

<p>Aprobat de:</p> <p>Centrul National de Management Programe Denumirea prescurtată: CNMP Director Program: Nicolae Naum</p> <p>Semnătura:..... * Se va completa de catre Autoritatea Contractanta</p>	<p style="text-align: center;">Avizat Responsabil Domeniu</p> <p>Nume si prenume:.....</p> <p>Semnătura:.....</p>
--	--

RAPORT INTERMEDIAR DE ACTIVITATE (RIA) NR.**1..... (Cuprinde RST si REC)

Contract nr. ...52175 / 01 octombrie 2008 AAd. Nr.1.....
Denumirea ProiectuluiBilantul metalelor grele in agrosistemele din Romania....
Perioada acoperită: 1 octombrie 2008 – 28 februarie 2009
Faza(nr):** ...1.....
Data prezentării (conform contractului): .28 feb 2009

Elaborat de:

Contractor: Denumirea completă:UNIVERSITATEA DIN BUCURESTI.....

Reprezentant autorizat: Funcția: Director General/Rector

Nume și prenume: ..Prof. dr. Ioan Panzaru...

Semnătura:

<Director economic><Contabil șef>

Nume și prenume:..Ec. Adrian Albu

Semnătura:

Director de proiect :

Nume și prenume: Lector dr. Virgil Iordache

Semnătura:

Telefon, fax, 318 15 10
email virgil.iordache@g.unibuc.ro

Declarăm, pe proprie răspundere, ca datele furnizate prin prezentul Raport de activitate sunt reale și ca toate cheltuielile s-au efectuat, atât din resursele de la buget cât și din cofinanțare, în mod exclusiv pentru realizarea și în conformitate cu prevederile contractului nr. 52175 / 01 Oct 2008... finanțat prin Programul 4"Parteneriate în domeniile prioritare. Toate cheltuielile sunt înregistrate în contabilitate, iar contractorul va pune oricând la dispoziția autorității contractante documentele primare de înregistrare.

Raportul se prezintă la predare și pe suport electronic

SECTIUNEA 1

RAPORTUL STIINTIFIC SI TEHNIC (RST)

ETAPA DE EXECUTIE NR.1.....

CU TITLUL

RST - Raport stiintific si tehnic in extenso*

- Proces verbal de avizare interna**
- Procese verbale de receptie a lucrarilor de la parteneri**
- RFA - Raport final de activitate (numai pentru etapa finala)**

* pentru Programul 4 "Parteneriate in domeniile prioritare" se va utiliza modelul din Anexa 1

Cod: PO-04-Ed2-R0-F5

Cuprins

- 1 Obiectivele generale și de etapă
- 2 Rezumatul etapei
- 3 Descriere ST in extenso pentru fiecare partener

1 Obiectivele generale și de etapă

Obiectivele proiectului sunt următoarele:

Obiectivul 1: Evaluarea bilanțului de metale la nivel național și regional

Obiectivul 2: Optimizarea managementului integrat la nivel de fermă în funcție de conținutul de metale grele din sol și plante

Obiectivul 3: Elaborarea sistemului de alertă la nivel național.

Activitățile prevăzute pentru etapa 1 au fost următoarele:

1. Proiectarea bazei de date georeferențiate pentru distribuția microelementelor la nivel național, regional și local.
2. Analiza calitativă și cantitativă a datelor de distribuție a microelementelor în România existente la partenerii din proiect și în literatura de specialitate, alimentarea bazei de date
3. Analiza modelelor de bioacumulare disponibile pentru adaptare la nivelul României
4. Inventarierea speciilor de cultură și soiurilor pentru care este potențial necesară evaluarea bioacumulării, sinteza informațiilor disponibile cu privire la parametri biologici de interes pentru modelarea bioacumulării și a carentelor în aceste specii/soiuri

2 Rezumatul etapei

Bazele de date au fost proiectate din perspectiva cuplajului între necesitatea evaluării riscului pentru populația umană ca urmare a contaminării culturilor agricole și cea a evaluării serviciilor naturale biogeochimice la scară de bazin asociate circuitelor metalelor. Principiul de organizare al bazelor de date de nivel local este de a crea și gestiona informații relevante pentru toți actorii socio-economici implicați în problemă, atât emițătorii de poluanți, cât și cei afectați de poluare pe terenurile lor. Finanțarea alimentării unor astfel de baze de date ar reveni agenților economici și actorilor privați direct interesați, iar nivelurile superioare ar putea cofinanța acest monitoring doar în măsura în care ar fi interesat de utilizarea datelor pentru rezolvarea problemelor specifice la nivelul lor. Principiul de organizare al bazei de date de nivel regional a fost de cuplare bazei de date referitoare la soluri agricole, cu relevanță socio-economică locală, cu baza de date referitoare la managementul bazinelor hidrografice de scară mică din care fac parte aceste sisteme agricole, cu relevanță socio-economică regională. Finanțarea acestor baze de date ar reveni principal nivelurilor de management public local și județean, eventual pe regiuni de dezvoltare atunci când va exista o descentralizare administrativă în acest sens. Cofinanțare din partea nivelului național ar putea exista în vederea utilizării datelor pentru evaluarea serviciilor biogeochimice la nivel național. Principiul de organizare al bazei de date de nivel național a fost de cuplare a datelor rezultate din sistemul de monitoring integrat al solurilor deja existent (responsabilitatea ICPA) cu sistemul de monitoring al apelor pe bazine hidrografice majore. Finanțarea bazelor de acest nivel ar reveni Anticipăm astfel rezultatele prevăzute pentru anul trei al proiectului, ce țin de identificarea căilor de optimizare a sistemului de monitoring de nivel național. Activitățile viitoare ale proiectului în următoarele etape se vor concentra pe crearea bazelor de date de nivel local și regional în sistemele din zonele Zlatna (lunca inferioară) și Copșa mică, ca studii pilot demonstrative pentru utilitatea abordării și crearea sistemelor expert prevăzute de proiect.

ICPA a efectuat activitatea 2, iar USAMVB activitățile 3 și 4 după cum este descris în detaliu în capitolul de rezultate.

A avut loc un workshop de lucru cu toți partenerii, în care s-au clarificat chestiuni importante ce țin de disponibilitatea bazelor de date existente și de politica de valorificare a rezultatelor. Partenerul UB a achiziționat tehnica necesară pentru implementarea sistemului de gestiune a bazelor de date de nivel local și regional.

Obiectivele etapei au fost atinse. În condițiile dificile în care această etapă a fost efectuată cu finanțarea 100% din partea instituțiilor participante la proiect, considerăm că ea este cu atât un succes.

3 Descriere ST in extenso pentru fiecare partener

Coordonator UB

Rezultatele activității 1 au fost o parte publicate în lucrarea Iordache și colab. (2009, revistă cotate ISI), iar altă parte a fost înaintată spre publicare în lucrarea Bodescu și Iordache (submitted). Nu reluăm aici textele publicate și înainte spre publicare. Dacă este necesar pot fi furnizate reprint-uri.

- Bodescu, F., V. Iordache, Informational system for management of natural ecological systems, J. Appl. Ecology, submitted.
- Iordache, V., I. Stelian, A. Pohoata, 2009, Integrated modeling in metals biogeochemistry: potential and limits, *Chemie der Erde*, 69, 125-169

Partenerul 1 ICPA

INTRODUCERE

Prin poziția, natura și rolul său, solul este un component al biosferei și un produs al interacțiunii dintre mediul biotic și abiotic, reprezentând o zonă specifică de concentrare a organismelor vii, a energiei acestora, produse ale metabolismului și descompunerilor. Solul și vegetația acoperă scoarța terestră, formează o unitate inseparabilă, sistemul pedoecologic mondial, sistem în care planta și solul activează împreună. Organismele vii (plantele, animalele, microorganismele) și solurile se întrepătrund și se intercondiționează în sisteme complicate ecologice (biocenoze) care se schimbă în funcție de dinamica și caracteristicile fizice ale mediului fizico-geografic (Rojanschi și colab., 1997).

Din totalul elementelor chimice cunoscute, natura a selectat aproximativ 52, care intră în compoziția materiei vii. Adaptarea la nevoile organismelor vii, după schema: *otravă – impurități tolerabile – elemente utile – elemente esențiale*, s-a realizat în decursul evoluției vieții. În orice organism viu apar constant 40–43 elemente (denumite bioelemente), dintre care 25 sunt elemente esențiale pentru structura și funcționalitatea sa. Aceste elemente se încadrează între cele frecvent întâlnite în scoarța terestră, ceea ce demonstrează că selecția naturală a înlăturat dependența organismelor vii de elemente mai puțin accesibile. Șase din cele 25 elemente esențiale (carbonul, azotul, hidrogenul, oxigenul, fosforul și sulfurile) constituie baza edificiului materiei organice vii (Brezeanu și colab., 1990).

Dintre cele 108 elemente chimice cunoscute cca. 80 sunt metale. Fără a minimaliza rolul biologic al celor patru ioni ai metalelor ușoare (Ca, Mg, Na și K), trebuie subliniat că nu se pot concepe reacțiile biochimice în absența unor ioni ai metalelor grele, respectiv ai metalelor

tranziționale. Unele din însușirile fundamentale ale acestor ioni, printre care dimensiunile lor mici, structura electronică complicată, masa atomică mare, sarcina mare și variabilă, potențialele redox, explică indispensabilitatea lor pentru procesele biologice, respectiv importanța covârșitoare a acestor ioni în procesele fundamentale care stau la baza vieții. Acești ioni se găsesc în organismele vegetale și animale în cantități foarte mici (concentrații de ordinul 10^{-6} sau 10^{-9} g/g), în concentrații mai mari devenind toxici, din acest motiv numindu-se microelemente esențiale. Microelementele esențiale (Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cr, Fe) se găsesc în organism sub formă de combinații complexe chelate, organizate în cadrul unor edificii, adesea gigantice, numite în mod curent macromolecule cum sunt: porfinale, proteinele, glucidele, lipidele, intrând în compoziția metal-enzimelor sau ca activatori ai enzimelor (Brezeanu și colab., 1990).

Sursa principală de elemente metalice pentru plantele superioare și implicit pentru om și animale o reprezintă solul. Alături de elementele majore (Al și Fe), care contribuie la formarea matricii solului, regăsim în sol elemente metalice, cu rol important în acest sistem, ale căror concentrații sunt destul de mari și pot fi considerate elemente majore (Mn, Ca, Mg, K și Ti). Există în sol și metale (Cu, Zn, Mo, Ni) care în cantități normale sunt esențiale dezvoltării plantelor superioare iar în cantități excesive devin nocive. Acestor elemente metalice li se adaugă o nouă categorie – metalele care nu au un rol în ciclul de viață a organismelor vii și care se regăsesc în sol în cantități foarte mici, la nivel de urme (Hg, Cd, Pb, etc.). Aceste metale pot deveni toxice pentru plante chiar la conținuturi scăzute în sol, reprezentând totodată un pericol pentru sănătatea animalelor și a omului, prin bioacumularea în țesuturile vegetale și animale și prin pătrunderea în lanțul nutritiv. Trebuie menționat că modificarea concentrației unui element ca rezultat al interacțiunii mai multor factori poate transforma acel element în substanță toxică pentru organismul viu (Brezeanu și colab., 1990).

O cunoaștere profundă a proceselor care compun comportamentul metalelor grele în sistemul sol-plantă și a factorilor care influențează acest comportament permite prevenirea sau atenuarea efectelor negative caracteristice poluării cu metale grele.

CAPITOLUL 1 – Identificarea datelor și cunoștințelor existente la partenerii din proiect privind distribuția microelementelor la nivel de teren agricol

Utilizarea terenurilor constituie un domeniu de o importanță majoră crescândă în ultimul timp în lume, dar și în țara noastră - mai ales în condițiile relativ noi ale economiei de piață. Există în prezent o multitudine de probleme pe care managementul terenurilor trebuie să le rezolve, probleme a căror complexitate și varietate crește permanent. Ele se încadrează în probleme mai largi de management ca dezvoltarea durabilă, dezvoltarea rurală, planificarea sectorială, managementul fermelor și altele, unde resursa principală o constituie terenul.

Managementul terenurilor are în centrul său activitatea de *evaluare a terenurilor*. Probleme ca: eficientizarea utilizării terenurilor, utilizarea durabilă, producția agricolă insuficientă sau, dimpotrivă, supraproducția, restructurarea proprietăților de teren, utilizarea terenurilor marginale, cerințe noi de produse agricole, cererile de teren pentru urbanizare, industrializare, transporturi sau recreare, creșterea poluării și degradării terenurilor, utilizarea terenurilor recuperate din diferite stări și altele – nu pot fi rezolvate eficient fără o evaluare corespunzătoare, cu metode științifice, a performanțelor și comportării terenurilor în cazul diferitelor utilizări sau opțiuni specifice. Managementul terenurilor agricole (planificarea utilizării terenurilor, managementul tehnologic al terenurilor, precum și arbitrarea și aplicarea legislației privind terenurile) au devenit tot mai complexe, ceea ce a condus la abordări multiple, la rândul lor din ce în ce mai complexe (Vlad, 2001).

1.1. Conceptele de „sol” și „teren”

Vom folosi pentru *sol* accepțiunea dată în România de cele mai multe lucrări și anume ca fiind *corpul natural de la suprafața Pământului (litosferei) care asigură condiții de creștere pentru plante, adică are proprietatea denumită fertilitate* (Vlad, 2001). Raportat la această definiție, există multe *alte definiții* ale solului. Majoritatea dintre acestea nu modifică esențial conceptul de sol definit mai sus, ci numai *aduc explicații sau cel mult precizări* privind solul, ca de exemplu: este format din materiale minerale și organice, conține materie vie, asigură condiții de creștere a plantelor în aer liber, include faze solide, lichide și gazoase, este friabil, este rezultatul transformării rocilor (materialelor minerale) și materialelor organice sub influența îndelungată a factorilor de mediu (fizici, chimici și biologici), evoluează (se modifică) permanent în timp, respectiv are schimb continuu de substanțe și energie cu mediul și este capabil de autodezvoltare și de autoreglare.

Așa cum rezultă din cele de mai sus, *solul este permanent într-o strânsă interacțiune cu mediul său*, ale cărui elemente principale sunt: atmosfera (clima, respectiv temperatura, precipitațiile, vântul, etc), relieful, hidrologia (apa freatică, vecinătatea cu ape de suprafață), subsolul (substratul litologic), omul și fauna terestră, precum și planta (vegetația terestră). Pentru analiza privind utilizarea terenurilor agricole, este util să operăm cu *conceptul (sistemul) „teren”* ca o entitate delimitată teritorial care are o anumită utilizare. Deoarece localizarea teritorială (spațială) a solului, reliefului, atmosferei (climei), hidrologiei și subsolului este strict și permanent aceeași, aceste elemente fiind total integrate spațial, le putem considera ca formând împreună un sistem pe care îl numim “teren” (Figura 1).

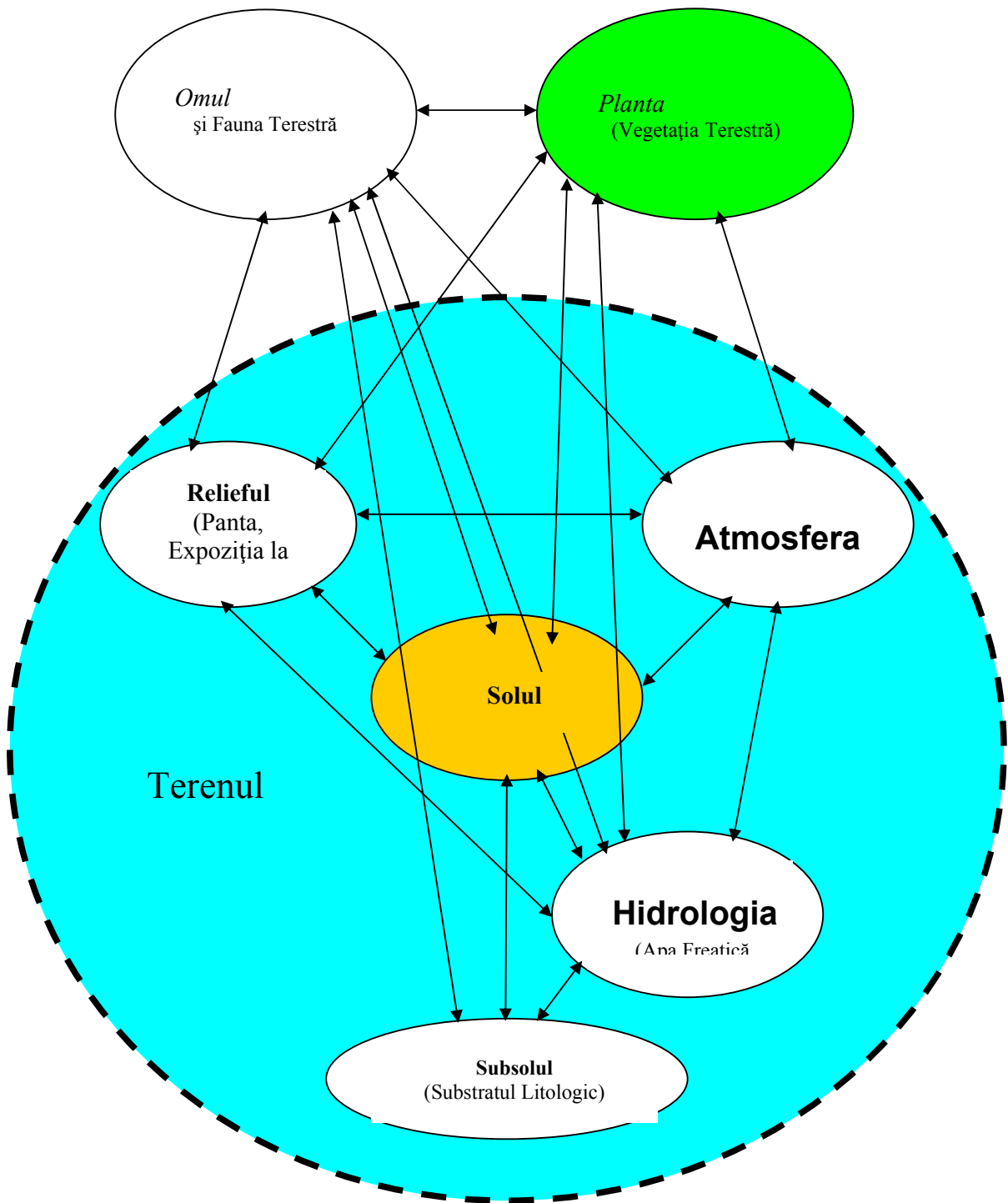


Fig. 1. Relația Sol - Teren – Plantă (Vlad, 2001)

Adaptând definiția terenului dată de (FAO, 1983) la conceptul de teren definit mai sus, vom spune că **terenul** este o arie de la suprafața Pământului, caracterizată prin attribute relativ stabile sau previzibile ciclic, incluzând attributele solului, atmosferei, reliefului, hidrologiei, substratului litologic, precum și rezultatele activității umane trecute și prezente – în măsura în care aceste attribute exercită o influență semnificativă asupra utilizărilor prezente sau viitoare ale acestei suprafețe (Vlad, 2001). Este de remarcat că această definiție nu condiționează calitatea de teren numai de folosința agricolă și că de multe ori în literatura de specialitate, în reglementările din domeniu, ca și în vorbirea curentă, *conceptul de sol este confundat cu conceptul de teren, fapt care crează confuzii*. De asemenea, se mai folosește uneori noțiunea de “pământ”, fie în înțelesul de sol, fie (mai ales) în înțelesul de teren. Mai menționăm că uneori în conceptul de teren se includ și populațiile de plante și animale din aria respectivă. Așa cum am arătat în figura 1, în continuare vom considera că plantele și animalele terestre sunt în afara sistemului teren, cu excepția faunei și microfaunei din sol, pe care le includem în acesta.

Unitatea de Teren (UT) este porțiunea de teren considerată relativ omogenă (cu parametrii relevanți având valori relativ constante pe întreaga suprafață) din punctul de vedere al utilizărilor prezente sau viitoare și la nivelul de detaliere pentru care se face evaluarea. Rezultă că poate exista totuși o variabilitate cu o anumită marjă a parametrilor în interiorul unei unități de teren; Mărimea acestei marje se definește în funcție de scara la care se lucrează, respectiv de sensibilitatea utilizărilor (pentru care se face evaluarea) față de parametri. Unitatea de teren prezintă relativ același răspuns pe întreaga suprafață la utilizările considerate (inclusiv la măsurile de ameliorare și respectiv la practicile tehnologice specifice utilizărilor considerate). O unitate de teren se definește printr-un set de caracteristici (parametri). *Pentru cazul studiilor de detaliu, respectiv la scări mari și foarte mari (peste 1:10.000), se folosește pentru UT denumirea de „teritoriu ecologic omogen” (TEO), care a devenit consacrată la noi în țară.*

1.2. Caracterizarea unităților de teren

Caracteristicile terenului reprezintă factorii fizici interni (intrinseci) ai terenului, respectiv parametrii unității de teren care sunt relevanți pentru comportarea sistemului teren-utilizare din punct de vedere al utilizărilor prezente sau viitoare considerate pentru evaluare și care pot fi măsurați sau estimați relativ ușor (direct). Caracteristicile terenului pot reprezenta factori fizici cu influență multiplă, interdependentă, asupra performanțelor sistemului teren-utilizare.

Dăm în continuare cu titlu de inventar o listă a principalelor caracteristici ale terenului recomandate a fi utilizate la evaluarea calitativă sau semi-cantitativă a terenurilor pentru utilizări agricole neirigate (FAO, 1983 ; Vlad, 2001):

1) Caracteristici de climă:

- Zona (clasa) climatică
- Radiația solară
- Durata zilnică a perioadelor cu soare
- Lungimea zilei
- Temperatura aerului
- Incidența înghețului
- Precipitații (volum, frecvență, intensitate, agresivitate)
- Incidența furtunilor
- Evapotranspirația (reală/potențială, măsurată/calculată)
- Exces/deficit de umiditate
- Lungimea sezonului umed/secetos
- Incidența perioadelor secetoase

- *Umiditatea relativă a aerului*
- *Viteza vântului*
- *Deficitul evapotranspirației relative*

2) Caracteristici de clima solului:

- *Temperatura solului*
- *Regimul termic al solului*
- *Regimul hidric (de umiditate) al solului*

3) Caracteristici de relief:

- *Clasa (unitatea) de relief*
- *Înclinarea pantei*
- *Forma pantei (convexă, concavă, etc.)*
- *Lungimea pantei*
- *Densitatea drenajului*
- *Spațierea ravenelor*
- *Relief relativ / minor*
- *Roci la suprafață*
- *Microrelief*
- *Altitudinea*
- *Poziția în peisaj*
- *Expoziția (față de soare)*
- *Aspectul suprafeței*
- *Distribuția formelor de relief*
- *Parametrii geotehnici*

4) Caracteristici de hidrologie

- *Adâncimea nivelului apei freatice*
- *Perioade de băltire a apei de suprafață*
- *Inundabilitatea (perioadă, frecvență, retragere)*

5) Caracteristici de vegetație și faună

- *Vegetația prezentă*
- *Apariția bolilor și dăunătorilor*
- *Prădători sălbatici*

6) Caracteristici de sol

6.1. Caracteristici generale de sol

- *Unități (clase, tipuri) taxonomice*
- *Clase de drenaj al solului*
- *Orizonturi diagnostice*
- *Distribuția solurilor*
- *Apariția turbei (orizont histic)*

6.2. Morfologia profilului de sol

- *Culoare*
- *Pete*
- *Schelet*
- *Textură*
- *Structură*
- *Consistență*
- *Adâncime efectivă sol*
- *Carbonați, gips*
- *Apariția crustei de suprafață*
- *Orizont cu sulfați acizi*
- *Cimentare*

6.3. Fizica solului și eroziunea

- *Indici hidrofizici (capacitatea de câmp, coef. de ofilire, capacitatea de apă utilă, valori pF, evapotranspirația relativă)*
- *Porozitate, Densitate aparentă*
- *Permeabilitate, Rata infiltrației*
- *Stabilitate structurală*
- *Indice de floclare*
- *Potențial redox*
- *Erodabilitatea solului*
- *Indici de eroziune prin apă*
- *Indici de eroziune prin vânt*

6.4. Chimia solului

- *pH*
- *Capacitate de schimb cationic*
- *Suma bazelor schimbabile*
- *Saturația în baze*
- *Conținut de azot*
- *Fosfor mobil*
- *Potasiu schimbabil*
- *Alți nutrienți: Ca, Mg, S, micronutrienți*
- *Rezervă totală de nutrienți*
- *Conductivitate electrică a extractului la saturație*
- *Săruri solubile totale*
- *Sodiu schimbabil*
- *Rata de absorbție a sodiului*
- *Prezența substanțelor toxice*
- *Riscul sulfaților acizi*
- *Modificatori de fertilitate*

6.5. Biologia solului

- *Carbon organic, Materie organică*
- *Indice C/N (carbon/azot)*
- *Organismele din sol*

6.6. Mineralogia solului

- *Minerale desagregabile (ușor alterabile)*
- *Mineralogia argilei*

7. Caracteristici privind amplasamentul terenului (parcele tehnologice)

- *accesibilitatea (lungimea și calitatea drumurilor de acces la piețele de desfacere și la diferite servicii de aprovizionare, față de sediul utilizatorului/fermierului, față de centre urbane sau de recreare etc.);*
- *mărimea și forma parcelei tehnologice; vecinătatea (adiacența) față de alte terenuri/utilizări.*

De multe ori, din anumite motive, anumite caracteristici ale terenului nu se determină direct și atunci ele se estimează (indirect) din caracteristicile disponibile prin așa-zisele *reguli sau funcții de transfer*, respectiv *funcții de pedotransfer*.

