toate cele trei zone funcționale din care s-a făcut prelevarea: de pe calea de acces în gospodărie, din curte și din grădină. Seria de date obținută, reprezentată de concentrațiile medii de Pb, Zn și Cu în solul din fiecare gospodărie, a fost considerată variabila independentă, iar nivelul celor trei metale în praful de la exterior s-a considerat variabila dependentă.

Plumbul în sol și praf

Figură 13 –
Diagrama de împrăștiere pentru concentrația de Pb în sol și nivelul de Pb în praful de la exterior



Conform formei norului de puncte se ia în calcul posibilitatea unei relații între nivelul de Pb în praful de la exterior și nivelul de Pb în solul din gospodării. Valoarea coeficientului de corelație R^2 arată că variabila dependentă (Pb în praf) este explicată în proporție de 33,4% de ecuația de regresie, adică de variabila dependentă (Pb în sol). Modelul de regresie liniară este definit prin ecuația înscrisă pe dreapta de regresie.

Testul de corelație efectuat cu instrumentul Data Analysis din Excel arată că între nivelul Pb în solul din gospodării și nivelul Pb în praful din curte există o corelație moderată ($r=0,57$).

Tabel 8 – Matricea de corelație pentru Pb în sol și Pb în praful exterior, Copșa Mică, anul 2014

	Pb-sol medie	Pb-praf crt
Pb-sol medie	1	
Pb-praf crt	0.5783943	1

În continuare e prezentat rezultatul testului ANOVA și coeficienții de regresie liniară, obținuți în Excel, cu instrumentul Data Analysis.

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.5783943
R Square	0.3345399
Adjusted R Square	0.2975699
Standard Error	0.1367547
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.1692322	0.169232232	9.048955139	0.00755
Residual	18	0.3366334	0.018701853		
Total	19	0.5058656			

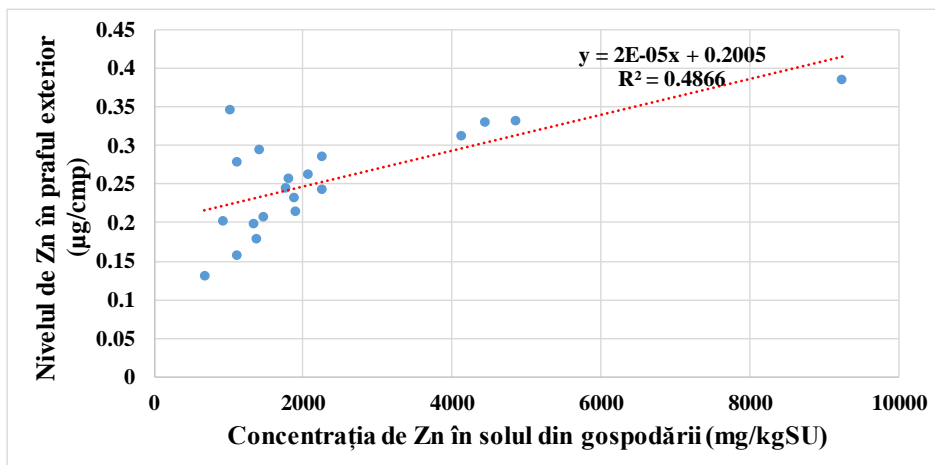
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	0.1054006	0.0478379	2.203285049	0.040840286	0.004897	0.205904
Pb-sol medie	8.462E-05	2.813E-05	3.008148124	0.007550401	2.55E-05	0.000144

Semnificația statistică pentru modelul de regresie liniară propus este următoarea:

- statistica coeficientului de corelație R^2 cu valoarea de 0,334 arată că modelul așa cum este testat justifică 33,4% din variabilitatea nivelurilor de Pb în praful de la exterior în relație cu nivelul de Pb din sol;
- în testul ANOVA, valoarea p (*Sig. F*) este mai mică de 0,05, deci se respinge ipoteza lipsei de semnificație a variabilei independente, în favoarea ipotezei că modelul regresional este unul semnificativ; rezultă că modelul de regresie definit este statistic semnificativ;
- din tabelul *Coefficient*, coeficienții din ecuația de regresie sunt semnificativi pentru că valorile lui p sunt mai mici de 0,05 ($p_{\text{intercept}} = 0,04 < 0,05$; $p_{\text{Pb-sol medie}} = 0,007 < 0,05$), iar intervalele de încredere pentru cei doi coeficienți nu conțin valoarea zero, deci modelul propus e statistic semnificativ la un nivel de încredere de 95%;
- ecuația de regresie care definește modelul, a rezultat din test și din diagrama de împrăștiere: $y = 8E-05x + 0,1054$, toți coeficienții fiind statistic semnificativi.

