

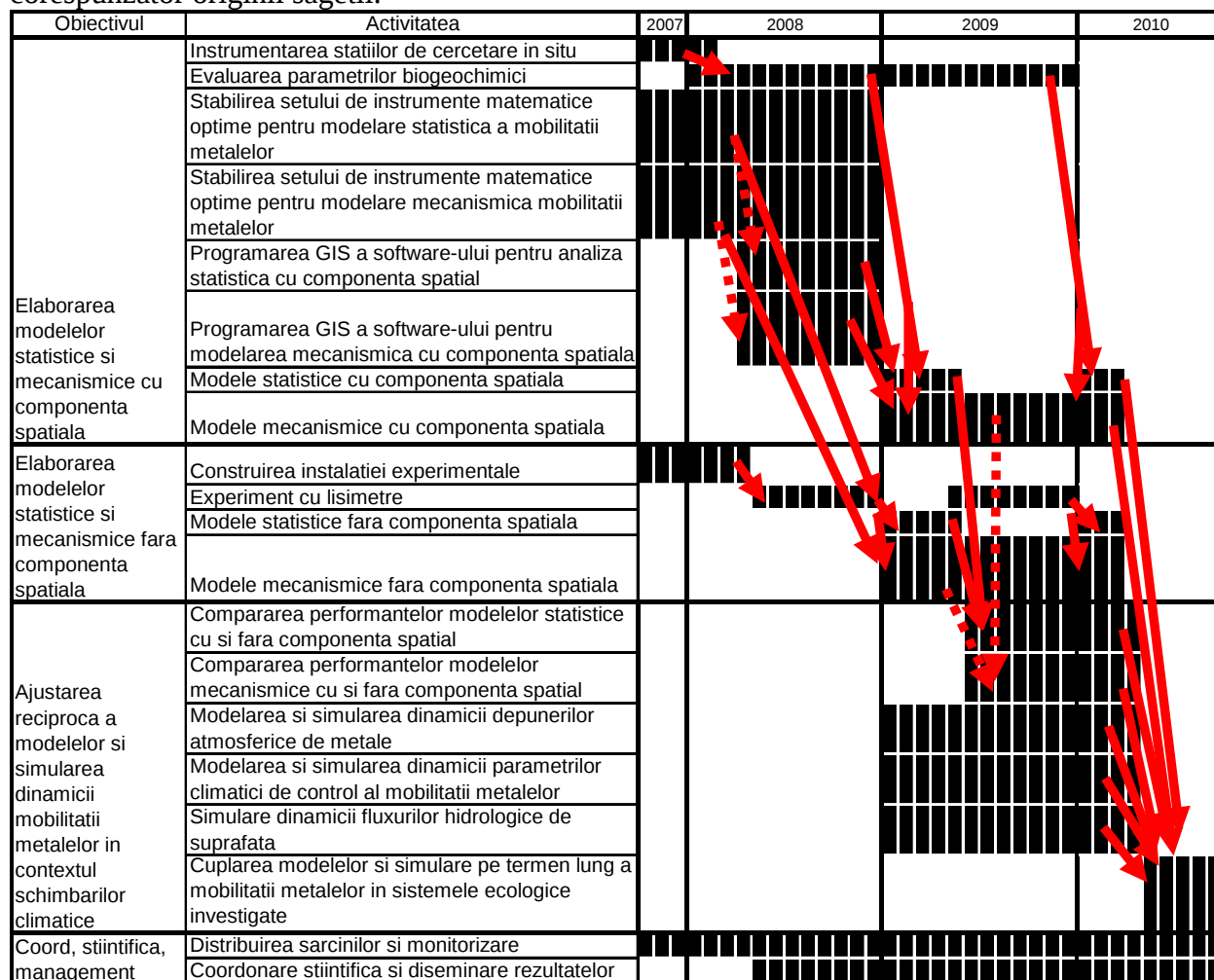
Proiect de cercetare exploratorie – IDEI
Modelarea unor mecanisme cheie implicate in mobilitatea metalelor
in ecosisteme terestre si de zona umeda
Raport tehnic etapa 2 – 31 octombrie 2008

1. Locul etapei în derularea proiectului
2. Rezultate
3. Concluzii

1 Locul etapei in derularea proiectului

Locul etapei 2 poate fi caracterizat prin inspectarea tabelului 1. Se poate observa că este vorba de un pachet important de activități de teren și de modelare matematică, precum și de inițierea activităților experimentale.

Tabelul 1 Diagrama Gant Pert a proiectului. Săgețile indica relațiile dintre activitățile proiectului. Săgețile punctate indica un transfer continuu de informație cu incepere din momentul corespunzator originii sagetii.



În conformitatea cu actul adițional din ianuarie 2008 următoarele activități de interes științific trebuiau desfășurate în această etapă:

Obiectiv	Activități
1 Elaborarea modelelor statistice si mecanice cu componenta spatiala - continuare	1.1 Instrumentarea statiilor de cercetare in situ 1.2 Evaluarea parametrilor biogeochimici 1.3 Stabilirea setului de instrumente matematice optime pentru modelare statistica a mobilitatii metalelor 1.4 Stabilirea setului de instrumente matematice optime pentru modelare mecanica mobilitatii metalelor 1.5 Programarea GIS a software-ului pentru analiza statistica cu componenta spatiala 1.6 Programarea GIS a software-ului pentru modelarea mecanica cu componenta spatiala
2 Elaborarea modelelor fara componenta spatiala - continuare	2.1 Construirea instalatiei experimentale 2.2 Experiment cu lisimetre

2 Rezultate

Rezultatele publicate sau comunicate sunt descrise în tabelul 2, care dă o imagine de ansamblu asupra activității de comunicare a rezultatelor efectuată de membri echipei. Așa cum este într-o cercetare științifică de tip program (în care aceeași direcție este urmată pe termen lung printr-o succesiune de proiecte și în cadrul unor consorții), multe publicații nu sunt rezultatul unui singur proiect, iar listele de autori nu se rezumă la membri echipei proiectului de idei.

În continuarea tabelului 2 vom descrie rezultatele care nu sunt încă publicate sau comunicate.

Tabelul 2 Publicații dezvoltate în cadrul proiectului în 2008. La final, proiecte internaționale corelate cu tematica proiectului de Idei obținute de membri echipei în 2008.

Articole în reviste cotate ISI publicate sau acceptate pentru publicare				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Neagoe A, D. Merten, V. Iordache, and G. Buechel, 2009, The effect of bioremediation methods involving different degrees of soil disturbance on the export of metals by leaching and by plant uptake, <i>Chemie der Erde</i> 00, Elsevier Verlag, disponibil on-line la doi: 10.1016/j.chemer.2008.01.002	x		x	
Iordache Virgil, Ion Stelian, Florian Bodescu, Alin Pohoată, 2009, Integrated modelling of metals biogeochemistry: potential and limits, <i>Chemie der Erde</i> 00, Elsevier Verlag, acceptat pentru publicare	x	x	x	x
Iordache, V., A. Neagoe, 2009, Mobile organisms integrate fluxes of metals from large areas: consequences for the bioaccumulation in food chains, <i>Environmental Geochemistry and Health</i> , acceptat pentru publicare	x		x	x
Iordache, V., M. Dumitru, 2009, Balance of heavy metals in Romanian agro-ecosystems, <i>Environmental Geochemistry and Health</i> , acceptat pentru publicare	x		x	x
Articole în reviste cotate ISI înaintate pentru publicare				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Iorga, Gabriela, Victorita Paun, 2008, Short communication: Combining chemical and physical observations in water clouds, <i>Revista de Chimie (Bucharest)</i> , înaintat pentru publicare	x			x
Iorga, G., 2008, Short communication: A comparison of measured and evaluated CDNC with empirical relationships, <i>Revista de Chimie (Bucharest)</i> , înaintat pentru publicare	x			x

Gherghel, F., V. Iordache, K. Krause, E. Kothe, submitted, Ectomycorrhizal diversity in young oak forests are controlled by different heavy metals, Applied and Environmental Microbiology	x	x	x	
Articole în reviste indexate în baze de date internaționale				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Iordache, V., F. Gherghel, E. Kothe, 2009, Effect of distribution of heavy metals on diversity of ectomycorrhiza, International Journal of Environmental Research Research and Public Health, Special Issue "Biodegradability and Environmental Sciences", planned paper, accepted with changes, http://mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/biodegradability-environment	x	x	x	
Articole în reviste recunoscute CNCSIS				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Visan L., Sandu R., Iordache V., Neagoe A., 2008, Influence of microorganisms community structure on the rate of metals percolation in soil, acceptat pentru publicare in Analele Universitatii din Iasi, și prezentare orală în cadrul conferinței "Geochimia metalelor grele din soluri", Universitatea Al. I. Cuza Iasi, Facultatea de Geologie catedra de Mineralogie-Geochimie, Iasi, Romania	x	x	x	
Comunicări cu articole în proceedings				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Neagoe A., Iordache, V., Bergman H., 2008, Experimental Bases for Bioremediation of Soils Contaminated with Metals, selectie pe baza de abstract (pg. 35 în Book of Abstracts), articol in forma scurta în volumul conferintei: 4 th European BioRemediation Conference, 3+6 September, Chania, Crete, Greece, cod ID 014, 5 pg, ISBN 978-960-8475-12-0, prezentare orală și manuscris in curs de pregătire pentru „Journal of Chemical Technology and Biotechnology (JCTB)”	x		x	
Pohoata, Alin, Virgil Iordache, Stelian Ion, 2008, Mathematical modelling of metals in biogeochemistry, prezentare orală în cadrul "Seventh Workshop on Matematical Modelling of Environmental and Life Sciences Problemes" manuscris în preparare pentru Revista Academiei, Constanța.	x		x	x
Stelian Ion, Virgil Iordache, Alin Pohoata, 2008, Mathematical models for risk assessment to metals in the soil prezentare orală în cadrul "Seventh Workshop on Matematical Modelling of Environmental and Life Sciences Problemes" manuscris în preparare pentru Revista Academiei, Constanța	x	x	x	x
Visan L., Ruta Florin, Neagoe A., 2008, Removal of heavy metals from an industrial contaminated area using mycoremediation procedure and green manure amendment, selectie pe baza de abstract (pg 149 în Book of Abstracts), 4 th European BioRemediation Conference, 3+6 September, Chania, Crete, Greece, poster cod ID 231, ISBN 978-960-8475-12-0	x	x	x	
Lăcătușu R., Iordache, V., 2008, Integrated Modeling of Geochemical and Biogeochemical Processes Across Space-Time Scales, 8 th International symposium on "Metal elements in environment, medicine and biology", Timisoara - Roumania, December 5-6, 2008	x	x	x	x
Neagoe, A., Iordache V., Bodescu F., 2008, Bioaccumulation	x			x

of metals in food chains of wetlands, 8 th International symposium on "Metal elements in environment, medicine and biology", Timisoara - Roumania, December 5-6, 2008				
Comunicări cu rezumate în books of abstracts				
Referința / Proiectul care a susținut	Idei 291 /2007	CNCSIS Cod 1678 2006-2008	Parteneriate 31012 / 2007	Parteneriate 31043 / 2007
Bodescu Florian, Virgil Iordache, 2008, Hydrological modelling in landscapes contaminated with metals: research program and preliminary results, Proceedings of the 7 th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium" "Metal stress: biotic and abiotic factors" 22-23 September 2008, Germania, poster.	x	x	x	x
Gherghel Felicia, Virgil Iordache, Katrin Krause, Erika Kothe, 2008, Heterogenity of ectomycorrhizal community - heavy metals relationship, 7 th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium" "Metal stress: biotic and abiotic factors" 22-23 September 2008, Germania, prezentare orală.	x	x	x	
Gherghel, F., Virgil Iordache, Erika Kothe, 2007, Diversity of ectomycorrhiza: relation with distribution of heavy metals in contaminated sites, First World Conference on Conservation and Sustainable Use of Fungi, 10-16 decembrie, Cordoba, Spain	x	x	x	
Iordache, Virgil, 2008, Ecotoxicological mechanisms of microbial and plant resistance to metals at population and community level, Proceedings of the 7 th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium" "Metal stress: biotic and abiotic factors" 22-23 September 2008, Germania, prezentare in plen (cercetător invitat)	x	x	x	x
Neagoe Aurora, René Mascher, Erika Kothe, Hans Bergmann, 2008, Enhanced plant stress tolerance by mycorrhization and amine treatments, Proceedings of the 7 th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium" "Metal stress: biotic and abiotic factors" 22-23 September 2008, Germania, poster.	x		x	
Neagoe Aurora, Mihaela Paucă, Marilena Onete, Virgil Iordache, 2008, Native vegetation in mining areas as source of contaminated hot spots remediation, Proceedings of the 7 th Symposium on remediation in Jena "Jenaer Sanierungskolloquium" "Metal stress: biotic and abiotic factors" 22-23 September 2008, Germania, prezentare in plen (cercetător invitat)	x		x	x
Iorga, Gabriela, Sabina Stefan, 2008, Sensitivity of cloud albedo to aerosol concentration and spectral dispersion of cloud droplet size distribution, Book of Abstracts, EGU2008-A-00042, European Geosciences Union General Assembly 13-18 April 2008, Vienna, Austria, poster	x		x	x
Proiecte internaționale obținute de membri echipei în 2008				
Proiect tip STREP obținut în cadrul FP7, coordonator Universitatea din Jena, www.umbrella.uni-jena.de , director din partea Universității din București Aurora Neagoe, coordonatori de WP la nivel european Aurora Neagoe (ecotoxicologia plantelor) și Virgil Iordache (modelare matematică a circuitelor biogeochimice ale metalelor)				
Proiect de mobilitati obtinut prin competitie, director de proiect Gabriela Iorga: Sources and Physico-Chemical Characteristics of Atmospheric Aerosols at Central and East European sites – ARCEE , Proiect Bilateral Romania-Austria, PN II Capacitati-Modulul III				

1.1 Instrumentarea statiilor de cercetare in situ și 1.2 Evaluarea parametrilor biogeochimici

În afara rezultatelor deja comunicate sau publicate dorim să evidențiem că a avut loc o extindere spațială a programului de cercetare, prin luarea în lucru a încă trei complexe locale inundabile, în afara ostrovului Fundu Mare. Cele trei complexe sunt localizate în lunca Ampoiului (figura 1). Această extindere va permite testarea unor ipoteze interesante referitoare la relația dintre diversitatea ecosistemică a complexului și funcția de retenție a metalelor. În plus, bazinul Ampoiul include numeroase surse de poluare cu metale, ceea ce va crește relevanța aplicativă a rezultatelor obținute.