Uneori în analiza/evaluarea terenurilor se introduce și conceptul de „*calități ale terenului*”, definite ca alți parametri ai unității de teren care sunt relevanți pentru comportarea sistemului teren-utilizare din punctul de vedere al utilizărilor prezente sau viitoare considerate pentru evaluare și care sunt utili în descrierea modelelor proceselor sistemului, respectiv a modelelor de evaluare. De regulă, calitățile terenului sunt *indicatori complecși*, definiți ca acționând într-o manieră distinctă asupra favorabilității terenului pentru un tip de utilizare dat (spre deosebire de caracteristicile terenului care pot fi interdependente). De asemenea, pentru definirea calităților terenului se urmărește ca acestea să fie o măsură clară a unor cauze cu un efect cunoscut, să aibe răspuns predictibil și relativ stabil în timp la modificările cauzelor, precum și să reflecte gama completă a factorilor implicați.

Calitățile terenului pot fi definite ca valori privind cerințele fiecărei utilizări (tip de utilizare) avute în vedere sau independente de acestea. De asemenea, caracteristicile și calitățile terenului pot fi exprimate ca:

- ♦ nivele de favorabilitate ale factorilor respectivi pentru anumite rezultate de referință ale utilizărilor;
- ♦ nivele ale limitărilor introduse de factorii respectivi față de anumite rezultate de referință ale utilizărilor;
- ♦ necesar de consumuri tehnologice recurente (cantități fizice sau costuri) pentru a contracara anumite limitări minore în vederea obținerii unor rezultate de referință;
- ♦ nivele ale ameliorărilor terenului (fizic sau costuri) necesare pentru a contracara anumite limitări majore în vederea obținerii unor rezultate de referință.

Calitățile terenului se determină din caracteristici ale terenului care interacționează sau din alte calități pe baza unor reguli calitative de tip expert sau pe baza unor modele (formule/regresii, algoritmi etc.) reprezentând procesele funcționale implicate (FAO, 1983).

Dăm în continuare, cu titlu de inventar, o listă de calități ale terenului recomandate a fi utilizate la evaluarea terenurilor cu metode calitative și semi-cantitative pentru utilizări agricole neirigate (FAO, 1983):

- *Regimul radiației solare (radiația totală, durata zilnică);*

- *Regimul termic;*
- *Disponibilitatea (accesibilitatea) umidității (umiditate totală, perioade critice, riscul secetei);*
- *Drenaajul/aerația (disponibilitatea oxigenului pentru rădăcini);*
- *Disponibilitatea (accesibilitatea) nutrienților;*
- *Capacitatea de reținere a nutrienților;*
- *Condiții de penetrare a rădăcinilor;*
- *Condiții de germinare a plantelor;*
- *Umiditatea aerului (privind creșterea plantelor);*
- *Condiții de coacere (maturizare) a plantelor;*
- *Riscul de inundații;*
- *Riscuri climatice (îngheț, furtuni);*
- *Exces de săruri (sărăturare, alcalizare);*
- *Toxicități ale solului (aluminii, carbonat de calciu, gips, acid sulfatic, altele);*
- *Boli și dăunători;*
- *Lucrabilitatea solului;*
- *Mecanizabilitatea;*
- *Condiții de pregătire și eliberare de vegetație a terenului;*
- *Condiții de stocare și prelucrare a recoltei;*
- *Condiții de obținere de recolte timpurii sau în afara sezonului;*
- *Accesul în unitatea de producție (exploatație);*
- *Mărimea unității potențiale de management (parcele tehnologice);*
- *Accesibilitatea locului (existentă, potențială);*
- *Riscul de eroziune;*
- *Riscul de degradare a solului.*

O calitate a terenului utilizată cu succes în zonele tropicale este conceptul FAO de lungime a perioadei de creștere incluzând condițiile zilnice de temperatură și umiditate necesare unei plante, precum și evapotranspirația potențială.

Sunt de subliniat, de asemenea, unele *calități ale terenului* care sunt luate în considerare în ultimul timp în vederea evaluării *durabilității folosirii terenurilor*:

a) Cu efecte directe:

- *riscul (vulnerabilitatea) la eroziunea terenului;*
- *riscul (vulnerabilitatea) la poluarea terenului;*
- *riscul (vulnerabilitatea) la alte degradări ale terenului (epuizarea fertilității, acidifiere, compactare etc);*
- *riscul la poluarea apei freatice;*
- *calitatea habitatului viețuitoarelor (flora/fauna naturală);*
- *biodiversitatea naturală.*

b) Cu alte efecte colaterale (influențe asupra ecosistemelor din vecinătate):

- *riscul (vulnerabilitatea) la degradarea/poluarea terenurilor vecine;*
- *riscul (vulnerabilitatea) la poluarea și colmatarea râurilor/lacurilor etc;*

- *riscul (vulnerabilitatea) de modificare a biodiversității, respectiv florei/faunei naturale;*
- *riscul (vulnerabilitatea) de modificare a proprietăților recreaționale.*

1.3. Identificarea colecțiilor de date existente privind terenurile agricole din România

În prezent nu există aplicații/produse informatice care să acopere întreaga proces de management al terenurilor, respectiv să asiste pe utilizatori în toate etapele acestei activități. Au fost elaborate o serie de pachete de programe care gestionează de regulă datele de caracterizare a terenurilor agricole și implementează sau dau posibilitatea implementării unor metode de evaluare a terenurilor calitative, semi-cantitative sau cantitative (determinate, cu ajutorul unor modele de simulare a proceselor din sol și de creștere a plantelor de cultură și formare a recoltei). Ele permit în general determinarea favorabilităților unităților de teren față de diferite utilizări, respectiv a recoltei și evoluției fenofazelor și parametrilor solului, precum și vizualizarea pe ecranul calculatorului și scoaterea la imprimantă a acestor rezultate ale evaluării.

În tabelul 1 se prezintă cele mai importante baze de date din România privind terenurile.

Pentru constituirea unei baze de date georeferențiate care să includă toate informațiile necesare pentru rularea modelelor matematice de bioacumulare s-au analizat bazele de date privind terenurile agricole realizate în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA București. Dintre aceste baze de date, s-au ales cele care sunt disponibile în prezent în cea mai mare parte sub o formă informatizată și ar putea conține parametri de intrare pentru modelele matematice ce vor fi realizate în cadrul proiectului METAGRO:

- Baza de date a profilelor de sol din România (PROFISOL) (Vlad și colab., 1997);
- Baza de date a unităților de sol-teren din România (BDUST) (Vlad și colab., 2002-2006);
- Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (Răuță și colab., 1998; Dumitru și colab., 2000).

a) Baza de date a profilelor de sol din România (PROFISOL)

Baza de date PROFISOL a fost realizată în cadrul programului de cercetare-dezvoltare al ICPA în mai multe etape, în perioada 1986–1996 și a avut ca scop asigurarea de facilități de stocare, regăsire și prelucrare a datelor despre principalele profile de sol existente sau care se vor realiza în cadrul studiilor și cercetărilor pedologice din România. Realizarea acestei baze de date a urmat și este o dezvoltare a unei aplicații informatice anterioare de stocare și prelucrare a datelor fizice privind profilele de sol realizate pe calculatorul Felix C-256.

Datelor primare au fost grupate în patru grupuri: date generale despre profil, date morfologice ale profilului de sol și condiții de teren, date analitice fizice privind profilul de sol și date analitice chimice privind profilul de sol.

Conținutul bazei de date a fost ales astfel încât să răspundă unor utilizări diverse într-un cadru unitar care să asigure refolosirea datelor într-un grad cât mai ridicat. În consecință se asigură gestiunea atât a unui set foarte extins de date pentru un profil (necesare de exemplu pentru cercetări complexe), dar și a oricărui subset de date oricât de redus, fără a se impune utilizatorului operații inutile în plus. Practic, nici o dată nu este impusă, setul de date pentru un profil concret fiind impus numai de utilizarea/prelucrările avute în vedere de utilizator.

Tabelul 1. Baze de date existente în România privind terenurile.

Nr. crt.	Baza de date. Referințe; Localizare	Nivel de referință a datelor	Conținut	Software (Tip calculator)
1.	Baza de date de teren - sc. 1:50.000 a) Versiunea Felix ICPA/CIC-MA b) Versiunea Coral (Vlad și colab.,1990); ICPA c) Versiunea PC (Tapalagă și colab., 1997); ICPA	TEO (teritoriu ecol. omogen) TEO TEO	indicatori de teren (sol, climă, relief, hidrologie) indicatori de teren (sol, climă,relief,hidrologie) indicatori de teren (sol, climă,relief,hidrologie)	software propriu (FELIX-C256) software propriu (CORAL 4021) PARADOX 3.5 / /MS-DOS (PC)
2.	Baza de date de teren - sc. 1:10.000 a) Versiunea Felix, ICPA/CIC-MA b) Versiunea Coral, ICPA (Marian și colab., 1997)	TEO TEO	indicatori de teren (sol, climă,relief,hidrologie) indicatori de teren (sol, climă,relief,hidrologie)	software propriu (FELIX-C256) software propriu (CORAL 4021)
3.	Baza de date a unităților de sol teren din România (BDUST) (Vlad, 2001, 2003; Vlad și colab., 2002-2006)	TEO	indicatori de teren (sol, climă,relief,hidrologie)	software propriu (PC)
4.	Baza de date a profilelor de sol din România (PROFISOL); a) Versiunea Coral (Vlad și colab.,1997); ICPA b) Versiunea PC (Vlad și colab.,1997); ICPA	profil de sol, apă freatică profil de sol, apă freatică	indicatori morfologici, fizici și chimici, condiții de teren indicatori morfologici, fizici și chimici, condiții de teren	software propriu (CORAL 4021) MS Access / (PC)
5.	Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (Răuță și colab., 1998; Dumitru și colab., 2000); ICPA-FAO	profil de sol	indicatori morfologici, fizici și chimici, condiții de teren	EXCEL 5.0 / (PC)
6.	Baza de date pedogeochemice (Lăcătușu și Lungu, 1997); ICPA	profil de sol	indicatori pedogeochemici	MS Access / (PC)
7.	Sistem informatic geographic sc.1:1.000.000 SIGSTAR-1M (Munteanu și colab., 1992-93); ICPA	unitate de sol, comună, județ, microzone pedoclimatice, unitate de relief râuri/lacuri; vegetație (1:500.000)	indicatori unitate de sol; clase/zone de favorabilitate și suprafețe pentru categoriile de folosințe la nivel comună	ARC/INFO, ArcView (PC); SUN Sparc-20 / / Solaris 2.3)
8.	Sistem informatic geographic sc.1:200.000 SIGSTAR-200 (Vintilă și colab.,1994-2000); ICPA	unitate de sol	Indicatori unitate de sol	ARC/INFO, (SUN Sparc-20 / / Solaris 2.3)
9.	Sistem informatic geographic sc.1:200.000 (ROMSOTER-200) (Munteanu și colab., 1998); ICPA	unitate de teren, unitate de sol, profil de sol, orizont de profil de sol	indicatori de sol, climă, relief și hidrologie	ARC/INFO, ArcView (PC)

Alegerea datelor primare și lista valorilor, respectiv a codurilor pentru acestea, s-a făcut în urma unor analize repetate la care au participat foarte mulți specialiști din ICPA și din alte unități implicate în elaborarea și utilizarea studiilor și cercetărilor pedologice. De asemenea, această alegere s-a făcut în conformitate cu documentele care reglementează sub raport tehnic și metodologic elaborarea studiilor pedologice (ICPA, 1987).

Funcțiunile bazei de date au fost implementate în trei variante: varianta implementată pe minicalculator compatibil DEC PDP-11 (CORAL-4030/4021) sub sistemul de operare RSX-11M, o variantă implementată pe calculator personal PC sub sistemul de operare MS-DOS, utilizând pachetul de programe Paradox 3.5 și o variantă pe PC sub Windows 98 utilizând pachetul de programe MS Access. Dintre acestea, numai ultima variantă mai este disponibilă.

Datele sunt codificate conform Metodologiei ICPA (ICPA, 1987), respectiv pentru cazurile „date lipsă” se memorează blank pentru date alfanumerice și -1 pentru date numerice.

O serie de date neprevăzute în fișele de culegere date primare sau unele date primare lipsă se determină/estimează conform unor formule clasice sau algoritmi de definire, respectiv funcții de “transfer” / “pedotransfer” și sunt stocate în baza de date. Algoritmii de estimare au impus ca pedologul să valideze datele primare de bază (granulometrie, densitate aparentă etc.) înainte de a fi folosite la estimarea însușirilor lipsă, care la rândul lor după estimare se validează. Valorile multiple ale unei caracteristici s-au trecut în câmpuri separate. Baza de date conține și un nomenclator de coduri, organizat la nivel de indicator și cod și cuprinde descrierea semnificației fiecărui cod.

Pentru implementarea bazei de date s-au definit 637 de date/indicatori (170 date generale și morfologice, 326 date analitice fizice, 141 date analitice chimice), între care sunt incluși și unii de indicatori prevăzuți a fi luați în considerare pentru dezvoltările ulterioare. Cele mai multe date (indicatori) se stochează pentru fiecare strat („orizont”) de sol în parte – pentru fiecare profil de sol. Pot fi maximum 10 orizonturi pe un profil de sol și pot fi stocate 2167 date/indicatori pentru un profil de sol.

Baza de date a fost structurată în mai multe tabele cu date și un nomenclator (tabelă) cu semnificațiile codurilor:

- ♦ GP (51 date generale pe ansamblul profilului de sol):
 - *Codul profilului*
 - *Tipurile de date (morfologice/fizice/chimice) existente pentru profil*
 - *Numărul de (sub)orizonturi*
 - *Numărul de date cu erori necorectate*
 - *Instituția executantă a profilului*
 - *Numărul profilului în lucrarea de cartare*
 - *Codul lucrării de cartare în anul de evidență*
 - *Anul de evidență al lucrării de cartare*
 - *Ziua recoltării probelor*
 - *Luna recoltării probelor*
 - *Anul recoltării probelor*
 - *Codul pedologului coordonator al profilului*
 - *Codul pedologului de teren*
 - *Codul pedofizicianul*
 - *Județul*
 - *Comuna*
 - *Numărul profilului în comună*
 - *Grupa de posesori de teren*

- *Posesorul terenului*
- *Numărul parcelei cadastrale*
- *Anul de evidență al parcelei cadastrale*
- *Zona Gauss*
- *Fus Gauss*
- *Trapez Gauss 1:100.000*
- *Trapez Gauss 1:50.000*
- *Trapez Gauss 1:25.000*
- *Trapez Gauss 1:10.000*
- *Trapez Gauss 1:5.000*
- *Coordonata X în trapez*
- *Coordonata Y în trapez*
- *Alitudinea*
- *Microzona pedoclimatică*
- *Arealul microzonei pedoclimatice*
- *Unitatea fizico-geografică*
- *(Sub)zona de vegetație*
- *(Sub)bazinul hidrografic*
- *Geo-sistemul*
- *Unitatea de teren (TEO) la sc. 1:50.000*
- *Unitatea de teren (TEO) la sc. mare*
- *Tip stațiune de pajiște*
- *Tip stațiune forestieră*
- *Sistemul IF*
- *(Sub)categoria de folosință*
- *Cultura*
- *Grupa ecologică de vegetație*
- *Tipul de sol*
- *Subtipurile de sol (max. 3)*
- *Adâncimea momentană a apei freatice*
- *Adâncimea medie a apei freatice*
- ♦ **GO (13 date generale pe fiecare orizont al fiecărui profil de sol):**
 - *Numărul (sub)orizontului*
 - *Stratul litologic*
 - *Orizontul*
 - *Suborizontul*
 - *Orizontul asociat*
 - *Caracteristici suplimentară (max. 3)*
 - *Limita de jos a (sub)orizontului*
 - *Limita de sus a probei*
 - *Limita de jos a probei*
 - *Conținutul de schelet*
 - *Mărimea scheletului*
- ♦ **TER (44 date de caracterizare a condițiilor de teren aferent profilului de sol):**
 - *Forma principală de relief*
 - *Elementul formei principale de relief*
 - *Forma de mezo/micro-relief*
 - *Panta terenului (P)*
 - *Neuniformitatea terenului*
 - *Expoziția terenului*
 - *Aspectul suprafeței solului*

- *Acoperire cu stuf, arborete, mușuroaie sau popândaci*
- *Acoperire cu bolovani sau stânci (Z)*
- *Inundabilitatea (I)*
- *Drenajul global*
- *Eroziunea în suprafață / Colmatarea (max. 2) (e/c)*
- *Eroziunea în adâncime (max.2) (r)*
- *Alunecările de teren (max.2) (f)*
- *Amenajările IF (max.6)*
- *Eficiența amenajărilor IF*
- *Lucrările agropedoameliorative (max. 6)*
- *Modificările antropice (max. 2)*
- *Tipurile de poluare (max. 5)*
- *Gradul poluării*
- *Caracterul apei pedofreatice*
- *Mineralizarea apei freatică*
- *Alte caractere diagnostice (X) (max. 4)*
- **MP (18 date de caracterizare morfologică de ansamblu a profilului de sol):**
 - *Grosimea solului până la roca compactă*
 - *Materialul/Roca parentală (max. 2)*
 - *Tipul genetic al m/r parentale*
 - *Granulometria simplificată a m/r parentale*
 - *Roca subiacentă (max. 2)*
 - *Tipul genetic al rocii subiacente*
 - *Granulometria simplificată a rocii subiacente*
 - *Textura în orizontul Ap (sau primii 20 cm)*
 - *Textura în oriz. B (sau A/C)*
 - *Conținutul de schelet în oriz. Ap (sau primii 20 cm)*
 - *Conținutul de schelet în oriz. B (sau A/C)*
 - *Gradul de gleizare (G)*
 - *Gradul de pseudogleizare (W)*
 - *Gradul de salinizare (S)*
 - *Gradul de alcalizare (A)*
 - *Adâncime apariție carbonați (K)*
- ♦ **MO (35 însușiri morfologice pe fiecare orizont al fiecărui profil de sol):**
 - *Claritatea trecerii*
 - *Forma trecerii*
 - *Textura*
 - *Culoarea matricii la umed*
 - *Culoarea matricii la uscat*
 - *Culoarea petelor la umed (max. 2)*
 - *Frecvența petelor (max. 2)*
 - *Mărimea petelor (max. 2)*
 - *Disponerea petelor (max. 4)*
 - *Gradul de dezvoltare al structurii*
 - *Tipul (forma) structurii (max. 3)*
 - *Mărimea agregatelor (max. 3)*
 - *Consistența la umed*
 - *Consistența la uscat*
 - *Plasticitatea*
 - *Adezivitatea*
 - *Compactitatea*

- *Cimentarea*
 - *Mărimea macroporilor*
 - *Frecvența macroporilor*
 - *Mărime fisuri/crăpături (max. 2)*
 - *Frecvența fisurilor/crăpăturilor*
 - *Efervescența*
- ♦ MNF (maxim 65 date de caracterizare a neoformațiunilor pe fiecare orizont al fiecărui profil de sol):
 - *Forma carbonaților (max. 4)*
 - *Mărimea carbonaților (max. 4)*
 - *Distribuția carbonaților (max. 4)*
 - *Frecvența carbonaților (max. 4)*
 - *Forma sărurilor ușor solubile (max. 4)*
 - *Distribuție săruri ușor solubile (max. 4)*
 - *Frecvență săruri ușor solubile (max. 4)*
 - *Forma gipsului (max. 3)*
 - *Distribuția gipsului (max. 3)*
 - *Frecvența gipsului (max. 3)*
 - *Forma oxizilor/hidroxizilor (max. 3)*
 - *Mărime oxizi/hidroxizi (max. 3)*
 - *Distribuție oxizi/hidroxizi (max.3)*
 - *Frecvență oxizi/hidroxizi (max.3)*
 - *Natura/grosimea peliculelor (max. 2)*
 - *Dezvoltarea peliculelor (max. 2)*
 - *Forma silicei reziduale (max. 2)*
 - *Distribuția silicei reziduale (max. 2)*
 - *Frecvența silicei reziduale (max. 2)*
 - *Natură neoformațiuni biogene (max. 3)*
 - *Frecvența neoformațiunilor biogene (max. 3)*
 - *Grosimea rădăcinilor (max. 3)*
 - *Frecvența rădăcinilor (max. 3)*
 - *Natura incluziunilor (max. 4)*
- ♦ FO (maxim 41 date analitice fizice pentru fiecare orizont al fiecărui profil de sol):
 - *Tip obținere date*
 - *Nisip grosier total (2-0,2mm)*
 - *Nisip grosier f.mare (2-1mm)*
 - *Nisip grosier mare (1-0,5mm)*
 - *Nisip grosier mijlociu (0,5-0,2mm)*
 - *Nisip fin total - met. americană (0,2-0,05mm)*
 - *Nisip fin total - met. Atterberg (0,2-0,02mm)*
 - *Nisip fin mic (0,2-0,1mm)*
 - *Nisip fin f.mic (0,1-0,05mm)*
 - *Praf mare (0,05-0,02mm)*
 - *Praf - met.Americană (0,05-0,002mm)*
 - *Praf - met. Atterberg (0,02-0,002mm)*
 - *Argilă fizică (< 0,01mm)*
 - *Argilă (< 0,002mm)*
 - *Argilă fină (< 0,001mm)*
 - *Densitatea (D)*
 - *Densitatea aparentă (DA) la pF=0 (DA0)*
 - *DA la umiditatea inițială din cilindru (DAWIC)*

- *DA la saturație (DASAT)*
 - *Rezistența la penetrare standard (RP)*
 - *Indicele de contracție (IC)*
 - *Coeficientul de higroscopicitate (CH)*
 - *Umiditatea inițială din platformă (WIPL)*
 - *Umiditatea inițială din cilindru (WICIL)*
 - *Echivalentul umidității (EU)*
 - *Capacitatea de câmp (CC)*
 - *CC capilară de discontinuitate texturală (CCPD)*
 - *CC capilar freatică (CCPF)*
 - *Umiditatea la $pF=0$ (W_{pF0})*
 - *Conductivitatea hidraulică la saturație (K)*
 - *Umiditatea în cilindri la $pF=1$*
 - *Umiditatea în cilindri la $pF=1,6$*
 - *Umiditatea în cilindri la $pF=2$*
 - *Umiditatea în cilindri la $pF=2,5$*
 - *Densitatea aparentă din inel*
 - *Umiditatea în așezare modificată la $pF=0$*
 - *Umiditatea în așezare modificată la $pF=1$*
 - *Umiditatea în așezare modificată la $pF=2$*
 - *Umiditatea în așezare modific. la $pF=2,5$*
 - *Umiditatea în așezare modificată la $pF=3$*
 - *Umiditatea în așezare modific. la $pF=4,2$*
- ◆ FMA (40 date de identificare a metodelor de analize fizice pe profilul de sol);
 - ◆ CO (maxim 34 date analitice chimice pentru fiecare orizont al fiecărui profil de sol):
 - *pH în apă*
 - *pH în clorură de potasiu 0.1 N*
 - *Carbonat de calciu total ($CaCO_3$ tot)*
 - *Humus ($C \times 1,72$)*
 - *Azot (N) total*
 - *Fosfor (P) total*
 - *Fosfor mobil*
 - *Potasiu (K) mobil*
 - *Suma cationilor bazici de schimb (SB)*
 - *Capacitatea totală de schimb cationic (T)*
 - *Cationi schimbabili de calciu (Ca^{2+} sch)*
 - *Cationi schimbabili de magneziu (Mg^{2+} sch)*
 - *Cationi schimbabili de potasiu (K^+ sch)*
 - *Cationi schimbabili de sodiu (Na^+ sch)*
 - *Cationi schimbabili de aluminiu (Al^{3+} sch)*
 - *Aciditatea de schimb efectivă (Ae)*
 - *Aciditatea de schimb totală la $pH=8,3$ (A8.3)*
 - *Anioni solubili de nitrat (NO_3^- solb)*
 - *Anioni solubili de carbonat (CO_3^{2-} solb)*
 - *Anioni solubili de bicarbonat (HCO_3^{2-} solb)*
 - *Anioni solubili de sulfat (SO_4^{2-} solb)*
 - *Anioni solubili de clorură (Cl solb)*

- *Cationi solubili de calciu (Ca^{2+} solb)*
- *Cationi solubili de magneziu (Mg^{2+} solb)*
- *Cationi solubili de potasiu (K^+ solb)*
- *Cationi solubili de sodiu (Na^+ solb)*
- *Cationi solubili de amoniu (NH_4^+ solb)*
- *Cationi solubili de hidrogen (H^+ solb)*
- *Conținut total de săruri solubile (CTSS)*
- *Gips total*
- *Electroconductivitatea extractului apos 1:5*
- *Electroconductivitatea extractului apos la saturație*
- *Cationi de calciu și magneziu în extract apos la saturație*
- *Cationi de sodiu în extract apos la saturație*
- ♦ FMA (34 date de identificare a metodelor de analize chimice pe profilul de sol);
- ♦ CTU (30 date de identificare a tipurilor de uscare a probelor de sol la efectuarea analizelor chimice – pe profilul de sol);
- ♦ NOM (3 date – nomenclator cu semnificațiile unor coduri).

În prezent, baza de date PROFISOL conține date/indicatori privind cca. 4000 de profile de sol, din care toate au date analitice fizice (cca. 200 date/profil), peste 450 au și date analitice chimice (cca. 125 date/profil, inclusiv pentru apa freatică) și peste 170 au toate tipurile de date (cca. 1000 date/profil). Pentru unele profile încărcate într-o etapă mai veche este încă necesară actualizarea unor date pentru a le face conforme actualelor instrucțiuni de studii pedologice (ICPA, 1987). Colectarea datelor și analizele fizice și chimice de laborator au fost efectuate de către ICPA, în colaborare cu cele 37 Oficii de Studii Pedologice și Agrochimice (OSPA) teritoriale, în cadrul diferitelor lucrări de cercetare și diferitelor studii pedologice, într-o lungă perioadă de timp (cca. 1962–1996).

b) Baza de date a unităților de sol-teren din România (BDUST)

În anul 2002 a început punerea în aplicare a unui Program național de monitorizare sol-teren pentru agricultură în vederea cunoașterii caracteristicilor principale ale terenurilor agricole necesare diferitelor decizii de la diferite niveluri – național, regional, județean, comunal și la nivel de fermă agricolă. Colectarea datelor de caracterizare a terenurilor este prevăzută a se efectua prin studii pedologice (de regulă la nivel comunal) realizate de către oficiile teritoriale de studii pedologice și agrochimice (OSPA) pe baza unei metodologii unitare (Vlad și colab., 2002-2006). Gestiunea datelor este efectuată la nivel teritorial/județean de către OSPA teritoriale și la nivel național de către ICPA cu ajutorul unui set de programe dedicate acestei baze de date (BDUST) (Vlad, 2001; Vlad, 2003 ; Vlad și colab., 2002-2006). Baza de date națională se constituie la ICPA prin integrarea tuturor datelor din bazele de date BDUST județene.