Zincul în sol și praf

Figură 14 –
Diagrama de
împrăștiere pentru
concentrația de Zn în
sol și nivelul de Zn
în praful de la
exterior



Conform formei norului de puncte se ia în calcul posibilitatea unei relații între nivelul de Zn în praful de la exterior și nivelul de Zn în solul din gospodării. Valoarea coeficientului de corelație R^2 arată că variabila dependentă (Zn în praf) este explicată în proporție de 48,6% de ecuația de regresie, adică de variabila dependentă (Zn în sol). Modelul de regresie liniară este definit prin ecuația înscrisă pe dreapta de regresie.

Testul de corelație efectuat cu instrumentul Data Analysis din Excel arată că între nivelul zincului în solul din gospodării și nivelul zincului în praful de la exterior (din curte) există o corelație moderată spre puternică ($r=0,697$).

Tabel 9 – Matricea de corelație pentru Zn în sol și Zn ÎN praful exterior, Copșa Mică, anul 2014

	Zn-sol medie	Zn-praf crt
Zn-sol medie	1	
Zn-praf crt	0.697586	1

Testarea modelului de regresie liniară este prezentată în continuare.

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.697586
R Square	0.486626
Adjusted R Square	0.458105
Standard Error	0.049087
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.041111	0.041111138	17.06217499	0.00062793
Residual	18	0.043371	0.00240949		
Total	19	0.084482			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	0.200549	0.017205	11.65661778	8.04173E-10	0.16440348	0.236695206
Zn-sol medie	2.33E-05	5.64E-06	4.130638569	0.000627934	1.1442E-05	3.51286E-05

Semnificația statistică pentru modelul de regresie liniară propus este următoarea:

- statistica coeficientului de corelație R^2 cu valoarea de 0,486 arată că modelul așa cum este testat justifică 48,6% din variabilitatea nivelurilor de Zn în praful de la exterior în relație cu nivelul de Zn din sol;
- în testul ANOVA, valoarea p (*Sig. F*) este mai mică de 0,05, deci se respinge ipoteza lipsei de semnificație a variabilei independente, în favoarea ipotezei că modelul regresional este unul semnificativ; rezultă că modelul de regresie definit este statistic semnificativ;
- din tabelul *Coefficient*, coeficienții din ecuația de regresie sunt semnificativi pentru că valorile lui p sunt mai mici de 0,05 ($p_{\text{intercept}} < 0,05$; $p_{\text{Zn-sol medie}} < 0,05$), iar intervalele de încredere pentru cei doi coeficienți nu conțin valoarea zero, deci modelul propus e statistic semnificativ la un nivel de încredere de 95%;
- ecuația de regresie care definește modelul, a rezultat din test și din diagrama de împrăștiere: $y = 2E-05x + 0,2005$, toți coeficienții fiind statistic semnificativi.

Testarea statistică pentru modelul de regresie liniară a arătat că acesta nu e semnificativ pentru relația dintre Cu în sol și Cu în praful exterior.

Testele statistice efectuate pentru metalele grele (Pb, Zn, Cu) în praful de la exterior și în praful de la interior, sau în praful de pe mâinile subiecților investigați, **nu** au arătat o relație semnificativă statistic pentru regresia liniară simplă. Influența acțiunilor de curățenie din locuințe și a igienei personale (spălatul mainilor) este una importantă și afectează semnificativ nivelul metalelor grele din praful de la interior și de pe mâini.

6.4. Concluzii

Analiza statistică prin regresie și corelație **nu** a evidențiat o relație semnificativă statistic între nivelurile de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor, sau în praful de pe mâinile subiecților investigați. Rezultă că nivelul metalelor grele în praful de la exterior nu este determinant pentru cel de la interior și pentru cel de pe mâinile subiecților investigați. Activitățile de curățenie a locuințelor și spălatul mâinilor influențează semnificativ nivelul metalelor grele în praful de la interior și de pe mâini.

Pentru Pb și Zn, modelul de regresie liniară evidențiază că în zonele în care se înregistrează niveluri ridicate ale metalelor grele în sol, în relație cu acestea sunt așteptate niveluri ridicate ale metalelor grele în praf. S-a evidențiat aceasta și pe hărțile de distribuție ale metalelor grele în sol și pe hărțile de distribuție ale metalelor grele în praf.