Amplasarea finală a piezometrelor în zona Pantelimon este prezentată în figura 2. La instalarea piezometrelor se face și o prelevare de sol din 20 în 20 cm până la adâncimea de instalare. Rețeaua de piezometre va fi suplimentată cu patru foraje până la 15-20 m, pentru a intercepta apa subterană acolo unde adâncimea este mai mare decât cea la care se ajunge cu instrumentele de săpare utilizate la amplasarea piezometrelor. Un număr de piezometre va fi amplasat și în zonele inundabile din lunca Ampoiului. Nivelul apei în piezometre și foraje selectate este monitorizat cu senzori dotați cu data-logger ("divere"), în restul fiind monitorizat prin inspecții la două săptămâni. Suplimentar la Pantelimon se face și o prelevare de sol în sistem grid. Lista parametrilor a căror determinare pe probe de sol este în curs este prezentată în tabelul 3.

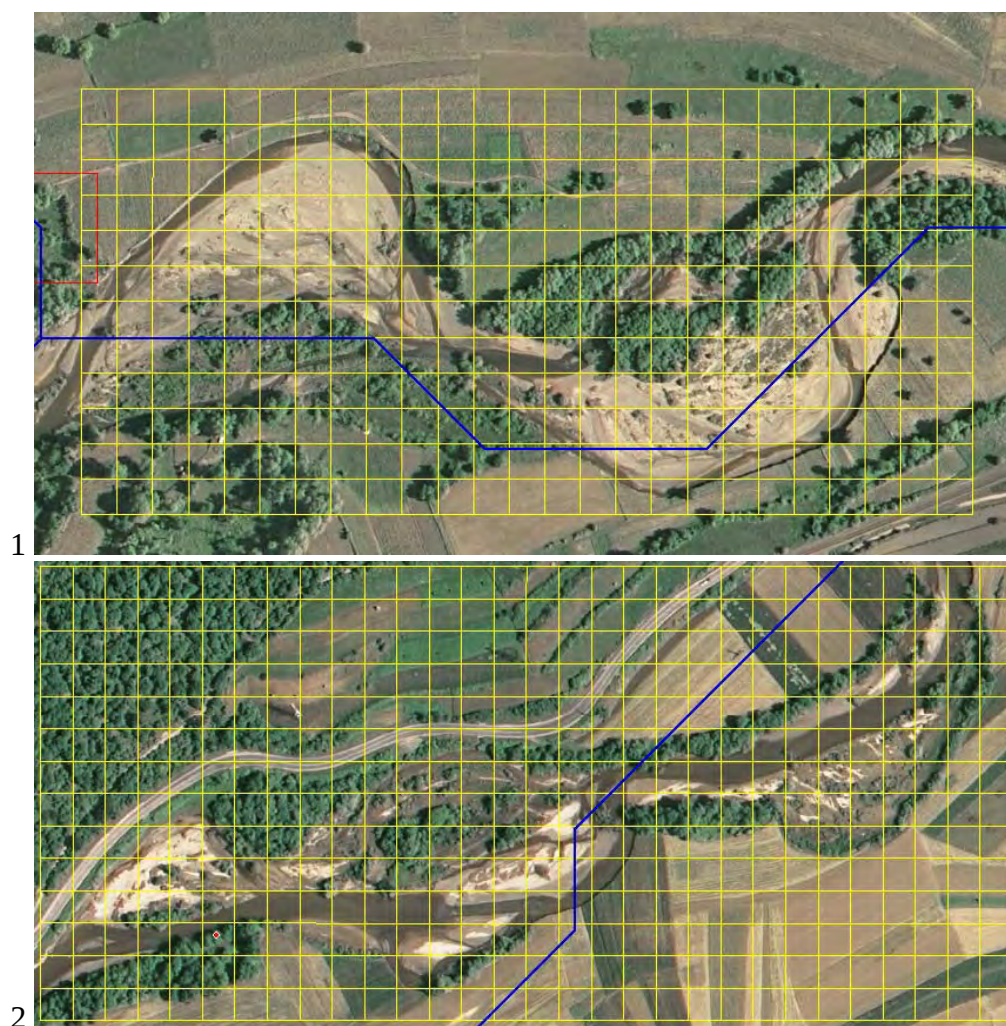
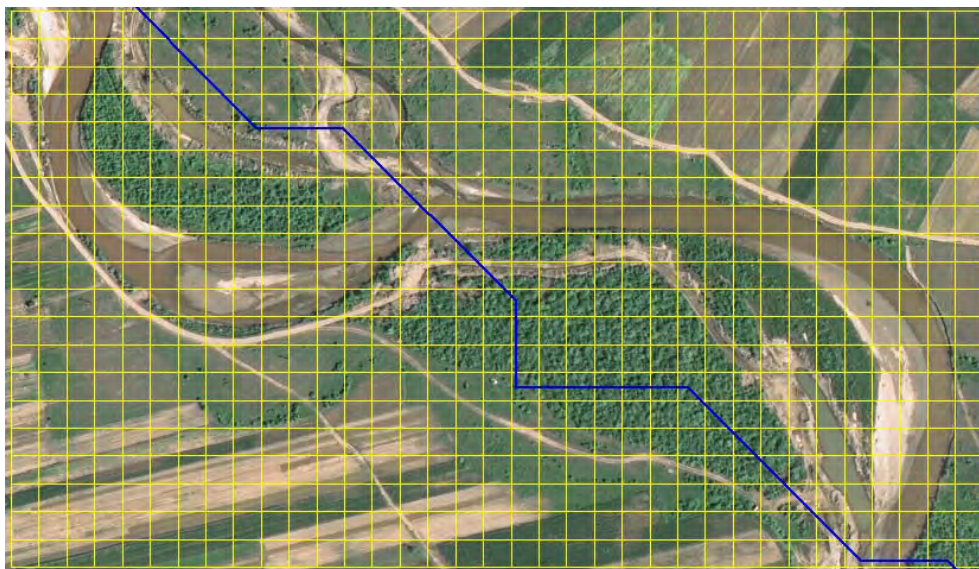


Figura 1 Komplexe locale investigate suplimentar în lunca Ampoiului (1 cel mai din amonte, 3 cel mai din aval). Gridul (20 x 20 m) este folosit ca stabilirea rețelei de prelevare de probe de sol, apă subterană și plante.



3
Figura 1 Continuare.

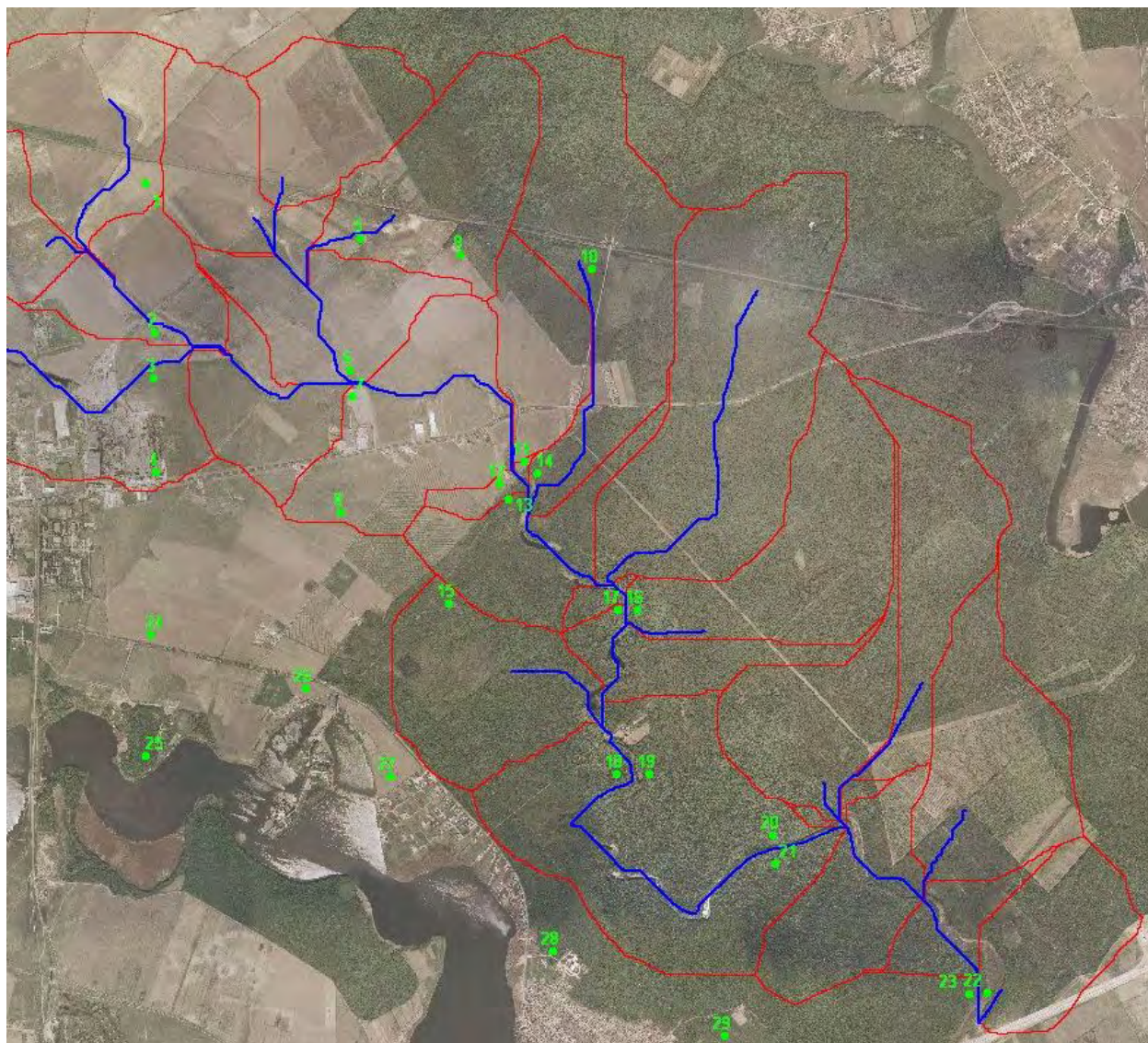


Figura 2 Organizarea finală a rețelei de piezometre în zona Pantelimon. Cu roșu limita bazinelor și subbazinelor, cu albastru cursuri de apă / zone colectare a scurgerilor superficiale.

Tabelul 3 Lista parametrilor care vor intra în structura bazei de date pentru caracterizarea solului prelevat în sistem grid. P1-P25 vor caracteriza și solul prelevat la instalarea piezometrelor și la efectuarea forajelor.

Cod	Parametri de determinat / estimat	Adancimi la fiecare punct de prelevare		
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
P1	Granulometrie	x	x	x
P2	Densitatea aparenta	x	x	x
P3	Capacitate de schimb cationic	x	x	x
P4	Umiditate la prelevare	x	x	x
P5	Pierdere la calcinare	x	x	x
P6	Conductivitatea hidraulica	x	x	x
P7	Carbonati	x	x	x
P8	carbon organic	x	x	x
P9	azotati	x	x	x
P10	azotiti	x	x	x
P11	azot total	x	x	x
P12	fosfati	x	x	x
P13	sulfati	x	x	x
P14	Cu	x	x	x
P15	Zn	x	x	x
P16	Pb	x	x	x
P17	Cd	x	x	x
P18	Fe	x	x	x
P19	Mn	x	x	x
P20	Ni	x	x	x
P21	Cr	x	x	x
P22	Co	x	x	x
P23	Data de prelevare	x		
P25	Coordonatele GPS de prelevare	x		
P26	Correspondenta FAO a tipului de sol	x		
P27	Constante pedologice necesare pentru calcularea eroziunii prin modelare	x		

1.3 Stabilirea setului de instrumente matematice optime pentru modelare statistica a mobilitatii metalelor și 1.4 Stabilirea setului de instrumente matematice optime pentru modelare mecanica mobilitatii metalelor

În afara rezultatelor comunicate conform tabelului 2 au fost desfășurate activități suplimentare de analiză critică a cunoașterii în domeniului modelării matematice a bioacumulării metalelor în plante și integrării modelelor ecotoxicologice cu modele atmosferice.