Principalele date stocate și gestionate de baza de date BDUST sunt:

- ♦ 22 date climatice la nivel de areal climatic omogen (ACO):
 - *Nume(cod) stație meteo din ACO*
 - *Microzona pedo-geoclimatică*
 - *Latitudine – grade sexazecimale (centrul ACO)*
 - *Latitudine – minute sexazecimale (centr.ACO)*
 - *Latitudine – secunde sexazecimale (centr.ACO)*
 - *Longitudine - grade sexazecimale (centr.ACO)*
 - *Longitudine – minute sexazecimale (centr.ACO)*

- *Longitud. - secunde sexazecimale (centr.ACO)*
 - *Alitudine (media pe ACO)*
 - *Temperatura medie anuală a aerului*
 - *Suma totală a temperaturilor > 10 °C*
 - *Număr de zile fără îngheț pe an*
 - *Amplitudinea temperaturilor*
 - *Amplitudinea temperaturilor pe 7 zile dec.-febr.*
 - *Precipitații medii cumulate anual*
 - *Precipitații medii cumulate mai-august*
 - *Erozivitatea pluvială*
 - *Evapotranspirația potențială cumulată anual*
 - *Bilanț hidroclimatic annual*
 - *Indice de variabilitate temporală al BHC*
 - *Probabilitate evenimente meteo negative*
 - *Observații (sursă, măsurat/estimat, perioadă de calcul, etc.)*
- ♦ 67 date de caracterizare a unităților de sol (US):
 - *Cod unitate de sol (nr.ord. în comună)*
 - *Suprafață US*
 - *Categoria de folosință principală din US*
 - *Tip sol principal*
 - *Subtip sol principal/secundar (max. 3)*
 - *Caracteristici particulare sol (max. 3)*
 - *Gleizare sol*
 - *Pseudogleizare sol*
 - *Salinizare sol*
 - *Alcalizare sol*
 - *Eroziune în suprafață, decopertare, colmatare*
 - *Eroziune în suprafață (conform OMA-223/2002)*
 - *Erodabilitate*
 - *Material parental / de cuvertură*
 - *Clasă granulometrică material parental*
 - *Rocă subiacentă*
 - *Adâncime apariție rocă dură*
 - *Textura în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Textura în secțiunea 0–60 cm*
 - *Textura în orizontul intermediar AC sau B (50 cm)*
 - *Textura în secțiunea de control 0–150 cm*
 - *Scheletul în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Scheletul în orizontul intermediar AC sau B (50 cm)*
 - *Gradul de descompunere a materiei organice în Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Gradul de descompunere a materiei organice în orizontul intermediar AC sau B (50 cm)*
 - *Volumul edafic util*
 - *Gradul de tasare*
 - *Rezistența la arat*
 - *Permeabilitatea (K Sat.) în secțiunea 20–150 cm*
 - *Conținutul de humus în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Rezerva de humus în 0–50 cm*
 - *pH(/H₂O) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *pH(/H₂O) minim din secțiunea 0–60 cm*
 - *pH(/H₂O) maxim din secțiunea 0–60 cm*
 - *pH(/H₂O) minim din secțiunea 0–100 cm*

- *pH(H₂O) maxim din secțiunea 0–100 cm*
 - *Carbonat de calciu total în secțiunea 0–50 cm*
 - *Carbonat de calciu activ maxim din secțiunea 0–100 cm*
 - *Carbonați și bicarbonați solubili pe 0–25 cm*
 - *Adâncimea de apariție a carbonaților*
 - *Adâncimea de apariție a orizontului Cca*
 - *Indice de putere clorozantă max. pe 0–50 cm*
 - *Al schimbabil maxim din secțiunea 0–100 cm*
 - *Debazificare sol*
 - *Suma bazelor schimbabile în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Capacitatea totală de schimb a cationilor la pH 8,3 în Ap orizontul sau în secțiunea 0–20cm*
 - *Aciditatea totală la pH 8,3 (A83) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Aciditatea hidrolitică (Ah) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Gradul de saturație în baze (după A83) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Gradul de saturație în baze (după Ah) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Indicele de azot în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Conținutul total de azot în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Conținutul de fosfor mobil (accesibil) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Conțul de potasiu mobil (accesibil) în orizontul Ap sau în secțiunea 0–20 cm*
 - *Modificările antropice ale solului (max. 3)*
 - *Tipul de poluare sau degradare/deficiențe (max. 3)*
 - *Gradul de poluare/degradare/deficiențe*
 - *Gradul de acuratețe a datelor US*
 - *Observații US (sursă, măs./est., perioadă, etc.)*
- ♦ 66 date cu alte caracteristici la nivel de unitate de teren (teritoriu ecologic omogen – TEO):
- *Cod Teritoriu Ecologic Omogen (TEO)*
 - *Unitatea de sol*
 - *Arealul climatic omogen*
 - *Suprafața totală a TEO-ului*
 - *Suprafața terenului arabil din TEO*
 - *Suprafața cu pășuni din TEO*
 - *Suprafața cu fâneată din TEO*
 - *Suprafața cu vii din TEO*
 - *Suprafața cu livezi din TEO*
 - *Suprafața cu teren neproductiv din TEO*
 - *Numărul de areale ale TEO-ului*
 - *Categoria de folosință principală din TEO*
 - *Bazinul hidrografic*
 - *Zona naturală protejată*
 - *Forma principală de relief*
 - *Elementele formei principale de relief*
 - *Forme de mezo- și micro-relief*
 - *Neuniformitatea terenului*
 - *Panta terenului*
 - *Lungimea pantei (versantului) terenului*
 - *Expoziția terenului*
 - *Riscul de eroziune în suprafață*
 - *Eroziune în adâncime*
 - *Alunecări de teren*
 - *Starea eroziunii și alunecărilor*

- *Portanța solului*
- *Temperatura corectată (Clasă)*
- *Precipitații corectate (Clasă)*
- *Evapotranspirația potențială cumulată anuală (corectată)*
- *Bilanț hidroclimatic anual (corectat)*
- *Adâncime apă freatică*
- *Aport freatic*
- *Deficit de umiditate anuală*
- *Deficit de umiditate aprilie-iulie*
- *Exces de umiditate de suprafață*
- *Exces de umiditate de infiltrație laterală*
- *Drenaj lateral*
- *Inundabilitatea prin revărsare*
- *Acoperire cu bolovani/stânci*
- *Acoperire cu pietre*
- *Acoperire cu stuf/arbuști/mușuroaie/popândaci*
- *Acoperire cu stuf*
- *Acoperire cu arbori (> 10 cm)*
- *Acoperire cu arbuști și arbori (< 10 cm)*
- *Acoperire cu cioate groase (> 10 cm)*
- *Acoperire cu cioate subțiri (< 10 cm)*
- *Acoperire cu mușuroaie*
- *Acoperire cu popândaci*
- *Acoperire cu vegetație ierboasă*
- *Grosime țelină*
- *Degradare pajiști prin cărări de vite*
- *Desecare (de suprafață)*
- *Drenaj (de adâncime)*
- *Adâncime drenuri*
- *Irigație*
- *Indiguire*
- *Ameliorare sărături*
- *Amenajări antierozionale*
- *Terasari*
- *Afânare adâncă / scarificare*
- *Amendare cu calcar/gips*
- *Fertilizare ameliorativă/radicală*
- *Combatere poluare/degradări/deficiențe*
- *Grad de acuratețe a datelor TEO*
- *Lucrarea de cartare pedologică*
- *Observații TEO (sursă, măsur./est., perioadă,...)*

Definirea și codificarea datelor (indicatorilor) sunt cele din Metodologia Elaborării Studiilor Pedologice (ICPA, 1987), modificate acolo unde este cazul de Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor (ICPA, 2003) și completate de precizările din Metodologia unitară de realizare a bazelor de date ale unităților de sol-teren la nivel național și județean - Revizuirea 3 (Vlad și colab., 2002-2006). Constituirea bazei de date BDUST, conform metodologiei unitare, a început în anul 2003 și în perioada 2003-2006 s-au efectuat studii pedologice pe terenurile agricole a peste 300 de comune, însumând o suprafață de cca. 1,5 milioane de hectare. Aceste date sunt în curs de stocare pe calculator, iar efectuarea studiilor pedologice continuă pe bază de contracte anuale cu Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale.

c) Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS)

Pe măsura creșterii agresiunii antropice asupra solurilor, în contextul exploziei demografice, a sporit și preocuparea organismelor naționale și internaționale pentru urmărirea proceselor de degradare a acestora și, implicit, pentru aplicarea unui set de măsuri menite să stabilească normele privind protecția și ameliorarea resurselor de sol. România s-a asociat efortului mondial îndreptat în această direcție și a instituit, începând din anul 1977, conform recomandărilor U.N.E.P., „Sistemul de monitoring al stării de calitate a solurilor agricole”, ca parte integrantă a „Sistemului Național al Calității Mediului Înconjurător”.

Un sistem îmbunătățit de supraveghere a calității solurilor a fost inițiat în anul 1992, urmărindu-se integrarea preocupărilor în domeniu pentru solurile agricole și forestiere (Răuță și colab., 1998). Adaptarea la condițiile solurilor din România a fost efectuată de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului (ICPA București), în colaborare cu Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS București).

Ca urmare a acestor preocupări a rezultat Sistemul Integrat de Monitoring al Solurilor din România (SIMSR), cu două subsisteme: Subsistemul de Monitoring al Solurilor Agricole din România (SMSAR) și Subsistemul de Monitoring al solurilor Forestiere din România (SMSFR). Lucrările executate în cadrul SIMSR au cuprins: proiectarea sistemului, pregătirea instrucțiunilor, executarea lucrărilor de teren (caracterizarea siturilor de monitoring cu date din teren și din profilele de sol), recoltarea și conservarea probelor de sol și litieră, efectuarea analizelor de sol, stocarea datelor și a informațiilor, prelucrarea acestora asistată de calculator și întocmirea rapoartelor științifice.

Lucrările de teren au fost realizate de către ICPA în colaborare cu cele 37 Oficii de Studii Pedologice și Agrochimice (OSPA) teritoriale, cu Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS) și cu unitățile silvice teritoriale. Analizele fizice, chimice, în cea mai mare parte și cele privind poluarea au fost efectuate de către ICPA.

Lucrările de cercetare se efectuează la trei niveluri: În cadrul nivelului I se efectuează un set de investigații în toate punctele unei rețele (grile fixe) pentru identificarea arealelor cu soluri aflate în diferite stadii de degradare, urmărindu-se periodic evoluția acestora printr-un set de indicatori obligatorii. Nivelul II urmărește detalierea investigațiilor în situri reprezentative ale rețelei de nivel I și în puncte suplimentare (studii intensive), pentru identificarea cauzelor proceselor degradării învelișului de sol. Nivelul III aprofundează cercetările prin analize de detaliu ale proceselor dăunătoare, stabilește sursele și amploarea proceselor de poluare, prognozează evoluția proceselor și elaborează măsurile de remediere și urmărește efectele aplicării lor. Periodicitatea determinărilor este prevăzută a fi de 4-10 ani în rețeaua de nivel I și de 1-2 ani în suprafețe reprezentative, precum și cele afectate de procese de poluare.

Nivelul I, realizat în intervalul 1992-1998, se caracterizează prin următoarele elemente:

- Rețea fixă de 16 x 16 km însumând 942 de situri, din care 670 situri agricole și 272 forestiere, instalate în teritoriu pe baza coordonatelor geografice stabilite în concordanță cu convenția europeană “Convention on Long Range Transboundary Air Pollution”;
- Alegerea și amplasarea sitului de monitoring în cadrul unui pătrat cu latura de 400 m centrat în fiecare nod al rețelei;
- Înregistrarea datelor de teren, a caracteristicilor profilului de sol;
- Stocarea centralizată a probelor de sol (banca de soluri);

- Efectuarea analizelor fizice și chimice pe baza metodologiei unitare și înregistrarea acestora pe fișe speciale (tip analize fizice și analize chimice);
- Prelucrarea și interpretarea datelor, inclusiv întocmirea hărților tematice cuprinzând valorile punctuale ale indicatorilor principali.

Baza de date este gestionată cu ajutorul sistemului de programe de calcul tabelar MS Excel și cuprinde principalele categorii de date/indicatori de sol-teren conținute de baza de date a profilelor de sol PROFISOL (folosind aceleași fișe de culegere a datelor), precum și un set de date de caracterizare a stării de poluare a solului și anume: conținuturi totale de metale grele potențial poluante (Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, Mn, Cr), sulf solubil, fluor solubil și reziduri de insecticide organoclorurate (DDT și HCH). Datele disponibile se referă în principal la cele 942 de profile de sol (situri) din nivelul I al monitoringului.

Analiza celor trei baze de date realizate în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului București a permis evidențierea următoarelor aspecte:

- Există informații în *baza de date a profilelor de sol (PROFISOL)* și în *baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS)* ce ar putea fi considerate georeferențiate deoarece ele sunt atribuite unor profile de sol cu coordonate geografice precizate. Doar pentru profilele la amplasarea cărora s-a utilizat GPS-ul, coordonatele sunt stabilite cu o acuratețe acceptabilă. Pentru fiecare din profilele ce au fost amplasate prin poziționarea cu aproximație pe o hartă topografică, într-un trapez Gauss, trebuie făcută o analiză dacă coordonatele stocate în baza de date au acuratețea necesară pentru a fi utilizate într-un sistem informatic geografic.
- Datele stocate în baza de date a unităților de sol-teren din România (BDUST) au ca nivel de referință TEO-ul (Teritoriul Ecologic Omogen) și nu oferă informații cu privire la coordonatele punctelor de unde s-au recoltat probele de sol.
- Numai *baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS)* conține informații cu privire la distribuția unor microelemente (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb și Zn) în sol. *Baza de date a profilelor de sol (PROFISOL)* include doar informații cu privire la conținutul de aluminiu schimbabil din sol.
- Dintre cele 942 de situri de monitoring cu informații incluse în BDMIS, 670 de situri sunt amplasate pe terenuri agricole iar 272 sunt situri forestiere.

Analizând datele cu privire la microelemente obținute de ceilalți parteneri de proiect în cercetări anterioare se observă că nu există baze de date disponibile sub o formă informatizată și care pot asigura un volum de date coerente, relativ consistent cu cerințele proiectului METAGRO.

Există colecții de date ce conțin informații nestructurate despre poluarea cu metale grele a solului și a vegetației. Efecte toxice ale unor metale grele (Cd, Pb, etc.) asupra stării de sănătate a unor specii de animale (cabaline, ovine, bovine, etc.) au fost studiate de cercetători ai Facultății de Medicină Veterinară din cadrul Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București.

Majoritatea datelor primare nu sunt georeferențiate și se află în colecțiile personale ale celor care au realizat cercetări cu privire la efectele poluării cu metale grele asupra solului, plantelor sau animalelor, accesul la aceste informații fiind permis numai cu acordul celor care le-au obținut.

CAPITOLUL 2 – Identificarea informațiilor existente în literatura de specialitate cu privire la distribuția microelementelor în agrosistemele din România

Pentru constituirea unei baze de date care să includă informații cu privire la distribuția microelementelor în agrosistemele din România s-au analizat articolele existente în următoarele publicații:

- ❖ Revista Societății Naționale Române pentru Știința Solului („Știința Solului”) – volumele publicate în perioada 1995–2008;
- ❖ Lucrările Conferințelor Naționale pentru Știința Solului desfășurate în perioada 1997–2008;
- ❖ Lucrările Științifice ale USAMV București publicate în perioada 2002–2008;
- ❖ Lucrările Conferinței Internaționale „Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century”, Constanța, 2005.

Au fost identificate 75 articole cu privire la microelemente (metale grele) în soluri, vegetație, ape și animale: 14 lucrări în Știința Solului, 38 lucrări publicate cu prilejul Conferințelor Naționale pentru Știința Solului, 19 articole publicate în Lucrările Științifice ale USAMV București și 4 articole publicate în Lucrările Conferinței Internaționale „Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century”.

Rezultatele analizei efectuate sunt prezentate în tabelul 2, fiecare lucrare fiind descrisă prin:

- date de identificare a sursei bibliografice (numele primului autor și anul apariției articolului);
- modul de obținere a informației (studii în teren, experimente în casa de vegetație, experimente în câmp experimental, studii bibliografice, experimente în laborator);
- identificarea zonei de studiu;
- tipul probei analizate (sol, compost, nămol orășenesc, gunoi de grajd, steril, plantă, apă, etc.)
- elementul chimic și forma chimică analizată;
- numărul probelor luate în studiu;
- modul de prezentare a informației (date primare, parametri statistici, reprezentări grafice, hărți, modele matematice, etc.)
- alte proprietăți determinate ce ar putea furniza date de intrare pentru modelele de bioacumulare.

Se observă că în 42 dintre articolele analizate datele prezentate au fost obținute în urma efectuării unor studii de teren, în 10 articole au fost prezentate rezultate obținute prin experimentări în casa de vegetație, 3 articole conțin date provenind din experimente realizate în laborator și 12 articole prezintă rezultate obținute în câmpuri experimentale. Restul articolelor sunt fie sinteze bibliografice fie metodologii.

Tablelul 2. Sinteza informațiilor existente în literatura de specialitate cu privire la distribuția microelementelor în agrosistemele din România.

Nr. crt.	Sursa bibliografică	Mod de obținere a informației	Identificare zonă de studiu	Tip probă analizată	Elemente chimice / forme chimice analizate	Nr. probe analizate	Mod de prezentare a informației	Alte proprietăți determinate
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Aldea și colab. (2008)	Studii în teren	Zone periurbane - Iași	sol (0-20cm)	Zn, Cu, Pb și Cd – forme totale	350	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație, mediană, mod) pt. continuturile totale metale	nu
2	Borlan și colab. (2001)	Sinteză bibliografică	-	fertilizanți	Zn, Cu, B	neprecizat	-	-
3	Calciu și Dumitru (2001)	Experimente în casa de vegetație	ICPA București– material de sol de la Albota și Fundulea	sol + compost orășenesc plantă: varză, fasole, porumb	Cu, Pb, Ni, Cr, Cd, Zn – forme totale Cu, Pb, Ni, Cr, Cd, Zn	neprecizat	Valori medii	Corganic, pH, Nt, P _{AL} , K _{AL} , T
4	Câtu și colab. (2007)	Studii în teren	Roșia Montană	Sol (orizonturi genetice și probe agrochimice)	Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb și Zn	153	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) pt conținuturile totale	nu
5	Cîmpeanu și Baci (2001)	Cîmp experimental	Periș	sol (0-20cm; 20-40cm; 40-60cm)	Co, Pb, Cd, Cu, Zn și Mn – forme totale și solubile	60	Date primare	pH, humus, N, K _{AL} , P _{AL}
6	Dana și colab. (2005)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol de la Fundulea	sol (orizontul Am) plantă: porumb	Zn, Cu, Mn, Fe	neprecizat	Date primare Indici de susceptibilitate la carența de Zn.	pH, humus, P _{AL} , K _{AL}
7	Davidescu și colab. (2003)	Experimentări în casa de vegetație	USAMV – material de sol de la Moara Domnească	sol plantă: golomăț, păiuș de livada,	Pb	60	Valori medii	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Dițoiu și Ursul (2001)	Studii în teren – exploatarea miniere	Județul Suceava	sol (0-40cm) planta	Cu, Cd, Zn, Ni, Mn, Pb și Fe – forme totale Fe, Cu, Zn și Mn	29 16	Date primare Date primare	pH, săruri solubile, sulfați.
9	Dumitru și colab. (1997)	Experimentări în câmp	Zlatna	sol (0-20cm) plantă: porumb (frunze)	Cu, Zn, Pb și Cd – forme totale și extract. Na ₂ EDTA	neprecizat	Valori medii	pH
10	Dumitru și colab. (2001)	Studii teren	România (Baia Mare, Valea Călugărească)	sol	Cu, Zn, Pb, Cd – forme totale	neprecizat	Valori medii	nu
11	Dumitru și colab. (2004)	Studii teren	România, Baia Mare, Copșa Mică, Zlatna	sol (orizonturi genetice, probe agrochimice)	Cu, Pb, Zn, Cd	neprecizat	Intervale de variație și medie geometrică a conținuturilor totale de metale	nu
12	Dumitru și colab. (2004)	Experimentări în câmp	Albota-Pitești	sol (orizonturi genetice) nămol	Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn și Cd	neprecizat	Date primare Valori medii	pH, indicatori hidrofizici
13	Dumitru și colab. (2005)	Studii teren	România, Baia Mare,	sol	Cu, Pb – forme totale	neprecizat	Intervale de variație și medie geometrică a conținuturilor totale de metale	nu
14	Dumitru și colab. (2008)	Studii în teren	România	sol (stratul agrochimic)	Cu, Pb, Zn și Cd	neprecizat	Reprezentări grafice ale claselor de apreciere pt metale grele	nu
15	Florea (2002)	Studii în teren	România	sol	Metale grele	neprecizat	Criteria de evaluare a vulnerabilității solurilor la poluarea cu metale grele	pH, T, C _{organic}
16	Gamenț și colab. (2005)	Studii în teren	București – Neferal Acumulatorul	sol (0-20cm) plantă: diferite plante	Pb, Cu, Zn – forme totale	42	Hărți de încărcare a solurilor cu Pb, Cd și Zn Date primare	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Gâță și colab. (2000)	Studii în teren	Oltenia	sol (orizonturi genetice)	Zn – formă totală	312	Parametri statistici (medie aritmetică, abatere standard) pt conținuturile totale Ecuatii de regresie simplă Ecuatii de regresie multiplă	Corganic, fracțiuni granulometrice,
18	Gâță și colab. (2003)	Studii în teren	Oltenia	sol (orizonturi genetice)	Co – formă totală și diferite fracțiuni prezente în sol	309	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) pt conținuturile totale Ecuatii de regresie	pH, Fe, fracțiuni granulometrice, K, Al, Ni, Mn, Mg
19	Gâță și colab. (2003)	Studii în teren	Oltenia	sol (orizonturi genetice)	Ni – formă totală și diferite fracțiuni prezente în sol	309	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) pt conținuturile totale Ecuatii de regresie	pH, Fe, fracțiuni granulometrice, K,
20	Gheorghiu și colab. (1997)	Studii în teren	Sf. Gheorghe și Sulina	sol apa	Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Fe și Mn	neprecizat	Reprezentări grafice ale valorilor medii	nu
21	Goloșie și colab. (2008)	Studii în teren	Moldova Nouă - halde	steril	Cr, Cu, Mn, Ni, Zn și Pb	7	Date primare	nu
22	Ianoș și Gogoășă (2007)	Studii în teren	Beba Veche – Cenad Timișoara - Utvin	Sol (0-20cm) apa legume	Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb, Zn – forme totale și extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄	neprecizat	Date primare Coeficienți de translocare	nu
23	Ianoș și Iliș (2001)	Studii în teren	Timișoara	sol	Cd, Cu, Pb și Zn – forme totale	20	Date primare	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	Ilie și colab. (2007)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol Albota	sol nămol orășenesc	Zn	neprecizat	Reprezentări grafice	pH, N _t , K _{AL} , P _{AL}
25	Konradi și colab. (2008)	Experimente de laborator	Baia Mare	Sol (5-10cm)	Cu, Pb - Frațiuni prezente în sol – separate prin metoda Tessier	neprecizat	Valori relative ale conținuturilor de metale prezente în diferite fracțiuni	pH, C _{organic}
26	Lăcătușu și colab. (1995)	Studiu în teren	Copșa Mică	sol (0-18cm) plantă (vegetație ierboasă) organe și țesuturi animale (bovine)	Cd, Cu, Pb, Zn – formă totală și extract EDTA-CH ₃ COONH ₄	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație) valori medii	nu
27	Lăcătușu și colab. (1997)	Studii în teren	România	sol (orizontul A)	Cd, Pb – forma totală	1112	Intervale de variație și medii geometrice ale conținuturilor totale de metale grele Hărți de încărcare cu Cd și Pb pentru orizontul A al solurilor din România	nu
28	Lăcătușu și colab. (1997)	Studii în teren	Câmpia Banato-Crișana	sol (orizonturi genetice)	Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn) – forma totală	546	Harti de abundență Parametri statistici (medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație)	nu
29	Lăcătușu și colab. (1997)	Studii în teren	Copșa Mică	sol (orizonturi genetice) plantă (vegetație ierboasă) organe și țesuturi animale	Cd, Cu, Pb și Zn – forme totale și forme extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație) Reprezentări grafice ale fluxurilor de metale grele	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	Lăcătușu și colab. (1998)	Studii în teren	Baia Mare, Copșa Mică, Zlatna	sol (orizonturi genetice) plantă (vegetație ierboasă) apă organe și țesuturi animale (bovine)	Cd, Cu, Pb și Zn – forme totale și forme extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄ Cd, Cu, Pb, Zn - conținut total Cd, Cu, Pb, Zn - conținut total Cd, Cu, Pb, Zn - conținut total	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație) Valori medii Reprezentări grafice ale fluxurilor de metale grele în sistemul sol – plantă - animal	pH, V, clasa texturală
31	Lăcătușu și colab. (1999)	Studiu în teren	Zlatna	sol (orizonturi genetice)	Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn – formă totală	154	Harti de vulnerabilitate și de încărcare (1:200 000) Reprezentări grafice ale mediei geometrice	pH, SB, Al _{schimb.}
32	Lăcătușu și colab. (2001)	Studii în teren	București	soluri urbane (0-20cm)	Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn – formă totală	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație, mediană, mod) pt. continuturile totale metale grele	PCB, PAH,
33	Lăcătușu și colab. (2001)	Studii în teren	Moldova	sol (prizonturi genetice)	Pb-forma totală	529	Parametri statistici pt. continuturile totale de Pb Hărți de distribuție a Pb în solurile din Moldova	nu
34	Lăcătușu și colab. (2002)	Studii în teren	Baia Mare	sol (orizonturi genetice și probe agrochimice)	Cd, Cu, Pb și Zn – forme totale și forme extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄	511	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație, mediană, mod) Reprezentări grafice	Cianuri