Pentru implementarea unor programe viitoare pentru sănătatea populației trebuie avut în vedere că în zonele cu niveluri ridicate ale metalelor grele în sol (Pb, Zn) se suprapun niveluri mai ridicate ale metalelor grele în praf. Astfel, la elaborarea programelor pentru sănătate trebuie avută în vedere atât calea de expunere prin ingestie (sol, praf), dar și prin inhalare (praf).

CAP. 7. EVALUAREA EXPUNERII POPULAȚIEI LA METALELE GRELE DIN SOL ȘI PROGRAME PENTRU SĂNĂTATE ÎN ORAȘUL COPȘA MICĂ

7.1. Introducere

În acest capitol s-au documentat informații despre principalii receptori ai poluării – populația orașului Copșa Mică. Au interesat obiceiurile, particularitățile locale ale populației și distribuția spațială în teritoriul intravilan și s-au calculat dozele de expunere la metalele grele din sol, prin ingestie, pentru cele trei gupuri populaționale vulnerabile: copii, cu subgrupul *pica child* și adulți peste 50 de ani.

Informațiile obținute în urma evaluării vor fundamenta măsuri de implementat pe viitor pentru stoparea sau diminuarea expunerii populației la metalele grele din sol în scopul obținerii unor rezultate pozitive pentru starea de sănătate a populației din orașul Copșa Mică.

7.2. Materiale și metode

Pentru calculul dozei de expunere la metalele grele din sol s-a utilizat un program aparținând ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) din cadrul CDC (Center for Disease Control and Prevention). Dozele de expunere prin ingestie au fost calculate pe baza concentrațiilor metalelor grele în sol, la populația de referință – adulți, copii și *pica child*.

Ecuția de calcul a dozei de expunere pe cale orală la metalele grele este:

$$ED=(C \times IR \times EF \times BF \times CF)/BW \text{ [mg/kg, zi]} \quad (1)$$

Unde: *ED* – doza de expunere (mg/kg/zi), *C* – concentrația metalului în sol (mg/kg), *IR* – rata de aport a metalului din sol (mg/zi), *EF* – factor de expunere (fara unitate de masura), *BF* – factor de biodisponibilitate (fara unitate de masura), *CF* – factor de conversie (fara unitate de masura), *BW* – greutate corporala (kg).

7.3. Evaluarea expunerii populației la metalele grele din sol – rezultate și discuții

Analiza s-a efectuat pentru expunerea la metalele grele din solul din gospodării (2014) și din solul de pe zonele publice (2018).

Table no. 10 – Doza medie de expunere la metale grele din sol, cale de expunere prin ingestie, în gospodării (mg/kg, zi)

	Adult 70 kg (100 mg/zi)	Copil 1-6 ani 16 kg (200 mg/zi)	Pica child 1-6 ani 16 kg (5000 mg/zi)
Pb	0.00186	0.016348	0.408704
As	0.000066	0.000576	0.014393
Cd	0.00004	0.00036	0.00923
Cu	0,00028	0,00245	0,06134
Zn	0.00335	0.02937	0.73444

Table no. 2 – Doza medie de expunere la metale grele din sol, cale de expunere prin ingestie, în zonele publice (mg/kg, zi)

	Adult 70 kg (100 mg/zi)	Copil 1-6 ani 16 kg (200 mg/zi)	Pica child 1-6 ani 16 kg (5000 mg/zi)
Pb	0.00417	0.03650	0.91253
As	0.00028	0.00249	0.06220
Cd	0.00007	0.00061	0.01524
Cu	0,00036	0,00313	0,07826
Zn	0.00402	0.03514	0.87844

O analiză sumară a dozelor medii de expunere în Copșa Mică arată că:

- pentru toate metalele, în cazul grupului cu cea mai mare susceptibilitate *pica child*, dozele medii de expunere calculate sunt de 218,7 ori mai mari decât în cazul adulților și de 25 de ori mai mari decât în cazul copiilor;
- pentru toate metalele, în cazul copiilor, dozele medii de expunere calculate sunt de 8,7 ori mai mari decât în cazul adulților;
- pentru Pb, în zonele publice, doza medie de expunere este mai mare de 2,2 ori față de doza medie de expunere în gospodăriile populației;
- pentru As, în zonele publice, doza medie de expunere este de 4,3 ori mai mare decât în cazul gospodăriilor;
- pentru Cd din sol, în zonele publice, doza medie de expunere este de 1,65 ori mai mare decât în cazul gospodăriilor;
- pentru Cu și Zn, în zonele publice, doza medie de expunere este de cca. 1,2 ori mai mare decât în cazul gospodăriilor populației.