Modelarea bioacumulării metalelor în plante

Pentru a caracteriza modelele de bioacumulare a metalelor în plante s-au parcurs urmatorii pași:

1. Identificarea variabilelor de stare ce modelează starea ansamblului sol – plante – metale – apă
2. Stabilirea legilor bio-geo-fizico-chimice ce guverneaza starea sistemului
3. Cuantificarea variabilelor de stare și stabilirea ecuațiilor ce modeleaza legile de stare
4. Stabilirea modalității de alocare a parametrilor
5. Efectuarea unui studiu calitativ
6. Stabilirea metodelor de rezolvare a ecuațiilor implicate

1 Determinarea componentelor relevante pentru descrierea unui model constituie primul pas ce trebuie făcut. Ansamblul sol – plante – metale – apă este un ansamblu complex caracterizat de o multitudine de componente atât biotice cât și abiotice. Dintre variabilele de stare identificate în diferitele modele cercetate până acum menționăm:

- concentrația (de masă sau volumică) a metalelor în diferitele compartimente ale plantei sau în întreaga plantă
- concentrația a metalelor în sol și apă
- curgerea apei ca funcție de timp
- coeficienții de difuzie
- rata de absorbție/desorbție a tipurilor (cianuri) pentru diversele plante
- rata maximă de absorbție
- masa plantei
- masa pierderilor de ordinul întâi pe tipuri (cianuri) din sistem prin țesutul frunzei
- aria suprafeței de control hidroponic
- rata de transpirație a plantelor
- factori de reducere
- densitatea solului
- coeficienții de difuzie/advecție

Stabilirea exactă a acestor parametri cât și determinarea unui număr optim de parametri care descriu un model constituie un pas esențial în modelarea matematică a oricărui tip de fenomen. Aici prin găsirea unui număr “optim” de parametri înseamnă găsirea unui număr destul de mare de parametri pentru ca modelul să fie cât mai apropiat de realitate dar în același timp nu exagerat de mare pentru a putea face calculele aferente ecuațiilor ce leagă acești parametri într-un timp rezonabil. Deci trebuie găsit raportul cel mai bun între acuratețe și durata de prelucrare a datelor.

2. În această a doua etapă s-a urmărit evoluția sistemelor modelate prin stabilirea legilor bio-geo-fizico-chimice ce guvernează interacțiunea variabilelor de stare cum ar fi:

- legi de conservare (masă, moment, energie) (Choi et al. 2006, Tusseau et al 2003)
- legi ce guvernează infiltrarea apelor subterane și transportul soluțiilor în mediu poros (Darcy, convecție - difuzie) (Seuntjens et al 2004)
- legile de difuzie ale lui Fick (Whitting et al 2003)
- legi de advecție-difuzie ce guvernează mișcarea metalelor între diferitele compartimente ale plantelor (rădăcină-tulpină-frunze) mișcare ce are loc prin medierea unor proteine (Seuntjens et al 2004, Bushey et al 2006a)
- legile chemo-kinetice Michaelis–Menten (Verma et al 2006)

Pe baza acestor legi sunt stabilite ulterior ecuațiile matematice.

3. Stabilirea modelului matematic se face prin cuantificarea variabilelor de stare și stabilirea ecuațiilor matematice ce leagă aceste variabile. În primul rând se realizează cuantificarea variabilelor de stare stabilite. Legile ce leagă aceste variabile vor fi și ele “cuantificate” prin stabilirea unor ecuații matematice.

Pentru modelele stochastice relațiile matematice sunt stabilite în general prin diferite metode de “curve fitting” cum ar fi metoda celor mai mici pătrate aplicată în diferite tipuri de regresii din care menționăm:

- regresie liniară (Hobbelen et al 2006, Ge et al 2005, Weber et al 2006, Klok et al 2007, Michel et al 2007, Tonkin et al 2002)
- regresie multiplă (Dimopoulos et al. 1999)
- regresie logistică (Klok et al 2007)

În general observăm aici că primează folosirea regresiei liniare.

Pentru modelele deterministe avem mai multe tipuri de ecuații:

a) Ecuații cu derivate parțiale (PDE). Acestea provin de obicei din legile fizice ce guvernează fenomenele. Menționăm aici:

- ecuații de convecție-difuzie (Seuntjens et al 2004)
- ecuații de advecție-difuzie (Tusseau et al 2003)
- ecuații Darcy (Verma et al 2006, Olson et al 2006)
- ecuații Fick de difuzie (Whitting et al 2003)

b) Ecuații diferențiale ordinare (ODE). Aici avem o gama foarte largă de ecuații unele provenite din diverse teorii chemocinetice cum ar fi:

- Michaelis–Menten (Verma et al 2006)
- Nielsen (Lung&Ligh 1996)

Tot aici apar și o multitudine de ecuații diferențiale ordinare (liniare sau neliniare) bazate pe observații empirice. Aceste ecuații modelează transferul de masa sau de volum al soluțiilor între diferite compartimente ale plantelor, modificarea concentrațiilor, absorbția/desorbția. Modelele ce au la bază astfel de ecuații au în general o arie restrânsă de aplicabilitate, ele funcționând în general cu rezultate bune pentru cazurile în care au fost facute observațiile, transferul lor la alte tipuri (metale sau plante) necesită de obicei modificări substanțiale ale acestor ecuații. (Bushey et al 2006, Jorgensen 1976, Robinson et al 2003)

c) Ecuații algebrice liniare sau neliniare. Acestea au la bază în general observații empirice. În modelele studiate acestea leagă variabile cum ar fi de exemplu: densitatea țesuturilor, fracțiunea de apă din diverse compartimente ale plantei, masele diverselor compartimente ale plantei (Jorgensen 1976, Bushey et al 2006a, Verma et al 2006)

4. În ecuațiile prezentate mai sus apar o serie de parametri ce definesc fiecare ecuație în parte și ce depind de modelul ales. Evaluarea acestor parametri este un pas absolut necesar în rezolvarea ecuațiilor. Evaluarea se poate face fie prin măsurători directe (Whitting et al 2003, Robinson et al 2002) fie folosind instrumente matematice pentru determinarea acestor parametri astfel încât datele experimentale să se potrivească cu cele simulate iar parametri găsiți să fie cei optimi. Menționăm aici ca aparate matematice folosite, medierea geometrică cu folosirea logaritmilor (Bushey et al 2006a), metode inverse, metoda celor mai mici pătrate, metoda Monte-Carlo (Bushey et al 2006b).

5. Deoarece în majoritatea cazurilor vorbim despre sisteme dinamice se pune natural problema efectuării și a unui studiu calitativ al acestor ecuații. Mai precis vorbim aici de determinarea punctelor de echilibru și clasificarea acestora (stabil sau instabil), a punctelor de bifurcație sau de a stabili dacă aceste sisteme au o evoluție haotică. În general acest studiu calitativ al ecuațiilor necesită un aparat matematic foarte avansat disponibil în general doar matematicienilor, lucru ce face ca aceasta analiză să nu fie prezentă în materialele biografice studiate până acum. Tot la studiul calitativ se studiază dependența soluțiilor de parametri. Ne referim aici la dependența analitică (continuitatea, derivabilitatea) de parametri dar și la variațiile soluțiilor în funcție de variațiile parametrilor. Acest studiu este recomandat să fie făcut pentru a stabili precizia cu care determinăm acești parametri, o sensibilitate mare a soluției implicând diferențe majore între soluții pentru variații mici ale parametrilor. De asemenea studiul calitativ al ecuațiilor este necesar pentru dezvoltarea unor metode inverse de determinare a acestor parametri.

6. Pentru rezolvarea ecuațiilor întâlnite se pot aplica metode analitice și/sau metode numerice. Cunoscut fiind însă faptul că în general pentru ecuațiile cu derivate parțiale implicate foarte rar

se pot găsi soluții analitice, în majoritatea cazurilor aceste ecuații vor fi tratate cu metode numerice adecvate.

Pentru ecuații cu derivate parțiale (PDE):

- metoda diferentelor finite, (Choi et al. 2006, Sekhar et al 2007)
- metoda elementelor finite, (Meile et al 2003)
- metoda volumelor finite. (Sekhar et al 2007)

Observăm aici că în literatură s-au folosit cu precădere schemele cu diferențe finite și cele cu volume finite. Aceste scheme sunt mai ușor de implementat dar oferă un grad mai redus de acuratețe al soluției numerice în comparație cu metodele de element finit. Metodele de rezolvare cu elemente finite sunt folosite cu foarte mare succes în modelarea ecuațiilor de curgere.

Pentru ecuații diferențiale ordinare (ODE) :

- Metode de tip Euler (implicit/explicit), (Tusseau et al 2003)
- metode cu diferențe finite, (Seuntjens et al 2004)
- metoda Newton-Raphson, (Seuntjens et al 2004 Hammond et al 2002)
- metoda Crank-Nicholson, (Sekhar et al 2007, Olson et al 2006)
- metoda Runge-Kutta (Luna et al 2005, Thoma et al 2003)

Pentru rezolvarea sistemelor algebrice rezultate în urma discretizării ecuațiilor se folosesc metode numerice directe:

- factorizarea QR (Yeh et al 2001)
- eliminare Gaussiană (Yeh et al 2001)

sau metode iterative :

- GMRES (Hammond et al 2002)
- metode de tip gradient conjugat (Meile et al 2003)

În general, datorită dimensiunilor nu foarte mari ale sistemelor sunt preferate metodele directe. Majoritatea articolelor nu precizează metoda folosită ci doar fac trimiteri la unele softuri. Pentru aceste metode directe aparatul matematic este deja bine pus la punct și există o multitudine de pachete de softuri. MATLAB oferă un suport generos în rezolvarea acestor probleme Atât prin funcțiile predefinite de rezolvare numerică a unei largi game de ecuații cât și prin posibilitatea de a programa algoritmi necesari acestor scheme numerice. MATLAB permite și integrarea programelor deja făcute în alte limbaje ca C, C++, sau FORTRAN.

direcții de lucru:

În continuare efortul se va canaliza pe următoarele direcții:

- ❖ Stabilirea modelelor adecvate situațiilor practice investigate de noi și modificarea acestora în funcție de necesități
- ❖ Stabilirea parametrilor importanți și a metodelor de calcul pentru aceștia
- ❖ stabilirea dependenței soluțiilor de parametri și găsirea unor metode inverse pentru determinarea acestora
- ❖ implementarea metodelor numerice de rezolvare fie prin dezvoltarea de programe proprii fie folosind softuri dedicate fie prin integrarea pachetelor proprii în softurile existente.

Integrarea modelelor ecotoxice cu modele atmosferice

Obiectivul 3 al proiectului prevede activități de modelare a fluxurilor depunerilor atmosferice și de modelare a dinamicii acestora în contextul schimbărilor climatice în regiunile siturilor experimentale alese (Activitățile 3.3 și 3.4). Dată fiind complexitatea acestor activități le-am demarat încă din 2008, deși ca raportare sunt prevăzute doar în 2009.

Cercetarea din anul 2008 privind activitățile 3.3 și 3.4 s-a concentrat asupra studiului literaturii de specialitate (articole, cărți, documentații tehnice ale echipamentelor, metode de prelevare și analize chimice care se efectuează în prezent la nivel internațional; pagini www, documentație tehnică a modelelor, un total grosier estimat la peste 300 de titluri) cu scopul de a elabora o metodologie pentru cercetarea integrată (experiment, monitorizare și modelare) privind depunerile atmosferice de metale. Literatura parcursă s-a organizat pe categorii de aspecte de cercetat și s-a realizat la următoarea structură :

- 1 Elemente introductive esențiale dezvoltării problemelor de cercetat
- 2 Metodologie pentru cercetarea privind depunerile atmosferice
 - Parametri utilizați în studiile de depunere a particulelor materiale
 - Metode de măsurare
 - Echipamente de măsurare și protocoale de instalare
 - Protocoale de măsură (prelevare și analize chimice)
 - Modelarea și simularea dinamicii depunerilor atmosferice în contextul schimbărilor climatice

În continuare, dezvoltăm sintetic punctul 2.5 Modelarea și simularea dinamicii depunerilor atmosferice în contextul schimbărilor climatice cu precizarea că aceste rezultate sunt unele parțiale, cercetarea fiind în desfășurare, urmând ca în primul trimestru al anului 2009 să se finalizeze partea de analiză critică comprehensivă a literaturii de specialitate privind modelele utilizate curent la nivel internațional.

Concluziile acestei analize critice vor determina selectarea unor modele potrivit a fi aplicate pentru siturile alese în cadrul proiectului MECOTER. După selectarea lor se va proceda la ajustarea acestor modele pentru cuplarea lor cu modele toxicologice și ecotoxicologice.

Analiza critică comprehensivă a literaturii de specialitate cu privire la modele de dispersie/depunere a particulelor materiale cu componentă climatologică – stadiul actual de desfășurare

Modelele atmosferice de dispersie sunt programe computerizate care utilizează algoritmi matematici pentru a simula procesele de dispersie, transport, reacții chimice suferite de poluanți în atmosferă (Seinfeld și Pandis, 1998). Se mai întâlnesc în literatură și sub denumirile de modele de difuzie atmosferică, modele de dispersie a aerului, modele de calitate aerului și modele de dispersie a poluanților.

Aceste modele se utilizează pentru a estima și prezice concentrațiile poluanților emise de diverse surse de poluare (industriale, trafic,...), generalizarea și interpretarea măsurărilor pentru teme de cercetare, predicția fenomenului de poluare și simularea unor scenarii, pot să ajute la elaborarea unor strategii de control al emisiilor de poluanți. Datculescu (2001a) arată fenomenele/ecuațiile care se au în vedere pentru a fi modelate utilizând modelul/modelele de dispersie ce vor fi alese la final.