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	Lăcătușu și colab. (2004)	Studiu în teren	Munții Bistriței	sol (orizonturi genetice)	Pb, Cu, Zn, Mn – forma totală și forma complexată cu material organică și forma mobilă extract. HCl 0,05M.	46	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) Curbe de distribuție ale metalelor Valori ale indicelui de încărcare cu metale grele	nu
36	Lăcătușu și colab. (2004)	Studii în teren - parcuri	București	sol (orizonturi genetice)	Cd, Cu, Co, Cr, Ni, Pb și Zn) – formă totală și 5 fracțiuni prezente în sol	33	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) Reprezentări grafice privind repartiția procentuală a fracțiunilor metalelor grele în sol Valori ale indicelui de încărcare cu metale grele	pH, CaCO ₃ , SB, SH, T, V, humus, N _{total} , P _{AL} , K _{AL} .
37	Lăcătușu și colab. (2005)	Studii în teren	Baia Mare	sol (0-5cm, 5-20 cm și 20-40cm)	Cd, Cu, Pb și Zn – forme totale și forme extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație, mediană, mod) Reprezentări grafice ale distribuției pe profil a metalelor	nu
38	Lăcătușu și colab. (2008)	Studii în teren	Roșia Montană	sol (orizonturi genetice) roci	Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn Cd, Co, Pb, Zn, Cr, Cu, Mn,	153 1172	Valori medii ale conținuturilor de metale	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
39	Lăcătușu și colab. (2008)	Studii în teren	România	sol (orizonturi genetice)	Li – formă totală și extract. EDTA-CH ₃ COONH ₄	neprecizat	Parametri statistici pt formele mobile de litiu Valori medii aritmetice ale conținuturilor totale Reprezentări grafice ale distribuției pe profil	nu
40	Lungu (2005)	Plantații pomicole	Glimboca Păltiniș (SCPP Caransebeș)	sol (orizonturi genetice) plantă: măr (rădăcini, frunze, fructe)	Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn, Cd – forme totale și mobile	neprecizat	Date primare	pH, N, Humus, P _{AL} , K _{AL} , N, K, P, Na, Ca, Mg
41	Lungu și colab. (2008)	Studii în teren	București	sol (0-10, 10-20; 20-40cm)	Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni, Cr, Co, Cd	77	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) pt conținuturile totale	-
42	Lungu și colab. (2008)	Câmpuri experimentale	Bacău Vidra Traian - Ialomița	plante: ardei gras, tomate, pătlăgele vinete	Zn, Cu, Fe și Mn – prezente în sucul celular	12	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație)	pH
43	Manea și colab. (2005)	Studii în teren	Zlatna	sol (orizonturi genetice)	Cu, Pb și Zn – forme totale și extract. in Na ₂ EDTA	neprecizat	Reprezentări grafice a distribuției metalelor pe profilul de sol	pH, Corganic, Nt, P _{AL} , K _{AL} , T, Argilă,
44	Manea și Crăciun (2006)	Studii în teren	Zlatna	sol	Cd, Cu, Pb și Zn	neprecizat	Spectre de difracție a razelor X	pH, Frațiuni granulometrice, SB, T, V
45	Manea și colab. (2008)	Studii în teren	Baia Mare	sol (0-10 cm și 10-20cm) plantă: veg.ierb	Pb, Zn, Cu, Cd și Mn	neprecizat	Date primare Reprezentări grafice a distribuției metalelor în sol	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	Mocanu și Mocanu (2001)	Studii în teren	Județul Dolj	sol (0-20cm) apă	Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Cd – forme totale Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Cd	43 3	Date primare Date primare	pH, Humus, N, K, K, NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺
47	Muntean și colab. (2008)	Experimentări în câmp	Franța	sol (0-25cm și 25 – 50 cm) plantă: in	Cd, Cu, Ni, Pb și Zn	neprecizat	Model matematic	nu
48	Neață și colab. (2008)	Experimentări în câmp	Potlogi, Prahova	sol (0-20cm) plantă: ridichi	Cu, Zn, Pb și Cd	neprecizat	Date primare	nu
49	Paulette și Todoran (2004)	Studii în teren	Zlatna	sol (orizonturi genetice)	Pb, Cu, Zn și Cd	15	Date primare	pH, Nt, Humus, P _{AL} și K _{AL}
50	Olănescu și colab. (2007)	Studii în teren	Neferal Acumulatorul	sol (0-20cm) plantă: diferite plante	Pb, Cu și Zn – forme totale	neprecizat	Intervale de variație al conținuturilor totale de metale grele Date primare ale conținuturilor de metale grele în plante Considerații generale fitoextracție	nu
51	Olănescu și colab. (2007)	Studiu bibliografic						
52	Olănescu și colab. (2005)	Experimentări în laborator	Neferal Acumulatorul	sol (0-20cm)	Pb, Cu și Zn – diferite fracțiuni extract. in diverse soluții	neprecizat	Date primare și valori relative	pH, T
53	Paulette și colab. (2007)	Studii în teren	Zlatna	sol (0-20cm)	Pb, Cu, Zn, Cd – forme totale	neprecizat	Interval de variație a valorilor conținuturilor de metale grele	pH
54	Paulette și colab. (2008)	Studii în teren	Zlatna	Sol (0-20cm)	Pb, Cu, Zn și Cd – forme totale și extract. Na ₂ EDTA	neprecizat	Intervale de variație a conținuturilor totale de metale	pH, analiza mineralogică
55	Plopeanu și colab. (2008)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol de la Fundulea,	sol plantă: porumb	Pb – forme totale	neprecizat	Valori medii	nu
1	2	3	4	5	6	7	8	9

56	Podrumar și colab. (2005)	Plantații viticole	SCDVV Miniș	sol (orizonturi genetice) plantă: vită de vie (frunze, lăstari, struguri)	Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd	neprecizat	Date primare	pH, SB, Humus, Nt, P _{AL} , K _{AL} , Frațiuni granulometrice
57	Răuță și colab. (1997)	Studii în teren	Baia Mare	sol (orizontul A)	Cu, Pb, Zn, Cd – forme totale		Intervale de variație a conținuturilor totale de metale Indici de încărcare a solurilor cu metale grele	nu
58	Rizea și colab. (2005)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol de la Albota, Fundulea, Tîncăbești	sol (0-20cm) plantă: Lolium perenne	Cd	36	Ecuatii de regresie	pH, SB, Ah, T, V
59	Rogobete și colab. (2001)	Studii în teren	Bazinul Dunării	sol sedimente apă	Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, fe,	neprecizat	Valori medii anuale	nu
60	Rusu și colab. (2001)	Experimentări în câmp	Zlatna	sol (0-20 cm) plantă – vegetație ierboasă, frunze măr, frunze prun	Pb, Cd, Zn, Cu	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație) pt conținuturile totale Coeficienți de translocare	nu
61	Rusu și colab. (2005)	Experimentări în câmp	Zlatna	sol (0-20cm) plantă: fânaț	Pb, Cd, Cu, Zn – forme totale	neprecizat	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, mediană, mod, abatere standard, coeficient de variație)	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	Stan și colab. (2008)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol de la Fundulea,	sol plantă: porumb	Zn	neprecizat	Valori medii randamente de mobilizare a Zn	pH
63	Stătescu și colab. (2001)	Perimetre experimentale	Bacău	sol (0-20cm) apă pulberi sedimentabile	Cu, Fe, Zn, Mn și Pb – forme totale	neprecizat	Date primare Ecuații de regresie	pH, Humus, Indicatori hidrofizici, T, V
64	Stroe și colab. (2008)	Studii în teren	Iași – parcuri și grădini	sol (0-20cm)	Zn, Cu, Pb – forme totale	33	Parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică, abatere standard, coef. de variație, mediană, mod) pt. continuturile totale metale	nu
65	Taină și colab. (2001)	Studii în teren	Baia Mare	sol (orizonturi de suprafață)	analiză micromorfologică – acumulări Cu, Zn, Pb și Cd	neprecizat	Fotografii ale secțiunilor subțiri cu acumulări minerale	nu
66	Țigănaș și colab. (2005)	Experimentări în laborator	ICPA – material de sol de la Fundulea, Războieni, Trifești, Moțaței, Caraula, Najorid	sol (0-20cm)	Zn	6	Izoterme de adsorbție a Zn	nu
67	Udrescu și colab. (1997)	Studii în teren	Slatina	sol (0-20cm și 20-40cm) plantă: grâu (paie, boabe); fl. soarelui (frunze)	Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn, Cr, Cd – forme totale	22	Date primare	pH, Nt, humus, P _{AL} , K _{AL} ,
68	Udrescu și colab. (2008)	Studii în teren	Letca, Brănești	sol (orizonturi genetice)	Zn, Cu, Fe, Mn, Pb și Cd – forme totale și mobile	neprecizat	Ecuații de regresie	nu
69	Ulmanu și colab. (2005)	Studii în teren	București – Neferal Acumulatorul	sol (0-20cm)	Pb, Cu și Zn – forme totale	neprecizat	Intervale de variație al conținuturilor totale de metale grele	nu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	Vâjială și colab. (2003)	Experimentări în casa de vegetație	ICPA – material de sol Periș	sol compost plantă: tomate	Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Mn, Cr, Cd – forme totale	neprecizat	Valori medii Reprezentări grafice ale valorilor medii	nu
71	Vintilă și colab. (2004)	Activitate birou pe baza studiilor în teren	Copșa Mică				Metodologie de realizare SIG și aplicații în zona Copșa Mică	
72	Vrânceanu și colab. (2005)	Studii în teren și câmpuri experimentale	Copșa Mică	sol (0-20cm) plantă: vegetația spontană; porumb, grâu, lucernă	Cu, Zn, Pb și Cd – forme totale și extract. în Na ₂ EDTA și NH ₄ NO ₃	neprecizat	Inrevale de variație și valori medii pentru conținuturile de metale grele Reprezentări grafice ale valorilor medii ale conținuturilor de metale	nu
73	Vrânceanu și colab. (2005)	Studii în teren	Copșa Mică	sol (0-20cm) plantă: vegetație spontană	Zn, Pb, Cd – forme totale	neprecizat	Reprezentări grafice ale valorilor factorilor de transfer din sol în plantă	pH, C _{organic}
74	Vrânceanu și colab. (2008)	Experimente în casa de vegetație	ICPA–material de sol de la Copșa Mică	sol plantă: porumb (tulpini, frunze, pănuși, boabe)	Cd, Zn, Pb	30 120	Valori relative ale conținuturilor totale (% din valorile determinate la martor); Reprezentări grafice ale valorilor medii ale conținuturilor de metale grele	nu
75	Vrânceanu și colab. (2008)	Experimente în casa de vegetație	ICPA – material de sol de la Albota pitești	nămol orășenesc plante ovăz: paie și boabe	Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn și Mn Cd, Pb, Zn	10 112	Parametri statistici pt conținuturile totale din nămol Reprezentări grafice ale valorilor medii ale conținuturilor de metale grele	pH, C _{organic} , N, P, K, AOX, PCB

Zone studiate sunt fie unități de relief (Câmpia Banato-Crișană, Munții Bistriței, Bazinul Dunării), fie regiuni geografice (Moldova și Oltenia), fie areale aflate sub influența unor surse de poluare (Roșia Montană, Zlatna, Baia Mare, Valea Călugărească, Copșa Mică, București Neferal – Acumulatoru, Slatina, etc). Datele de caracterizare a acestor zone nu sunt georeferențiate (nu au precizate coordonate geografice ale punctelor de recoltare a probelor).

Determinările au fost efectuate pe probe sol recoltate de la diferite adâncimi sau pe orizonturi genetice, pe probe de plantă recoltate din culturi agricole (porumb, grâu, ovăz, floarea soarelui, legume) și din vegetația spontană prezentă în zona studiată. Au fost analizate și probe recoltate din organe și țesuturi animale, din apă, pulberi sedimentabile, steril și produse reziduale organice.

Elementele chimice studiate în cele 75 de lucrări au fost: Cd, Cu, Cr, Co, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Zn. În majoritatea cazurilor, pentru probele de sol, s-a determinat *forma totală* a elementului (determinată prin mineralizarea acidă umedă a probei). În câteva articole sunt prezentate și forme extractibile în Na₂EDTA, EDTA-CH₃COONH₄, NH₄NO₃, etc.

Numărul de probe analizate nu este întotdeauna precizat iar informația obținută este prezentată în majoritatea cazurilor cu ajutorul unor parametri statistici (interval de variație, medie aritmetică sau geometrică, abatere standard, coeficient de variație, mediană, mod) sau sub formă grafică. În 15 articole sunt prezentate chiar datele primare.

Ultima coloană a tabelului conține informații calitative cu privire la alte caracteristici ale solului determinate ce ar putea fi folosite ca date de intrare în modelele de bioacumulare: reacția solului (pH), conținut de carbon organic (C_{organic}), conținut total de azot (N_t), conținut de fosfor și potasiu mobil (P_{AL} și K_{AL}), capacitatea de schimb (T), suma bazelor schimbabile (SB), gradul de saturație (V), conținutul de argilă, etc.

CONCLUZII ȘI CONTINUAREA CERCETĂRILOR

1. Concluzii

Colectarea datelor necesare proceselor de decizie privind terenurile agricole este o preocupare importantă și în întreaga lume s-au constituit colecții de date specifice. Acestea, însă, deși sunt variate, sunt incomplete, uneori necoerente, fiind definite și colectate în perioade lungi de timp, cu metodologii diferite și în scopuri diferite. În același timp, aceste colecții de date nu sunt publice. Pe de altă parte, obținerea (culegerea/colectarea) acestora fiind dificilă, costisitoare și de lungă durată, este necesar să se valorifice cât mai deplin, orice reutilizare putând aduce avantaje.

Pentru constituirea unei baze de date georeferențiate care să includă toate informațiile necesare pentru rularea modelelor matematice de bioacumulare s-au analizat bazele de date privind terenurile agricole realizate în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA București. Dintre aceste baze de date, au fost prezentate cu detalii cele care sunt disponibile în prezent sub o formă în cea mai mare parte informatizată și care pot asigura un volum de date coerente, relativ consistent cu cerințele proiectului METAGRO: Baza de date a profilelor de sol din România (PROFISOL), Baza de date a unităților de sol-teren din România (BDUST) și Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS).

Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS) este singura dintre cele trei baze de date analizate care conține informații relativ consistente (670 de

situri de monitoring sunt amplasate pe terenuri agricole) cu privire la distribuția unor microelemente (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb și Zn) în sol. Baza de date a profilelor de sol (PROFISOL) include, pentru anumite profile, doar informații cu privire la conținutul de aluminiu schimbabil din sol.

Informațiile incluse în Baza de date a profilelor de sol (PROFISOL) și în Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS) pot fi considerate georeferențiate deoarece ele sunt atribuite unor profile de sol cu coordonate geografice precizate. Pentru amplasarea siturilor de monitoring s-a utilizat GPS-ul, coordonatele geografice fiind stabilite cu o acuratețe acceptabilă. Pentru profilele ce au fost amplasate prin poziționarea cu aproximație pe o hartă topografică coordonatele stocate în baza de date nu au acuratețea necesară pentru a fi utilizate într-un sistem informatic geografic. Datele stocate în baza de date a unităților de sol-teren din România (BDUST) au ca nivel de referință TEO-ul (Teritoriul Ecologic Omogen) și nu oferă informații cu privire la coordonatele punctelor de unde s-au recoltat probele de sol.

Datele cu privire la microelemente obținute de ceilalți parteneri de proiect în cercetări anterioare sunt incluse în colecții de date ce conțin informații nestructurate despre poluarea cu metale grele a solului și a vegetației. Efecte toxice ale unor metale grele (Cd, Pb, etc.) asupra stării de sănătate a unor specii de animale (cabaline, ovine, bovine, etc.) au fost studiate în cadrul Facultății de Medicină Veterinară a Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București.

Analiza informațiilor cu privire la distribuția microelementelor în agrosistemele din România prezente în literatura de specialitate (Revista Societății Naționale Române pentru Știința Solului, Lucrările Conferințelor Naționale pentru Știința Solului, Lucrările Științifice ale USAMV București, etc.) a identificat 75 articole cu privire la microelemente (metale grele) în soluri, vegetație, ape și animale.

Datele prezentate în articolele selectate, deși sunt variate, sunt incomplete, fiind definite și colectate în perioade lungi de timp, cu metodologii diferite și în scopuri diferite. Considerăm că ele nu pot fi utilizate pentru crearea unei baze de date georeferențiate deoarece nu conțin informațiile exacte pentru localizarea punctelor de recoltare a probelor de sol și plantă.

2. Continuarea cercetării

Activitățile desfășurate în această etapă nu au identificat date complete și consistente privind distribuția microelementelor în agrosistemele din România. Datele care ar putea fi încărcate în baza de date ce va fi proiectată de coordonatorul proiectului METAGRO sunt cele incluse în Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România (BDMIS) realizată de INCDPAPM-ICPA București.

Pentru a putea realiza alimentarea bazei de date proiectată la Universitatea București sunt necesare cel puțin două condiții:

- Coordonatorul proiectului trebuie să comunice partenerului P1 informații cu privire la structura bazei de date;
- Partenerul P1, proprietarul bazei de date BDMIS, trebuie să-și dea acceptul pentru transferul informațiilor cu privire la microelemente din Baza de date a monitoringului integrat al stării de calitate a solurilor din România în baza de date georeferențiată a proiectului METAGRO.

Se recomandă, în etapele următoare, obținerea unor informații noi privind distribuția microelementele în sol, date care să respecte structura bazei de date create în cadrul proiectului METAGRO.

BIBLIOGRAFIE

1. Aldea, M.M., M. Lungu, O.G. Iancu, N. Buzgar, 2008, Distribuția conținuturilor totale de metale grele (Zn, Cu, Pb, Cd) în solurile zonei periurbane nordice a municipiului Iași; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie*, 217-225.
2. Brezeanu, M., E. Cristureanu, M. Andruh, 1990, *Chimia metalelor*, Ed. Tehnică și Pedagogică, București.
3. Borlan, Z., A. Furculeșteanu, L. Țigănaș, D. Ștefănescu, Gh. Beldiman, I. Gavriluță, D. Nebunelea, 2001, Fertilizarea cu microelemente în cadrul unor sisteme durabile de producție vegetală; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 175-184.
4. Calciu, I., E. Dumitru, 2001, Posibilități de utilizare în agricultură a compostului preparat din nămol orășenesc de canalizare; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 53-62.
5. Cătu, G., R. Lăcătușu, Șt. Chiriac, M. Lungu, 2007, Heavy metals and soil remediation on Roșia Montană Mine site; *Știința Solului XLI (2)*, 85-95.
6. Cîmpeanu, S., C. Baci, 2001, Evoluția solului brun roșcat sub influența irigației cu ape uzate și a fertilizării cu nămoluri provenite din fermele avicole; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 70-80.
7. Dana, D., D. Ștefănescu, V. Coteș, M. Soare, I. Gavriluță, L. Birescu, 2004, Susceptibilitatea unor hibridi de porumb și a liniilor cosangvinizate la carența de zinc; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 304-314.
8. Davidescu, V., I. Armeanu, I. Dima, R. Mađjar, G. Neață, L. Mamina, 2003, Cercetări privind efectul poluant al diferitelor concentrații de plumb adăugat în mediul de cultură la plantele furajere fertilizate cu doze crescânde de azot; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVI Agronomie*, 58-64.
9. Dițoiu, V., G. Ursul, 2001, Evoluția gestionării deșeurilor din industria minieră în județul Suceava, în perioada 1990 – 1999 și impactul asupra calității solului și vegetației; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 116-126.
10. Dumitru, M., C. Răuță, D.M. Motelică, E. Dumitru, E. Gamenț, M. Rusu, P. Guș, 1997, Research for establishing measures to ecologically restore soils polluted with heavy metals in Zlatna area; *Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B*, 155-161.
11. **Dumitru M., C. Ciobanu, D. M. Motelică, E. Dumitru, G. Cojocaru, R. Enache, E. Gamenț, D. Plaxienco, Cr. Radnea, S. Cârstea, A. Manea, N. Vrânceanu, I. Calciu, A.M. Mashali, 2000, Monitoringul stării de calitate a solurilor din România. Soil quality monitoring in Romania. ICPA-FAO, Ed. GNP, București, 53p (A3) + 25 hărți A3, bilingv.**
12. Dumitru, M., C. Ciobanu, E. Gamenț, E. Dumitru, R. Enache, D.M. Motelică, A. Manea, N. Vrânceanu, 2001, Monitoringul integrat al stării de calitate a solurilor din România; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 16-30.
13. Dumitru, M., L. Ilie, M. Mihalache, F. Jordan, 2004, Cercetări privind influența aplicării nămolului orășenesc asupra producției de porumb boabe pe luvosol vertic-planic de la Albota; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVII Agronomie*, 154-159.
14. Dumitru, M., C. Ciobanu, A. Manea, S. Cârstea, 2005, Land and soil quality monitoring in Romania; *Proceedings of International Conference Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century*, 1, 305-322.

15. Dumitru, M., C. Ciobanu, A. Manea, D.M. Motelică, D. Plaxienco, N. Vrînceanu, V. Tănase, I. Calciu, 2004, Privire generală asupra monitoringului calității solului din România – Situația actuală și de perspectivă; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 1, 65-97.
16. Dumitru, M., C. Ciobanu, A. Manea, E. Gamenț, I. Rîșnoveanu, D. Mihalache, V. Tănase, N. Vrînceanu, I. Calciu, C. Bălăceanu, M. Preda, 2008, Evoluția principalilor parametri de monitoring al solurilor și terenurilor agricole; *Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 36A (1), 39-68.
- 17. FAO, 1983, Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin 52, 249pp.**
18. Florea, N., Gh. Ianoș, 2002, Vulnerability to heavy metal pollution of the Romania Soils; *Știința Solului XXXVI*, 112-119.
19. Gamenț, E., M. Dumitru, M. Ulmanu, I. Anger, G. Olănescu, V. Tănase, R. Enache, 2005, Studiu privind poluarea cu metale grele în vecinătatea uzinelor Neferal Acumulatorul. II Suprafața de teren afectată și impactul asupra vegetației; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 605-616.
20. Gâță, Gh., M. Lungu, D. Popa, C. Grigoraș, B. Kovacovics, E. Bugeag, R. Lazăr, A. Mihăilescu, 2000, Zinc distribution in the clay, silt and sand fractions and in organic matter of some Oltenia soils; *Știința Solului XXXIV* (2), 19-27.
21. Gâță, Gh., S. Udrescu, M. Mihalache, 2003, Repartiția cobaltului în solurile Olteniei; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVI Agronomie*, 16-22.
22. Gâță, Gh., A. Mihăilescu, E. Bugeag, 2003, Distribution of total nickel in Oltenia soils; *Știința Solului XXXVII* (1-2), 90-99.
23. Gheorghiu, G., C. Ulvoczi, D. Iacob, 1997, Încărcarea cu metale grele a apelor din zona digului Sulina Sf. Gheorghe; *Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B*, 200-203.
24. Goloșie, M., Gh. Ianoș, 2008, Folosirea haldelor miniere din Banat pentru ameliorarea chimică și fizică a solurilor sau în alte utilități; *Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 36B (2), 267-272.
25. Ianoș, Gh., L. Iliș, 2001, Considerații asupra stării de calitate ale antroposolurilor din ariile intens poluate; Studiu de caz: Municipiul Timișoara; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 170-178.
26. Ianoș, Gh., I. Gogoasă, 2007, Sedimentogenetic, pedogenetic and anthropogenetic influences about the stockpile of the heavy metals in the horticulture products from the south-western part of Romania; *Știința Solului XLI* (1), 54-68.
27. ICPA, 1987, Metodologia elaborării studiilor pedologice - Partea I, II, III. (N. Florea, V. Bălăceanu, C. Răuță, A. Canarache, coord.), *Inst. Cercet. Pedologie Agrochimie, Min. Agr., Metode Rapoarte Îndrumări, nr.20, București*, 191+349+226 pp.
28. ICPA, 2003, Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor. (N. Florea, I. Munteanu, coord.), *Inst. Cercet. Pedologie Agrochimie, 2003, Ed. Estfalia, București*, 182 pp.
29. Ilie, L., M. Dumitru, M. Mihalache, N. Vrînceanu, D.M. Motelică, 2007, Efectele utilizării nămolului orășenesc în agricultură asupra proprietăților chimice ale solului; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A L Agronomie*, 352-358.
30. Konradi, E.A., M. Dumitru, N. Vrînceanu, M. Ponta, T. Frentiu, E. Cordos, 2008, Studiu preliminar asupra distribuției cuprului și plumbului în sol folosind schema de extracție secvențială Tessier; *Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 36A (1), 278-285.