În urma analizei a rezultat că pe zonele publice dozele de expunere au niveluri mai ridicate decât în gospodării. Deci copiii sunt cei expuși la niveluri ridicate de metale grele pe zonele publice cum sunt locurile de joacă, terenurile de sport, grădinițele, școlile etc. Evident că expunerea

copiilor se face și în interiorul gospodăriilor, însă la locurile de joacă sunt mai frecvente comportamentele favorizante, precum: ducerea obiectelor și a mâinilor murdare la gură, joaca la suprafața solului și ingestia directă a solului.

Hărțile de distribuție pentru dozele de expunere la metalele grele din solul din gospodării au evidențiat zone critice în unele cartiere de case – cum este Târnăvioara, unde calitatea locuirii apreciată vizual este precară. Aici este evidentă dominanța populației cu un nivel de trai scăzut, grupul populațional cel mai susceptibil fiind bine reprezentat – copiii.

În privința adulților, expunerea se face o perioadă îndelungată la locurile de muncă, în interiorul gospodăriilor și pe zonele publice frecventate. Având în vedere că unitatea metalurgică și-a redus drastic activitatea, expunerea profesională a adulților este semnificativ redusă în orașul Copșa Mică, principala problemă fiind legată de sursa actuală de expunere „solul”.

Pentru că suprafețele extinse de teren sunt afectate de poluare, nu sunt fezabile soluții de ecologizare, astfel că e considerată adecvată o soluție care să propună măsuri pentru diminuarea sau stoparea expunerii pentru a se obține o îmbunătățire a stării de sănătate a populației. Principalele măsuri de aplicat trebuie să vizeze:

- copiii, pe zonele funcționale cu cele mai ridicate doze zilnice ale expunerii (locuri de joacă, grădinițe, școli, terenuri de sport etc.);
- adulții, pe zonele funcționale unde aceștia sunt frecvent expuși: în gospodăriile proprii și pe zonele publice.

7.5. Concluzii

Conform documentului *Public Health Assessment Guidance Manual (2005 update)*, Cap. 9, elaborat de ADSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*), recomandarea și fundamentarea unor programe de sănătate se face după evaluarea riscului pentru sănătate, măsurile principale referindu-se la consultanță pentru sănătate, măsuri pentru a reduce sau pentru a stopa expunerea, educația pentru sănătate și studii de supraveghere a sănătății populației.

Având la bază concluziile rezultate din analiza dozelor de expunere la metale grele din sol, prin ingestie, pentru *copii* și subgrupul *pica child*, programele de sănătate trebuie orientate spre această categorie în scopul diminuării expunerii pe zonele publice și în gospodării, prin măsuri țintite spre schimbarea comportamentelor care favorizează ingestia particulelor de sol și de praf: spălarea mâinilor, a jucăriilor, intervenții ale administrației locale la locurile de joacă etc.

În cazul *adulților*, expunerea profesională trecând într-un plan secundar, programele de sănătate trebuie orientate în sensul schimbării unor atitudini, comportament și practici care

favorizează expunerea precum: educația sanitară (igiena), activități de curățenie umedă în gospodărie, renunțarea la cultivarea, consumarea și comercializare plantelor alimentare în grădini și renunțarea la udatul grădinilor din sursa subterană de apă etc.

La nivel administrativ, programele de sănătate trebuie să propună măsuri de implementat în zonele publice, cum ar fi: salubritatea și spălarea străzilor, diminuarea suprafețelor de teren descoperite, care favorizează suspensia particulelor de praf de la suprafață, înierbare, pavaje, asfaltări și irigarea spațiilor verzi pentru prevenirea uscăciunii, descurajarea cultivării, consumului și comercializării de plante alimentare obținute local etc. Cunoscută fiind tendința copiilor de a se juca la nivelul solului, pentru locurile de joacă și în grădinițe se pot aplica covoare specifice din cauciuc și se pot amenaja spații cu nisip, care să fie adus din surse controlate și care să fie schimbat periodic.