Am efectuat:

1. compilarea de modele de dispersie
 2. analiza lor comparativă
 3. extragerea de modele potrivite cercetării propuse
-
1. S-a identificat un număr total de 271 modele de dispersie, din care :
 - 124 modele la Agenția Europeană de Mediu (*European Topic Centre on Air and Climate Change ETC/ACC*)

- (http://pandora.meng.auth.gr/mds/qstart.php?MTG_Session=5ffc8557ebf57c9181aedef36f6179eda)
- 104 modele la rețeaua internațională COST 7128/732
(<http://www.mi.uni-hamburg.de/List-classification-and-detail-view-of-model-entr.567.0.html>)
 - 32 modele la US EPA
(http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Compilation_of_U.S._EPA_Models)
 - 11 modele dezvoltate în UK și Australia
(http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Compilation_of_British_and_Australian_models)

2. S-a observat că există suprapuneri între aceste baze de documentare a modelelor și s-a procedat la eliminarea suprapunerilor. În urma acestei activități s-a selectat un număr de 260 modele de analizat. Analiza lor este în desfășurare.

Strategia generală pentru analiza în scopul alegerii modelelor este schematizată în figura 3.

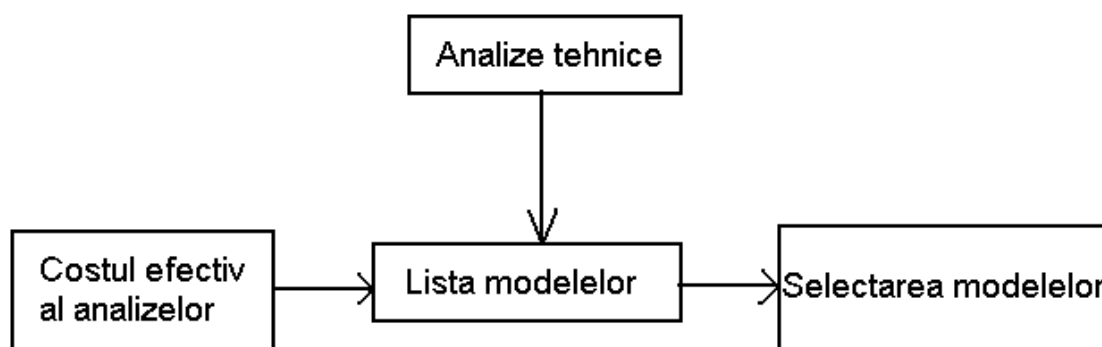


Figura 3 Diagrama arătând strategia generală de selectare a modelelor atmosferice.

Analizele tehnice presupun :

- | | |
|---|---|
| 1. Informații de bază (teorii/legi de bază) | 10. Portabilitate și cerințe resurse computaționale |
| 2. Tipul modelului și dimensiunea sa | 11. Disponibilitate interfață "user-friendly" |
| 3. Domeniul de aplicabilitate (teren, climatologie,...);
Limitări și aproximații utilizate | 12. Informații despre aplicații ulterioare ale modelului
(articole științifice, documentație despre dezvoltarea modelului) |
| 4. Descrierea sumară/detaaliată a modelului | 13. Comunitatea de utilizatori |
| 5. Rezoluție temporală și spațială | 14. Accesibilitate (acces liber/ prin licență-cost) |
| 6. Scheme/Formule matematice | |
| 7. Soluții/metode de rezolvare tehnice | |
| 8. Date de intrare și date de ieșire | |
| 9. Validarea și calibrarea modelului | |

Structura analizelor tehnice din tabelul de mai sus s-a realizat plecând de la următoarele referințe : Berkowicz și al., 1986, Berkowicz, 1998, Berkowicz, 2000, Böhler, 1996, Böhler și Sivertsen, 1998, Bott, 1989, Datculescu 2001b-d, EPA/600/8-89/041, 1988, Hockney și Eastwood, 1981, Naresh și al, 2007)

Selectarea finală va ține cont de aplicarea cu rezultate optime a modelului. Există un număr optim de parametri care minimizează toate incertitudinile modelului. O diagramă simplă explică de ce performanțele modelului complex sunt de cele mai multe ori egale sau inferioare cu cele ale unuia ce folosește o metodologie simplă (Zannetti, 1990).

3. S-a identificat și un număr de 14 rețele internaționale create de comunitatea științifică pentru cercetările de poluare a aerului, din care 5 și-au încheiat activitatea, 9 având proiecte în derulare.

4. Modelele de dispersie pot să conțină sau nu algoritmi pentru calculul depunerilor atmosferice (Assael 2008, Berkowicz și al. 1986, Berkowicz și al., 1997, Buzorius și al, 2000, Byun, 1990). De aceea, s-a impus o analiză și o selecție a modelelor de dispersie și după acest criteriu. Rezultatul selecției după acest criteriu poate conduce la restrângerea numărului de modele potrivite cercetării propuse de noi. Există însă și posibilitatea să alegem unul/mai multe modele de dispersie care nu conțin algoritmi pentru depuneri și atunci echipa noastră va crea propriul algoritm și propria subrutină de implementat în model.

De aici rezultă necesitatea ca în paralel să se desfășoare (și s-a desfășurat parțial) și activitate de analiză critică a literaturii de specialitate privind algoritmi de modelare a depunerilor atmosferice. Această activitate constă în:

4. compilarea de algoritmi pentru depunerile atmosferice
5. analiza lor comparativă
6. extragerea de algoritmi corespunzător cercetării propuse

Pentru cazul în care modelul/modele de dispersie alese nu conțin subrutine pentru modelarea depunerilor de particule materiale au fost stabiliți algoritmi pentru calculul fluxurilor depunerilor uscate și umede, după cum urmează:

A. În cazul depunerilor uscate, vitezele și fluxurile de depunere vor fi calculate pe baza unei scheme care ține cont de rezistența aerodinamică și cea cvasilaminară a aerului atmosferic și de viteza de sedimentare gravitațională a PM. S-au pregătit două metode care urmează să fie aplicate în funcție de rezultatul analizei datelor experimentale privind concentrația masică și distribuția după mărime a PM în atmosferă.

Metoda 1 : va fi aplicată dacă mai mult de 10% din masa totală de PM are un diametru mai mare de 10 μm . Metoda necesită cunoașterea funcției de distribuție masică după dimensiuni a PM.

Metoda 2 : va fi aplicată dacă mai puțin de 10% din masa totală de PM are un diametru mai mare de 10 μm . Viteza de depunere pe întreg domeniul dimensional se va obține printr-o procedură de mediere ponderată (masică) a vitezei de depunere a particulelor din modul fin (dimensiuni ale particulelor mai mici de 2.5 μm) și a vitezei de depunere a particulelor din modul grosier (dimensiuni ale particulelor mai mari de 2.5 μm).

Stabilirea acestor metode s-a făcut plecând de la analiza detaliată a următoarelor referințe: Petroff și al, 2008, Finningan, 2000, Gallagher și al, 2002, Gillette și al, 2004, Giorgi, 1986, Westling și al, 2005, Wesely și Hicks, 2000, Zhang și al, 2000, Davidson și al, 2000).

B. În cazul depunerilor umede, algoritmul pentru calculul fluxurilor și vitezelor de depunere se bazează pe exprimarea intensității precipitației și pe calculul concentrației medii « pe coloană » a PM din aer. Această concentrație va fi calculată prin integrarea termenului vertical din ecuația de dispersie folosind un profil gaussian al dispersiei pentru fiecare categorie de PM.

Stabilirea algoritmului s-a făcut plecând de la analiza detaliată a următoarelor referințe: Denmead și Bradley, 1985, Driscoll și al, 2001, Seinfeld și Pandis, 1998, Lurmann și al, 1985)

Extragerea unor concluzii științifice este încă prematură, activitățile de analiză a literaturii de specialitate fiind în plină desfășurare. La finalizarea acestora se va publica un articol cotelat ISI cu rezultatele acestei etape de cercetare.

1.5 Programarea GIS a software-ului pentru analiza statistică cu componentă spațială și

1.6 Programarea GIS a software-ului pentru modelarea mecanismică cu componentă spațială

În afara rezultatelor deja publicate sau comunicate dorim să prezentăm aici stadiul de desfășurare a activității de modelare hidrologică a fluxurilor de suprafață în cazul ostrovului Fundu Mare. Metodologia dezvoltată pentru acest caz va fi aplicată și complexelor din bazinul Ampoiului.

Dinamica spatio-temporală a sistemului fluvial face ca spectrul de metode utilizate să se concentreze asupra parametrizării datelor de intrare în procesul de modelare numerică capabil să permită evaluarea funcționării a modelului hidrologic și hidraulic. Analizele realizate în studiile anterioare au fost actualizate, cu o atenție deosebită asupra tendințelor de creștere sau descreștere a nivelului apei / seriilor cronologice de debite, schimbările în curba debitelor măsurate, distribuția debitelor între brațe, analizele nivelului scăzut al apei și generarea condițiilor de margine potrivite pentru modelele hidrodinamice.

Pentru atingerea scopului propus au fost derulate o serie de activități:

- Colectarea datelor disponibile:
 - Realizarea suportului logistic pentru măsurători
 - Colectarea de date hidrologice, hidraulice și morfologice.
 - Definirea și coordonarea colectării datelor topografice și batimetrice.
 - Definirea și coordonarea măsurătorilor hidraulice (curgere, viteze, transportul sedimentelor, etc.)
- Realizarea de analize detaliate ale condițiilor hidrologice, hidraulice și morfologice ale Fluviului Dunărea pe sectorul Hârșova (km 253) Brăila (km 175)
- Realizarea modelului matematic a regimului hidraulic, morfologic și fizic al fluviului

Pentru a obține un DEM unic atât pentru spațiul luncii cât și pentru albia minora, măsurătorile trebuie să aibă un caracter unitar și să fie realizate utilizând puncte de reper dintr-o rețea omologată. Pentru stabilirea morfometriei luncii și a albiei minore a Dunării s-a organizat o campanie de teren în perioada august-septembrie 2008. S-au utilizat trei metodologii:

- s-au realizat profile batimetrice în funcție de adâncimile specificate la nivelul balizelor de semnalizare corelate cu nivelul Dunării la cea mai apropiată stație hidrometrică. Cota (altitudinea) albiei a fost calculată în fiecare punct al profilului, ca diferența între cota nivelului apei Dunării și adâncimea apei.
- interpolarea spațială a punctelor de cotă achiziționate de la Fondul Național Geodezic echidistanța 15 m
- Ridicări topografice de precizie pentru zonele de interes special (figura 4)



Figura 4. Măsurători topografice a elementelor de detaliu la nivelul insulei Fundu Mare (canal intrare lac Chiriloaia)

A doua categorie de date este reprezentată de corelarea spațială a fluctuațiilor de nivel și debit ale Dunării din stațiile hidrometrice Brăila și Hârșova pentru a calcula pe baze statistico-matematice datele de intrare, fluctuațiile de nivel ale fluviului se generează conform modelului de extrapolare care a fost calibrat pe nivelul înregistrat la stațiile hidrometrice pentru anii 1996-2003. Bilanțul hidric la nivelul brațelor Dunării a permis obținerea unui model cu ajutorul căruia se poate estima variabilitatea curgerii apei (spațio-temporale) pe baza informațiilor existente pe planurile topografice 1:25000.

ArcGis Geostatistical Analyst este o aplicație utilizată pentru generarea suprafețelor, în care sunt implementate unelte și elemente avansate de control. Acestea oferă o mobilitate în selectarea parametrilor care să conducă la rezultate deosebite și un mediu de lucru dinamic. Oferă o mare varietate de posibilități de investigare a datelor spațiale, de identificare a anomaliilor existente în setul de date, de evaluare a erorilor apărute la generarea suprafețelor, de estimare statistică și creare a suprafeței optime. Metodele de interpolare pe care această aplicație le poate utiliza sunt numeroase, atât deterministe (interpolare polinomial global, ponderea inversului distanței, interpolare polinomial local etc.) cât și geostatistice (interpolare kriging simplă, universală, disjunctivă, cokriging etc.). Dintre multiplele metode de interpolare, s-a ales metoda IDW - *Inverse Distance Weighted (Ponderea Inversului Distanței)*. Aceasta constrânge calculul valorii unui punct necunoscut pe baza punctelor din imediata vecinătate. Punctele situate la o distanță mai mare vor avea o influență mai mică în calculul Z-ului. Așadar, fiecare punct care are altitudinea cunoscută are o influență locală, aceasta diminuându-se cu distanța. (Johnston *et al.*, 2001).

Topografia canalelor și a zonelor de interes special a fost măsurată cu stația totală. Au fost utilizate puncte de referință geodezice (CSA-uri), situate în general, în lungul digului. Au fost măsurate aproape 1000 puncte, distanța medie între 2 transecte succesive fiind de aproximativ 500 m. Tot în campaniile de teren au fost marcate liniile micro-reliefului (canale, micro-depresiuni etc.) și punctele care definesc elementele acestora. Rezultatele acestor măsurători au fost stocate și ulterior prelucrate pentru a obține modele digitale ale elevației de precizie în zonele cu relevanță ridicată.

Datorită condițiilor impuse de limitele existente ale tehnologiei de calcul în operarea cu seturi extensive de date s-a impus decuplarea proceselor la scări spațiale diferite. Astfel, analiza la nivel regional a fost realizată cu utilizarea modelului digital al terenului regional (corectat cu batimetria) cu preprocesarea prin modulul HEC RAS GIS urmată de extragerea elementelor (profile și puncte cu nivel și debite măsurate).

Analiza unitară a informației de detaliu utilizată în analiza hidraulicii fluviului ne-a permis să corectăm modelul digital regional oferit de SRTM30 NASA cu integrarea batimetriei râului rezultată din interpolarea locală a profilelor batimetrice (figura 5) astfel am putut estima la nivel local fluctuațiile de nivel și debite ale fluviului în puncte locale de interes.

Datele configurate intră direct în aplicația principală HEC RAS și permite caracterizarea funcționării hidrologice a sectorului de fluviu analizat, rezultatele modelului în cazul nostru sunt reprezentate de debite și fluctuații de nivel calculate la intersecția Dunării navigabile cu brațul Cravia în amonte de ostrovul Fundu Mare și respectiv la conexiunea din aval.