31. Lăcătușu, R., C. Răuță, N. Avram, N. Medrea, B. Kovacovics, S. Cârstea, I. Ghelase, 1995, Soil-plant-animal relationships in the Copșa Mică area polluted with heavy metals; Știința Solului XXIX (1), 81 – 89.
32. Lăcătușu, R., C. Răuță, I. Rîșnoveanu, M. Lungu, B. Kovacovics, Gh. Ianoș, 1997, Pedologeochemical maps of Banato-Crișana Plain; Știința Solului XXXI (1), 71–86.
33. Lăcătușu, R., N. Avram, C. Răuță, B. Kovacovics, M. Lungu, S. Cârstea, N. Medrea, 1997, Circuitul cadmiului în sistemul sol – plantă – animal din zona Copșa Mică; Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B, 169-175.
34. Lăcătușu, R., P. Andâr, C. Răuță, I. Rîșnoveanu, B. Kovacovics, M. Lungu, M. Dumitru, C. Ciobanu, D. Popa, 1997, Abundența Cd și Pb în orizontul A al solurilor din România; Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B, 131-142.
35. Lăcătușu R., Mihaela Lungu, 1997, Bancă de date și prelucrări statistice în vederea elaborării hărților pedogeochemice. Curierul ASAS, Număr special "Oferte de informatică în domeniile agriculturii" (Lucrările Simpozionului Național pentru Informatică în Cercetarea Agricolă, București, mai 1996), p.II/16-18.
36. Lăcătușu R., C. Răuță, N. Avram, S. Cârstea, N. Medrea, B. Kovacovics, M. Serdaru, M. Lungu, I. Rîșnoveanu, S. Taină, C. Mehedințu, V. Tănăsescu, 1998, Heavy metals in soil-plant-water-animal system within the areas polluted by emissions from the non-ferrous metallurgical industry; Știința Solului XXXII (1-2), 137-153.
37. Lăcătușu, R., M. Dumitru, I. Rîșnoveanu, C. Ciobanu, M. Lungu, S. Cârstea, B. Kovacovics, C. Baci, N. Rizea, 1999, Soil vulnerability and pollution within the Zlatna area; Știința Solului XXXIII (2), 93 – 102.
38. Lăcătușu, R., M. Lungu, B. Kovacovics, I. Rîșnoveanu, 2001, Abundența Pb în solurile agricole din Moldova; Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 30C, 213-223.
39. Lăcătușu, R., M. Dumitru, I. Rîșnoveanu, C. Constantin, D. Plaxienco, M. Lungu, S. Cârstea, B. Kovacovics, 2001, Poluanți anorganici și organici în solurile urbane din București; Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 30C, 162-169.
40. Lăcătușu, R., S. Cârstea, M. Lungu, B. Kovacovics, R. Lazăr, A. Bretan, V. Iancu, 2002, Soil pollution with cyanides and heavy metals in the Baia Mare area; Ecological reconstruction; Știința Solului XXXVI (1), 77-87.
41. Lăcătușu, R., B. Kovacovics, M. Lungu, I. Breabăn, I. Rîșnoveanu, N. Rizea, R. Lazăr, 2004, Metalele grele în solurile parcurilor bucureștene; Știința Solului XXXVIII (1-2), 185-197.
42. Lăcătușu, R., C. Rusu, C. Donisă, I. Breabăn, M. Lungu, 2004, Încărcarea cu metale grele a unor soluri din Munții Bistriței; Știința Solului XXXVIII (1-2), 198-212.
43. Lăcătușu, R., B. Kovacovics, M. Lungu, S. Cârstea, A. Bretan, 2005, Heavy metals soil pollution in an area close to a mud-setting pond; Proceedings of International Conference Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century, 1, 347-356.
44. Lăcătușu, R., R. lazăr, M. Lungu, N. Rizea, 2008, Abundența litiului în mediul înconjurător și în unele soluri din România; Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 36A (1), 265-277.
45. Lăcătușu, R., G. Cătu, N. Rizea, M. Lungu, B. Kovacovics, R. Lazăr, 2008, Poluarea actuală și de perspectivă a solurilor din zona Roșia Montană în condițiile exploatării zăcământului aurifer; Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 36B (2), 334-346.

46. Lungu, M., 2005, Modificarea stării de nutriție a mărului Golden Delicious în plantația pomicolă de la SCPP caransebeș ca urmare a poluării ecosistemului pomicol cu reziduuri provenite de la oțelărie; Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 2, 489-504.
47. Lungu, M., R. Lăcătușu, S.L. Ștefănescu, M. Dumitrașcu, I. Rîșnoveanu, 2008, Evaluarea potențialului socio-agro-ecologic al terenurilor agricole din proximitatea aglomerărilor urbane: impactul agro-ambiental; Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 36B (2), 278-285.
48. Lungu, M., S.L. Ștefănescu, M. Dumitrașcu, L. Stoian, V. Lăcătuș, M. Fălticeanu, R. Lazăr, M.M. Aldea, 2008, Estimarea stării de nutriție a unor plante legumicole după valoarea reacției sucului celular din frunze; Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie, 384-389.
49. Manea, A., M. Dumitru, V. Tănase, N. Vrînceanu, N. Rizea, 2005, Some results concerning the soil pollution with heavy metals in the Zlatna area; Proceedings of International Conference Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century, 1, 367-376.
50. Manea, A., C. Crăciun, 2006, Efectul poluării asupra unor însușiri chimice și mineralogice ale unui districambosol din zona Zlatna, Știința Solului XL (2), 56-64.
51. Manea A., C. Ciobanu, M. Dumitru, N. Vrînceanu, V. Tănase, C. Pricop, 2008, Poluarea cu metale grele a solurilor și vegetației din zona Baia Mare; Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie, 249-258.
52. Marian A., V. Vlad, Mariana Tapalagă, P. Ghinea, 1997, Sistem de programe pentru gestiunea și prelucrarea datelor privind bonitatea terenurilor agricole la scara 1:10.000. Curierul ASAS, Număr special "Oferte de informatică în domeniile agriculturii" (Lucrările Simpozionului Național pentru Informatică în Cercetarea Agricolă, București, mai 1996), p.II/19-22.
53. Mocanu, A.M., R. Mocanu, 2001, Aspecte ale poluării solurilor și apelor freatice din județul Dolj; Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 30C, 127-137.
54. Muntean, S., M. Legras, J.M. Llorens, M. Duda, D. Varban, S. Taibi, 2008, Estimarea ratei de transfer a metalelor grele din sol în semințele de in oleaginos; Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie, 628-633.
55. Munteanu I., C. Răuță, Marilena Zota, Ruxandra Vintilă, V. Vlad, Mariana Tapalagă, 1992-1993, Sistem informatic geografic pentru agricultură și mediu înconjurător. Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, București, Rapoarte interne.
56. Munteanu I., C. Grigoraș, S. Dumitru, E. Dobrin, V. Mocanu, 1998, ROMSOTER-200: A digital database at a scale of 1:200.000 for soil and terrain resources of Romania. În "Land Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources", Heineke și colab. (eds.), European Soil Bureau, JRC, EC, EUR 17729 En, p.197-214.
57. Neață, G., R. Madjar, V. Davidescu, M. Mitrea, 2008, Cercetări privind calitatea și cantitatea ridichiilor de lună produse în cultura organică; Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie, 367-375.
58. Olănescu, G., M. Vâjială, M. Ulmanu, E. Gamenț, 2005, Studiul acidității (valoarea pH) și a naturii extractantului asupra mobilizării metalelor grele din solul poluat datorită activității industriale; Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVIII Agronomie, 106-110.

59. Olănescu, G., M. Vâjială, E. Gamenț, M. Ulmanu, 2005, Studiul de evaluare a poluării solului cu metale grele în vecinătatea unei uzine metalurgice și impactul poluării asupra plantelor; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVIII Agronomie*, 111-118.
60. Olănescu, G., E. Gamenț, M. Dumitru, 2007, Fitoextracția solurilor poluate cu metale grele; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A L Agronomie*, 359-367.
61. Paulette, L., A. Todoran, 2004, Modificări ale solului tipic în condițiile poluării industriale din zona Zlatna; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVII Agronomie*, 101-109.
62. Paulette, L., I. Oroian, M. Rusu, A. Todoran, 2007, Principalele trasee de degradare și tehnologii pedoameliorative ale solurilor poluate cu metale grele; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A L Agronomie*, 330-336.
63. Paulette, L., C. Crăciun, A. Todoran, 2008, Caracterizarea morfologică, fizică, chimică și mineralogică a solurilor poluate cu metale grele din Zlatna; *Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 36A (1), 300-310.
64. Plopeanu, G., E. gamenț, M. Dumitru, 2008, Fitoextracția, metodă modernă de depoluare a solurilor poluate cu plumb; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie*, 233-242.
65. Podrumar, T., M. Duma, I. Ilie, F. Vanc, M. Vasiloiu, 2005, Întreținerea solului și nutriția viței de vie în optica directivelor europene pentru producția integrată în viticultură; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 515-525.
66. Răuță, C., C. Ciobanu, R. Lăcătușu, M. Dumitru, L. Latiș, E. Dulvara, E. Gamenț, V. Bud, M. Lungu, R. Enache, M. Toti, 1997, Stadiul poluării cu metale grele în zona Baia Mare; *Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B*, 143-154.
67. Răuță C., M. Dumitru, C. Ciobanu, V. Blănaru, St. Cârstea, L. Latiș, D. M. Motelică, R. Lăcătușu, Elisabeta. Dumitru, Roxana Enache, 1998, *Monitoringul stării de calitate a solurilor din România. Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, Publistar SRL, București, vol. I și II*, 414 p.
68. Rizea, N., Z. Borlan, D. Ștefănescu, R. Lazăr, 2005, Mobilitatea cadmiului în sol și acumularea în plantă; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 42-49.
69. Rogobete, Gh., D. Țărău, I. Sandu, G. Fomitescu, 2001, Poluarea mediului în bazinul Dunării sectorul Baziaș – Timoc; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 101-115.
70. Rojanschi, V., F. Bran, Gh. Diaconu, 1997, *Protecția și ingineria mediului*, Ed. Economică, București, 368 pp.
71. Rusu, M., M. Dumitru, M. Mărghitaș, C. Băluțiu, A. Todoran, V. Munteanu, E. Gamenț, 2001, Contribuții la cunoașterea coeficienților de translocare a metalelor grele; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 97-100.
72. Rusu, M., M. Mărghitaș, A. Todoran, V. Muntean, T. Mihăiescu, 2005, Măsurile agrochimice de refacere a fertilității unor soluri degradate prin poluare; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVIII Agronomie*, 127-131.
73. Stan, V., E. Gamenț, G. Plopeanu, 2008, Fitoextracția metalelor grele din solurile contaminate folosind diferite doze de EDTA pentru creșterea eficienței acumulării; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie*, 277-285.
74. Stătescu, F., A. Nicolau, B. Măcărescu, 2001, Aspecte privind conținutul în metale grele al unor soluri din județul Bacău; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 203-212.

75. Stroe, V.M., R. Lăcătușu, M. Lungu, R. Lazăr, M.M. Aldea, Distribuția conținuturilor totale de metale grele (Zn, Cu, Pb) în orizonturile de suprafață ale unor soluri din parcurile și grădinile municipiului Iași; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A LI Agronomie*, 226-232.
76. Taină, I., R. Lăcătușu, C. Nedelcu, P. Papacostea, I. Rîșnoveanu, Șt. Taină, 2001, Cercetări micromorfologice privind influența poluării cu metale grele asupra solurilor din regiunea Baia Mare; *Lucrările celei de a XVI-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 30C, 179-202.
77. Tapalagă Mariana, V. Vlad, G. Cojocaru, A. Canarache, Georgeta Untaru, M. Munteanu, 1997, Sistem de programe pentru gestiunea bazei de date de bonitare a terenurilor agricole la scara 1:50.000. *Curierul ASAS, Număr special "Oferte de informatică în domeniile agriculturii"* (Lucrările Simpozionului Național pentru Informatică în Cercetarea Agricolă, București, mai 1996), p.II/40-43.
78. Țigănaș, L., 2005, Cercetări privind specificitatea adsorbției zincului în unele tipuri genetice de sol din România. Implicații în nutriția minerală a plantelor; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 20-31.
79. Udrescu, S., E. Gamenț, C. Zelinski, D. Popa, A. Mori, D. Hoza, C. Urzica, M. Ciurciu, 1997, Cercetări privind poluarea solului cu fluor și metale grele în zona platformei industriale Slatina, *Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Publicațiile SNRSS 29B*, 176-182.
80. Udrescu, S., Gh. Gâță, M. Mihalache, L. Ilie, D. Mihalache, 2008, Procese fizico-chimice în luvisolurile roșcate; *Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 36A (1), 253-264.
81. Ulmanu, M., T. Matsi, I. Anger, E. Neagu, E. Gamenț, M. Dumitru, G. Olănescu, E. Dumitru, 2005, Soil pollution with heavy metals in the vicinity of Acumulatorul – Neferal plant. I. Preliminary Tests; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 2, 617-625.
82. Vâjială, M., M. Dumitru, R. Ciofu, V. Stan, E. Dumitru, E. Gamenț, I. Ion, Gh. Budoii, O. Petra, 2003, Folosirea agricolă unor reziduuri urbane în condiții de protecția mediului; *Lucrări Științifice USAMV București, Seria A XLVI Agronomie*, 65-72.
83. Vintilă, R., I. Munteanu, G. Cojocaru, C. Radnea, D. Turnea, G. Curelariu, I. Nilca, M. Jalbă, I. Piciu, I. Rîșnoveanu, L. Rîșnoveanu, C. Silețchi, M. Trandafir, G. Untaru, R. Vespremeanu, 2004, Sistemul informatic geografic al resurselor de sol ale României SIGSTAR 200: Metodologie de realizare și principalele tipuri de aplicații; *Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului*, 1, 439-451.
84. Vintilă Ruxandra, G. Cojocaru, V. Vlad, I. Munteanu I., M. Dumitru, C. Răuță, M. Trandafir, Cristina Șilețchi, S. Dumitru, Gh. Curelariu, M. Parichi, Georgeta Untaru, Șt. Taină, A. Canarache, 1994-2000, Sistem informatic geografic privind gestiunea, utilizarea și protecția resurselor de sol și teren agricol ale României. Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, ICPA București, Rapoarte interne.
85. Vlad V., G. Cojocaru, Anca Istrate, A. Canarache, Georgeta Untaru, M. Munteanu, Gabriela Ibănescu, Liliana Popescu-Herăscu, A. Marian, Floarea Badea, Marcela Jalbă, 1990, Elaborarea aplicației informatice pe minicalculator privind caracteristicile unităților teritoriale pedoclimatice la scara 1:50.000. ICPA București, Raport intern, 41 p.
86. Vlad V., Ecaterina Târhoacă, Daniela Popa, Valeria Albu, R. Iancu, M. Băluță, Mariana Tapalagă, A. Canarache, I. Munteanu, N. Florea, Anișoara Rîșnoveanu, Lucia Vlad, M. Nache, 1997, Baza de date a profilelor de sol (PROFISOL) - Structură și funcțiuni. *Știința Solului, București, XXXII, nr.2, p. 93-118.*

87. Vlad V., 2001, Contribuții privind sistemele suport de decizie pentru evaluarea și utilizarea terenurilor agricole. Teză de doctorat, USAMV București, 332 p.
88. Vlad V., 2003, Considerații privind bonitarea cadastrală a terenurilor agricole și baza de date a cadastrului calitativ agricol. Știința Solului, 2003, vol.XXXVII, nr.1-2, pp.162-176.
89. Vlad V., Grațîela Ignat, Ioana Nilca, A. Canarache, I.Piciu, Gh. Curelariu, C. Ciobanu, Alexandrina Manea, M. Dumitru, C. Simota, I. Munteanu, N. Florea, 2002-2006, Realizarea Sistemului național de monitorizare sol-teren pentru agricultură – Baza de Date a Unităților de Sol-Teren (BDUST). Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului, ICPA București, Rapoarte interne 2002-2006.
90. Vrînceanu, N., D.M. Motelică, M. Dumitru, M. Toti, E. Gamenț, V. Tănase, 2005, Aspects concerning soil pollution with heavy metals in the Copșa Mică area; Proceedings of International Conference Soils under Global Change – a Challenge for the 21st Century, 1, 357-366.
91. Vrînceanu, N., D.M. Motelică, M. Dumitru, S. Taină, E. Gamenț, V. Tănase, 2005, Estimarea conținuturilor de metale grele ale unor plante din vegetația spontană a zonei Copșa Mică; Lucrările celei de a XVII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 2, 596-604.
92. Vrînceanu, N., M. Dumitru, D.M. Motelică, E. Gamenț, V. Tănase, I. Calciu, G. Olănescu, 2008, Efectele utilizării unor aditivi anorganici asupra transferului cadmiului, plumbului și zincului în plantele de porumb cultivate pe un sol poluat din zona Copșa Mică; Știința Solului XLII (1); 69-82.
93. Vrînceanu, N., M. Dumitru, D.M. Motelică, E. Gamenț, I. Calciu, L. Ilie, V. Tănase, M. Preda, G. Olănescu, 2008, Acumularea metalelor grele în plantele de ovăz cultivate pe un sol tratat cu nămol orășenesc; Lucrările celei de a XVIII-a Conferințe Naționale pentru Știința Solului, 36A (2), 366-377.

P2 - PARTENER UȘAMV București, Facultatea de Medicină Veterinară, Facultatea de Agronomie

Cuprins

1. Analiza modelelor de biocumulare disponibile pentru adaptare a nivelului României.....	11
1.1 Modele stochastice.....	11
1.2 Modele biofizico - fiziologice.....	19
2. Inventarierea speciilor de cultură și soiurilor pentru care este potențial necesară evaluarea biocumulării și sinteza informațiilor disponibile cu privire la parametrii biologici de interes pentru modelarea biocumulării și carentelor în aceste specii/soiuri.	23
2.A. INVENTARIEREA SPECIILOR DE CULTURĂ ȘI SOIURILOR PENTRU CARE ESTE POTENȚIAL NECESARĂ EVALUAREA BIOACUMULĂRII - CONF. DR. HORIA HĂLMĂJAN FACULTATEA DE AGRONOMIE.....	23
<i>Studiu de caz la Copșa Mică</i>	23
<i>Biocumularea în funcție de gradul de poluare al solului</i>	27
2B. SINTEZA INFORMAȚIILOR DISPONIBILE CU PRIVIRE LA PARAMETRII BIOLOGICI DE INTERES PENTRU MODELAREA BIOACUMULĂRII ȘI CARENTELOR ÎN ACESTE SPECII/SOIURI. – ONF. DR. LILIANA TUDOREANU ...	31
3. Concluzii generale.....	34
4. Orientarea activității de cercetare a echipei USAMVB pentru următoarele etape ale proiectului.....	34

1. Analiza modelelor de biocumulare disponibile pentru adaptare a nivelului României

Încă din 1957, odată cu susținerea tezei de doctorat a lui Cornelius De Witt, modelarea în domeniul științelor agricole a devenit o realitate. Acum aproape o jumătate de secol De Witt îmbina inovativ fizica, chimia și fiziologia pentru a descrie teoretic procesele care au loc în plante și în sistemele agronomice. Teza sa cu caracter pur teoretic în domeniul agronomic avea să fie confirmată de experimentele ce aveau să-i urmeze. Cornelius De Witt este astăzi recunoscut de întreaga lume științifică ca fiind întemeietorul școlii de modelare în domeniul științelor agronomice. Apariția tehnicii de calcul și a software-urilor specializate și creșterea performanțelor acestora a dus la o dezvoltare spectaculoasă a modelării sistemelor agronomice.

Tipurile de modele folosite în decursul timpului au fost fie de tip mecanismic sau de tip statistic. Modelele de tip mecanismic au încercat să prezinte în diverse moduri mecanismele care stau la baza proceselor de creștere, absorbție a mineralelor, fotosinteză, etc. Modelele bazate pe analiza statistică a datelor au o utilizare mai largă datorită ușurinței cu care ele pot fi create și a faptului că ele reprezintă în general o descriere a datelor experimentale într-o manieră sintetică (Tudoreanu, 2001).

Indiferent de forma de modelare aleasă, calitatea modelului va depinde de calitatea datelor experimentale folosite la construcția sa.

1.1 Modele stochastice

Cel mai frecvent întâlnite tipuri de modele relaizate prein analiza statistică a datelor experimentale sunt modelele liniare reprezentate prin regresia simplă și regresia multiplă. Cea mai folosită metodă de estimare a parametrilor regresiiilor este metoda celor mai mici pătrate.

Regresiile, care în literatura anglo - saxonă sunt ades supranumite modele empirice (empirical models), reprezintă o descriere a datelor experimentale prin relații simple care nu au la bază legi fizice cum ar fi conservarea energiei sau legile ce guvernează termodinamica sistemelor deschise (tabelul 1.). Modelele liniare au o largă utilizare în domeniul științelor agricole dar și în domeniul veterinar și zootehnic (Grosu ș.a.,1997).

Dezvoltarea în ultimii zece ani a programelor de statistică specializate (SAS, JMP, SPSS) a permis o abordare mult mai rapidă a calculelor și testărilor statistice necesare elaborării unor astfel de modele. Cu toate acestea modelul cel mai frecvent folosit rămâne totuși regresia simplă (tabelul 1.1)

Tabelul 1.

Exemple de regresii siple pentru caracterizarea dependenței concentrației de cadmiu din țesuturile plantelor de concentrația de cadmiu din substratul de cultură sau sol

NR	Planta	Experiment	Sol	Ecuatie	Variabile	N (nr.de puncte)	R ² sau R	p	Autori
1	<i>Glicine max</i> soi Leichardt semințe	In câmp	Soluri pH apă: de la 5.4 la 7.1 C Org : de la 0.6% la 1.3% CEC [▲] cmol /kg: 2.2 - 16.4	$y = 1,22x + 0,1$	$y = \text{Cd în semințe (mg/kg)}$ $x = 0,1M \text{ Cd extractabil CaCl}_2$	11	R ² = 0,94	Ne Specific-cat	Bell ș.a., Aust.J Agric.Res, 1997,48.1151-60
2	<i>Lolium perenne</i> cv Melle	In câmp	situs Harrogate situs Swinton	$y = 3,85 (\pm 0,30) - 0,42 (\pm 0,07) x$ $y = 0,81 (\pm 0,09) - 0,08 (\pm 0,02) x$	$y = \text{Cd în plante (mg/kg)}$ $x = \text{pH sol}$	24 (HA) 35(SW)	R ² = 0,59 (HA) R ² = 0,29 (SW)	Ne Specific-cat	Smith, Environmental Pollution, 1994, 86. 5-13
3	Gramine e*	Vase de vegetație ²	Ichinomiya sol nisipos	$\text{Log (tc) = } 0,596 (\pm 0,161) + 0,908 (\pm 0,146) \text{ log (sc)}$	$\text{tc} = \text{Cd în plante } (\mu\text{g/g s.u.})$ $\text{sc} = \text{Cd total în sol } (\mu\text{g/g s.u.})$	Ne specificat	Ne Specificat	Ne Specific-cat	Kuboi, Plant and Soil 1986, 92. 405 - 415
4.	Leguminosae**	Vase de vegetație ²	Ichinomiya sol nisipos	$\text{Log (tc) = } 0,059 (\pm 0,304) + 0,986 (\pm 0,082) \text{ log}$	$\text{tc} = \text{Cd în plante } (\mu\text{g/g s.u.})$	Ne specificat	Ne specificat	Ne Specific-cat	Kuboi, Plant and Soil 1986, 92. 405 -

NR	Planta	Experiment	Sol	Ecuatie	Variabile	N (nr.de puncte)	R ² sau R	p	Autori
				(sc)	sc= Cd total în sol (µg/g s.u.)				415
5	<i>Zea mays</i>	În câmp	Probe din culturi în câmp	Ne specificat	Corelație simplă între Cd sol (ppm) și Cd conc. În boabe (ppm)	34	R ² = 0,089	Ne Specifi -cat	Wells, Commun. Soi Sci.Plant Anal., 1993. 24 (19-20), 2617- 2628
6	<i>Lolium perenne</i>	Vase de vegetație	Argilos Cd Cl ₂ adăugat	$y = 0.007 + 0,929 x$	$y = \text{conc Cd înplante(mg/kgs.u.***)}$ $x = \text{Cdextractabil înNH}_4\text{AcO, pH4,8(mg/kg sol)}$	40	R= 0,91	R >0,31 semnif i-cativ pt 5%	Erikson,1989 Water Air and Soil Pollution 48:317-335
7	<i>Lolium perenne</i>	Vase de vegetație	Argilos Cd Cl ₂ adăugat	$y = 0,55+1,45x$	$y = \text{conc Cd înplante(mg/kgs.u.***)}$ $x = \text{Cdextractabil înNH}_4\text{AcO , pH7(mg/kg sol)}$	40	R=0,96	R >0,31 semnif i-cativ pt 5%	Erikson,1989 Water Air and Soil Pollution 48:317-335
8	<i>Lolium perenne</i>	Vase de vegetație	Argilos Cd Cl ₂ adăugat	$y = 0,248+1,23x$	$y = \text{conc Cd înplante(mg/kgs.u.***)}$ $x = \text{Cdextractabil înCaCl}_2 \text{ (mg/kg sol)}$	40	R= 0,93	R >0.31 semnif i-cativ pt 5%	Erikson,1989 Water Air and Soil Pollution 48:317-335
9	<i>Lolium</i>	Vase de	Nisipos	$y = 0,015+5,32x$	$y = \text{conc Cd în}$	40	R=0,91	R	Erikson,1989

NR	Planta	Experiment	Sol	Ecuatie	Variabile	N (nr.de puncte)	R ² sau R	p	Autori
	<i>perenne</i>	vegetație	Ca Cl ₂ adăugat		plante(mg/kg s.u.***) x=Cd extractabil în NH ₄ AcO, pH4.8(mg/kg sol)			>0.31 semnif i-cativ pt 5%	Water Air and Soil Pollution 48:317-335
10	<i>Lolium perenne</i>	Vase de vegetație	Nisipos Ca Cl ₂ adăugat	$y = - 0,013+8,53x$	y= conc Cd în plante x=Cd (mg/kg s.u.***) extractabil în NH ₄ AcO , pH7(mg/kg sol)	40	R=0,97	R >0.31 semnif i-cativ pt 5%	Erikson,1989 Water Air and Soil Pollution 48:317-335
11	<i>Lolium perenne</i>	Vase de vegetație	Nisipos Ca Cl ₂ adăugat	$y = 0,323+7,03x$	y= conc Cd în plante (mg/kg s.u.***) x=Cd extractabil în CaCl ₂ (mg/kg sol)	40	R=0,97	R >0.31 semnif i-cativ pt 5%	Erikson,1989 Water Air and Soil Pollution 48:317-335

* *Oryza sativa* L. cv Nihombare, *Oryza sativa* L. cv Hassakumochi, *Triticum aestivum* cv Norin Nr21, *Hordeum distichum* L emend Lam., *Zea Mays* L., *Sorghum vulgarepers.*, *Lolium multiflorum* Lam.