Este important să se țină cont de zonele din intravilan în care s-au înregistrat cele mai ridicate niveluri ale dozelor de expunere prin ingestie, în cele trei cartiere: cartierul din partea de S a platformei – Colonia Laborator cu blocuri, cartierul Târnăvioara și cartierul din partea de E-SE a platformei industriale, (cu str. Muncitorilor, Nicovalei etc.). Trebuie ținut cont că în unele zone cu doze ridicate ale expunerii la metalele grele din sol, populația are o calitate a vieții sub media comunității și tot aici grupul copiilor este bine reprezentat, programele de sănătate trebuind să fie adresate adecvat nivelului cultural-educational al comunității.

Programele de sănătate trebuie promovate la nivel administrativ, prin informări publice, în grădinițe și școli, modul de comunicare fiind adecvat publicului căruia îi este adresat.

Monitorizarea rezultatelor și perpetuarea lor trebuie asigurată prin supravegherea indicatorilor de sănătate în cadrul grupurilor populaționale țintite, de exemplu prin măsurarea periodică a plumbemiei la copii și adulți.

Trebuie ca pe viitor, programele implementate și analizele periodice ale indicatorilor de sănătate să ofere rezultate care să fundamenteze decizii strategice pentru sănătate publică în orașul Copșa Mică.

CAP. 8. CONCLUZII

8.1. Concluzii generale

În fiecare capitol al tezei s-au prezentat concluziile generale, în rezumat se prezintă o sinteză a celor mai importante aspecte.

Analiza calității solului din gospodării și de pe zonele publice a arătat că cele mai ridicate concentrații medii de Pb, As, Cd și Cu se întâlnesc în ordine descrescătoare: **în zona publică > în zona de acces în gospodării > în curte > în grădină**. Excepție face Zn, unde concentrația medie înregistrată pe zonele de acces în gospodării este ușor mai ridicată decât media înregistrată pentru zonele publice, dar diferența e nesemnificativă (1,16%).

Se evidențiază că pe zonele publice (școli, grădinițe, locuri de joacă, terenuri de sport etc.), unde intervențiile asupra solului nu au o regularitate, sunt înregistrate cele mai ridicate concentrații ale metalelor grele în sol. Aceste zone sunt frecventate de copii nivelul expunerii fiind ridicat.

Concentrațiile metalelor grele în sol arată depășiri ale valorilor normale și ale pragurilor reglementate pentru metalele analizate (Pb, As, Cd, Cu, Zn). **Pragurile de intervenție pentru folosința sensibilă a terenurilor au fost depășite pentru toate metalele analizate**, după cum se arată: pentru Pb – în 100% din probele analizate; pentru Zn – în 95% din probe; pentru Cd – în 85% din probe; pentru As – în 55% din probe; pentru Cu – în 23,3% din probe.

Calculul indicilor de poluare (PI și PLI) arată un nivel de poluare al solului de la moderat până la foarte ridicat. Aportul cel mai mare la indicele general de poluare (PLI), prin indicii individuali de poluare (PI) îl au în ordine descrescătoare: Pb, Zn și Cd.

Hărțile de distribuție pentru metalele grele în sol au evidențiat **zonele cele mai afectate de poluare în intravilanul orașului Copșa Mică:**

- în vecinătatea platformei industriale, la Sud față de aceasta;
- în cartierul din Est – Sud-Est față de platforma industrială.
- în cartierul Târnăvioara, la Nord-Estul orașului.

În urma analizei calității solului din intravilanul Copșa Mică se constată că **riscurile pentru starea de sănătate a populației sunt încă prezente, solul reprezintă o sursă permanentă de expunere pentru populația rezidentă**, în special pentru grupul cel mai susceptibil – *copiii*. Având în vedere suprafața mare afectată de poluare, nu sunt fezabile măsuri pentru ecologizarea zonei, dar e fezabilă implementarea unor măsuri țintite pentru reducerea sau stoparea expunerii populației la metale grele din sol pe zonele cele mai afectate din oraș și în interiorul anumitor zone funcționale.

Analiza *metalelor grele din praf* a arătat pentru Cd și As niveluri care s-au situat sub limita de detecție a metodei. Pentru Pb, Zn și Cu s-au înregistrat niveluri medii în ordine descrescătoare **Zn > Pb > Cu**. Nivelul descrescător al mediilor pentru metalele grele din praf este similar cu ordinea descrescătoare a concentrațiilor medii pentru metalele grele în sol (**Zn > Pb > Cu > As > Cd**).

Cele mai ridicate niveluri medii pentru Pb și Zn în praf, s-au înregistrat în praful de la exterior; pentru Cu cel mai ridicat nivel mediu este înregistrat pe mâna dreaptă a subiecților investigați.

Nivelurile medii de Pb și Zn în praful de la exterior sunt mai ridicate decât nivelurile medii din praful de la interiorul locuințelor.