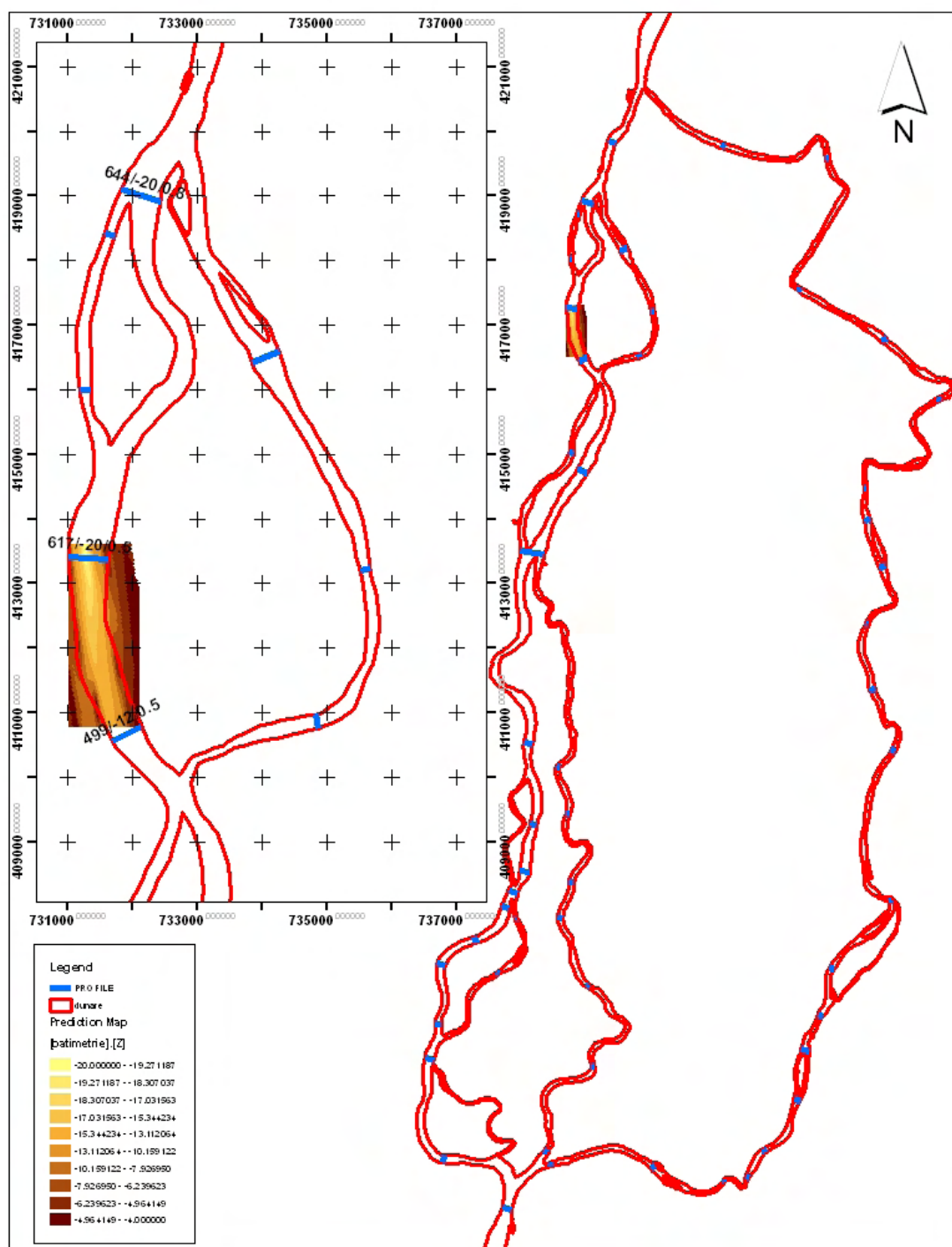


Figura 5. Rezultatele procesului de interpolare a pofilelor batimetrice

Rezultatele modelului HEC RAS (figurile 6 și 7) menționate anterior într-un proces de parametrizare pentru a putea fi preluate de modelul CAESAR/TRACER. Editarea corelată a informațiilor combinate de debite calculate în punctele de interes și corelate cu debitele solide va permite modelarea fluxurilor la nivelul unui model digital de precizie (1 m) pentru evidențierea fluxurilor de suprafață ale apei și procesele de eroziune și sedimentare asociate.

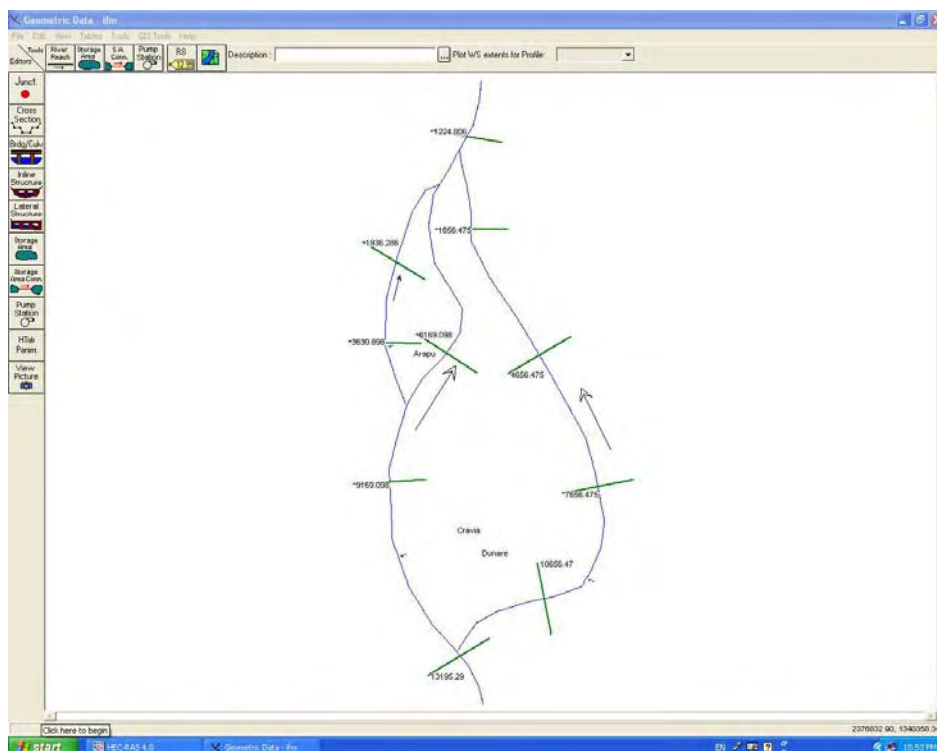


Figura 6 Gestiunea elementelor geometrice (validarea hidrografică, profile, direcții de curgere).

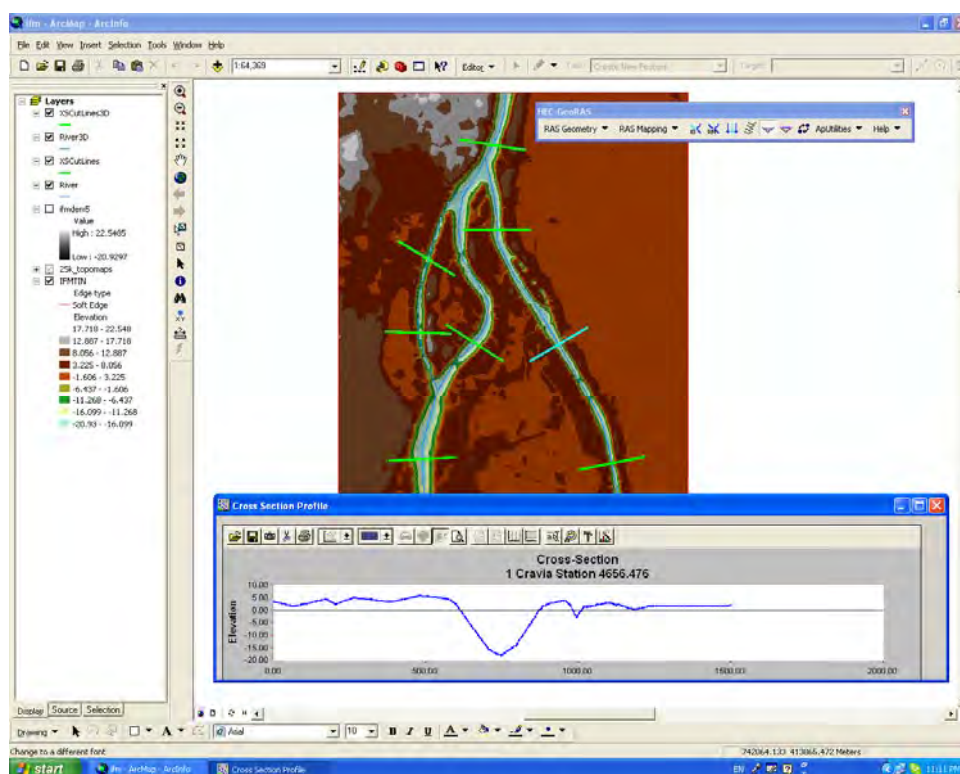


Figura 7. Prezentarea profil HEC RAS stație braț Cravia.

În figurile 8 și 9 sunt prezentate rezultatele modelului de transport a sedimentelor la nivelul insulei Fundu Mare. În figura 8 sunt prezentate preponderent procesele de eroziune, iar în figura 9 preponderent cele de sedimentare. Variația adâncimii apei la inundație este ilustrată de figura 10. Astfel de modele vor putea fi cu ușurință conexe cu modele de distribuție a potențialului redox în sol folosind ecuații empirice dezvoltate prin cercetări anterioare.

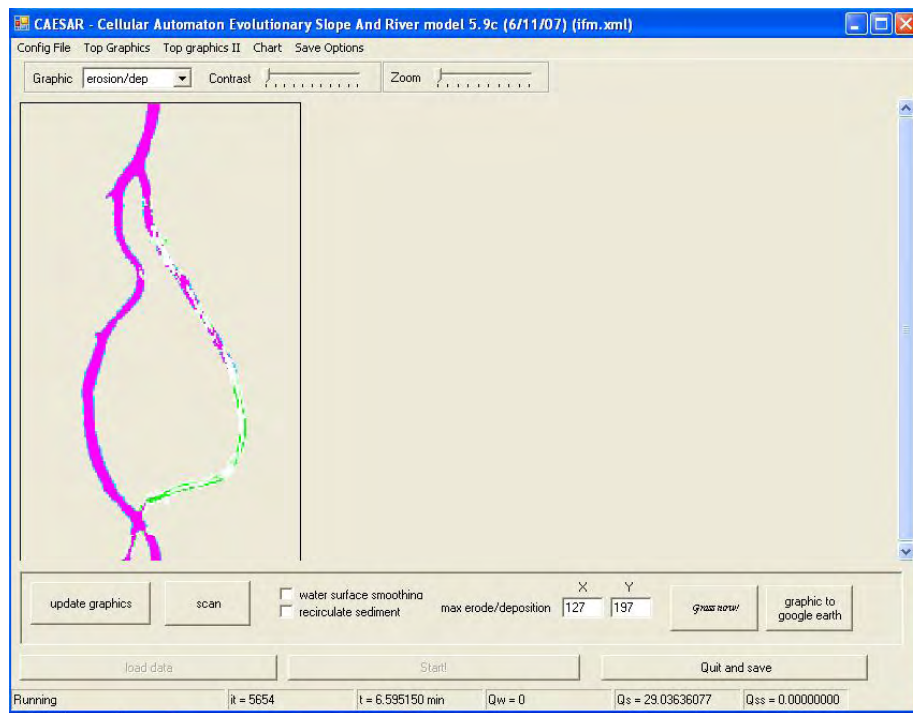


Figura 8. Prezentarea raportului eroziune /sedimentare (rosu eroziune; verde sedimentare) .

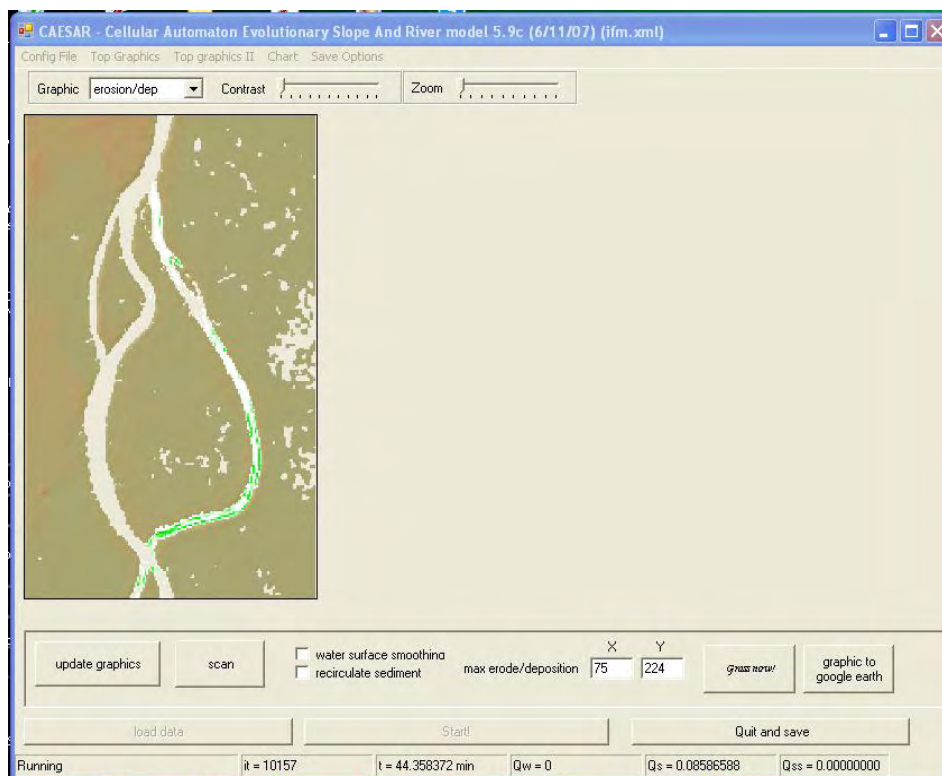


Figura 9 Sedimentare braț Cravia (CAESAR 5.9)

S-a optat pentru utilizarea modelului CAESAR întrucât acesta este dezvoltat ca sursă sub licență publică (GNU license), permite cu precădere editarea codului sursei în vederea adaptării, testării și validării a pachetului de ecuații atât a celor hidrodinamice cât și a celor de transport sedimente /poluanți. În etapa următoare CAESAR/TRACER va fi utilizat ca o platformă de testare și perfecționare a pachetului de ecuații specifice retenției metalelor grele.