** *Glycine max* (L) Merrill, *Pisum sativum* L, *Phaseolus vulgaris* L, *Trifolium repens* L

*** s.u. = substanță uscată

▲ CEC = capacitatea de schimb cationic

1 Erorile standard sunt în paranteze; 2 Deviațiile standard sunt prezentate în paranteze

Dezvoltarea în ultimii zece ani a programelor de statistică specializate (SAS, JMP, SPSS) a permis o abordare mult mai rapidă a calculelor și testărilor statistice necesare elaborării unor astfel de modele. Cu toate acestea modelul cel mai frecvent folosit rămâne totuși regresia simplă (tabelul1).

Datorita unui număr foarte mare de date publicate în domeniul medical și agronomic în decursul secolului XX, la sfârșitul anilor 90 ai secolului trecut s-a dezvoltat o metodă de analiză statistică a datelor publicate în literatură – META-analiza. Această tehnică a dezvoltat mărimi statistice specifice și tehnici specifice de prelucrare și sortare a datelor. Din păcate după un efort comun al comunități științifice care a durat aproape 12 ani s-a constatat că majoritatea datelor publicate nu prezintă informațiile necesare pentru a putea fi utilizate pentru meta-analiză sau interpretate statistic. Datele rămân caracteristice doar situațiilor particulare în care au fost obținute fără a putea fi folosite pentru generalizări. În prezent sunt disponibile mai multe tipuri de softuri specializate în meta-analiză, softuri care se adresează unor domenii specifice cum ar fi medicină, agricultură, industrie, construcții de mașini etc. (Tudoreanu și al. 2007)

Baker ș.a. (1990) au descris acumularea cadmiului în plante pe baza unei relații bidimensionale și anume reprezentând concentrația de cadmiu din plantă ($C_{\text{plantă}}$) în funcție de concentrația de cadmiu din sol (C_{sol}):

$$C_{\text{plantă}} = f(C_{\text{sol}})$$

Pentru a putea găsi forma generală adecvată pentru fiecare situație Baker ș.a. (1990) au folosit un volum mare de date publicate înainte de 1981 putând astfel să identifice trei tipuri de răspuns și anume plante care acumulează cadmiul, indicatori și plante care au tendința de a nu acumula cadmiul în părțile aeriene.

$C_{\text{plantă}}$

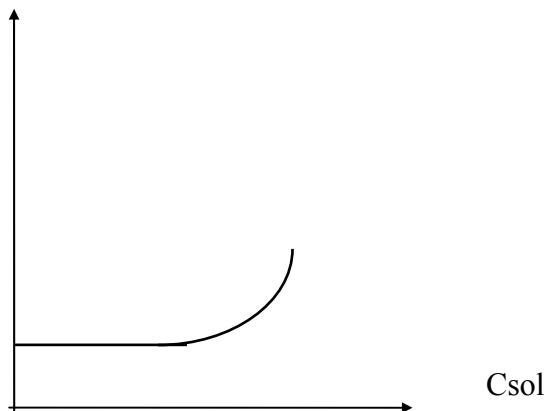


Figura 1. Reprezentarea generică a dependenței concentrației totale de cadmiu din plante de concentrația de cadmiu din sol pentru speciile care acumulează slab cadmiului în părțile aeriene

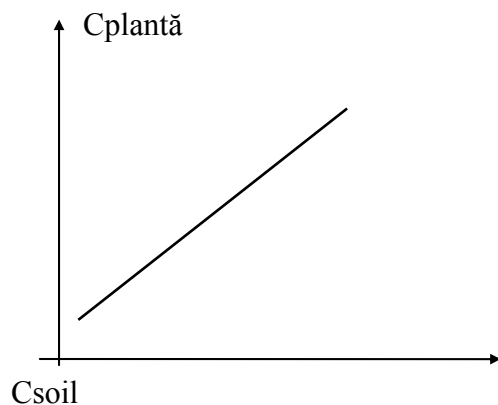


Figura 2. Reprezentarea generică a dependenței concentrației totale de cadmiu din plante de concentrația de cadmiu din sol pentru plantele numite indicatori.

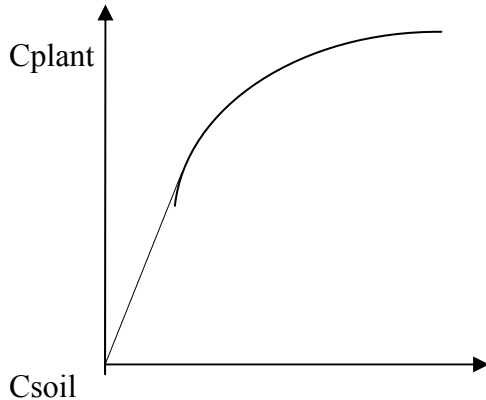


Figura 3. Reprezentarea generică a dependenței concentrației totale de cadmiu din plante de concentrația de cadmiu din sol pentru plantele considerate acumuloare de cadmiu.

Deși foarte utile, modelele liniare nu conțin nici un fel de informații asupra mecanismelor ce guvernează procesele pe care le descriu.

Cea mai comună metodă de modelare este regresia liniară simplă sau modelele liniare de ordinul 1 sau modelele liniare de ordinul 2 (Mendenhal și Sincich, 1995) (au două variabile independente formând suprafețe de răspuns – ‘response surface models’).

Al-Attar (1988) a pus la punct o modalitate de a descrie variația ratei de creștere a plantelor de *Lolium perenne* în funcție de cantitatea de cadmiu, seleniu sau taliiu acumulată în țesuturi folosind metodele de modelare.

În ultimul deceniu, recunoscând complexitatea fenomenelor ce guvernează acumularea cadmiului de către plante, s-au folosit tot mai des modelele obținute prin regresie multiplă cum ar fi cel realizat de Singh și Pandeya (1995) pentru plantele de *Phaseolus vulgaris* crescute timp de 55 de zile într-un mediu conținând cadmiu:

$$U = 1,04 + 6,78EC + 2,18 \text{ Org} + 1,64 \text{ CEC} + 2,14 \text{ Arg} \quad (R^2 = 0,93)$$

U = concentrația de cadmiu din plante, Org = humus (%); CEC = capacitatea de schimb cationic a solului, Arg = cantitatea de argilă (%)

Parametrii solului folosiți pentru obținerea acestei relații sunt:

pH cuprins între 7,28 și 7,92

EC = 1,75 - 2,05 dS / m;

humus de la 1,32 % la 2,50 %

CEC de la 7,70 cmol / kg la 23,60 cmol / kg

Cd extractabil în DTPA – 0,027- 0,189 (mg/kg)

Nisip 22,20% - 55,80%

Argilă 8,60 – 25,30 %

Cadmiul din aceste soluri provine din tratarea acestora cu nămoluri de epurare.

Modele liniare simple au fost obținute de mulți autori, printre care și Jackson și Alloway (1991), care au obținut pentru plantele de varză, salată și tuberculii de cartofi un model general de tipul $\text{Log } P = \alpha + \beta \log (\text{CdDTPA})$

Concentrațiile cadmiului în plante (P) au fost corelate pentru plantele de varză de valorile obținute prin extragerea cadmiului din sol cu CaCl_2 iar pentru salată și tuberculii de cartofi de

extracția cu DTPA. β este un factor care depinde în principal de pH-ul solului și capacitatea de schimb cationic, iar α depinde de specie.

Valorile aproape similare pentru coeficientul α (0,52 și 0,51) pentru plantele de salată, stabilite de cele două colective de cercetători (Browne și Lauwerys, 1984) și Jackson și Alloway (1991) care au lucrat independent, arată că această ecuație poate fi folosită cu succes pentru aceste plante. Pe de altă parte diferențele marcante care s-au obținut pentru coeficientul β (1,08 și 0,55) indică importanța modului în care este montat experimentul: în condiții de câmp (Jackson și Alloway, 1991) sau în vase de vegetație. Forma pe care relația prezentată mai sus o are pentru salată și tuberculii de cartofi este (Jackson și Alloway, 1991):

$$C_{\text{salată}} = 3,52 - 3,11 \text{pH}(\text{CaCl}_2) - 0,5 \text{LOI} + 0,43 \text{CdDTPA}$$

$$C_{\text{cartofi}} = 0,59 \text{CdDTPA} - 1,06$$

Unde :

$C_{\text{salată}}$ = concentrația de cadmiu în plantele de salată

C_{cartofi} = concentrația de cadmiu din tuberculii de cartofi

$\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ = pH în CaCl_2

LOI = Pierderi la calcinare

Cd_{DTPA} = cadmiu extractabil din sol cu DTPA

Regressiile sunt de fapt o descriere cantitativă a rezultatelor experimentale, dar au posibilitatea de a oferi previziuni cu privire la parametrii mășurați.

În general modelele statistice ce caută să exprime cantitatea de cadmiu extrasă de plantă din sol au tendința de a corela liniar sau neliniar parametrii ai solului cu concentrația de cadmiu în anumite țesuturi ale plantelor.

Folosirea unor funcții de tip Mitscherlich pentru a exprima răspunsul plantelor la încărcarea solului cu nămoluri de epurare este deja o metodă clasică folosită pentru descrierea acestor experimente (Bramley și Barrow, 1994). Forma generală a funcției Mitscherlich (Bramley și Barrow, 1994) este:

$$y = a - b \exp(-cx)$$

Unde :

y = cantitatea totală de poluant extrasă de plantă din sol sau concentrația poluantului în plantă.

x = cantitatea de material poluant adăugată pe sol

a = cantitatea maximă preluată de plantă sau concentrația maximă a poluantului în plantă

b = diferența între 'a' și valoarea lui 'y' când nu se aplică poluanți pe sol

c = un termen de normare

Logan ș.a. (1997) nu au putut obține modele liniare satisfăcătoare pentru plantele de porumb dar au sugerat că funcția de tip Mitscherlich a putut descrie semnificativ datele experimentale:

$$y = B_0 (1 - \exp(-B_1 x)) + B_2$$

unde

y = concentrația de cadmiu în țesuturile analizate (mg / kg s.u.)

x = concentrația totală de cadmiu în sol (mg / kg s.u.)

B_0 = valoarea de palier a concentrației cadmiului în țesuturile analizate (mg / kg s.u.)

B_1 = panta curbei în regiunea cuprinsă între asimptotă și punctul de intersecție la OX

B_2 = valoarea de fond a concentrației cadmiului în țesuturi (mg / kg s.u.)

Folosind cumulativ valorile pentru toate țesuturile plantei se obține următoarea relație (Bramley și Barrow, 1994):

$$y = 5,3 (1 - \exp(-0,87x)) + 0,15 \quad R^2 = 0,82$$

Pentru plantele de *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*, *Zea mays* și de *Glicine max* Tudoreanu (2001) și Tudoreanu și Phillips (2003) au obținut relații ce au pus în evidență, pentru prima dată din

punctul de vedere al modelării, că unul din factorii semnificativi în estimarea acumulării cadmiului în plantele mono și dicotiledonate este interacția dintre pH-ul solului și cantitatea totală de cadmiu din sol. Pentru *Lolium perenne* și *Zea mays* concentrația de cadmiu în țesuturi a fost corelată negativ cu termenul de interacție între cadmiul total din sol și pH cu coeficienți similari pentru cele două specii. Modelul găsit de autori este:

$$\text{Cd}_{\text{plantă}} = 4,8 (\pm 41,71)(P = 0,91) + 10,6 (\pm 2,32) \text{Cd}_{\text{Sol}} (P < 0,0001) + \\ + 0,83 (\pm 6,53) \text{pH} (P = 0,90) - 1,8 (\pm 0,40) \text{pH} * \text{Cd}_{\text{Sol}} (P < 0,0001) \\ (R^2_{\text{adj}} = 0,35)$$

Unde

$\text{Cd}_{\text{plantă}}$ = concentrația medie a cadmiului în țesuturile părților aeriene ale plantelor de porumb ($\mu\text{g} / \text{g}$ s.u.)

pH = pH-ul solului

Cd_{Sol} = Concentrația totală medie a cadmiului în sol ($\mu\text{g} / \text{g}$ s.u.)

$\text{pH} * \text{Cd}_{\text{Sol}}$ = termenul de interacție între pH – ul solului și concentrația totală medie a cadmiului în sol

Pentru *Lolium perenne* și *Lolium multiflorum* (Tudoreanu , 2001; Tudoreanu și Phillips, 2003) s-a obținut urmatorul model liniar :

$$\text{Cd}_{\text{Lolium}} = -81,6 (\pm 20,36) (P < 0,0001) + 13,3 (\pm 3,42) \text{pH} (P = 0,0001) + \\ + 12,3 (\pm 0,84) \cdot \text{Cd}_{\text{Sol}} (P < 0,0001) - 1,8 (\pm 0,13) \text{pH} * \text{Cd}_{\text{Sol}} (P < 0,0001) \\ (R^2_{\text{adj}} = 0,62)$$

Unde

$\text{Cd}_{\text{Lolium}}$ = concentrația totală medie a cadmiului în plantele de *Lolium perenne* și *Lolium multiflorum* ($\mu\text{g} / \text{g}$ s.u.)

pH = pH – ul solului

Cd_{Sol} = concentrația totală medie a cadmiului în sol ($\mu\text{g} / \text{g}$ s.u.)

$\text{pH} * \text{Cd}_{\text{Sol}}$ = termenul de interacție între pH și Cd_{Sol}

Aceiași autori au realizat și un model pentru plantele de *Lolium perenne* în care plantele au fost crescute în soluție nutritivă. Acest model pune în evidență concentrația totală de cadmiu din soluție ca fiind factorul semnificativ în predicția concentrației cadmiului în țesuturile plantelor în condițiile în care pH-ul este controlat:

$$\text{Cd}_{\text{Lolium}} = -12,11 (\pm 32,87) + 2,73 (\pm 1,84) \text{pH} + 38,83 (\pm 1,84) \text{Cd}_{\text{soluție}} \\ R^2_{\text{adj}} = 0,94$$

Unde $\text{Cd}_{\text{soluție}}$ reprezintă concentrația totală de cadmiu în soluția nutritivă

Analiza statistică a datelor (Tudoreanu, 2001, Tudoreanu și Phillips, 2003) publicate de Haghiri (1974) a scos în evidență un alt factor care joacă un rol important în acumularea cadmiului și anume temperatura la care se află sistemul radicular.

Relații slabe între parametrii generali ai solului și cadmiul acumulat la nivelul țesuturilor plantelor au mai fost semnalate în literatura internațională și de Eriksson (1990, citat de Andersson, 1992).

Chlopecka (1996) a publicat o serie de coeficienți de corelație liniară între cantitatea totală de cadmiu din sol și concentrația totală de cadmiu din frunzele, tulpinile și cariopsele de porumb. Coeficienții de corelație au fost de – 0,18 pentru frunzele mature, 0,05 pentru frunzele tinere, - 0,04 pentru tulpini și 0,10 pentru boabele de porumb. Din păcate valorile probabilității p nu au fost comunicate și nici numărul de puncte care a fost folosit pentru a calcula aceste regresii. Cititorul avizat este astfel pus în imposibilitatea de a judeca dacă valorile comunicate sunt semnificative sau nu.

Pe de altă parte, datorită faptului că autoarea a comunicat o corelație semnificativă ($p < 0,05$) între cadmiul extractabil din sol și unele țesuturi ale plantelor de porumb se poate presupune că cel puțin 12 puncte au fost folosite pentru realizarea acestor relații. În această situație coeficientul de corelație obținut pentru cariopsele de porumb este ne semnificativ, deci nu se poate vorbi de o posibilă corelație între cantitatea de cadmiu din cariopsele de porumb și concentrația totală de cadmiu din sol.

Este deja unanim recunoscut (Mendenhall și Sincich, 1995, Lewis și Traill, 1999), și constant specificat în lucrările de specialitate, că interpretarea rezultatelor corelațiilor doar pe baza valorii lui R^2 nu conferă afirmațiilor un suport statistic suficient, aceste afirmații trebuind să fie susținute și de o ilustrare detaliată a analizei statistice. Acest fapt a devenit o cerință expresă și pentru publicarea rezultatelor științifice în majoritatea revistelor de specialitate internaționale (Journal of the Science of Food and Agriculture, Instructions for authors).

Modelele liniare sunt folosite nu numai pentru a caracteriza acumularea cadmiului de către plante crescute pe soluri sau în soluții nutritive dar și pentru a caracteriza acumularea acestuia ca urmare a depunerilor foliare.

După cum s-a mai menționat, la nivelul filoplanului se găsesc substanțe organice sub formă de carbohidrați, minerale, organisme saprofite (Forbes și Watson, 1996), toate la un loc formând un spațiu cu proprietăți distincte de spațiul înconjurător. Pe de altă parte proprietățile fizice specifice ale frunzelor joacă un rol important în retenția fluidelor și a particulelor solide la fel ca și temperatura ordinară a aerului, iradierea, umiditatea relativă și viteza medie a vântului.

În general există trei mari categorii de depuneri și anume precipitații, aerosoli și nămolurile de epurare, iar după unii autori particulele de sol împrăștiate de ploaie și care se depun pe plante formează o categorie aparte de depuneri ce pot contribui la acumularea cadmiului în plante.

În ultimii treizeci de ani s-au folosit numeroase tehnici de evaluare a depunerilor pe plante, dintre care amintim:

- Studiul translocării izotopilor radioactivi
- Simularea ploilor încărcate cu cadmiu (cadmiu marcat radioactiv pentru a putea urmări translocarea lui de la nivelul frunzelor) (Watmough ș.a., 1999)
- Incinte cu aer filtrat pentru a genera o atmosferă perfect curată și astfel pentru a putea măsura prin comparație cu plantele din câmp aportul depunerilor atmosferice la cadmiul acumulat la nivelul țesuturilor.

Depunerile de nămoluri de epurare pe terenurile agricole sunt considerate ca fiind una din principale cauze ale contaminării cu cadmiu a plantelor de cultură în Europa de Vest. În acest sens au fost efectuate o serie de cercetări care au studiat modul în care aceste nămoluri aderă atât pe frunzele scurte dar și înalte ale pășunilor (Aitken, 1997).

Studiile facute de Aitken (1997) au încercat să coreleze înălțimea plantelor (cm) și ratele de aplicare ale nămolurilor (m^3/ha) cu concentrația de cadmiu din plante. Autoarea a ajuns la concluzia că forma chimică sub care se prezintă cadmiul este un factor important ce caracterizează acumularea acestuia în plantele ce formează pășunea. De asemenea arhitectura frunzelor și intensitatea ploilor influențează durata de viață a depunerilor (de la depunere până la completa spălare de pe frunze). Creșterea plantelor a generat de asemea scăderea continuă a concentrației cadmiului ca urmare a creșterii cantității de substanță uscată, proces care în literatură mai este supranumit și diluarea cantității de cadmiu datorată creșterii (diluție de creștere).

1.2 Modele biofizico - fiziologice

1.1.

Thornley și Johnson (1990) consideră că modelele bazate pe descrierea mecanismelor ce stau la baza proceselor de creștere, absorbție minerală, fotosinteză, etc. "urmează metodele pline de succes ale modelării din fizică, chimie și biologie".

În ultimii 30 de ani un mare număr de modele au fost propuse pentru a descrie o serie de procese fiziologice (creștere, transpirație, fotosinteză, nutriție minerală, etc.) cum ar fi cele propuse de

Baldwin ș.a., (1973) Cushman, (1980), Barber și Cushman, (1981), Anghinoni ș.a.,(1981), Itoh și Barber, (1983), Barber și Chen,(1990), Silva ș.a.,(1991) și care au încercat să elucideze problema nutriției minerale.

Deși s-au făcut pași importanți în acest domeniu totuși până în prezent au fost propuse foarte puține modele care să permită calcularea acumulării cadmiului în plante. De exemplu Palm (1994), a dezvoltat un model simplu pentru acumularea cadmiului în plante care consideră cadmiul acumulat de plantă ca fiind produsul dintre concentrația acestuia în soluția solului și cantitatea de apă absorbită de plantă.

În 1986 Mullins ș.a., au evaluat cantitatea de cadmiu și zinc preluată de plantele de porumb folosind modelul nutriției minerale (devenit clasic) propus de Caassen și Barber (1974) și dezvoltat de Cushman (1980).

Singh and Pandeya (1998), au folosit o formă modificată a formulei propuse de Baldwin ș.a. în 1973 pentru a calcula cantitatea totală de cadmiu pe care o cultură de *Phaseolus vulgaris* o poate extrage dintr-un anumit volum de sol.

În 1990 Struck și Obstapczuk, au propus un model care să considere cantitatea totală de cadmiu provenită din depuneri atmosferice și depus pe plante.

Baldwin ș.a.(1973) consideră că fluxul ionilor F ($\text{mol}/\text{cm}^2 \text{ sec}$) este dependent de puterea de absorbție a rădăcinii α (cm/sec) și de concentrația ionului respectiv în soluția care înconjoară rădăcina C_{1a} (mol/cm^3 de soluție) la o distanță 'a' egală cu raza rădăcinii ($r=a$). În calculele lor ei au aproximat că rădăcinile formează un sistem omogen uniform distribuit în tot volumul de sol pe care îl ocupă, rădăcinile fiind caracterizate de o rază medie și o lungime medie caracteristică soiului și fazei de dezvoltare.

$$F = \alpha C_{1a}$$

Badwin ș.a.(1973), au încercat să calculeze cantitatea de ioni minerali care sunt disponibili în timp pentru plante la o anumită distanță de rădăcină ($r=a$) pentru a putea aprecia necesarul de fertilizator ce trebuie aplicat fiecărei culturi. Soluția găsită de ei este de forma :

$$\frac{\bar{C}_1}{C_{1i}} = \exp \left(\frac{- 2 \pi a \alpha L t}{b \left(1 - \frac{1}{2} \frac{a \alpha}{Db} + \frac{x^2 (a \alpha / Db)}{x^2 - a^2} \right) \ln \frac{x}{a}} \right)$$

Unde:

\bar{C}_1 = concentrația medie a solvitului în soluția solului (mol/ml)

C_{1i} = Concentrația inițială a soluției solului (mol/ml)

a = raza medie a rădăcinii (cm)

α = puterea de absorbție a rădăcinii (cm/s)

x = distanța de la rădăcină (cm)

D = coeficientul de difuzie a solvitului (cm^2/s)

b = Capacitatea tampon a solului

L = densitatea rădăcinii (g/cm^3)

t = timp (s)

După cum se poate observa această relație consideră ca unic fenomen de transport difuzia.

În faza următoare autorii au considerat că transportul mineralelor către rădăcină se face atât prin difuzie cât și prin transport de masă propunând mărimea v ($\text{g/m}^2\text{s}$) pentru influxul apei în rădăcinile plantei. Relația găsită a fost:

$$\frac{\bar{C}_i}{C_{i_a}} = \frac{\alpha}{v} + \left(1 - \frac{\alpha}{v}\right) \left(\frac{2}{2 - \frac{av}{Db}} \right) \frac{\left(\left(\frac{x}{a} \right)^{2 - \frac{av}{Db}} - 1 \right)}{\left(\left(\frac{x}{a} \right)^2 - 1 \right)}$$

Mărimile fizice din formulă sunt aceleași ca și în formula precedentă iar C_{i_a} reprezintă concentrația ionului mineral la suprafața rădăcinii.

Modelul a fost dezvoltat în timp de Caassen și Barber (1974), Barber și Cushman, (1981), Caassen ș.a.(1986) prin introducerea formulei Michaelis-Menten pentru a calcula cantitatea de ioni preluată de plantă din soluția solului.

Mullins ș.a.(1986) au testat modelul dezvoltat pe același principiu de către Barber și Cushman considerând $K_m = 0,3$ mmol/L pentru cadmiu în plantele tinere de porumb.

Valoarea K_m considerată de ei nu a fost măsurată experimental ci a fost aleasă astfel încât să fie biologic plauzibilă și să permită funcționarea modelului. Cu toate acestea modelul a supraestimat cantitatea totală de cadmiu preluată de plante din sol de aproximativ 1,4 ori față de datele experimentale. Analiza sensibilității modelului la variațiile parametrilor constituenți au scos în evidență că parametrul k_m are o influență redusă asupra valorii calculate a cadmiului acumulat de plante.

Autorii au putut stabili o ordine a influenței parametrilor modelului asupra cantității totale de cadmiu acumulată de plantă și anume:

concentrația de cadmiu din soluția solului > creșterea rădăcinii > r_0 (raza medie a rădăcinilor) > v (influxul apei) > b (capacitatea tampon a solului) > D_e (coeficientul de difuzie) > I_{\max} > r_h (distanță medie dintre rădăcini) > K_m .

Modelul a continuat să fie folosit și modificat în funcție de necesitățile cazurilor studiate.

În 1998, Singh și Pandeya au folosit o versiune modificată a modelului Baldwin pentru a putea estima cantitatea de cadmiu preluată de *Phaseolus vulgaris* crescută în soluri amendate cu nămoluri de epurare :

$$U = C_i b \left\{ 1 - \exp \left[\frac{-2\pi\alpha A_1 r_0 L_v t}{b \left[1 + \left(\frac{\alpha A_1 r_0}{D_1 \Phi f} \right) \left(\ln \frac{r_h}{1.65 r_0} \right) \right]} \right] \right\}$$

Unde

U = absorția cadmiului pe unitatea de volum de sol și unitatea de timp t (mol/cm^3)

C_i = concentrația inițială de camiu în soluția solului (mol/cm^3).

b = capacitatea tampon

α = puterea de absorbție a rădăcinii (mol/cm^2)

A_1 = fracția de arie ocupată de soluția solului (cm^2 apă / cm^2 sol)

r_0 = raza rădăcinii (cm)

r_h = jumătatea distanței dintre rădăcini (cm)

L_v = densitatea specifică a rădăcinii în sol (cm/cm^3 sol)

t = timp (s)

D_1 = coeficientul de difuzie al cadmiului în soluție

Φ = volumul specific al apei (cm^3 apă / cm^3 sol)

f = factor de conductivitate (cm^2 sol / cm^2 apă)

Acest model are drept scop calcularea cantității totale de cadmiu preluat de plante dintr-un volum dat de sol.