Conform hărților de distribuție pentru metalele grele în praf, cele mai ridicate niveluri pentru Pb și Zn în praful de la exterior s-au înregistrat în vecinătatea platformei industriale la Sud față de aceasta, în Nord-Est în cartierul Târnăvioara, în Sud-Est la ieșirea spre localitatea Valea Viilor și în cartierul din Est – Sud-Est față de platforma industrială. **Cele mai ridicate niveluri ale Pb și Zn în praful de la exterior sunt înregistrate pe cele trei zone în care s-au înregistrat cele mai ridicate concentrații de Pb și Zn în sol.** Excepție face partea de SE a orașului, la ieșirea spre Valea Viilor.

Analiza statistică prin corelație și regresie liniară simplă a arătat că în gospodării **există o relație statistic semnificativă între nivelul Pb și Zn în sol și nivelul Pb și Zn în praful de la exterior** (din curte). Modelul de regresie liniară simplă evidențiază că în zonele în care se înregistrează niveluri ridicate al metalelor grele în sol, în relație cu acestea sunt așteptate niveluri ridicate ale metalelor grele în praf. S-a evidențiat această relație și pe hărțile de distribuție ale metalelor grele din sol și din praful de la exterior.

Analiza statistică prin corelație și regresie liniară simplă **nu** a evidențiat o relație statistic semnificativă între nivelurile de metale grele din praful de la exteriorul și de la interiorul locuințelor, sau din praful de pe mâinile subiecților investigați. Activitățile de curățenie în locuințe și spălatul mâinilor influențează nivelul metalelor grele în praful de la interior și de pe mâini.

Evaluarea expunerii populației la metalele grele din sol, prin ingestie, a arătat **valori ridicate ale dozelor de expunere la copii și la subgrupul *pica child*, în raport cu dozele de expunere calculate pentru adulți. Pe zonele publice se înregistrează doze de expunere mai ridicate comparativ cu dozele de expunere din interiorul gospodăriilor.**

Ca urmare, programele de sănătate trebuie orientate spre grupul populațional cel mai susceptibil la expunerea la metalele grele din sol – *copiii*, în scopul stopării sau diminuării expunerii pe zonele publice prin măsuri țintite spre schimbarea comportamentelor care favorizează ingestia particulelor de sol și de praf. Pentru adulți, programele de sănătate trebuie orientate pe toate zonele funcționale din localitate în scopul schimbării atitudinilor, comportamentelor și a practicilor curente care favorizează expunerea.

8.2. Recomandări pentru studii viitoare

Este documentat că localitățile poluate istoric au potențial scăzut de dezvoltare socio-economică acestea fiind “*puncte fierbinți*” la nivel local și național, nu doar din acest punct de vedere, dar și ca temă în politicile de sociale, de sănătate și de mediu. Un mediu urban poluat, în care starea de sănătate a populației a fost afectată istoric, nu asigură premisele dezvoltării comunităților și reprezintă teritorii cu o creștere demografică negativă, fiind zone sortite crizelor demografice, sociale și economice. De aceea, implementarea unor programe pentru sănătate în orașul Copșa Mică este oportună, acestea trebuie să vizeze grupurile populaționale:

- **copiii**, pe zonele funcționale cu cele mai ridicate doze de expunere (locuri de joacă, grădinițe, școli, terenuri de sport etc.);
- **adulții**, pe zonele funcționale unde aceștia sunt frecvent expuși: în gospodăriile proprii și pe zonele publice.

Măsurile de aplicat trebuie să se orienteze pe următoarele direcții:

- reducerea sau stoparea expunerii prin modificarea atitudinilor, comportamentelor și practicilor curente ale **adulților** prin:
 - renunțarea la cultura speciilor vegetale alimentare în grădinile proprii și înlocuirea acestora cu alte categorii vegetale;
 - renunțarea la consumul și comercializarea legumelor obținute local;
 - obținerea vegetalelor alimentare din alte surse;
 - renunțarea la utilizarea apei în gospodării din sursele proprii (fântâni) și renunțarea la irigarea grădinilor cu această apă;
 - schimbarea comportamentelor legate de igiena personală și legate de curățenia umedă a locuințelor;
 - spălarea frecventă a jucăriilor copiilor și a altor obiecte aparținând acestora etc.