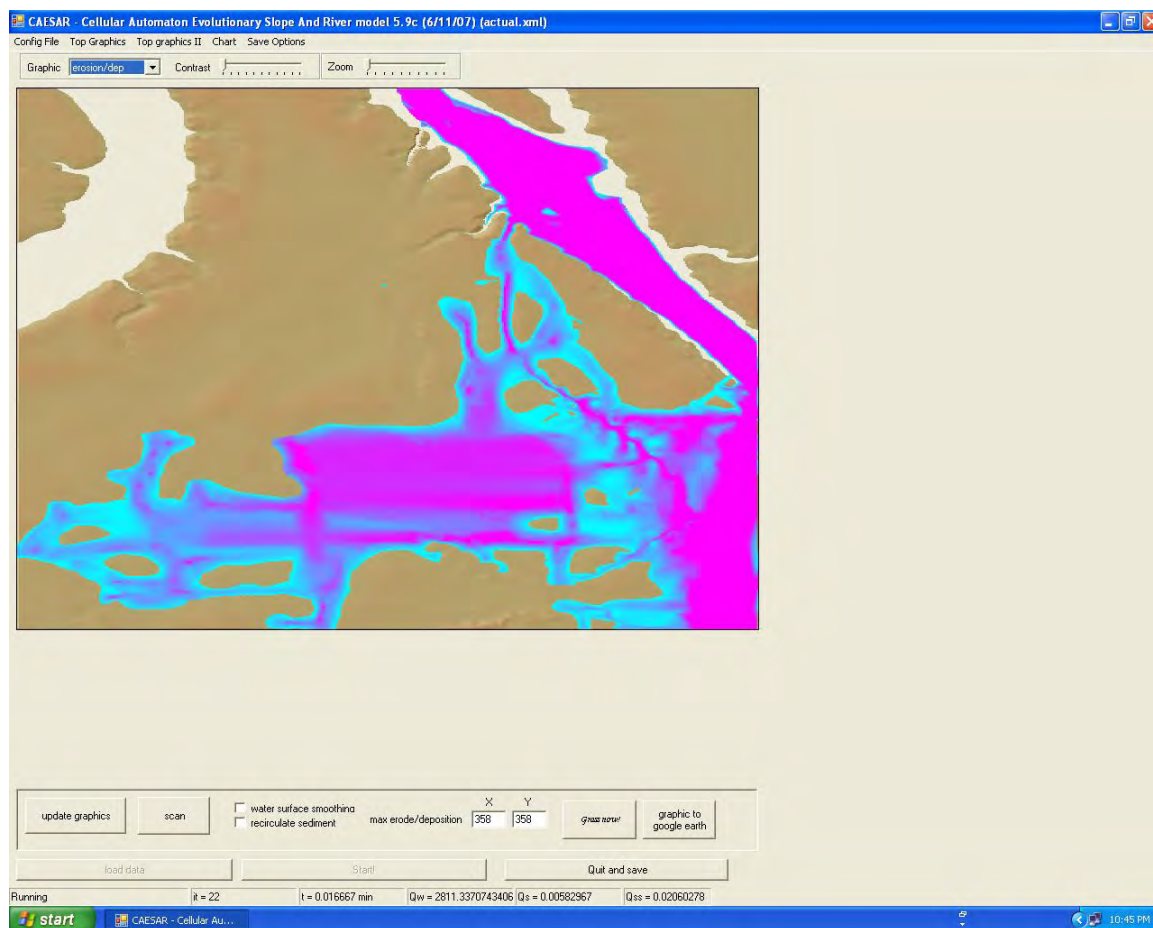


Figura 10 Variația adâncimii apei la situația de inundare peste mal (CAESAR 5.9)

2.1 Construirea instalației experimentale și 2.2 Experiment cu lisimetre

Lisimetrele, bine cunoscute de aproximativ un secol, trec printr-o revoluție tehnică în ultimii 10 ani. În timp ce inițial lisimetrele erau utilizate doar pentru măsurarea drenării de apă, ele sunt disponibile acum ca instrumente de precizie pentru orice flux de apă, determinări de apă din soluția solului, bilanțuri de apă etc. (Unold și Frank, 2008). De asemenea, pot fi utilizate ca instrumente pentru investigarea proceselor biologice, modificărilor structurale ale plantelor incluzând distribuția rădăcinilor și activitatea enzimatică (Seyfarth and Reth, 2008). În funcție de necesitățile specifice ale fiecărei aplicații, instrumentarea lisimetrelor variază.

Pentru realizarea activităților propuse în prezentul proiect, în etapa 1/2007 s-a propus un design experimental pentru stația de lisimetre care ulterior a fost modificat din următoarele considerente:

1. S-a contactat firma “Umwelt-Geräte-Technik GmbH” (<http://www.ugt-online.de>) și s-a primit o ofertă de preț pentru întreaga instalație, constatându-se că bugetul alocat construirii acesteia era mult sub valoarea ofertei firmei contactate. Pentru a rezolva această problemă de natură financiară, s-a aplicat un proiect la ANCS tip capacități: “Dezvoltarea infrastructurii de cercetare pentru cuplarea cunoașterii științifice de la scări spațio-temporale diferite în domeniul protecției și reconstrucției ecologice a zonelor critice ST-RECOZON, nr. 174. Acest proiect urma desigur să susțină actualul proiect idei 291, însă din păcate nu a fost finanțat, obținând doar 87 de puncte (locul 8 din 27 de proiecte aplicate la comisia de mediu). Principalul motiv al nefinanțării a fost costul prea mare alocat instalației de lisimetre, deși s-a anexat oferta de preț și s-a specificat ca într-o primă etapă a proiectului urma să se consulte și alte firme producătoare, astfel încât

configurația să fie optimizată și prețul minimizat și să existe competiție la licitație. Totuși, dată fiind seriozitatea firmelor germane și timpul lung până la primirea răspunsului (o lună), prețul deja obținut putea fi considerat o bună estimare a costurilor reale. S-a specificat de asemenea că în cazul în care prețul unitar pentru un lisimetru ar fi fost obținut mai mic, s-ar fi achiziționat un număr mai mare de lisimetre pentru a crește numărul de variante experimentale și relevanța statistică a experimentelor derulate.

2. S-a încercat construirea pe plan local a unei instalații de dimensiune ceva mai mică, stabilindu-se un nou design experimental. S-a demarat licitația dar nu s-a prezentat nici o firmă, licitația anulându-se ulterior.

3. Pentru acest ultim design s-au contactat alte firme din Franța “Measures Instrument Systems et Services pour la Geotechnique et l’Agronomie”, <http://www.sols-mesures.com>, USA “Soilmoisture Equipment Corp.”, <http://www.soilmoisture.com> și Germania “UMS GmbH - Umweltanalytische Mess-Systeme”, gvu@ums-muc.de, soluția finală constând în achiziția acestei instalații de lisimetre de la firma din Germania.

În tabelul 5 sunt descrise detaliat componentele și caracteristicile sistemului de lisimetre achiziționat. Lisimetrele achiziționate sunt de dimensiune medie și sunt pretabile pentru studii în teren (sau laborator subteran) pentru prelevarea apei de percolare și studiul mecanismelor chimice și fizico-chimice care se produc atât în matricea solului cât și în apa de percolare și țesuturile plantelor. Avantajul utilizării unor astfel de lisimetre constă în măsurarea directă a ratei de percolare cu o înaltă precizie. S-a arătat că utilizarea lisimetrelor permite măsurarea ratei de percolare cu o precizie de 0.5 mm/an, sau chiar mai bună (Gee and Hillel, 1988; Benson et al., 1994; Ward and Gee, 1997; Benson et al., 2001 citați de Xiaoli, 2004). În schimb, lisimetrele care sunt prea mici și cu ajutorul cărora se colectează prea puțină apă, subestimează rata de percolare (Benson et al., 2001, citat de Xiaoli, 2004). Utilizând acest tip de lisimetre (fig. 11) se urmărește transportul de apă de percolare atât în solul de suprafață cât și în adâncime prin extragerea apei utilizând cupe de sucțiune confecționate din carbură de siliciu tip “rizon mini” (fig. 13) cu o rată de curgere de 0,1 bar, amplasate din 20 în 20 de cm, de-a lungul coloanei de sol în interiorul fiecărui lisimetru. Aceste cupe de sucțiune sunt conectate la o unitate cu 2 canale vidate pentru ajustarea circuitului vacuumului (fig. 14), în etapa de prelevare. Astfel, este evaluată drenarea în sistemul rizosferic prin prelevare periodică sau la fiecare eveniment hidrologic abundent a unui volum foarte mic de apă de percolare, pentru a nu perturba sistemul natural de drenare. Întregul sistem de drenare și prelevare a apei de percolare este asigurat de existența unei rașini cu porozitate mare, amplasată la partea inferioară a fiecărui lisimetru, care este conectat cu ajutorul unor furtune la flacoane protejate împotriva imploziei, în care se prelevează ca și în cazul sistemului rizosferic, apa care percolează întreaga coloană de sol. Pentru fiecare lisimetru sunt prevăzute trei flacoane, astfel încât să putem beneficia de trei replicare. Cele trei replicare vor fi analizate individual, ceea ce conduce la o mai bună relevanță statistică a experimentelor derulate. Cu ajutorul unor electrozi de tipul “ECHO-EC5” (a se vedea tabelul 5) se va măsura volumul de apă care percolează lisimetrele (fig. 17).



Figura 11 Lisimetre de dimensiune medie



Figura 12 Sistem de prelevare a solului



Figura 13 Cupe de sucțiune și prelevatoare de sol



Figura 14 Unitate cu 2 canale vidate pentru ajustarea circuitului vacumului

De asemenea, acest tip de lisimetre permite să se efectueze studii de fiziologia plantelor precum și a mecanismelor chimice și fizico-chimice la nivel de rizosferă prin prelevarea atât a apei cât și a solului din sistemul rizosferic. Lisimetrele sunt umplute cu sol în structură monolit, obținut cu ajutorul unui instrument special de prelevare (fig. 12), ceea ce permite păstrarea intactă a macro și microporilor solului și estimarea parametrilor chimici și fizico-chimici ai apei de percolare. Temperatura solului este măsurată cu ajutorul unui senzor (fig. 16) de tipul “Th2-f” cu termistor (a se vedea tabelul 5), care prezintă următoarele caracteristici: dimensiune mică, forma specială cu un unghi de 60° care permite reducerea la minim a perturbării solului și asigură un contact termic bun cu solul. Este prevăzut în interior cu o substanță conductoare de caldură, ceea ce permite creșterea contactului termic pentru fiecare senzor. Aceasta asigură un răspuns rapid, o măsurare punctuală a temperaturii și reduce la minim influența conducerii termice a cablurilor. Senzorul este îmbrăcat în oțel inox, ceea ce îl face să fie utilizabil atât pentru materiale solide cât și pentru lichide și este prevăzut cu un mâner putând astfel să fie îndepărtat din sol prin tragerea de mâner cu ajutorul unui cablu care este și el protejat cu un scut, de eventuale acțiuni a rozătoarelor. Acest tip de senzor este ideal pentru cuplare la datalogger tip “T85” (fig. 15), răspunde la schimbări de temperatură și are stabilitate excelentă pentru aplicații pe termen lung prezentând caracteristicile din tabelul 4.

Tabelul 4 Caracteristicile senzorului de temperatură

Senzor	Fenwall- Termistor
Principiul de măsurare	cu 3 sau 2 cabluri
Lungimea maximă a cablului	pană la 20 m
Domeniul de măsurare	-50 ... +100° C
Semnal de ieșire	50 kΩ - 150 kΩ (nelinear)
Toleranță	± 0,1 K la 10°C; ± 0,2 K la 0 ... 70°C



Figura 15 Datalogger tip T85



Figura 16 Senzor de temperatură



Figura 17 Electrode pentru măsurarea volumului de apă

La datalogger mai sunt cuplate și alte mini echipamente utilizate pentru monitorizarea altor parametri cum ar fi tensiunea soluției solului (fig. 18), care operează în domeniul de potențial de

presiune 0 cm H₂O (0 kPa) când solul este complet saturat, pîna la -800 cm H₂O (-85 kPa) când solul este complet uscat (ex. sol prea uscat pentru practici agricole sau horticultură). Cantitatea de irigații care se va aplica în condiții de secetă, va fi astfel ajustată, încât să mențină potențialul la -300hPa. Dacă această valoare poate fi menținută în solul superficial, în solul de la adîncime poate să ajungă în general la -50hPa (Luster, 2008).