Modelele amintite sunt folosite în general pentru a calcula capacitatea de extractie la hectar a unei anumite culturi. Deși funcționează cu destulă acuratețe, pentru simplitatea ce le caracterizează, ele rămân o unealtă dificil de folosit (mai ales de către inginerii agronomi interesați în estimarea consumului nutrienților sau a fitoremedierii terenurilor) datorită parametrilor folosiți de model și care sunt greu și costisitor de măsurat și apreciat în condiții de câmp.

Modelul lui Struck și Obstapczuk (1990) este un model dinamic ce încearcă să aproximeze depunerile atmosferice totale care au loc la nivelul frunzelor fără să considere translocarea cadmiului în plantă sau redistribuirea depunerilor în atmosferă. Acest model este însă o modalitate eficientă de a calcula cantitatea maximă de cadmiu depusă pe plante (q_g).

$$dq_g/dt = I_g - q_g k_{gs}$$

unde

I_g = rata de depunere pe suprafață (g/cm^2 an)

q_g = cantitatea de metal depusă pe plantă (g/cm^2)

k_{gs} = constanta de transfer între suprafața plantei și sol (an^{-1}).

Modelele mecanice ale absorbției foliare a Cd au fost de asemenea dezvoltate până la un anumit nivel. Din păcate parametrii fiziologici de tipul coeficienților de translocare între organele plantelor, sau resuspensia poluanților în atmosferă nu au fost încă elucidate.

Depunerile solide și lichide la nivel foliar sunt dificil de estimat la fel ca și contaminările induse de particulele de sol prin improscare în timpul ploilor (Tudoreanu, 2002, 2004)

Există foarte puține modele care estimează transportul și depunerile de metale grele la nivelul atmosferei printre acestea se numără:

- HMET (Bartnicki J., 1994) – estimează transportul și depunerile de As, Cd, Pb și Zn folosind o rețea EMEP. Modelul a fost testat pe date la nivelul anului 1985 obținându-se rezultate bune pentru Cd și Pb, dar constatându-se o neparametrizare necorespunzătoare pentru As.

- ADOM (Bartnicki J., 1994) - Un model care poate estima depunerile uscate fără a face distincția între tipurile acestora.

- OML-Multi (dezvoltat de National Environmental Research Institute (NERI) din Danemarca) este un model de dispersie atmosferică folosit pentru estimarea poluării produse de sursele de poluare distribuite pe suprafațe. Modelul poate fi util pentru estimări pe distanțe de până la 20 km de la sursa de poluare.

- METRAS (Heinke et al., 1992):

- ASTRAP model (Advanced Statistical Trajectory Regional Air Pollution). Este un model Lagrangian pe durată lungă care se poate aplica la nivel regional sau continental

- CIT (McRae et al., 1982, Russell et al., 1988, Harley et al., 1993)

- RDM (Routine Deposition Model) (Wesely et al., (1985), Ruijgrok et al., (1997) a fost dezvoltat pentru utilizarea în cazul învelișului vegetal de înălțime redusă, soluri dezgolite sau suprafețe de apă.

- MC2 (Tanguay et al., 1990)

- METAL MODEL (Tudoreanu, 2007) a fost dezvoltat pentru estimarea acumulării Cd la nivelul lanțului trofic (sol- plantă – animal- om). Modelul conține module care pot fi dezvoltate separat și adaptate diverselor situații particulare.
- Modelul RAMCAD (Tudoreanu, 2008) reprezintă o dezvoltare a modului pentru plante a modelului METAL, în vederea folosirii acestuia în sistemele de estimare a riscului de contaminare cu Cd.

2. Inventarierea speciilor de cultură și soiurilor pentru care este potențial necesară evaluarea bioacumulării, sinteza informațiilor disponibile cu privire la parametrii biologici de interes pentru modelarea bioacumulării și carențelor în aceste specii/soiuri.

2.a. Inventarierea speciilor de cultură și soiurilor pentru care este potențial necesară evaluarea bioacumulării - Conf. dr. Horia Hălmăjan Facultatea de Agronomie

Studiu de caz la Copșa Mică

Orașul Copșa Mică este situat în partea de nord-vest a județului Sibiu, la confluența râurilor Târnava Mare cu Visa. Traversat de DN14 este situat la 43 km de reședința de județ, 12 km de municipiul Mediaș și la 33 km față de municipiul Blaj pe DN 14B.

Orașul Copșa Mică are o suprafața de 2590 hectare din care 278 hectare în intravilanul localității. Localitatea se învecinează la nord cu comuna și stațiunea Bazna, la nord-est cu comuna Târnava și municipiul Mediaș, la est cu comuna Valea-Viilor, la sud cu comuna Axente Sever, iar la vest cu comuna Micăsasa.

Orașul este amplasat în culoarul depresionar al râului Târnava Mare, înconjurat de dealuri.

Rețeaua hidrografică este dominată de râurile Târnava Mare și Visa și mai cuprinde o serie de pâraie care se vărsă în cele două râuri (fără potențial energetic).

Temperatura medie anuală este de 8,6 °C. Clima este temperat continentală, cu ierni blânde și veri călduroase. Precipitațiile variază între 900 și 1300mm/mp.

Poluarea a început în anul 1939, când a fost înființată întreprinderea metalurgică. Având ca scop inițial producerea zincului industrial, fabrica din Copșa Mică a fost modernizată în numeroase rânduri (în 1950, 1960, 1967, 1975, 1984) primind, pe lângă unitatea deja existentă, o instalație de obținere a plumbului.

Până la accidentul nuclear de la Cernobil, Copșa Mică a fost cea mai poluată localitate din Europa, înregistrându-se poluare cu bismut metalic, stibiu, sulfat de zinc, clorura de zinc și amoniu, negru de fum, antimoniat de sodiu, trisulfură de stibiu, dioxid de sulf, acid sulfuric, cadmiu

În perioada de maximă poluare, în aer, poluarea cu plumb depășea de până la 45 de ori valoarea maximă admisă, iar cadmiul în vara anului 1983 a depășit de 131 de ori limita superioară a pericolului. În apa valorile sunt și mai mari, depășirile variind între 8 și 276 de ori pentru zinc.

Deși valorile plumbului sau cadmiului nu mai sunt aceleași ca acum 25 de ani, poluarea se afla în continuare la cote mari. Animalele din gospodăriile populației (mai ales caii și oile) sunt puternic afectate de poluarea cu metale grele.

În raportul de monitorizare al solului (Raport anual privind starea mediului în România pe anul 2007), sunt următoarele informații despre zona Copșa Mică.

Zona Copșa Mică este afectată de poluarea cu metale grele totale și oxizi ai sulfului.

Cea mai poluată zonă, cu cel puțin unul sau două elemente, este cea cuprinsă în spațiul delimitat de siturile amplasate în arealul Micăsasa-Bazna pe aliniamentele nord est și sud vest-vest. Restul zonei prezintă o poluare slabă – medie, cu cel puțin unu din elementele Cu, Pb, Zn și Cd.

În tabelul nr.1. se prezintă parametri statistici ai poluării solului cu metale grele și sulf solubili din 26 situri. Din analiza datelor cuprinse în acest tabel se remarcă următoarele aspecte: conținuturile maxime de Cu depășesc P.a.s., cel de Pb depășește de peste 7 ori P.i.s., cel de Zn depășește de circa 8 ori P.i.s., iar cel de Cd de circa 5 ori P.i.s, conținutul maxim de S-SO₄ se situează între C.N. și P.a.s.

Tabelul 2. Parametrii statistici ai poluării solului cu metale grele totale și sulf solubil în zona Copșa Mică

Adâncimea, cm	Parametri	Cu	Pb	Zn	Cd	S-SO ₄
0-20 cm	Minima	12	20	25	0,5	20
	Maxima	165	745	1729	28,5	273
	Media	43	159	287	4,3	116
20-40	Minima	15	37	41	0,5	-
	Maxima	109	770	1636	25	-
	Media	42	209	364	5,5	-
C.N.		< 20	< 20	< 20	< 1	≤150
P. a.s.		100	50	100	3	400
P.i.s.		200	100	200	5	1000

Sursa: I.C.P.A.

Comparativ cu zona Baia Mare, reacția solului în zona Copșa Mică este în general slab alcalină și mai rar moderată acidă, astfel că solubilizarea metalelor grele este mai scăzută. Totuși pericolul pătrunderii poluanților în circuitul trofic se menține prin depunerea acestora pe plante și consumarea acestora de animale sau prin consumul uman de plante (salată, legume etc.).

În total, în zona Copșa Mică este afectată de poluarea cu substanțe purtate de aer o suprafață agricolă de 149.465 ha, din care puternic - excesiv 18.638 ha, moderat 44.835 ha și slab 86.000 ha.

În zona Copșa Mică, principalele plante de cultură au următoarele potențiale de producție .
Tabelul nr. 3. Potențialul de producție la grâu, orz și porumb

Localitatea	Grâu			Orz			Porumb		
	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max

Axente Sever	1754	1178	2331	1890	1350	2430	1879	1209	2549
Bazna	2176	1461	2891	2488	1777	3199	2582	1662	3503
Blajel	1903	1277	2528	2189	1563	2815	2119	1364	2875
Copsa Mica	1623	1090	2157	1709	1221	2198	1853	1192	2514
Micasasa	1828	1227	2430	1237	883	1591	1561	1005	2118
Seica Mare	1851	1243	2460	2008	1434	2582	1948	1253	2642
Valea Viilor	1908	1281	2536	2099	1499	2699	2033	1308	2758
Media	1863	1251	2476	1946	1389	2502	1997	1285	2708

Tabelul nr. 4. Potențialul de producție la soia, mazăre și cartof

Localitatea	Soia			Mazăre			Cartof		
	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max
Axente Sever	956	463	1449	1350	708	1992	9130	5595	12665
Bazna	1424	690	2157	1842	966	2719	11604	7112	16097
Blajel	1211	587	1836	1582	830	2334	8831	5412	12250
Copsa Mica	917	445	1390	1312	688	1936	9429	5778	13079
Micasasa	0	0	0	999	524	1475	8789	5386	12191
Seica Mare	995	482	1508	1307	686	1929	9855	6040	13671
Valea Viilor	1051	510	1593	1383	725	2041	10367	6353	14381
Media	936	454	1419	1397	733	2061	9715	5954	13476

Tabelul nr. 5. Potențialul de producție la lucernă și trifoi

Localitatea	Fasole			Lucernă			Trifoi		
	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max	P medie	P min	P max
Axente Sever	947	471	1423	17723	14454	20992	14997	12486	17509
Bazna	1292	643	1942	24264	19788	28741	18160	15119	21201
Blajel	1110	552	1667	20766	16935	24596	16818	14002	19634
Copsa Mica	920	458	1383	17343	14143	20542	15285	12725	17844
Micasasa	701	349	1053	11714	9553	13875	17106	14241	19970
Seica Mare	917	456	1378	21526	17555	25497	16339	13603	19075
Valea Viilor	970	483	1457	19320	15756	22884	16483	13723	19243
Media	980	487	1472	18951	15455	22447	16455	13700	19211

P medie = producția medie (kg/ha)

P min = producția minimă (kg/ha)

P max = producția maximă (kg/ha)

Informații generale privind bioacumularea metalelor în plantele de cultură

În ceea ce privește bioacumularea metalelor grele în plante, există foarte multe date. Unele sunt incomplete, iar altele contradictorii. În continuare trecem în revistă câteva dintre ele.

Kloke și colaboratorii (1984) au realizat o clasificare a speciilor vegetale în funcție de gradul relativ de acumulare al metalelor grele, după cum urmează:

Tabelul nr. 6. Gradul relativ de acumulare al metalelor grele

Ridicat	Mediu	Scăzut	Foarte scăzut
Salată	Sfecla roșie	Porumb	Fasole
Spanac	Țelina	Conopida	Mazăre
Andive	Varza	Broccoli	Pepene
Morcov	Cartof	Țelina	Tomate

Diferite culturi au fost clasificate în funcție de tendința lor de a acumula cadmiu (www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/ek1033.doc)

Tabelul nr. 7 Potențialul de bioacumulare al cadmiului la diferite specii cultivate

Tendința de acumulare a cadmiului		
Scăzută	Medie	Ridicată
Varza albă Broccoli Cartof , țelina Dovlecel, tomate Fasole Mere, pere Ovăz, orz Secara	Varza roșie Varza Savoy Morcovi Sfecla roșie Praz, grâu	Salata Spanac, pătrunjel Mărar, țelina frunze Rubarbă

Angelova și colaboratorii (2005) au efectuat studii în urma cărora au clasificat speciile vegetale în patru categorii în funcție de tendința de a acumula metale:

1. puțin acumulative – porumb și mazăre
2. moderat acumulative – ovăz, floarea soarelui, coriandru, bumbac, cartof
3. puternic acumulative – grâu, soia, fasole, alune, muștar
4. hiperacumulative – tutun, Salvia sclarea L.)

Concentrațiile de Cd, Pb și Zn în boabele de mazăre și porumb au fost foarte scăzute chiar și pe solurile poluate (27 ppm Cd, 914 ppm Pb, 1904 ppm Zn).

Aceiași cercetători (Angelova și colab. 2003), au analizat modul în care metalele din solurile contaminate (de lângă combinate de prelucrarea metalelor neferoase) sunt reținute de anumite specii vegetale. Speciile care au acumulat cea mai mare cantitate de metale (Cd, Pb) au fost soia, urmată de fasole, linte și mazăre. S-a constatat că plumbul s-a acumulat în boabele de soia și fasole în cantități peste limita maximă admisă. Cadmiul s-a acumulat cu precădere în leguminoase în concentrații peste limita admisă. Prin urmare, leguminoasele nu sunt specii indicate a fi cultivate în zonele poluate. Se pare însă că mazărea este o excepție.

Studii relativ recente (Rose, 2002) au arătat că plumbul nu se acumulează în porumb, fasole, dovlecel, tomate, mere. În zona Copșa Mică sunt condiții favorabile de cultură pentru porumb, fasole și mere.

Bioacumularea metalelor grele în grâu

Factorii de transfer sol-plantă exprimați ca raportul dintre concentrația metalului în plantă și concentrația aceluiași metal în sol (forma totală) pot fi indicatori ai tendinței unei specii de a acumula metalele (Kabata Pendias și Pendias, 1992). Au fost observate diferențe mari ale transferului Cd, Zn, Ni, Cu, Pb și Cr în diferite organe ale plantelor. Astfel, cei mai scăzuți factori de transfer pentru Cd au fost găsiți în cazul porumbului, mazării, ovăzului și grâului în timp ce valori mari au fost semnalate pentru spanac și salată. Factori de transfer scăzuți pentru Zn au fost observați pentru morcov, porumb și mazăre. Factori de transfer mari pentru spanac și salată au fost observați pentru multe metale, fapt pentru care nu se recomandă cultivarea acestor specii pe soluri contaminate.

Adams și colaboratorii (2000), au analizat conținuturile de plumb și cadmiu din 250 probe de grâu și 233 probe de orz.

Nu s-a putut stabili o corelație între conținuturile de Cd și Pb în orz și conținutul total al acestor metale în sol. În general, conținutul de Pb^{2+} și Cd^{2+} din soluția solului este mai relevant pentru a stabili astfel de corelații (Grant și colab., 1999).

Din cele 233 probe de orz, numai una a depășit concentrația maximă admisă pentru cadmiu (0,1 ppm) în timp ce concentrația maximă admisă pentru plumb (0,2 ppm) a fost depășită de două probe.

În cazul grâului concentrația de cadmiu a variat între 0,045 și 0,063 ppm și nici o probă nu a conținut plumb peste limitele maxime admise.

Stefanovic și colaboratorii (2008) au determinat conținutul de metale din diferite soiuri de grâu. Conținutul de plumb este ridicat în toate varietățile analizate dar acest lucru este datorat traficului și poluării industriale. De asemenea, s-a observat că unele soiuri au o afinitate mai mare pentru anumite metale iar acest lucru trebuie avut în vedere atunci când se aleg cultivarele de grâu. Pe de altă parte, acumularea de metale toxice în grâu are efecte nocive asupra omului deoarece grâul este folosit la prepararea pâinii și acumularea metalelor pe această cale este inevitabilă.

Grâul spelta (*Triticum spelta*) preia mai puține metale grele din mediul înconjurător decât grâul comun.

Bhutto și colaboratorii au determinat concentrațiile de Zn, Cu, Pb, Ni și Cr din diferite soiuri de grâu cultivate în diferite regiuni din Pakistan. Conținutul de cupru a variat între 1,64 și 2,85 ppm (limita maximă admisă este de 5). Conținuturile de plumb, nichel și crom nu au fost detectate la nivel de ppm în probele analizate. Conținutul de zinc a variat între 17,25 și 34,53 (limita maximă admisă fiind de 40).

Concentrații de ordin milimolar ale Cu^{2+} sau Cd^{2+} inhibă germinarea cariopselor de grâu, în timp ce efectul inhibitor asupra creșterii plantelor se manifestă chiar la concentrații de ordin micromolar. Gradul de inhibiție crește cu doza aplicată și este mai mare în cazul cuprului.

Plantele de grâu crescute în prezența excesului de Cu^{2+} sau Cd^{2+} acumulează în rădăcini cantități importante ale acestor metale dar translocă în părțile aeriene de aproximativ 10 ori mai puțin; concentrațiile interne depind de doza aplicată (Ciobanu 2008).

Porumbul.

Jiang și colab. (2007) au arătat că plantele de porumb crescute în mediu poluat cu cadmiu și zinc au suferit modificări la nivelul cloroplastelor. Poluarea cu aceste metale afectează structura membranei cloroplastelor. Când s-a aplicat fosfor, numărul cloroplastelor afectate s-a redus în mod semnificativ. Fertilizarea cu fosfor a determinat mărirea conținutului de clorofilă din plante și a redus transportul metalelor din rădăcină spre celelalte organe.

Jarausch-Wehrheim și colab. (1999) atrag atenția asupra faptului că, pe solurile poluate cu zinc, deși acest metal este acumulat în cantități mici în boabele de porumb, poate genera poluare în lanțul alimentar, dacă sunt folosite în furajare tulpinile, care acumulează zinc.

Probabil acest lucru este știut de către localnicii din zona Copșa Mică, deoarece aceștia nu recoltează de regulă tulpinile de porumb, ci le dau foc și apoi le îngroapă prin arătură.

Orzul (*Hordeum vulgare*) a fost identificat ca fiind o specie care acumulează zinc și cadmiu în cantități mari, comportament observat și în cazul muștarului. (Ebbs și Kochian 1998).

Bioacumularea în funcție de gradul de poluare al solului

Absorbția și acumularea metalelor în plantă depind de caracteristicile solului, și anume: pH, potențial redox, conținut de argilă, conținut de materie organică, prezența altor metale în sol (Smical și colab. 2008).

Reacția solului (pH-ul) – în solurile cu pH bazic crește cantitatea de hidroxizi și carbonați ai metalelor grele, compuși cu solubilitate scăzută. Un pH mai mare de 6,5 favorizează reducerea toxicității metalelor grele.

Capacitatea de schimb cationic este o însușire legată de conținutul de argilă și conținutul de materie organică. O capacitate de schimb cationic ridicată reține o mai mare parte din metalele grele și înlătură efectul concentrațiilor toxice.

Dacă sunt de pășite limitele de toleranță, nocivitatea metalelor poluante din sol se poate reduce prin blocarea lor, prin corectarea pH-ului spre basic, aplicând amendamente pe bază de calciu. De asemenea, se recomandă utilizarea îngrășămintelor cu reacție fiziologic alcalină. Se pot aplica substanțe cu care metalele în exces precipită și astfel sunt inactivate.

Plumbul, cadmiul și zincul se acumulează în plante, sunt ingerate apoi prin hranire, de-a lungul lanțurilor trofice, ajungând să se acumuleze în cantități mari în țesuturile consumatorilor succesivi animale și oameni, rezultatul constituindu-se în boli grave. Din aceasta cauză, este indicat, ca în zonele poluate cu metale grele, să se cultive plante tehnice rezistente și valoroase din punct de vedere economic, nu plante destinate consumului uman sau animal (Buletin informativ de mediu nr.2 / iunie – august 2001 - Influența poluării industriale).

Reducerea absorbției unor metale grele de către plante folosindu-se de fenomenul de antagonism al unor perdede de ioni, astfel ca se poate diminua mult conținutul în planta de Cd dacă în sol se afla suficient Zn, cel de Sr prin Ca, iar cel de Cs prin concentrații adecvate de potasiu

Plantele sunt capabile să acumuleze plumb în cantități semnificative - 300 - 400 ppm - în condiții de poluare și fără simptome vizibile de contaminare. În cazul plantelor, rădăcinile sunt mai încărcate de regulă la tulpină, iar urcând pe aceasta, scade conținutul de plumb. Creșterea nivelului pH-ului solului poate determina scăderea absorbției plumbului. Admisia cuprului în plante poate fi mărită de nivelul scăzut al pH-ului și de îngrășămintele organice. Admisibilitatea de către plante poate fi influențată de concentrația cadmiului în sol, condițiile pH-ului, temperatura, cantitatea de materii organice, respectiv prezenta altor metale. În solurile bogate în calcar, în cazul plantelor se întâlnesc adesea curențe de zinc **Zincul** prezintă un rol biologic important, dar în cazul unor cantități ridicate determină efecte toxice. Este utilizat sub formă de compuși (oxid, sulfură, sulfat, clorură) în diferite întreprinderi industriale. Folosirea insecticidelor și fungicidelor pe bază de compuși organici ai zincului duc la contaminarea produselor agroalimentare și a furajelor. Se acumulează în fasole, porumb, sorg.

Deficiența de zinc este frecvent întâlnită la unele specii ca porumb, fasole, soia, lucernă, măr, piersic, prun, tomate. Deficiența de zinc apare în condițiile solurilor cu reacție neutră, neutră-alcalină și în special a celor care conțin carbonați, caracteristici care limitează accesibilitatea zincului pentru plantă. Fenomenul este în extindere ca urmare a creșterii nivelului de fosfor care interferează în absorbția zincului, fertilizarea intensivă cu fosfor fiind unul dintre principalii factori care contribuie la declanșarea și intensificarea fenomenului.

Concentrații excesive de zinc, potențial toxice pentru unele specii (soia, lucernă, porumb) au fost semnalate la valori peste 100 ppm. Plantele tolerează în general concentrații ridicate de zinc fără să manifeste simptome specifice de toxicitate. Concentrații ridicate de zinc pot perturba funcțiile fiziologice ale altor elemente precum cupru, fier, mangan, fosfor. Acumulări excesive de zinc nu se realizează în condițiile solurilor naturale ele fiind posibil să apară numai ca efect al unor tratamente fitosanitare îndelungate cu preparate pe bază de zinc sau a contaminării cu emanații industriale care conțin zinc. Încărcarea cu zinc a solurilor din zonele industriale puternic poluate poate ajunge până la 5000 ppm.

În condițiile țării noastre, deficiența de zinc s-a manifestat la **porumb** și într-o măsură mai mică la **fasole, soia** și unele specii pomicole (piersic, **măr**). La unele specii (porumb, măr), nivelurile reduse de zinc din frunze au fost asociate cu nivelurile sistematic mai ridicate de fier și mangan.

Conținuturi excesive de zinc s-ar putea înregistra pe terenurile cultivate cu pomi fructiferi și vița de vie la care se aplică timp îndelungat pesticide pe bază de zinc sau în cazul utilizării unor reziduuri organice bogate în zinc (nămoluri menajere, etc.).

Insuficiența de zinc se întâlnește frecvent la porumb cultivat pe solurile carbonatice, fiind accentuată de dozele mari de îngrășăminte cu fosfor.

Toxicitatea zincului se constată pe solurile acide cu pH sub 5,7. Simptomele vizuale ale excesului de zinc sunt nespecifice, fiind asemănătoare cu cele provocate de excesul de fosfor, fier și mangan.

S-a făcut o clasificare a speciilor în funcție de sensibilitatea plantelor la insuficiența zincului (Lixandru și colab. 1990):

- sensibile la insuficiența de zinc: porumb, soia, fasole, ricin, in, hamei, măr, piersic, păr, vița de vie;

- moderat sensibile la insuficiența de zinc: cartof, tomate, ceapa, trifoi, lucerna, sfecla de zahăr;

- puțin sensibile la insuficiența de zinc: cerealele păioase, ierburile perene, mazărea, ardeiul, morcovul.

Cuprul se acumulează în principal în legumele rădăcinoase.

Cuprul este implicat în procese de oxido-reducere trecând ușor dintr-o stare de oxidare în alta. Influențează formarea clorofilei, fotosinteza, metabolismul protidic și glucidic.

Informații referitoare la concentrațiile de cupru întâlnite la diferite specii în diferite organe, indică valori cuprinse între 2 și 50 ppm. Majoritatea se situează în intervalul 5-20 ppm, interval ce corespunde unei stări de nutriție normală a plantelor.

Concentrații deficitare de cupru în plante (sub 3-4 ppm) se pot întâlni pe solurile cu conținut scăzut de cupru nativ (4-6 ppm Cu total) precum și în cazul unor soluri organice hidromorfe (turbe, mlaștini desecate) cu conținuturi de Cu total de 20-30 ppm.

Perturbări în nutriția cu cupru pot apărea în cazul supraamendării solurilor acide, sărace în cupru.

Plantele menționate ca sensibile la deficiența de cupru sunt cerealele (orz, ovăz, grâu), lucerna, trifoiul, pomi fructiferi (măr, păr).

Acumulări excesive de cupru, potențial toxice pentru unele plante apar foarte rar în condițiile solurilor naturale (numai în apropierea unor zăcăminte de cupru). Mai des apare însă situația în care toxicitatea se datorează acumulării de cupru în sol ca urmare a aplicării unor tratamente pe bază de fungicide pe bază de cupru. Este situația desființării plantațiilor de viță de vie și pomi fructiferi și a înlocuirii acestora cu culturi anuale cu înrădăcinare superficială.

Alte surse poluante care conduc la acumulări excesive și toxice de cupru sunt industriile de extracție și prelucrare a metalelor neferoase. Cantitățile de cupru acumulate în țesuturile vegetale pot să nu atingă nivelele toxice pentru plante, dar pot fi toxice pentru animale, sensibile la concentrații mai mari de 10 ppm de cupru în furaje.

Riscul toxicității de cupru este mare în cazul plantațiilor amplasate pe soluri cu reacție acidă. Pe solurile alcaline, mobilitatea cuprului fiind limitată, atingerea unor conținuturi toxice de cupru în plantă este mai puțin probabilă (Răuță și colab. 1980).

Conținutul plantelor în cupru este cuprins între 3 și 15 ppm Cu față de substanța uscată. În cantități mari se găsește în semințe și în organele de creștere acolo unde procesele vitale sunt mai intense. Are rol important în metabolism, fiind component al ascorbioxidazei și al tirozinazei. Alături de fier este prezent în citocromoxidaze care participă la procesele de respirație. Favorizează creșterea conținutului de glucide, lipide, protide și vitamine.

În funcție de cerințele lor pentru cupru, diferitele specii de plante se pot clasifica în:

- sensibile la insuficiența cuprului: orz, ovăz, grâu, spanac, morcovi, ceapa

- moderat sensibile la insuficiența cuprului: sfecla, napii

- tolerante la insuficiența cuprului: secara, cartofii, hrișca, tomatele, lucerna, trifoiul.

Plantele intoxicate conțin peste 20 ppm Cu.

În condițiile solurilor acide, cantitatea de cupru din soluția solului ar trebui să fie mai ridicată decât în solurile neutre sau alcaline. Totuși, pe asemenea soluri se constată adesea carențe mai accentuate de cupru decât pe solurile neutre sau

alcaline. Aceasta se explică prin faptul că acesta este spălat cu ușurință de precipitațiile abundente (Lixandru și colab. 1990).

Cuprul are rol în fotosinteză și în fructificare. Carența de cupru micșorează gradul de transformare a aminoacizilor în proteine. Scăderea sintezei proteice micșorează activitatea fotosintetică.

Westgate (1952) a constatat în urma unor experimente că țelina este mult mai tolerantă decât porumbul la concentrații ridicate de cupru în sol, în timp ce fasolea, dovleceii, varza, conopida, sfecla sunt culturile puternic afectate de excesul de cupru din sol.

Cadmiul. Folosirea de îngrășăminte cu reziduuri de Cd duce la acumularea acestuia în sol, de unde este preluat de plante, migrând rapid în organele acestora. **Orezul, grâul acumulează cantități mari de cadmiu.**

Este un metal foarte toxic pentru oameni și animale. În cazul plantelor care se dezvoltă pe soluri contaminate cu cadmiu are loc o scădere a fotosintezei și apar dereglări de nutriție (Sanita di Toppi și Gabrielli 1999). Plantele expuse unor concentrații ridicate de cadmiu se clorozează și are loc o inhibare a creșterii (Kahle 1993). Acest metal se leagă la grupările sulfhidrice ale proteinelor sau substituie metalele cu rol esențial (Van Assche și Clijters 1990).

Plantele acumulează cu ușurință cadmiul chiar dacă nu este un element esențial. Din cauza asemănării chimice cu zincul (care are un rol important pentru dezvoltarea plantelor), cadmiul intervine într-o serie de procese metabolice dar mecanismul de reținere al cadmiului de către plante nu este cunoscut (Yildiz, 2005).

În orice caz, s-a constatat că plantele răspund diferit la prezența cadmiului. Aplicarea unor soluții ce conțin până la 10 ppm Cd a avut ca rezultat scăderea recoltei cu 25% în cazul fasolei, 35% în cazul sfeclei și cu 60% în cazul porumbului (Yildiz, 2005).

Yildiz (2005) a cercetat toxicitatea cadmiului la tomate și porumb. Au fost aplicate soluții ce conțineau 0,05/0,1/1,0/2/5/10/20 ppm Cd.

S-a constatat că substanța uscată a scăzut cu creșterea concentrațiilor de cadmiu, în timp ce producția în cazul celor două culturi a scăzut chiar și în cazul aplicării a 0,1 ppm Cd. La concentrația 2 ppm au apărut fenomene de cloroză și a încetat dezvoltarea vegetativă.

În cazul porumbului, conținutul de azot a scăzut sub concentrația optimă iar cel de fosfor a început să scadă abia la 2 ppm Cd. Conținutul de zinc nu a fost foarte mult afectat iar cel de mangan a scăzut sub o concentrație optimă.

După unii cercetători, cadmiul manifestă preferință pentru acumulare în spanac, morcovi, ovăz și orz (Smical și colab. 2008). De asemenea, în literatură sunt prezentate studii prin care se arată că acest metal se acumulează mai degrabă în salată, spanac, varză și mai puțin în tomate sau mazăre (Cox S., 2000, *Mechanism and Strategies for Phytoremediation of Cadmium*, On line at: <http://lamar.colostate.edu/~samcox/INTRODUCTION.html>)

Când plantele se dezvoltă pe același tip de sol și în aceleași condiții, acumularea de cadmiu descrește în ordinea: cereale < legume < legume frunzoase (Oros 2001).

Informațiile din literatură (Kabata-Pendias și Pendias 2001) au arătat că acest element (Cd) este un metal foarte ușor absorbit și este ușor transferat în plantă.

Rezultatele unor studii au arătat că legumele frunzoase acumulează cel mai ușor și în cantitate mare cadmiul (Kovacs 1993), în timp ce cerealele acumulează mult mai puțin (Kim și colab. 2002).

Plumbul este utilizat sub formă de tetraetil de plumb la aditivarea benzinelor. Prin eliminarea lui cu gazele de eșapament are loc poluarea aerului și respectiv a terenului învecinat carosabilului pe o distanță de 200-250 m. Plante *ca varza, țelina, sfecla, porumbul, piersicul colectează mult plumb* (Beceanu 2002).

Plumbul prezent în sol variază între 0,1-20 ppm Pb total. Acumulările prea mari influențează negativ activitatea biologică a solului, inactivează dehidrogenaza, ureaza.

Într-un sol cu un conținut de peste 800 ppm Pb, acesta se regăsește acumulat în unele specii după cum urmează:

- fasole – 27 ppm în frunze și 8 ppm în boabe

- secară – 9 ppm în paie și 0,9 ppm în boabe.

În zona Bucureștiului, de-a lungul arterelor de circulație, în cazul plantelor de porumb, plumbul a fost decelat în frunze în concentrație de 287,5 ppm iar în tulpini 43 ppm.

Creșterea nivelului pH-ului solului poate determina scăderea absorbției plumbului. Plantele sunt capabile să acumuleze plumb în cantități semnificative (300-400 ppm) în condiții de poluare și fără simptome vizibile de contaminare. În cazul plantelor, rădăcinile sunt mai încărcate de plumb. Consecința principală a acumulării plumbului este scăderea capacității de fotosinteză. În același timp, plumbul se depune pe frunzele plantelor și la suprafața solului și din acest motiv este extrem de periculos pentru oameni, afectând în primul rând funcțiile neurovegetative. (Genczi A., Bodis K – Verificarea regională a conținutului de metal a solului)

G. Cieslinski și colaboratorii (G. Cieslinski, S. Mercik, Lead Uptake And Accumulation By Strawberry Plants, ISHS Acta Horticulturae 348: [II International Strawberry Symposium](#)) au studiat modul în care se dezvoltă căpșunile (*Fragaria grandiflora* Duch.) crescute pe soluri contaminate cu diferite concentrații de plumb și au ajuns la concluzia că cele mai mari concentrații de plumb au fost acumulate în rădăcină, în timp ce fructele au prezentat niveluri scăzute de plumb. Rezultatele acestui studiu au arătat că reținerea plumbului de către plante poate fi diminuată de creșterea valorii pH-ului solului.

2B. Sinteza informațiilor disponibile cu privire la parametrii biologici de interes pentru modelarea bioacumulării și carențelor în aceste specii/soiuri. – Conf. Dr. Liliana Tudoreanu

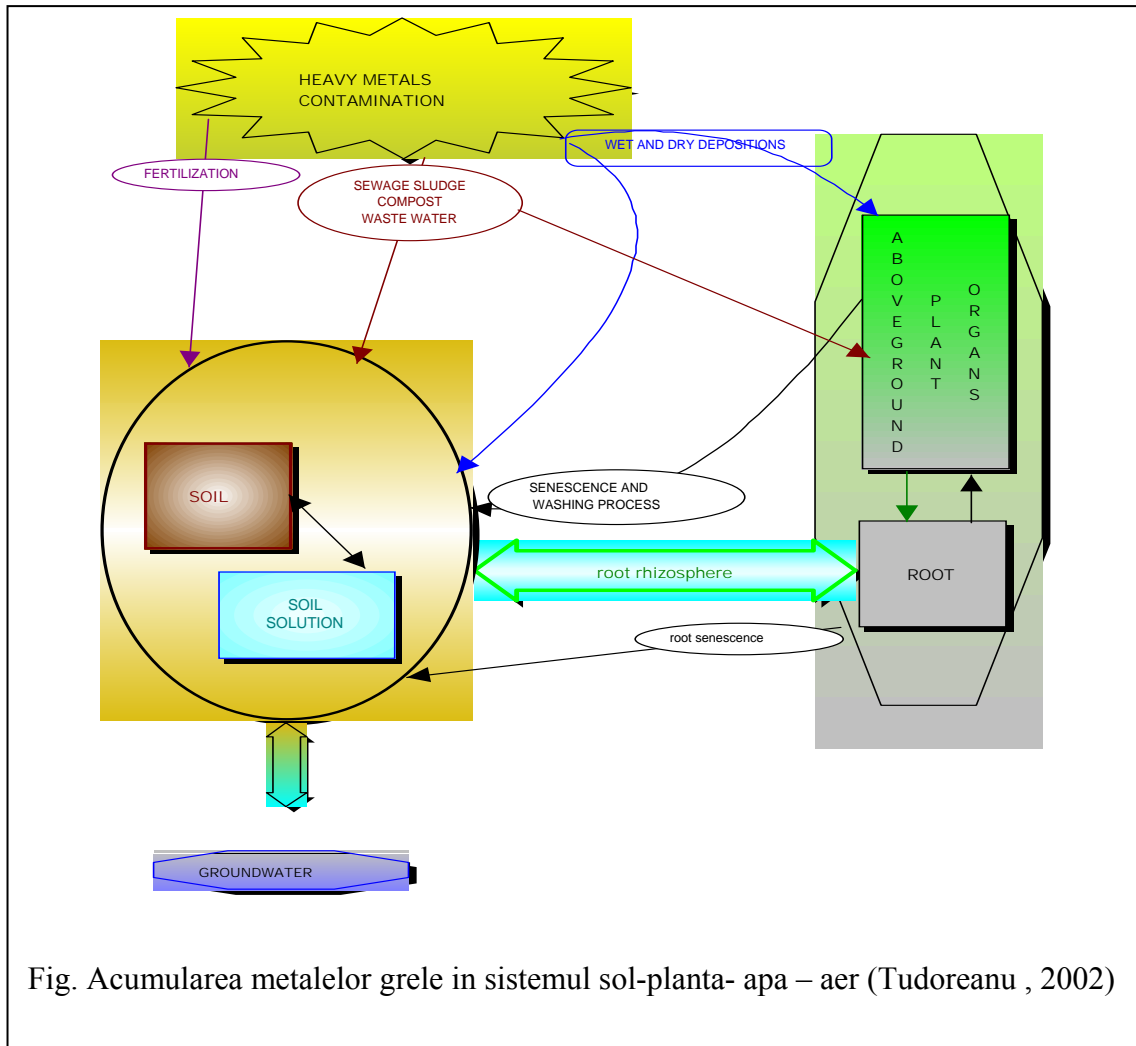


Fig. Acumularea metalelor grele in sistemul sol-planta- apa – aer (Tudoreanu , 2002)

In vederea realizării unor modele mecanismice ale acumulării metalelor grele în plante parametri necesari sunt:

A) Parametrii specifici plantelor și solului pentru ionii cu transport activ la nivelul rădăcinii

- Geometria spațială a rădăcinii și parametri de creștere ai plantei
- Parametrii Michaelis-Menten :
 - concentrația inițială a ionului de microelement în soluția solului (mmol/L)
 - influxul net maxim al ionilor oelemente de mic la nivelul rădăcinii (I_{max})
 - concentrația ionului la nivelul soluției solului (K_m) pentru care influxul net este $\frac{1}{2} I_{max}$
 - concentrația pentru care influxul ionilor este egal cu efluxul lor (C_0)

B) Parametrii specifici plantelor pentru metalele grele/ microelementele cu transport activ la nivelul plantei:

- Rata de producere a fitochelatinelor la nivelul rădăcinii
- Numărul de atomi de metal greu pe fiecare moleculă de fitochelatină la nivelul rădăcinii
- Rata de producere a fitochelatinelor la nivelul organelor plantei

- Raportul microelement / fitochelatina la nivelul organelor plantelor

Transportul pasiv al microelementelor la nivelul preluării din soluția solului sau la nivelul plantei este descris de o ecuație de difuzie. Un impediment în folosirea acestei relații însă îl constituie măsurarea coeficientului de difuzie pentru microelementele considerate la nivelul țesuturilor specifice.

Modele bazate pe coeficienți de bioacumulare

În acest caz sunt necesare doar concentrațiile totale de microelemente la nivelul organelor plantei și la nivelul solului. În vederea asigurării reprezentativității statistice a valorilor și a reprezentativității pentru soiul/hibridul studiat sunt necesare aproximativ 1500 de valori pentru fiecare coeficient care este necesar de estimat.

Modelarea carențelor de minerale la nivelul sistemului sol-plantă

Modelele dezvoltate până în prezent sunt modele de estimare a necesarului de micro și macronutrienți sau tipuri de fertilizatori pentru culturi aflate în diverse condiții de mediu. Complexitatea răspunsului fiziologic al plantelor în condiții complexe de poluare și asigurare a nutrienților esențiali dezvoltării este foarte mare și nu este pe deplin elucidat, motiv pentru care un model care să se adreseze simultan acumulării metalelor grele, și dezvoltării carențelor de minerale, cu alte cuvinte un model al nutriției minerale în plante chiar și pentru un singur cultivar este încă departe de a putea fi realizat și mult peste posibilitățile tehnice actuale în cadrul acestui proiect.

3. Concluzii generale

Modelarea mecanismică a acumulării cadmiului sau a altor metale grele este dificilă în special datorita problemelor ridicate de măsurarea unor parametrii specifici care influențează acumularea acestora cum ar fi de exemplu suprafața totală a rădăcinii. În cazul identificării unor dependențe liniare între cantitatea totală de metal greu acumulat la nivelul plantei/ organelor se pot identifica statistic variabilele care influențează semnificativ modelul. Această abordare este importantă mai ales atunci când se ia în considerare influența stropirii cu sol a plantelor, sol care poate aduce un plus de contaminare cu metale grele. Realizarea unui model mecanismic al acumulării microelementelor la nivelul plantelor de cultură necesită măsurători al căror cost depășește bugetul actualului contract

2. Dintre modelele mecanismice propuse până în prezent modelul Barber-Cushman este cel mai frecvent utilizat pentru a evalua acumularea Cd și la nivelul plantelor de porumb (*Zea mays L.*) și *Thlaspi caerulescens* ca un cunoscut acumulator pentru Cd-Zn pe diverse tipuri de soluri, în cazul unor acumulări subtoxice a acestui element. Folosirea modelului însă implică achiziționarea acestuia. Cu toate acestea modelul nu va putea fi modificat deoarece este protejat prin dreptul de autor. Modelul va putea fi testat pe soiurile românești și condițiile specifice zonei Copșa Mică.

3. Modelarea prin meta-analiză a acumulării metalelor grele în plante se poate realiza numai în măsura în care se pot culege date valide din punct de vedere statistic pentru soiurile / hibridii luați în studiu și anume soiurile de grâu: Apullum, Ardeal 1, Arieșan, Turda 2000, hibridii de porumb: Turda Favorit, Turda 201, Turda 145, soiurile de mazăre: Aurora, Athos cultivate pe terenurile din Copșa Mică

4. În ceea ce privește potențialul de bioacumulare al speciilor de cultură cultivate în zona Copșa Mică datele existente sunt în majoritatea lor incomplete atât din punct de vedere statistic (nu prezintă parametri statistici corespunzători valorilor comunicate), din punct de vedere agronomic prezentând situații contradictorii, cât și din punct de vedere al parametrilor necesari modelării bioacumulării și bilanțului de metale grele/ microelemente.

5. Este posibilă utilizarea unor aparate care măsoară conținutul de clorofilă sau fluorescența clorofilei pentru detectarea poluării cu cadmiu și zinc.

6. Fertilizarea cu fosfor ar putea fi o cale de micșorare a bioacumulării zincului și cadmiului în porumb.

4. Orientarea activității de cercetare a echipei USAMVB pentru următoarele etape ale proiectului

- Deoarece condițiile pedoclimatice nu sunt uniforme în toată zona Copșa Mică, se vor face diferențieri în ceea ce privește specia cultivată în funcție de locul unde vor fi amplasate câmpurile experimentale.
- Soiurile și hibridii propuse pentru monitorizare în cadrul proiectului sunt:
 - Soiuri de grâu: Apullum, Ardeal 1, Arieșan, Turda 2000
 - Hibridii de porumb: Turda Favorit, Turda 201, Turda 145,
 - Soiuri de mazăre: Aurora, Athos
- În vederea asigurării unui grad ridicat de aplicabilitate al modelelor propuse este necesară efectuarea unui număr ridicat de determinări pe solele monitorizate din regiune pentru speciile de cultură propuse (grâu, porumb și mazăre)

- Se vor dezvolta modele eficiente de bioacumulare pe baza factorilor de bioacumulare specifici soiurilor și hibrizilor aleși și caracteristici zonei Copșa Mică
- Se vor identifica coeficienții de partiție specifici fiecărui soi și hibrid analizat
- Se vor integra modelele de bioacumulare pentru soiurile și hibrizii analizați într-un model de bilanț.
- Se va continua investigarea influenței acumulării Cd și Pb în organismele animale la nivelul zonei în vederea includerii acestor modele în modelul de bilanț al zonei

Bibliografie selectiva

1. Adams, M.L., S.P. McGrath, F.J. Zhao, F.A. Nicholson, A.H. Sinclair, 2000, Lead and cadmium as contaminants in UK wheat and barley, HGCA conference: Crop management into the Millenium.
2. Angelova, V., R.Ivanova, Kr.Ivanov, 2003, Accumulation of heavy metals in leguminous crops (bean, soybean, peas, lentils and gram, Journal of Environmental Protection and Ecology 4 (4), 787-795, 2003.
3. Angelova, V., R.Ivanova, Kr.Ivanov, 2005, Study accumulation of heavy metals by plants in field condition, Geophysical Research Abstracts, vol.7, 03931, 2005.
4. Beceanu, D., 2002, Tehnologia produselor horticole, Vol. I, Edit. PIM, Iași.
5. Bhutto, M.A.Mubarik Ahmed, Zahida Parveen, G.M.Kalloi, 2007, Determination of heavy metals in different wheat varieties grown in three districts of Sindh (Pakistan), International Journal of Agriculture&Biology, 8 (4, 2007, 448-449).
6. Ciobanu, G., 2008, Modificări biochimice și fiziologice induse de unele metale grele la *Triticum aestivum* - teza de doctorat, 2008
7. Cox S., 2000, *Mechanism and Strategies for Phytoremediation of Cadmium*, <http://lamar.colostate.edu/~samcox/INTRODUCTION.html>.
8. Ebbs S.D., Kochian L.V., 1998, Phytoextraction of zinc by oat (*Avena sativa*) and Indian mustard (*Brassica juncea*). Environ. Sci. Technol.32, 802-806.
9. Gogoláková, A., A. Hegedüsová, J. Švikruhová, P. Štrba, P. Boleček, 2008, Application of chlorophyll fluorescence to detect chelate-induced cadmium stress in *Zea mays*. Abstracts / Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 150 (2008) S155–S161.
10. Grant C.A., Bailey L.D., McLaughlin M.J., Singh B.R., 1999, Management factors which influence cadmium concentrations in crops. In „Cadmium in soils and plants” Mc Laughlin M.J., Singh B.R.(eds.), pp151-198, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
11. Jarauschk-Wehrheim, B., B. Mocquot, M. Mench, 1999, Absorption and translocation of sludge-borne zinc in field-grown maize (*Zea mays* L.). European Journal of Agronomy 11 (1999) 23–33.
12. Jiang, H.M., J.C. Yang, J.F. Zhang, 2007, Effects of external phosphorus on the cell ultrastructure and the chlorophyll content of maize under cadmium and zinc stress. Environmental Pollution 147 (2007) 750-756.
13. Kabata-Pendias A., Pendias H., 1992, Trace elements in soils and plants, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton.
14. Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001, Trace elements in soil and plants, C.R.C.Press, Boca Raton, Florida, USA// Lin H., Chiou C.K., 1990 – Response of lettuce, mustard, rice and corn crops to cadmium treatment. Proceeding of 2nd workshop of soil pollution prevention, 257-272.
15. Kahle, H., 1993, Response of roots of trees to heavy metals, Environ. Exp.Bot., 33, 99-119.
16. Kim J.Y., Kim K.W., Lee J.U., Lee, J.S., Cook J., 2002, Assessment of As and heavy metal contamination in the vicinity of Duckum Au-Ag mine, Korea.Environmental Geochemical Health, 24, 215-227.

16. Kloke A., Sauerbeck D.R., Vetter H., 1984, The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. In: Changing metal cycles and human health. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 113-141.
17. Kovacs M., Turcsanyi G., Penksza K., Kaszab L., Szoke P., 1993, Heavy metal accumulation by ruderal and cultivated plants in a heavily polluted district of Budapest. In: Markert B. (Eds) Plants as biomonitors: Indicators for heavy metal in the terrestrial environment. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany, 495-505.
18. Kovacs M. Turcsanyi G., Penksza K., Kaszab L., Szoke P., 1993 – Heavy metal accumulation by ruderal and cultivated plants in a heavily polluted district of Budapest. In: Markert B. (Eds) Plants as biomonitors: Indicators for heavy metal in the terrestrial environment. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany, 495-505.
19. Lixandru, Gh., C.Caramete, Cr. Hera, N.Marin, Z.Borlan, L.Calancea, M.Goian, C.Răuță, 1990, Agrochimie. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1990.
20. Oros V., 2001, Heavy Metals Biomonitoring, North University Baia Mare, Romania.
21. Răuță Corneliu, Chiriac Aurelia (coordonatori), 1980, Metodologie de analiză a plantei pentru evaluarea stării de nutriție minerală. Academia de Științe Agricole și Silvicultură, Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie
22. Rose C.J., 2002, Lead in the home garden and urban soil environment. <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG2543html>)
23. Rossi, G., A.Figliolia, S.Socciarelli, B.Pennelli, 2002, Capability of Brassica napus to accumulate cadmium, zinc and copper from soil, Acta biotechnologica, 2002, 22(1-2), 133-140).
24. Sanita di Toppi L., Gabrielli R., 1999, Response to cadmium in higher plants. Environ. Exp. Bot., 41, 105-130.
25. Sgardelis S, C.M. Cook, J.D. Pantis and T. Lanaras, 1994, Comparison of chlorophyll fluorescence and some heavy metal concentrations in *Sonchus* spp. and *Taraxacum* spp. along an urban pollution gradient
26. Smical, Ana-Irina Vasile Hotea, Vasile Oros, Jozsef Juhasz, Elena Pop, 2008, Studies on transfer and bioaccumulation of heavy metals from soil into lettuce, Environmental Engineering and Management Journal September/October 2008, Vol.7, No.5, 609-615).
27. Souza, Francisco J., Wilfried E. Rauser, 2003, Maize and radish sequester excess cadmium and zinc in different ways. Plant Science 165 (2003) 1009-1022.
28. Stefanovic, V., N.Filipovic, B.Jovanovic, 2008, Undesirable metals content in wheat of different wheat varieties, BIBLID 1450-7188, 2008, 39, 69-76.
29. Van Assche, F., Clijsters H., 1990, Effects of metals on enzyme activity in plants. Plant Cell Environ., 13, 195-206.
30. Westgate, P., 1952, Preliminary report on copper toxicity and iron chlorosis in old vegetable field – Florida State Horticultural Society, pp.143-146.
31. Yildiz, Nesrin, 2005, Response of tomato and corn plants to increasing Cd levels in nutrient culture, Pak.J.Bot., 37(3), 593-599.
32. Tudoreanu Liliana și Phillips CJC, (2004). *A Modeling Perspective on Cadmium Uptake and Accumulation in Plants*. Advances in Agronomy nr 84, p121-157.
33. Tudoreanu Liliana, Phillips C.J.C, Prankel S. (2006). Sensitivity analysis of a model for cadmium accumulation in the soil-plant-sheep system.(Prezentare orală). “Contribuții ale Cercetării Științifice la Progresul Medicinii Veterinare”, București 10-11- Noiembrie, 2006.
34. Liliana Tudoreanu, Phillips CJC and Ciofu R. (2006). Modeling techniques for Cd uptake and accumulation in plants. ESNA International Conference, 10-14 septembrie, Iasi, Romania 2006 Book of abstracts ISBN (10) 973-7921-81-X ISBN(13) 978-973-7921-81-9.

35. Tudoreanu Liliana și CJC Phillips , 2005. A design for a modular, generic model for cadmium accumulation in the food chain. *Poster* la Simpozionul “Contribuții ale Cercetării Științifice la Progresul Medicinii Veterinare”, București 10-11- Noiembrie, 2005. ISSN1222-5304
36. Tudoreanu Liliana și CJC Phillips , 2005, Modelling Cadmium accumulation in the plant–animal system. *Poster* la Simpozionul “Contribuții ale Cercetării Științifice la Progresul Medicinii Veterinare”, București 10-11- Noiembrie, 2005. ISSN1222-5304

Cod: PO-04-Ed2-R0-F