- în cazul **copiilor**, trebuie urmărite următoarele:
 - schimbarea comportamentelor care favorizează ingerarea particulelor de sol și de praf;
 - spălarea mâinilor;
 - spălarea frecventă a jucăriilor și a altor obiecte personale etc.
- **adoptarea unor decizii ale administrației locale** pentru reducerea sau stoparea expunerii, prin următoarele:
 - conștientizarea și stimularea populației în scopul renunțării la cultivarea, consumarea și comercializarea plantelor alimentare din grădinile proprii;
 - pentru locurile de joacă și în grădinițe/școli se pot amenaja covoare din cauciuc și spații cu nisip, care să fie adus din surse controlate și care să fie schimbat periodic;
 - măturatul și spălarea străzilor;
 - diminuarea suprafețelor de teren denudate, care favorizează suspensia particulelor de praf de la suprafață, înierbare, pavaje, asfaltări;
 - irigarea spațiilor verzi pentru prevenirea uscăciunii;
 - asigurarea infrastructurii necesare pentru distribuția centralizată a apei potabile în toate cartierele.

Bibliografie selectivă

1. ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005, Public Health Assessment Guidance Manual, Appendix G: Calculating Exposure Doses.
<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/appg.html>
2. APM Sibiu, 2010, Program integrat de gestionare a calității aerului în zona Copșa Mică-Mediaș, județul Sibiu.
3. APM Sibiu, 2017, Raport anual privind starea mediului, județul Sibiu.
http://apmsb.anpm.ro/documents/839945/2155714/Raport+anual+2017+APM+Sibiu_.pdf/e4038245-3a19-4bb4-ae90-ac3f0a22f78a.
4. ASA GRUP S.R.L., 2009, Planul Urbanistic General al orașului Copșa Mică. http://www.copsa-mica.ro/fileadmin/copsa/Files/Afisier/PUG_COPSA_MICA.pdf
5. Bardac D., 1999, Copșa Mică, Elemente de monografie medicală și socială (Vol. I). Casa de presă și editură Tribuna.
6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2014, Low Level Lead Exposure Harms Children. A Renewed Call for Primary Prevention. 2012 Retrieved 19 Sept. 2014.
7. Cusano G., Gonzalo M.R., Farrell F., Rainer R., Roudier S., Sancho L.D., 2017, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC Science for Policy Report.
https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM/JRC107041_NFM_Bref_2017.pdf
8. Damian F., Damian G., Lăcătușu R., Iepure G., 2008, Heavy metals concentration of the soils around Zlatna and Copșa Mică smelters, Romania. Carphian Journal of Earth and Environmental Science, Vol. 3, No. 2, p. 65-82.
9. EPA, 2007, Framework for Inorganic Metals Risk Assessment.
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-09/documents/metals-risk-assessment-final.pdf>
10. Ettler V., 2016, Soil contamination near non-ferrous smelters: A review, Applied Geochemistry 64, 2016.
11. Gurzău E., Bardac I., 2002, Evaluarea riscului comunitar asociat expunerii la plumb și poluanți iritanți în zona Copșa Mică, județul Sibiu, Vol. I. Editura “Mira Design” Sibiu.
12. Gurzău E., Coman A., Ruja E., Penș M., Popa O., Pop C., Murea P., Mureșan M., Dumitrescu D., Marchean D., Chera I., Brezai C., Fodor I., Bardac D., Gurzău A., 2008, Model experimental – asigurarea calității și securității mediului în zone rurale specifice, poluate cu pesticide (Săliște) și metale grele (Copșa Mică). Editura Universității “Lucian Blaga” Sibiu.
13. Gurzău E., Neamțiu I., 2010, Experimentarea și optimizarea modelului privind distribuția spațială și temporară a pesticidelor și metalelor grele în factorii de mediu din zonele Săliște și Copșa Mică. Ed. Universității Lucian Blaga Sibiu.
14. Gurzău E., Neamțiu I., Bardac D., 2010, Evaluarea expunerii la dioxid de sulf, particule respirabile și cadmiu în zona Copșa Mică și Micăsasa. Ed. Techno Media Sibiu.

15. Harris A.R, Davidson C.I., 2009, A Monte Carlo Model for Soil Particle Resuspension Including Saltation and Turbulent Fluctuations. *Aerosol Service and Technology*, 43:2, 161-173, DOI: 10.1080/02786820802538071.
16. Hillel D., 2008, *Soil in the Environment*. Academic Press, 320 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-348536-6.50019-8>.
17. Jorfi S., Maleki R., Jaafarzadeh N., Ahmadi M., 2017, Pollution load index for heavy metals in Mian-Ab plain soil, Khuzestan, Iran. *Data Brief*. 2017;15:584–590. doi:10.1016/j.dib.2017.10.017.
18. Kabata-Pendias A., 2001, *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2001.
19. Kowalska J.B., Mazurek R., Gašiorek M., Zaleski T., 2018, Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination-A review. *Environ Geochem Health*. 2018;40(6):2395–2420. doi:10.1007/s10653-018-0106-z.
20. Lăcătușu R., 2014, Contributions regarding heavy metals flow within soil-plant-animal system in polluted areas. *Acta Metallomica – MEEMB*, 2014, Tome XI, No.1, p. 73-88.
21. Nriagu, J., 1996, A History of Global Metal Pollution. *Science*, Vol. 272, p. 223-224.
22. Schober P., Boer C., Schwarte, Lothar A., 2018, Correlation Coefficients-Appropriate Use an Interpretation. *Anesthesia&Analgesia*, May 2018, Vol. 126 -Issue 5, p. 1763-1768, doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
23. Szanto M., Micle V., Gament E., Prodan C.V., 2012, Investigații privind starea de calitate a solului din zona Copșa Mică. *Ecoterra – Journal of Environmental Research and Protection*, No. 31 www.ecoterra-online.ro
24. US EPA 6200 Method – Field portable X-Ray fluorescence spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/6200.pdf>
25. Utermann J., Düwel O., Nagel I., 2006, Contents of trace elements and organic matter in European soils. In: Gawlik BM, Bidoglio G, editors. *Background values in European soils and sewage sludges*. Luxembourg: European Commission. P. 282, Annex I, Annex II. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/background-values-european-soils-and-sewage-sludges>
26. WHO – World Health Organization. Switzerland: Geneva, 1996, *Trace Elements in Human Nutrition and Health*. <https://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/>
27. Wuana R.A., Okleimen F.E., 2011, *Heavy Metals in Contaminated Soil: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation*. *ISRN Ecology*, Vol 2011, Article ID 402647, 20 pages, doi:10.5402/2011/402647.
28. Young T.M., Heeraman D.A., Sirin G., Ashbaugh L.L., 2002, Resuspension of Soil as a Source of Airborne Lead near Industrial Facilities and Highways. *Environ. Sci. Technol.*, 2002, 36 (11), pp 2484–2490, DOI: 10.1021/es015609u.
29. Zhang C., Qiao Q., Piper D.A.J., Huang B, 2011, Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution*, Vol. 159, Issue 10, October 2011, p. 3057-3070, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.04.006>.

Mulțumiri

Definitivarea acestei cercetări a fost posibilă cu sprijinul persoanelor care m-au ghidat și susținut pe tot parcursul profesional încă din primii ani ai studiilor universitare și până la acest moment.

Transmit sincere mulțumiri îndrumătorului meu de doctorat – Dl. Prof. Dr. Eugen Gurzău, fără a cărei susținere, implicare și îndrumare, nu s-ar fi concretizat acest rezultat. De asemenea, sincere mulțumiri pentru D-na Prof. Dr. Anca Gurzău, care a fost prezentă alături de mine cu răspunsuri, comentarii și discuții constructive, pe tot parcursul cercetării.

Mulțumesc Centrului de Mediu și Sănătate Cluj pentru suportul material și profesional în efectuarea întregii cercetării, în special pentru suportul în efectuarea analizelor fizico-chimice de laborator, precum și pentru background-ul informațional pus la dispoziție. Sincere mulțumiri echipei de la Centrul de Mediu și Sănătate Cluj, în particular echipei din laboratorul de analize fizico-chimice, care a fost alături de mine cu deschidere, cu sfaturi și informații utile în realizarea analizelor de laborator.

Mulțumesc primilor mentori care m-au format din punct de vedere profesional, la Facultatea de Științe a Universității Lucian Blaga din Sibiu, în special D-lui Prof. Teodor Calameț, care a văzut în mine un spirit ambițios și care mi-a oferit sprijinul profesional oportun pentru un absolvent.

Mulțumiri familiei care m-a susținut și m-a înțeles, m-a ghidat în formarea mea ca om, în special mulțumiri și recunoștință mamei și tatălui meu, care mi-au oferit afecțiunea și încrederea de care am avut nevoie și de la care am învățat perseverența și ambiția de a-mi depăși limitele.

Mulțumesc celor mai apropiați prieteni care cu răbdare m-au acceptat și încurajat.

Tuturor adresez cele mai sincere mulțumiri.