Un alt parametru de o foarte mare importanță pentru studierea proceselor din sol este potențialul redox. Cu ajutorul sondelor redox poate fi cuantificat potențialul pentru procesele de oxidare și reducere (redox), care joacă un rol important în procesele biogeochimice ce pot avea loc în coloana solului din lisimetre.



Aceste procese sunt stabilite în funcție de mobilitatea multor compuși anorganici precum și biologici importanți cum ar fi exemplul sulful, formele de azot, metalele etc. În plus, condițiile redox guvernează datele pentru degradarea biologică complexă de contaminanți.

Figura 18 Tensiometru

Tabelul 5 Componentele stației de lisimetre și caracteristicile acestora

Denumire produs	Caracteristici
1. Lisimetre	Un număr de zece lisimetre confecționate din PVC cu diametrul de 300 mm, grosimea pereților de 6 mm, înălțimea de 600 mm, cu cupe de sucțiune confecționate din carbură de siliciu 0,1 bar, cu furtun de conexiune pentru prelevarea apei de percolare; confecționate cu deschidere pentru excavare monolitică; rata de curgere la 20 hPa: 2ltr./h, (ca. 28 mm/h), inclusiv cabluri pentru 3 sonde redox (o sonda de referință una sare-gel pentru referință, 3 electrozi EC-5, 6 cupe de sucțiune Mirco rhizon, 3 senzori de temperatură;
2. Electrozi pentru măsurarea volumului de apă care percolează lisimetrele (tip ECHO-EC5)	30 de electrozi - FD, freq. 70 MHz, pana la 8 dS/m, domeniul de masurare 0 ... 100% vol., cablu 1.5 m cu priza 4-pin
3. Cablu de conexiune pentru senzorii de tip T3, T4, T5, Echo, M12x (tip C-4/5)	30 de cabluri M12/IP67, dimensiunea electrozilor: 9 x 1.8x 0.7 cm; lungime 5 m, fem. 4-pin plug M12/15 cm, standard.
4. Sonde redox	30 de sonde redox tip dr. Mansfeld, 1 m; cablu cu conector BNC - 50 ohm.
5. Sonde redox de referință	10 sonde de referință 1 mtr. cablu cu conector BNC-50 ohm.
6. Modul cu 3 canale de amplificare	10 module, pentru compensarea temperaturii
7. Rizon mini - prelevatoare pentru soluția solului	60 de miniprelevatoare pentru soluția solului; cate 6 bucăți instalate în fiecare lisimetru; diametru de 2,3 mm, lungime 100 mm, set standard pentru apa din porii solului, prevăzute cu seringi vidate și cuve de stocare a apei.
8. VS-pro unitate cu 2 canale vidate pentru ajustarea circuitului vacumului	0...-85 kPa, unul controlabil cu un tensiometru opțional T4 sau T8, display keypad, prevazut cu căptuselă din aluminiu 26x16x22cm, IP66, incl., conector tensioLink tL-8/USB-Mini și software tensioVIEW
9. Flacoane de prelevare a apei de percolare (tip VS-pro)	10 flacoane de 1000 ml, protejate împotriva imploziei, cu intrări pentru max. 3 furtune
10. Datalogger (tip T85)	6 ... 48 canale analog flexibile, canale 8 digital I/O, rezoluție de 18 biți, izolate, 30 V, 2x intrare serială, RS485, 1x SDI12, 1x ieșire analogă, memorie internă de 5 Mega, com.-ports: Ethernet, RS232, USB prevazut cu cablu, Software DeLogger 4
11. Canal dataTaker (tip EM20)	2 module de expansiune prevăzute cu două canale analog 20-60
12. Siguranța IP66 pentru închiderea compactă a	600x600x210 mm; incl. cblu inlets în partea inferioară, baterie buffered power, putere de alimentare EV-Batt pentru sonde Echo ,

compartimentelor din exteriorul lisimetrelor (tip mb. MBR-2)	profile-C, blocuri pentru cablurile conectoare cu toate cablurile conectate, logger configurat, documentație, test de funcționare o săptămână, necesită conexiune electrica de 230Vac 50 Hz, 6 Amperi
13. Senzori pentru măsurarea temperaturii solului (tip Th2-fs)	30 de termistoare tip Fenwall, cu 3 (2)- cabluri , rezistente la apă, cablu cu lungime de 1.5 m cu 4-pin plug M12/IP68
14. Cablu de conectare pentru senzorii T3, T4, T5, Echo, M12x (tip CC-4/5)	30 de cabluri cu lungimea de 5 m, female 4-pin plug M12/15 cm cablu liber

În condițiile în care a existat o întârziere în achiziționarea stației de lisimetre iar sezonul de creștere a plantelor se apropia desfășurat, am decis să amânăm demararea experimentului cu lisimetre până în primăvara anului 2009, achiziționând în avans consumabilele necesare analizării parametrilor în toamna lui 2008.

3 Concluzii

Din punct de vedere managerial activitățile prevăzute în proiect au fost desfășurate cu succes. O parte dintre rezultate au fost deja publicate și comunitate, iar rezultatele preliminare obținute la alte activități sunt promițătoare. Activitățile de analiză comprehensivă a modelelor existente în domeniul biogeochimiei microelementelor confirmă faptul că strategia adoptată în proiect este în acord cu cele mai noi tendințe pe plan internațional, și anume cuplarea modelelor de tipuri diferite și de același tip la același nivel ierarhic și între niveluri ierarhice. Au fost înregistrate dificultăți la internalizarea tehnologiei de ultimă oră pentru lisimetre, dar finalmente s-a reușit acest lucru.

Bibliografie

1. Assael, M.J., M. Delaki, K.E. Kakosimos (2008): Applying the OSPM model to the calculation of PM10 concentration levels in the historical centre of the city of Thessaloniki, Atmos. Environ. 42, 65–77;
2. Berkowicz, R. (1998) Street Scale Models, In J. Fenger, O. Hertel, and F. Palmgren (eds.), Urban Air Pollution - European Aspects, Kluwer Academic Publishers, pp. 223-251.
3. Berkowicz, R. (2000): OSPM - A parameterised street pollution model, Environmental Monitoring and Assessment, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.
4. Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S.E., Sørensen, N.N., Nielsen, M. (1997): Modelling traffic pollution in streets. National Environmental Research Institute, 51p
5. Berkowicz, R., Hertel, O., Sørensen, N.N. and Michelsen, J.A. (1997a) Modelling air pollution from traffic in urban areas, Proceedings, IMA Conference on Flow and Dispersion Through Groups of Obstacles, University of Cambridge, 28-30 March 1994.
6. Berkowicz, R., Hertel, O., Sørensen, N.N. and Michelsen, J.A. (1997) Modelling air pollution from traffic in urban areas, In R.J. Perkins and S.E. Belcher (eds), Flow and Dispersion Through Groups of Obstacles, pp 121-141, Clarendon Press, Oxford, pp 121-141.
7. Berkowicz, R., Olesen, H.R. and Torp, U. (1986): *The Danish Gaussian air pollution model (OML): Description, test and sensitivity analysis in view of regulatory applications*. In: Air Pollution Modeling and its Application V. C. De Wispelaere, F. A. Schiermeier, and N.V. Gillani (eds.). Plenum Press, New York.
8. Bøhler, T. (1996) MEPDIM. *The NILU meteorological processor for dispersion modelling. Version 1.0. Model description*. Kjeller, Norwegian Institute for Air Research (NILU TR 7/96).
9. Bøhler, T. and Sivertsen, B. (1998) *A modern air quality management system used in Norway*. Kjeller, Norwegian Institute for Air Research (NILU F 4/98).
10. Bott, A. (1989) *A positive definite advection scheme obtained by non-linear renormalization of the advective fluxes*, Monthly Weather Review 117, 1006-1015 and 2633-2636.
11. Bushey J. T., M. J. Small, D. A. Dzombak, S. D. Ebbs, 2006a, Parameter estimation of a plant uptake model for cyanide: application to hydroponic data, International Journal of Phytoremediation, 8, 45–62
12. Bushey J. T., S. D. Ebbs, D. A. Dzombak, 2006b, Development of a plant uptake model for cyanide, International Journal of Phytoremediation, 8, 25–43
13. Buzorius, G., Rannik, Ü., Mäkelä, J. M., Vesala, T. and Kulmala, M. (2000). Vertical aerosol fluxes measured by eddy covariance methods and deposition of nucleation mode particles above a Scots pine forest in southern Finland. Journal of Geophysical Research 105, 19905-19916.

14. Byun, D.W. (1990): On the analytical solutions of flux-profile relationships for the atmospheric surface layer. *Journal of Applied Meteorology* 29, 652-657.
15. CHENDEI V., I. NICHESU, AL. PREDA, I. TROCEA- 2006 - Utilizarea extensiei arcgis geostatistical analyst pentru realizarea modelului digital al terenului în lungul Dunarii, *Geographia tehnica* no. 1
16. Choi, J. H., S. S. Park, P. R. Jaffe, 2006, Simulating the dynamics of sulfur species and zinc in wetland sediments, *Ecological Modelling*, 99, 315- 323
17. Christensen, J. B., J. J. Botma, T. H. Christensen, 1999, Complexation of Cu and Pb by Doc in Polluted groundwater: A comparison of experimental data and predictions by computer speciation models (Wham and minteqa2), *Wat. Res. Vol. 33, No. 15*, pp. 3231-3238
18. Coulthard, T. J., Kirkby, M. J., Macklin, M. G., 1998. Non-linearity and spatial resolution in a cellular automaton model of a small upland basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 2, 257-264.
19. Coulthard, T.J., Kirkby, M.J. and Macklin, M.G., 1999. Modelling the impacts of Holocene environmental change in an upland river catchment, using a cellular automaton approach. In: A.G. Brown and T.A. Quine (Editors), *Fluvial Processes and Environmental Change*. John Wiley, Chichester, UK, pp. 31-46.
20. Coulthard, T.J., Kirkby, M.J. and Macklin, M.G., 2000. Modelling geomorphic response to environmental change in an upland catchment. *Hydrological Processes*, 14: 2031-2045.
21. Coulthard, T.J., Lewin, J. and Macklin, M.G., 2005. Modelling differential catchment response to environmental change. *Geomorphology*, 69: 222-241
22. Crow, E., K. F. Gaines, M. E. Hodgson, M. D. Wilson, 2005, Habitat and exposure modelling for ecological risk assessment: A Case study for the raccoon on the Savannah River Site, *Ecological Modelling*, 189, 151-167
23. Dale M. R. T., P. Dixon, M.-J. Fortin, P. Legendre, D. E. Myers, M. S. Rosenberg, 2002, Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis, *Ecography*, 25, 558-577
24. Datulescu, O. (2001a): Simple Guidelines to Estimate Traffic Loads on Individual Road Links. Technical note.
25. Datulescu, O. (2001b): Prepare diurnal profiles of the temporal variation of traffic. Technical note.
26. Datulescu, O. (2001c): Prepare car fleet characteristics required for estimation of emission factors. Part I – Romanian national vehicle distribution. Technical note.
27. Datulescu, O. (2001d): Prepare car fleet characteristics required for estimation of emission factors. Part II – Bucharest vehicle distribution. Technical note.
28. Davidson, C. I., Miller, J. M. and Pleskow, M. A. (1982). The influence of surface structure on predicted particle dry deposition to natural grass canopies. *Water, Air and Soil Pollution* 18, 25-43.
29. Davis LC, Erickson LE, Lee E, Shimp JF, Tracy, JC, 1993, Modeling the effects of plants on the bioremediation of contaminated soil and ground water, *Environmental Progress*, 12 (1), 67-75.
30. Neamead, O. T. and Bradley, E. F. (1985). Flux-gradient relationships in a forest canopy. In: B. A. Hutchinson and B. B. Hicks (Eds.), *The Forest-Atmosphere Interaction*. D. Reidel, Dordrecht, 421-442.
31. Devranche, M., J.-C. Bollinger, 2001, A desorption – dissolution model for metal release from polluted soil under reductive conditions, *J. Environ. Qual.* 30/5, 1581-1586
32. Dijkstra, J. J., C. L. Meeussen, N. J. Comans, 2004, Leaching of Heavy Metals from Contaminated soils: an experimental and modeling study, *Environmental Science & Technology*, vol. 38, no. 16, 4390-4395
33. Dimopoulos, I., J. Chronopoulos, A. Chronopoulou-Sereli, S. Lek, 1999, Neural network models to study relationships between lead concentration in grasses and permanent urban descriptors in Athens city (Greece), *Ecological Modelling*, 120, 157-165
34. Driscoll, C.T., Lawrence G.B., Bulger A.J., Butler T.J, Cronan C.S., Eagar C., Lambert K.F., Likens G.E., Stoddard J.L., Weathers K.C. (2001): *Acidic Deposition in the Northeastern United States: Sources and Inputs, Ecosystem Effects, and Management Strategies*, *BioScience* 51 (3)
35. EPA/600/8-89/041 (1988), *User's guide – A short description of Callpuff Model*
36. Finnigan, J. J. (2000). Turbulence in plant canopies. *Annual Review of Fluid Mechanics* 32, 519-571.
37. Fuchs, S., Scherer, U., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Behrendt, H., Opitz, D. (2002): Emissions of heavy metals and lindane into river basins of Germany, *Research Report 200 22 233*, Project of the Federal Environmental Agency of Germany, ISSN 0722-186X
38. Gallagher, M. W., Nemitz, E., Dorsey, J. R., Fowler, D., Sutton, M. A., Flynn, M. and Duyzer, J. H. (2002). Measurements and parameterisations of small aerosol deposition velocities to grassland, arable crops, and forest: Influence of surface roughness length on deposition. *Journal of Geophysical Research* 107, 287-292
39. Ge, Y., D. MacDonald, S. Sauve, W. Hendershot, 2005, Modeling of Cd and Pb speciation in soil solutions by WinHumicV and NICA-Donnan model, *Environmental Modelling & Software*, 20, 353-359
40. Gillette, D. A., Lawson, R. and Thompson, R. (2004). A 'test of concept' comparison of aerodynamic and mechanical resuspension mechanisms for particles deposited on field rye grass (*Secale cereale*) - Part 1. Relative particle flux rates. *Atmospheric Environment* 38, 4789-4797.
41. Gioia G., F. A. Bombardelli – 2001 - Scaling and Similarity in Rough Channel Flows - *PHYS ICAL RE V IEW LETTERS* – vol. 88 nr. 1 - The American Physical Society
42. Giorgi, F. (1986). A particle dry deposition parameterisation scheme for use in tracer transport models. *Journal of Geophysical Research* 91, 9794-9806.
43. Gohre, V., U. Paszkowski, 2006, Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation, *Planta*, 223, 1115–1122

44. Grayson R., G. Bloschl (Eds.), 2000, *Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling*, Cambridge University Press
45. Groffman, P. M., J. S. Baron, T. Blett, A. J. Gold, I. Goodman, L. H. Gunderson, B. M. Levinson, M. A. Palmer, H. W. Paerl, G. D. Peterson, N. L. Poff, D. W. Rejeski, J. F. Reynolds, M. G. Turner, K. C. Weathers, J. Wiens, 2006, Ecological Thresholds: The key to successful environmental management or an important concept with no practical application, *Ecosystems*, 9, 1-13
46. Haferburg, G., E. Kothe, 2007, Microbes and metals: interactions in the environment, *Journal of Basic Microbiology*, 47, 453-467
47. Hammond, E., A.J. Valocchi, P.C. Lichtner, 2002, Modeling multicomponent reactive transport on parallel computers using Jacobian-Free Newton-Krylov with operator-split preconditioning, *Devel. Water Resour.*, 47, 727-734
48. Hobbelen, P. H. F., C. A. M. van Gestel, 2007, Using dynamic energy budget modeling to predict the influence of temperature and food density on the effect of Cu on earthworm mediated litter consumption, *Ecological Modelling*, 202, 373-384
49. Hobbelen, P. H. F., P. J. van der Brink, J. F. Hobbelen, C. A. M. van Gestel, 2006, Effects of heavy metals on the structure and functioning of detritivore communities in a contaminated floodplain area, *Soil Biology & Biochemistry*, 38, 1596-1607
50. Hockney si Eastwood (1981). *Boundary Conditions for lagrangian variable approaches*
51. http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Compilation_of_British_and_Australian_models
52. http://atmosphericdispersion.wikia.com/wiki/Compilation_of_U.S._EPA_Models
53. http://pandora.meng.auth.gr/mds/qstart.php?MTG_Session=5ffc8557ebf57c9181aedf36f6179eda
54. <http://www.afdj.ro/cote/cote.htm>
55. <http://www.mi.uni-hamburg.de/List-classification-and-detail-view-of-model-entr.567.0.html>
56. http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=807815
57. <http://www.rowater.ro/>
58. Ion, S., 2005, Quasimonotone ODE Approximation of Nonlinear Diffusion Process, *Proceedings of the Fourth Workshop on Mathematical Modelling of Environmental and Life Sciences Problems*, eds. Ion, S., Gabriela Marinoschi and Popa, C., Editura Academiei Romane, 87-95
59. Ion, S., Homentcovschi, D., and Marinescu, D., 2002, Method of Lines for Solving Richards' Equation}, *Proc. of fifth. International Seminare on "Geometry, Continua and Microstructures"*, eds. Sanda Cleja--Tigoiu and V. Tigoiu, Editura Academiei Romane, 125-132
60. Iordache, V., E. Kothe, 2004, Systems biology: a strategic European priority underpinning the ecotoxicological and nutritional risk assessment, *Mengen und Spuren Elemente*, 22, 1112-1117, ISBN 3-929526-79-4, ISSN 1430-9637
61. Iordache, V., F. Bodescu, 2005, Emergent properties of the Lower Danube River System: consequences for the integrated monitoring system, *Arch. Fur Hydrobiologie. Suppl.* 158, (Large Rivers 16), 95-128
62. Jaffe P. R., S. Xu, and J.H. Choi, 2001, Biogeochemical Dynamics of Trace-Metals in Wetland Sediments; Field, Laboratory, and Numerical Simulation Studies, abstract for "The Annual Conference on Soils, Sediments and Water" <http://www.umasssoils.com/abstracts2001/wednesday/sediments2.htm>
63. Jaffe, P., H. Rabitz, 2003, Trace Metal Bioremediation: Assessment of Model Components from Laboratory and Field Studies to Identify Critical Variables, Technical report,
64. Johnson, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N. (2003), *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, Environmental Systems Research Institute, Inc., California, SUA
65. Jorgensen, S. E., 1976, An Ecological model for heavy metal contamination of crops and ground water, *Ecological Modelling*, 2, 59-67
66. Klok, C., P. W. Goedhart, B. Vandecasteele, 2007, Field effects of pollutants in dynamic environments. A case study on earthworm populations in river floodplains contaminated with heavy metals, *Environmental Pollution*, 147, 26-31
67. Luna, R., K. H. Watanabe, A. J. Wilding, 2006, Spatial bioaccumulation modeling in a network of bayous, *Environmental Modelling & Software*, 21, 1674-1683
68. Lung, W. S., R. N. Light, 1996, Modelling copper removal in wetland ecosystems, *Ecological Modelling*, 93, 89-100
69. Luoma, S. N., P. S. Rainbow, 2005, Why is metal bioaccumulation so variable? Biodynamics as a unifying concept, *Environmental Science & Technology*, vol. 39, no. 7, 1921-1931
70. Lurmann F.W., Godden D.A., and Collins H.M. (1985) *User's guide to the PLMSTAR air quality simulation model*. Report prepared by ERT Inc., Newbury Park, CA, M-2206-100.
71. Luster Goerg, Manoj Menon, Sandra Hermle, Reiner Schulin, Madeleine S., Guentehardt Goerg, Bernd Nowack (2008) *Water Air Soil Pollut: Focus*, 8: 163-176, DOI 10.1007/s11267-007-9169-z
72. Meile, C., K. Tuncay, P. Van Cappellen, 2003, Explicit representation of spatial heterogeneity in reactive transport models: Application to bioirrigated sediments, *Journal of Geochemical Exploration* 78-79, 231-234
73. Michel, K., M. Roose, B. Ludwing, 2007, Comparison of different approaches for modelling heavy metal transport in acidic soils, *Geoderma*, 140, 207-214
74. Mino, L. A., S. Folco, A. M. P. D'Angelo, N. R. V. Guerrero, 2006, Modeling lead bioavailability and

- bioaccumulation by *Lumbriculus variegatus* using artificial particles. Potential use in chemical remediation processes, *Chemosphere*, 63, 261-268
75. Naresh R., Sundar S., Shukla J.B (2007): Modeling the removal of gaseous pollutants and particulate matters from the atmosphere of a city, *Nonlinear Analysis: RealWorld Applications* 8, 337 – 344
 76. O. Westling, H. Fagerli, S. Hellsten, J.C. Knulst, and D. Simpson (2005): Comparison of modelled and monitored deposition fluxes of sulphur and nitrogen to ICP-forest sites in Europe, *Biogeosciences Discussions*, 2, 933–975
 77. Olson, M. R., R. M. Ford, J. A. Smith, E. J. Fernandez, 2006, Mathematical modeling of chemotactic bacterial transport through a two-dimensional heterogeneous porous medium, *Bioremediation Journal*, 10(1-2), 13-23
 78. Petroff A., Mailliat A., Amielh M., Anselmet F. (2008): Aerosol dry deposition on vegetative canopies. Part I: Review of present knowledge, *Atmos. Environ.* 42 (16), 3625-3653
 79. Rainbow, P. S., 2007, Trace metals bioaccumulation: Models, metabolic availability and toxicity, *Environmental International*, 33, 576-582
 80. Ramos-Martin J., 2003, Empiricism in ecological economics: a perspective from complex systems theory, *Ecological Economics* 46 p387-398
 81. Robinson BH, Green SR, Clothier BE, van der Velde M, Fung L, Thayalakumaran T, Snow V, Fernandez JE, Madejón P, Marañón T, Murillo JM, 2002, Modelling plant-metal uptake from contaminated soils NZ Land Treatment Collective / Proceedings of the Technical Session No 23. <http://www.ito.ethz.ch:16080/SoilProt/staff/robinson/downloads/LTC2002.pdf>
 82. Robinson, B., J. E. Fernández, P. Madejón, T. Marañón, J. M. Murillo, S. Green, B. Clothier, 2003, Phytoextraction : an assessment of biogeochemical and economic viability, *Plant and Soil*, 249, 117-125
 83. Seinfeld, J. H. and Pandis, S. (1998). *Atmospheric Chemistry and Physics*. Wiley, New York.
 84. Seuntjens P., B. Nowack, R. Schulin, 2004, Root-zone modeling of heavy metal uptake and leaching in the presence of organic ligands, *Plant and Soil*, 265, 61–73
 85. Seyfarth Manfred and Sascha Reth (2008) Lysimeter Soil Retriever) SLR- An Application of new Technique for Retrieving Soils from Lzsimeters, *Water Air Soil Pollut: Focus* , 8:227-231, DOI 10.2007/s11267-007-9161-7
 86. Shultis, J. K., F. Khan, B. Letellier, R. E. Faw, 1997, Determining soil contamination profiles from intensities of capture-gamma rays using above-surface neutron sources, *Applied Radiation and Isotopes*, 50, 415-133
 87. Spiteri, C., C. P. Slomp, P. Regnier, C. Meile, P. Van Cappellen, 2007, Modelling the geochemical fate and transport of wastewater-derived phosphorus in contrasting groundwater systems, *Journal of Contaminant Hydrology*, 92, 87-108
 88. Stanciulescu, F., 2005, Modelling of high complexity systems with applications, WIT Press
 89. TECHNUM N.V. & TRAPPEC & TRACTEBEL DEVELOPMENT ENGINEERING S.A.. 2005 – Asistentă tehnică pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație pe Dunare ISPA - EUROPEAID/114893/D/SV/RO
 90. Thullner, M., P. Van Cappellen, P. Regnier, 2005, Modeling the impact of microbial activity on redox dynamics in porous media, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 69, no. 21, pp. 5005-5019
 91. Tom Coulthard and Marco Van De Wiel, – 2007 The Cellular Automaton Evolutionary Slope And River model (CAESAR) – user manual
 92. Tonkin, J. W., L. S. Balistrieri, J. W. Murray, 2002, Modeling metal removal onto natural particle formed during mixing of acid rock drainage with ambient surface water, *Environmental Science & Technology*, vol. 36, no. 3, 484-492
 93. Tusseau-Vuillemin, M. H., R. Gilbin, M. Tallefert, 2003, A dynamic numerical model to characterize labile metal complexes collected with diffusion gradient in thin films devices, *Environmental Science & Technology*, vol. 37, 1645-1652
 94. Ulbrich, K., R. Marsula, F. Jeltsch, H. Hofmann, C. Wissel, 1997, Modelling the ecological impact of contaminated river sediments on wetlands, *Ecological Modelling*, 94, 221-230
 95. Unsworth, E. R. et al., 2006, Model predictions of metal speciation in freshwaters compared to measurements by in situ techniques, *Environ. Sci. Technol.*, 40, 1942-1949
 96. Van Breukelen, B. M., J. Griffioen, W. F. M. Röling, H. W. van Verseveld, Reactive transport modelling of biogeochemical processes and carbon isotope geochemistry inside a landfill leachate plume, *Journal of Contaminant Hydrology*, 70, 249-269
 97. Van der Lee, J., L. D. Windt, 2001, Present state and future directions of modeling of geochemistry in hydrogeological systems, *Journal of Contaminant Hydrology*, 47, 265–282
 98. Verma P., K. V. George, H. V. Singh, S. K. Singh, A. Juwarkar and R. N. Singh, 2006, Modeling rhizofiltration: heavy- metal uptake by plant roots, *Environmental Modeling and Assessment*, 11, 387-394
 99. Vink, Rona Horst Behrendt, 2002, Heavy metal transport in large river systems: heavy metal emissions and loads in the Rhine and Elbe river basins, *Hydrological Processes*, Volume 16, Issue 16 , Pages 3227 - 3244
 100. Vink, Rona Steef Peters, 2003, Modelling point and diffuse heavy metal emissions and loads in the Elbe basin, *Hydrological Processes*, Volume 17, Issue 7 , Pages 1307 - 1328
 101. Wesely M.L., Hicks B.B. (2000): A review of the current status of knowledge on dry deposition, *Atmospheric Environment* 34, 2261- 2282

- 102.Zannetti, P. (1990): *Air pollution modeling: Theories, Computational Methods and Available Software*; ISBN 094582484X / 9780945824848 / 0-945824-84-X, Computational Mechanics, Inc.
- 103.G. von Unold , J. Frank (2008) Modular Design of Field Lysimeters for Specific Application Needs, *Water Air Soil Pollut: Focus*, 8:233-242 DOI 10.1007/s11267-9172-4
- 104.Zhang, L., Gong, S., Padro, J. and Barrie, L. (2001). A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module. *Atmospheric Environment* 35, 549-560.
- 105.Xiaoli Liu (2004): Design of cost- effective lysimeter for field evaluation of alternative landfill cover projects using hydrids 2D simulation, doctoral thesis submitted to the Florida State University College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering