

**FENOMENE DE RETENȚIE  
ȘI MOBILITATE A FOSFORULUI  
ÎN SOLURILE ȘI APELE  
BAZINULUI HIDROGRAFIC  
BISTRA – JUDEȚUL CARAȘ-  
SEVERIN**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE CIVILĂ  
de către

**Chim.biolog Nemeș Nicoleta Sorina**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Gheorghe Rogobete  
Referenți științifici: prof.univ.dr. Iacob Borza  
prof.univ.dr. Gheorghe Ianoș  
prof.univ.dr.ing. Teodor Eugen Man

Ziua susținerii tezei: 29.09.2008

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2008

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Facultății de Hidrotehnică, la Catedra de Construcții Hidrotehnice și Îmbunătățiri Funciare a Universității „Politehnica” din Timișoara.

Lucrarea se adresează tuturor celor interesați a cunoaște aspectele principale legate de nutriția plantelor și de modul în care caracteristicile solului își pun amprenta asupra calității recoltelor agricole, influențând în cea mai mare parte relațiile dintre factorii edafici și viața plantelor. Intervenind cu mijloace agrochimice, fertilitatea solului poate fi îmbunătățită. Stabilirea unui sistem optim de îngrășare este posibilă numai dacă se cunosc însușirile solului, de care se leagă în mare parte capacitatea plantelor de utilizare a elementelor nutritive din sol sau din îngrășăminte. Importanță majoră prezintă cunoașterea repartiției diferitelor elemente utilizate ca îngrășăminte în stratul arabil și în legătură cu acestea, precizarea cauzelor care determină prezența, imobilizarea sau levigarea lor.

Consider că lucrarea este un suport științific de luat în seamă pentru cercetările viitoare care vor avea ca subiect de pornire tematica interacțiilor între diverse elemente chimice și caracteristicile solurilor, respectiv nutriția plantelor.

Timișoara, septembrie 2008

Nemeș Nicoleta Sorina

Destinatarii dedicației.

Alese mulțumiri și profundă recunoștință se cuvin adresate conducătorului de doctorat **prof.dr.ing. Gheorghe Rogobete** pentru consilierea permanentă și îndrumarea atentă pe tot parcursul realizării lucrării.

Adresez mulțumiri deosebite domnului **prof. dr. Gheorghe Ianoș** atât pentru materialul documentar pus la dispoziție, pentru ajutorul competent și susținerea constantă pe parcursul elaborării acestui material, cât și pentru calitatea de referent al tezei de doctorat.

Mulțumesc, de asemenea membrilor comisiei de doctorat, în persoanele domnilor **prof. dr. Iacob Borza** și **prof. dr. ing. Teodor Eugen Man** în calitate de referenți ai lucrării și domnului **prof. dr. ing. Victor Doandeu** în calitate de președinte al comisiei.

Respect și mulțumiri colectivului OSPA Timișoara pentru sprijin în realizarea experimentelor de teren și laborator cu privire la analiza profilurilor de sol analizate, de asemenea Direcției Apelor Banat pentru documentarea de care am beneficiat.

Aduc mulțumiri familiei mele și tuturor celor care mi-au oferit o susținere morală și profesională.

Nemeș, Nicoleta Sorina

**Fenomene de retenție și mobilitate a fosforului în solurile și apele bazinului hidrografic Bistra – județul Caraș-Severin**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 29, Editura Politehnica, 2008, 306 pagini, 79 figuri, 90 tabele.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-973-625-710-0

Cuvinte cheie: retenție, mobilitate, soluri acide, bazin hidrografic, fosfor mobil, nutrient, bioaccesibilitate,

Rezumat,

Prin subiectul abordat, teza de doctorat răspunde unor probleme de maximă actualitate privind relația agricultură – mediu înconjurător din perspectiva cerințelor Uniunii Europene privind protecția mediului și asigurarea unei agriculturi durabile, în scopul modelării și sugerării celor mai raționale acțiuni care să permită conturarea unui raport benefic între cele două componente.

Tema este tratată în mod interdisciplinar, îmbinând aspecte legate de relațiile ce apar ca o consecință a interacțiilor apă - sol, cu repercursiuni asupra calității vieții în ansamblu.

## CUPRINS

1. INTRODUCERE	9
1.1. Stadiul actual al cercetărilor în domeniu	9
1.2. Necesitatea studierii fosforului	10
1.3. Scopul și obiectivele cercetărilor	13
2. CARACTERIZAREA ZONEI STUDIATE ȘI A PRINCIPALILOR FACTORI DE MEDIU	15
2.1. Poziția geografică a teritoriului cercetat	15
2.2. Geomorfologia	18
2.2.1. Zona montană	19
2.2.2. Zona dealurilor	21
2.2.3. Zona teraselor piemontane	24
2.2.4. Zona de luncă	25
2.3. Geologia, litologia zonei și materiale parentale	26
2.4. Clima	31
2.4.1. Regimul termic	31
2.4.2. Regimul pluviometric	32
2.4.3. Circulația maselor de aer	33
2.5. Hidrografia Culoarului Bistra	34
2.5.1. Rețeaua hidrografică de suprafață	34
2.5.2. Apele subterane	38
2.5.3. Caracteristici hidrologice	40
2.5.4. Caracteristici hidrochimice	40
2.6. Vegetația	49
2.6.1. Vegetația lemnoasă	49
2.6.1.1. Vegetația lemnoasă spontană	49
2.6.1.2. Vegetația lemnoasă cultivată	49
2.6.2. Vegetația ierboasă	49
2.6.2.1. Vegetația ierboasă spontană	49
2.6.2.2. Vegetația ierboasă cultivată	50
2.7. Modificări antropice	50
2.7.1. Lucrări hidroenergetice	50
2.7.2. Lucrări de exploatare a minereurilor	54
3. ÎNVELIȘUL DE SOLURI AL BAZINULUI HIDROGRAFIC BISTRA ȘI CALITATEA ACESTORA	58
3.1. Stadiul actual al cercetărilor cu privire la formarea și evoluția solurilor din Banat	58
3.2. Caracterizarea unităților teritoriale de sol. Studii pedologice realizate pe teritoriul studiat (Obreja, Glimboca, Oțelu Roșu)	60
3.2.1. Caracterizarea unităților teritoriale de sol	60
3.2.2. Conținutul studiilor pedologice	62

## 6 Cuprins

---

3.2.3. Lucrări necesare elaborării studiilor pedologice	62
3.2.3.1. Lucrări în faza de teren și laborator	62
3.2.3.2. Lucrări în faza de birou	62
3.3. Rolul factorilor de solificare asupra calității solurilor	62
3.4. Principalele procese pedogenetice funcție de condițiile naturale din zonă	
3.4.1. Alterarea și eluvierea	64
3.4.2. Gleizarea și stagnogleizarea	65
3.4.3. Feroliza	66
3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale	67
3.5.1. Clasa protisoluri	70
3.5.2. Clasa cambisoluri	79
3.5.3. Clasa luvisoluri	84
3.5.4. Clasa hidrisoluri	91
3.5.5. Clasa antrisoluri	94
3.5.6. Clasa cernisoluri	96
3.5.7. Evoluția solurilor	96
3.6. Evaluarea calității solurilor din Bazinul Hidrografic Bistra	103
3.7. Principalele restricții ale calității solurilor în Bazinul Hidrografic Bistra	
3.7.1. Factori de risc ai terenurilor datorati reacției solurilor	107
3.7.2. Factori de risc determinați de excesul sau deficitul de umiditate	
3.7.3. Factori de risc determinați de carența în elemente nutritive esențiale	109
4. INFLUENȚA ANTROPICĂ ASUPRA CALITĂȚII SOLURILOR DIN BAZINUL HIDROGRAFIC BISTRA	111
4.1. Surse de poluare în Bazinul Hidrografic Bistra	111
4.1.1. Impactul poluanților asupra aerului	114
4.1.2. Impactul poluanților asupra apelor	119
4.1.3. Impactul poluanților asupra solurilor	127
5. FOSFORUL, NUTRIENT DIN SOL	135
5.1. Nutrienții esențiali pentru creșterea plantelor și funcțiile acestora	135
5.2. Accesibilitatea nutrienților	136
5.3. Circuitul fosforului în natură	139
5.4. Rolul fosforului în viața plantelor	142
5.5. Tehnici de diagnoză pentru accesibilitatea fosforului	145
5.6. Formele fosforului din soluri	148
5.7. Transformările fosforului în soluri	149
5.8. Managementul nutrienților	158
5.9. Adaosul de fosfor în sol	159
5.10. Fertilizarea cu fosfor – rezultate pozitive asupra producției de cereale, de plante tehnice și asupra pajiștilor	161
5.10.1. Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra culturii de grâu	162
5.10.2. Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra culturii de porumb	163
5.10.3. Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra pajiștilor	164
5.11. Interacțiunea fosforului cu alte elemente de nutriție	166

6. METODE DE DETERMINARE A FOSFORULUI DIN SOL	168
6.1. Analizele de sol	168
6.2. Metode de determinare a fosforului mobil (accesibil)	170
6.3. Metode de determinare a fosforului total	173
6.4. Metode de determinare a formelor și grupelor de fosfați din sol	176
6.5. Metode de determinare a fosforului organic	177
6.6. Metode de determinare a fosforului anorganic	178
7. RETENȚIA ȘI MOBILITATEA FOSFORULUI ÎN SOLURILE ȘI APELE BAZINULUI HIDROGRAFIC BISTRA	180
7.1. Pierderile de P din sol	180
7.1.1. Fenomene de retenție a P	180
7.1.2. Mecanisme de stabilizare (retenție) a fosforului în sol	181
7.2. Retenția fosforului de către compușii anorganici ai solului	186
7.2.1. Influența aluminiului și a fierului	187
7.2.2. Influența mineralelor argiloase și a suprafeței de contact	191
7.2.3. Influența compușilor carbonatici	192
7.3. Retenția fosforului de către compușii organici ai solului	192
7.4. Influența umidității asupra mobilității ionilor fosfat	193
7.5. Influența temperaturii asupra mobilității ionilor fosfat	194
7.6. Mobilitatea fosforului în sol	196
7.7. Starea de asigurare cu fosfor a solurilor	198
7.7.1. Repartiția fosforului în solurile din Banat	198
7.7.2. Starea de încărcare cu fosfor mobil a solurilor din bazinul Bistra, județul Caraș-Severin	202
7.7.3. Prognoza modificării stării de aprovizionare cu fosfor mobil a solurilor agricole ale Banatului	206
7.8. Fosforul și calitatea apelor de suprafață	207
7.8.1. Limitarea descărcărilor de P în apă	207
7.8.2. Concentrația critică de P din apele de suprafață. Fenomenul de eutrofizare	210
7.8.3. Influența condițiilor aerobe / anaerobe asupra mobilității fosfaților în apă	211
7.9. Modelarea calității apei și pierderile de P	215
7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol	217
7.10.1. Factorii care determină migrarea fosforului	217
7.10.2. Migrarea fosforului	217
7.10.3. Conceptul Phosphorus Assessment Tool	218
7.10.4. Descrierea modelului dinamic de calcul al efectului fosforului din sol asupra accesibilității fosforului pentru culturile arabile	226
8. ÎNGRĂȘĂMINTELE, SURSE POTENȚIALE DE POLUARE A APEI ȘI SOLULUI	
8.1. Îngrășămintele minerale sau chimice	270
8.2. Îngrășămintele organice	271
8.3. Principii generale de fertilizare rațională	272
8.4. Fertilizanți care conțin fosfor	273
8.4.1. Tipuri de îngrășăminte cu fosfor	273
8.4.2. Comportamentul în sol și efectele asupra maselor de apă	275

## 8 Cuprins

---

8.4.3. Aplicarea fertilizanților cu fosfor	276
8.4.4. Intoxicația cu îngrășăminte chimice fosfatice	282
9. CONCLUZII	284
10. CONTRIBUȚII PERSONALE, PROPUNERI	288
11. CONCEPTE ȘI TERMENI FOLOSIȚI	291
12. BIBLIOGRAFIE	293



# 1 INTRODUCERE

## 1.1 Stadiul actual al cercetărilor în domeniu

Problema cantităților de nutrienți aflate în sol și disponibile pentru a fi preluate de către recolte este o problemă la nivel mondial, care a preocupat și preocupă omenirea mai ales în contextul unei agriculturi durabile care să asigure condiții optime de viață generațiilor viitoare.

Este cunoscută problema datorată practicării unei agriculturi intensive, care implică folosirea unor cantități crescute de amendamente și îngrășăminte chimice, care determină o solicitare mai intensă a rezervelor de nutrienți din soluri și deci o mai rapidă epuizare a acestora. În plus modificările fizico-chimice ce au loc în soluri pot determina schimbări esențiale în starea de mobilitate a microelementelor în sol și accesibilitatea acestora pentru plante. În această situație, apar dereglări de nutriție minerală, cu repercusiuni negative asupra nivelului producției și calității acesteia.

De aceea este necesar a se găsi un echilibru între resursele de nutrienți aflate în soluri și nevoile specifice unui anumit tip de sol și culturilor respective.

Problema fosforului este una larg dezbătută la nivel mondial poate și datorită faptului că acest element prezintă un ciclu biogeochimic ușor diferit de cel al celorlalți nutrienți, respectiv fosforul nu poate fi pus în evidență în formă gazoasă, așa cum apare azotul (în formă elementară, gazoasă,  $N_2$ ) sau carbonul (sub formă de  $CO_2$ ).

Primele preocupări în domeniul retenției și mobilității fosforului datează de foarte mult timp, dar odată cu evoluția științei și implicit a posibilităților tehnice moderne de determinare, câțiva cercetători s-au preocupat îndeosebi de această problemă.

Pe plan național încă din 1970 Th. G. Sahama, și K. Rankama, în tratatul intitulat "Geochimie" acordă o atenție deosebită problemei rezervei de fosfor. De asemenea, în "Agrochimie" și "Agrochimie modernă", Davidescu și colaboratorii reiau și extind capitolele ce abordează tema fosforului ca nutrient și constituent al îngrășămintelor.

Referitor la starea de aprovizionare a solurilor cu diverse microelemente și implicit cu fosfor, Vintilă, Borlan și colaboratorii tratează această problemă în volumul intitulat "Situația agrochimică a solurilor din România. Prezent și viitor", apărut în 1984.

Ulterior o seamă de cercetători tratează problema nutrienților din sol și nivelul de aprovizionare a solurilor cu aceștia, pe această temă apărând o serie de articole și publicații elaborate de I. Gergen și Gh. Ianoș (1984,) Gh. Ianoș (1992), M. Goian și I. Rusu (1993) și mulți alții.

Referitor la problema nutrienților în solurile din vestul României, aceasta este dezbătută și de Gh. Rogobete și colaboratorii în diverse articole dintre care amintesc: Soil Erosion Influence on River Water Quality in the Southwest of Romania (Banat), apărut în 2002 la Conferința Internațională "Preventing and Fighting Hydrological Disasters", Fate of Phosphorus in Bistra Hydrographyc Area [101], Mobile Phosphorus Contents in Some Acide Soils in Bistra Hydrographyc Area [141], Phosphorus Retention and Mobility in Some Acid Soils in South-Western Romania [140] toate apărute în Buletinul Științific Politehnica.

Pe plan internațional există foarte multe publicații apărute pe tema

retenției și mobilității fosforului, o parte dintre cele mai sugestive fiind cele ce urmează:

- Hogan, D.M., T.E. Jordan, and M.R. Walbridge - Phosphorus retention and soil organic matter in restored and natural freshwater wetlands, 2004.
- Murray R. Hart, Bert F. Quin and M. Long Nguyen, Phosphorus Runoff from Agricultural Land and Direct Fertilizer Effects, 2004.
- E. Lombi, M. J. McLaughlin, C. Johnston, R. D. Armstrong and R. E. Holloway, Mobility and Lability of Phosphorus from Granular and Fluid Monoammonium Phosphate Differs in a Calcareous Soil, 2004.
- John A. Lory, Agricultural Phosphorus and Water Quality, Department Of Agronomy and Commercial Agriculture Program, 2004.
- Reiner Giesler, Tove Andersson, Lars Lövgren and Per Persson, Phosphate Sorption in Aluminum- and Iron-Rich Humus Soils, 2005.
- Willaim P., Ruzzo P.E., Sources of Phosphorus, 2005.

### 1.2 Necesitatea studierii fosforului

Așa cum se știe, după criza petrolului, prima și cea mai mare problemă mondială va fi criza fosforului. Problemă constituie chiar unele zone de unde fosforul poate fi extras (SUA, China, Maroc, Canada, Rusia, Africa de Sud, oceanul Atlantic și Pacific) [117] datorită faptului că fosforul este de obicei asociat cu unele metale grele, de exemplu cadmiu, sau cu unele elemente radioactive, cum este uraniu. Mai bine de 70 % din rezervele fosfatice se găsesc în partea de vest a Saharei (ultima colonie ce există în Africa), și China, țări recunoscute ca având o mare instabilitate politică.

Resursele de fosfor la nivel mondial includ rezervele potențiale de fosfor și depozitele minerale (resurse geologice) care pot deveni eventual accesibile. Producția mondială de roci fosfatice este de aproximativ 165-195 milioane t/an, sau 50 milioane t/an  $P_2O_5$ .

Cu toate că la nivel mondial datele din literatură arată un aport de fosfor în sol adus prin aplicarea de îngrășăminte, se pune problema unei fertilizări raționale care să se execute în concordanță cu cerințele tipului de sol și cerințele culturilor.

Cele mai mari depozite de fosfor se întâlnesc în Africa, China, Statele Unite. Rezerve semnificative se întâlnesc și în Brazilia, Canada, Rusia și Africa de Nord. Resurse însemnate de fosfor au fost identificate la nivelul plăcilor continentale și în platforma oceanică din Oceanul Atlantic și Pacific, dar aceste rezerve nu pot fi exploatate cu actuala tehnologie.



Fig. 1.1. Localizarea rezervelor fosfatice la nivel mondial (anul 2006)

**Tabel 1-1.** Rezerva potențială de fosfor la nivel mondial (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries)

	<b>Producția minieră</b>	<b>Rezerva</b>	<b>Rezerva de bază</b>
	<b>2002</b>		
Statele Unite	35.800	1.000.000	4.000.000
Australia	1.800	77.000	1.200.000
Brazilia	4.700	330.000	370.000
Canada	1.000	25.000	200.000
China	21.000	6.600.000	13.000.000
Israel	3.500	180.000	800.000
Maroc	24.000	5.700.000	21.000.000
Rusia	10.500	200.000	1.000.000
Senegal	1.500	50.000	160.000
Africa de Sud	2.800	1.500.000	2.500.000
Siria	2.400	100.000	800.000
Togo	1.100	30.000	60.000
Tunisia	7.500	100.000	600.000
Alte țări	8.000	1.000.000	2.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>133.000</b>	<b>17.000.000</b>	<b>50.000.000</b>

Deși rezervele de roci fosfatice sunt numeroase din punct de vedere cantitativ, din cauza dificultăților de extracție și a tehnologiilor de exploatare insuficient dezvoltate, se consideră că problema fosforului va constitui o criză reală cu care se va confrunța omenirea.

În peste 30 de țări se extrag și se prelucrează roci fosfatice în scop comercial, însă primele 12 livrează circa 93 % din întreaga cantitate. Cele trei țări mari producătoare de fosfați, SUA, China și Maroc produc aproximativ două treimi din producția mondială. În plus, rezervele localizate pe teritoriul Chinei se

estimează că ar acoperi circa 37 % din totalul mondial, iar Marocul circa 32 % (Figura 1.1).

Cercetătorii apreciază că rezervele globale de fosfați ușor de extras pot fi epuizate în circa 60-80 de ani la actuala rată de extracție, ceea ce ar determina o iminentă criză a fosforului care poate crea probleme importante și mari schimbări în dezvoltarea umană la scară globală. Distribuția asimetrică a rezervelor fosfatice va complica lucrurile în ceea ce privește posibilitățile ulterioare de extracție, lucru ce va duce la obișnuita creștere a prețurilor. O mare majoritate a țărilor deja depind de importul de fosfați necesar pentru agricultură. Aceasta pentru că tot mai mult practicile agricole necesită nutrienți esențiali, cum este și fosforul, alături de azot și potasiu, în cantități cu mult mai mari decât aceștia pot fi regenerați prin procesele naturale de formare în sol. De asemenea, mulți fertilizanți, în cazul celor cu fosfor, fiind vorba mai ales de superfosfat, dar și de produsul rezidual (fosfigipsul), conțin cantități importante de metale grele cum este cadmiul sau elemente radioactive care cauzează efecte negative și determină pericolozitate crescută. Mai mult, gradul de impurificare al rezervelor fosfatice probabil va crește ușor odată ce cantitatea rezervelor se va epuiza, ceea ce va determina o creștere a costurilor de producție.

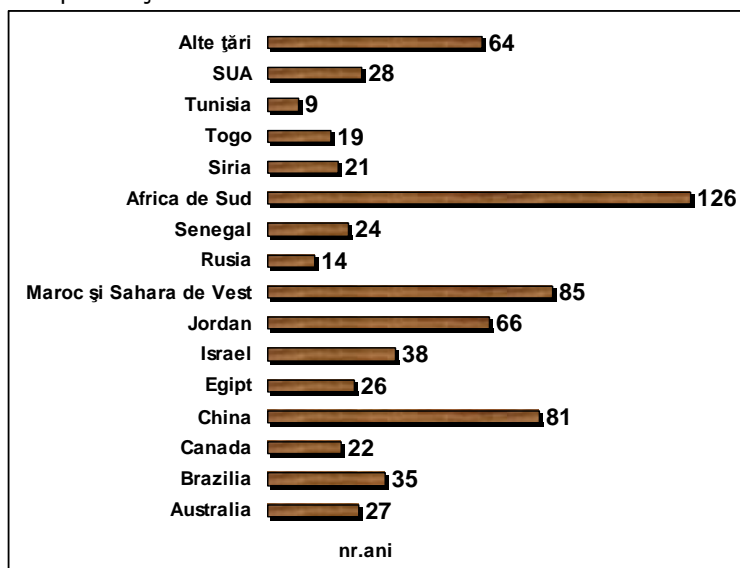


Fig. 1.2. Perioada de ani rămasă pentru extragerea rocilor fosfatice considerând o scădere anuală a rezervelor de 2%.

Iminenta criză a fosforului se pare că este similară celei a petrolului de la nivelul anilor 1970, dar diferența majoră constă în faptul că nu se cunosc substituenți pentru rolurile îndeplinite de fosfor ca element, respectiv substituenți ai fosfaților.

Pe de altă parte, deși paradoxal unele tipuri de sol sunt deficitare în ceea ce privește conținutul de fosfați din profilul solurilor, multe dintre ele conțin rezerve suficiente de fosfați încât să asigure creșterea plantelor, asta dacă aceste rezerve ar putea fi transformate în forme ale fosfaților accesibili plantelor. Aceasta s-ar traduce prin faptul că nu se pune problema prezenței, cât cea a accesibilității formelor de fosfați prezenți în structura solului, atâta timp cât mulți fosfați

prezenți în alcătuirea solului nu reprezintă forme solubile în apă și deci nu se pot constitui în forme ușor accesibile pentru a fi preluate de către rădăcinile plantelor. Se cunoaște că rădăcinile plantelor încorporează ușor ionii monovalenți ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) și mai puțin pe cei polivalenți ( $\text{HPO}_4^{2-}$  și  $\text{PO}_4^{3-}$ ), iar cele mai multe surse de ioni  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  le reprezintă de fapt constituenții mineralelor argiloase și materia organică, în alcătuirea cărora acești ioni sunt prezenți alături de ioni de calciu, aluminiu sau fier. De aceea eliberarea acestor ioni monofosfat depinde de echilibrul între diferite faze care sunt influențate de conținutul de umiditate, aciditatea solului, conținutul de săruri solubile, schimbările de structură a solului, dar și de activitatea biologică [122].

O altă problemă de luat în calcul o reprezintă efectele sociale și de mediu determinate de exploatarea acestor rezerve fosfatice în țările care dispun de aceste rezerve. Exploatarea de fosfați de pe insula Nauru din Oceanul Pacific reprezintă un binecunoscut exemplu al prosperității dar și al falimentării economiei. Aici exploatarea a generat devastarea vegetației și a solurilor și a generat probleme financiare, juridice și culturale. De aceea zona se confruntă cu mari probleme legate de responsabilitatea pentru degradarea mediului înconjurător, dar și de modalitățile de reecologizare a insulei. Aceeași problemă apare și în insula Banaba, situată la 300 km de insula Nauru, unde exploatarea a "dezgolit" mai bine de 90 % din suprafața insulei.

Între 1950 și 2000, la nivel mondial au fost aplicate aproximativ 800 milioane tone de fertilizanți. În același timp, aproximativ 300 milioane tone de P a fost transformat din recoltă în forma producțiilor agricole. O parte din acest produs a fost utilizat ca hrană pentru animale și o parte din dejectiile animale au fost reapplycate pe terenurile recoltate, înapoind o parte din producția de fosfor solului (aproximativ 50 milioane tone P) [50].

În acest mod adaosul net de fosfor în sol, în această perioadă a fost de aproximativ 400 milioane tone. Acest exces de fosfor din sol fie a rămas în sol, fie a ajuns în apele de suprafață prin eroziune sau spălare. Marea majoritate a fosforului aplicat a rămas în sol, doar 10-20% a fost spălat în apele de suprafață. Rezerva invariabilă de fosfor din primii 10 centimetri de sol la nivel mondial este de circa 1300 milioane tone. Aceasta înseamnă că adaosul net de P, de 400 milioane tone, dintre anii 1950 și 2000 a determinat creșterea conținutului de P în sol cu aproape 30% [18], [150].

Așadar, deși solurile conțin mai puțin fosfor comparativ cu ceilalți macronutrienți esențiali (N, K), rolul acestui element este deosebit de important, iar procesele chimice în care intervine sunt mult mai complexe. Totodată, știindu-se că rezervele de fosfați din lume sunt limitate, este posibilă o criză de fosfor care se poate integra în criza energetică mondială, cu atât mai mult cu cât acest element are rol esențial în metabolismul energetic vegetal.

La noi în țară, mai precis în zona de studiu, rezervele de fosfor sunt scăzute, existând riscul unei carențe de fosfor cu manifestări specifice asupra producției agricole [68].

### 1.3 Scopul și obiectivele cercetărilor

**Motivația** alegerii pentru studiu a acestei teme este faptul că zona bazinului hidrografic Bistra este o zonă genetic deficitară în macroelemente și mai ales în fosfor.

Fosforul este un element esențial pentru creșterea plantelor, managementul defavorabil al fosforului din sol ducând la amenințarea calității apei. Probleme privind aprovizionarea cu fosfor ridică solurile cu un conținut extrem de mic în fosfor ceea ce indică nevoia stringentă de fertilizare cu acest element, care asigură fructificarea plantelor.

Întrucât cercetarea complexă a rezervelor de nutrienți și implicit a rezervelor de fosfor este o preocupare în România, susțin că această lucrare va aduce contribuții noi referitoare la acest aspect.

Experiențele de pe teren s-au materializat prin determinări chimice și fizice care constau în determinări de textură, pH al solului, determinarea constantelor hidrofizice ale solului, constante care influențează mobilitatea fosforului.

Este necesară de asemenea monitorizarea factorilor atmosferici: intensitatea precipitațiilor, evapotranspirației și modul de interacțiune a acestora cu fosforul din sol, respectiv cum influențează levigarea acestuia în apele de suprafață.

Conținutul de fosfor din apa care percolează prin profilul de sol este în general scăzut datorită adsorbției fosforului de către straturile de subsol care au un deficit de fosfor. Excepțiile se pot petrece în solurile cu conținut organic mare sau în cele turboase, unde materia organică poate accelera mișcarea descendentă a fosforului împreună cu acizii organici, ionii de fier și aluminiu. În mod similar, fosforul este mai susceptibil la deplasarea prin soluri nisipoase care au capacitate scăzută de adsorbție a fosforului și în solurile care sunt saturate cu apă unde are loc conversia Fe (III) în Fe (II) și mineralizarea fosforului organic. Interacția posibilă între aceste procese contribuie la retenția inefficientă a fosforului.

În consecință **scopul** acestei teze este de a contribui la cunoașterea tipurilor de soluri pe care apar probleme în folosirea rezervelor de nutrienți și implicit a celor de fosfor, a condițiilor în care acest element chimic poate interacționa cu materia organică și anorganică a solului și relațiile cauză-efect care apar, scopul esențial fiind cel de a stabili mecanismele de retenție, respectiv înțelegerea mobilității fosforului în sol și apă.

În vederea realizării scopului propus s-au stabilit următoarele **obiective**:

- Caracterizarea condițiilor naturale din zona studiată;
- Descrierea principalelor procese pedogenetice determinate de condițiile naturale din zonă;
- Caracterizarea învelișului de soluri din arealul bazinului hidrografic Bistra; Identificarea solurilor și a terenurilor, concretizate în elaborarea hărții solurilor.
- Stabilirea stării de aprovizionare cu fosfor a solurilor;
- Identificarea tipurilor de sol pe care apar probleme de management al resurselor de nutrienți;
- Stabilirea comportamentului fosforului în sol;
- Identificarea fenomenelor care determină retenția sau mobilitatea fosforului în soluri; interacțiuni cu materia organică și anorganică a solului;
- Stabilirea unor mecanisme de stabilizare a fosforului în sol;
- Identificarea unor metode de ameliorare a efectelor determinate de slaba rezervă de fosfor din sol.
- Caracterizarea apelor de suprafață și subterane din bazinul hidrografic Bistra sub aspectul conținutului de fosfor.

## 2 CARACTERIZAREA ZONEI STUDIATE ȘI A PRINCIPALILOR FACTORI DE MEDIU

### 2.1 Poziția geografică a teritoriului cercetat

Culoarul Bistra se situează în partea nord-estică a județului Caraș-Severin, orientat spre direcția est-vest, în sensul de curgere al râului Bistra, la intersecția coordonatelor de 45°32' latitudine nordică și 22° 24' longitudine estică. Culoarul depresionar Bistra se continuă în partea nordică până la pasul Porțile de Fier ale Transilvaniei, ce face legătura cu Depresiunea Hațegului, iar în partea estică este racordat de Depresiunea Caransebeșului.

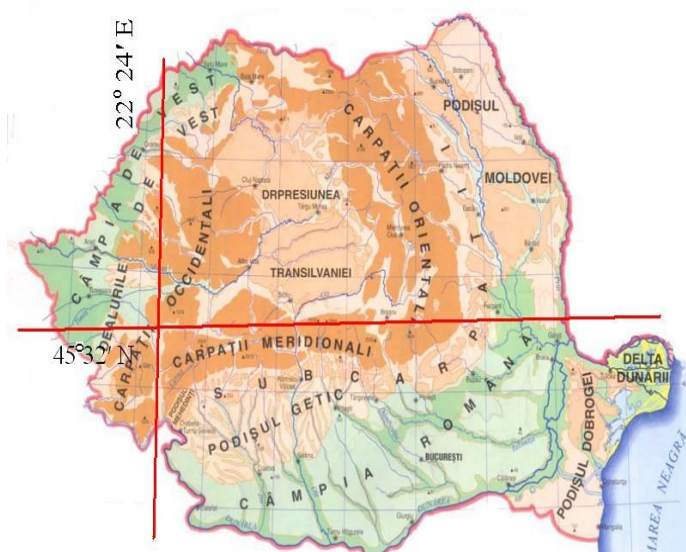


Fig. 2.1. Poziția geografică a Culoarului Bistra în cadrul României

Valea Bistrei se întinde spre sud, de la localitatea Maciova pînă la Porțile de Fier ale Transilvaniei delimitată fiind de Munții Poiana Ruscă. Lunca Bistrei separă Munții Poiana Ruscă de masivele Vîrful Pietrii și Muntele Mic.

Depresiunea Bistra se desfășoară sub formă eliptică pe direcția E-V, în sensul de curgere a râului Bistra, pe o lungime de circa 20 Km și o lățime de circa 10 Km.

De origine tectonică, depresiunea sau culoarul Bistra s-a format în Miocen în urma unei scufundări tangențiale în trepte de tip graben. Scufundarea s-a făcut de-a lungul unei falii principale nordice care a realizat o trecere bruscă spre Munții Poiana Ruscă. Pe partea stîngă linia de falie neapărînd evident în relief, în lipsa altor argumente poate fi îndoielnică. Aici trecerea de la depresiune la zona cristalină muntoasă se face treptat prin intermediul unor coline care se ridică pînă la 600m [80].

În actuala configurație depresiunea este oarecum asimetrică în profil transversal [90]. Partea dreaptă (în direcția de curgere a râului Bistra) coboară rapid din munte, cu versanți puternic înclinați. Aici terasele sunt aproape inexistente sau dacă apar sunt foarte puțin extinse. Pe partea stîngă, zona de trecere de la luncă la munte este mai largă, cu terase evidente la diferite nivele. La contactul cu muntele terasele au fost acoperite cu formațiuni torențiale, generînd

16 Caracterizarea zonei studiate și a principalilor factori de mediu  
 un relief colinar de tip piemontan.

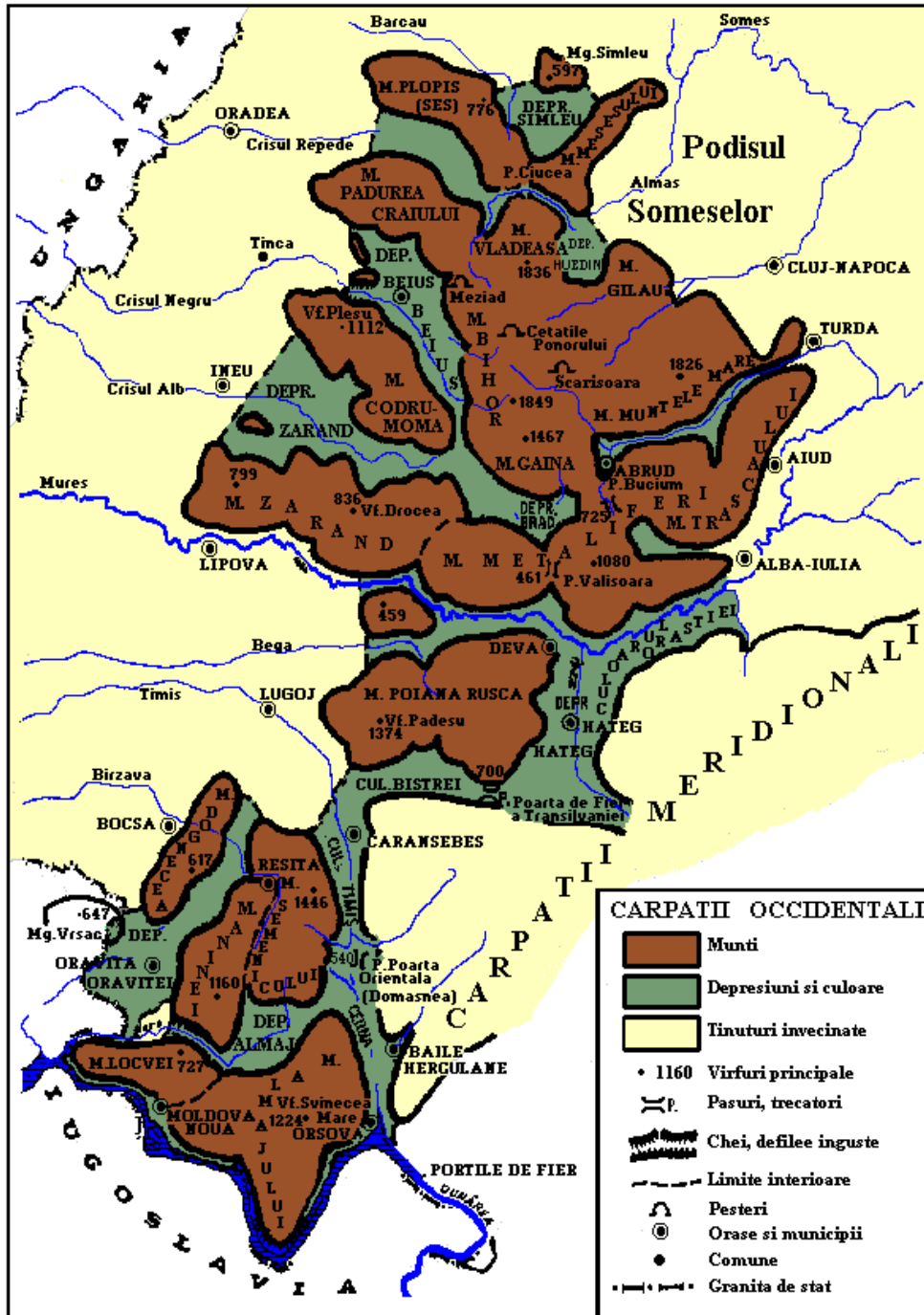


Fig. 2.2. Poziționarea Culoarului Bistra





Fig. 2.4. Vedere din satelit a teritoriului cercetat

Procesele gliptogenetice ale depresiunii sunt legate de constituția geologică, de condițiile climatice, hidrologice și de o serie de factori cu influență mai mult sau mai puțin directă.

Peste cuvertura groasă de sedimente lacustre (din tortonian) râurile au depus numeroase straturi de materiale de proveniență și grosimi diferite într-o

## 18 Caracterizarea zonei studiate și a principalilor factori de mediu

---

stratificare dezordonată de tipul acumulărilor torențiale. Pe acest fond, procesele morfosculturale manifestate prin acțiunea pluviodenudantă a apelor meteorice, prin destrucția torențială, prin acțiunea eroziv-acumulativă a apelor curgătoare precum și printr-un întreg complex de factori secundari (coroziune, deplasări de teren) au fragmentat și modelat depresiunea dându-i forma de acum. Fragmentarea zonei este mare, văile sunt adânci de 10-50 m, versanții alungiți iar cumpenele de apă sunt înguste.

Pentru efectuarea analizelor asupra profilelor de sol s-au prelevat probe de pe teritoriul comunelor Obreja și Glimboca și a orașului Oțelu Roșu. Poziționarea acestor localități în cadrul teritoriului studiat este următoarea:

Teritoriul comunei *Obreja*, din jud. Caraș-Severin se învecinează cu:

- la Est cu comuna Oțelu Roșu și comuna Glimboca
- la Nord cu comuna Glimboca și comuna Constantin Daicoviciu
- la Sud cu orașul Caransebeș
- la Sud-est cu comuna Zărvești.

De comuna Obreja aparțin următoarele sate:

- Ciuta-legat de Obreja prin drum comunal
- Iaz - legat de Obreja prin drum național
- Var - legat de Obreja prin drum comunal și național.

Teritoriul comunei *Glimboca* se află situat la circa 15 Km de orașul Caransebeș și are următorii vecini:

- la Vest, Sud – Vest și Sud – teritoriul comunei Obreja
- la Est – orașul Oțelu Roșu
- la Nord – teritoriul se întinde până la limita pădurilor ce acoperă munții Poiana – Ruscă.

Orașul *Oțelu Roșu* se învecinează:

- La Est cu comuna Obreja și Glimboca
- La Sud cu orașul Caransebeș și masivul Țarcu
- La Nord cu orașul Hațeg și masivul Poiana Ruscă

Are în componență localitățile Cireșa și Mal

## 2.2 Geomorfologia

Relieful reprezintă unul dintre principalii factori care condiționează procesul de solificare, de repartiție și diferențiere a solurilor pentru că în funcție de el se etajează clima, se alterează roca, se distribuie vegetația.

În procesul complex de pedogeneză, relieful intervine sub două aspecte:

Prin intermediul pantei terenului determină intensitatea proceselor de eroziune, ceea ce determină grosimea profilului de sol;

Prin intermediul apei provenite din precipitații controlează intensitatea proceselor de eluviere - iluviere.

Relieful poate fi considerat un factor de modelare în ceea ce privește formarea și evoluția solurilor, prin modificarea raportului între cantitatea de apă ce se infiltrează în sol și cea care se scurge la suprafața acestuia și prin repartiția precipitațiilor și căldurii atmosferice funcție de altitudine [109].

Elementele complexului geografic întâlnite în zona studiată individualizează patru unități de relief: munte, deal, terasă, luncă. Evoluția reliefului zonei este strâns legată de evoluția rețelei hidrografice. Cu excepția ramei înalte a dealurilor din nord și sud, restul reliefului este foarte nou, de vârstă pleistocen-holocen.

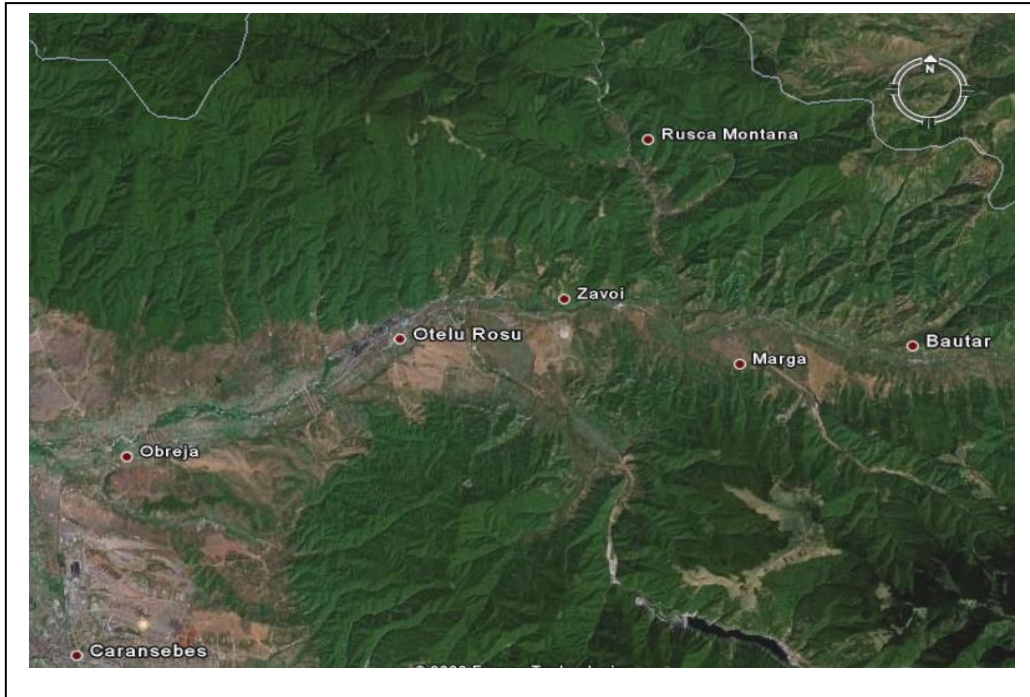


Fig. 2.5. Vedere din satelit asupra Culoarului Bistra

### 2.2.1. Zona montană

Mărginește la Nord și Sud Culoarul Bistrei și e reprezentată prin *Munții Poiana Ruscă și Munții Țarcu*.

*Munții Poiana Ruscă* sunt reprezentați în perimetrul studiat prin terminațiile lor nordice ce reprezintă scurte trepte piemontane. Majoritatea culmilor nu depășesc 800-900 m. Principala caracteristică morfologică decurge din forma lor de cupolă, de nod orohidrografic unitar, ceea ce imprimă văilor un caracter radier.

Masivul Poiana Ruscă se înscrie într-un brâu muntos cu altitudini medii în jur de 700-1000 m, care urmărește curbura Carpaților Meridionali înconjurând pe la nord-nord-vest zona axială înaltă cu relief alpin a munților Retezat, Țarcu și Godeanu. Munții Poiana Ruscă se conturează deci ca o treaptă de relief intermediară între zonele periferice, depresionare și partea centrală, mai înaltă, a Carpaților Meridionali.

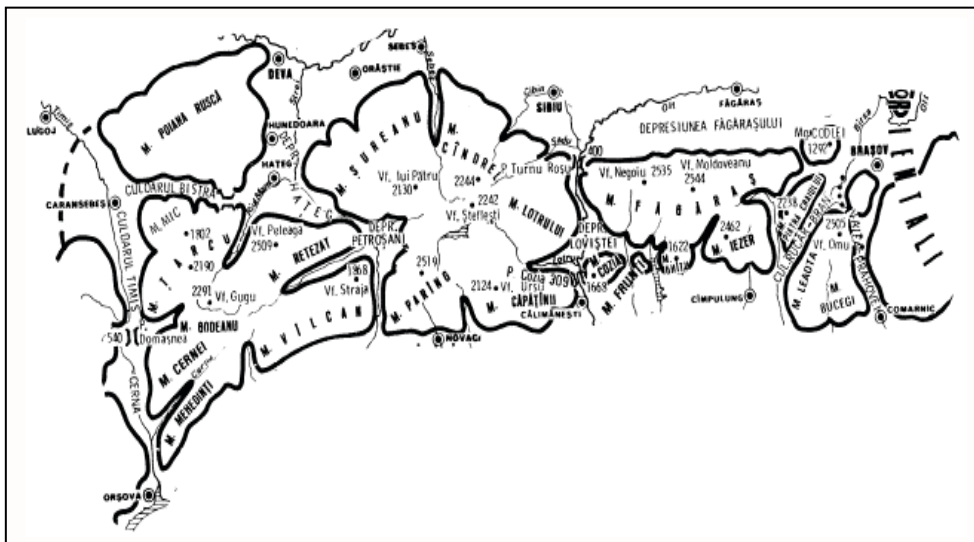


Fig. 2.6. Disponerea culoarului Bistra între unitățile montane ale Carpaților

În zona muntoasă propriu-zisă se disting două unități geomorfologice principale: în partea de vest, de la depresiunea Caransebeșului pînă la bazinele superioare ale râurilor Bega și Cerna, se conturează un relief puternic modelat, cu pante accentuate, care urcă relativ repede, mai ales din câmpiile aluviale ale Timișului și Bistrei, spre partea centrală a munților; jumătatea estică a masivului se prezintă, în schimb, sub forma unui platou înalt, ferăstruit adânc de ape. În această zonă de platou, se recunosc mai multe trepte de nivelare situate la altitudini de 400–500 m în părțile marginale, la 600–800 m în partea mediană și la 900–1000 m în aria centrală a masivului.

Culmile largi din zona înaltă a Munților Poiana Ruscă, la altitudini de peste 1100 m, conservă un relief vechi, îmbătrânit, parțial reactivat, sincron cu platoul fosil situat la est.

Platoul menționat constituie una dintre particularitățile reliefului din Munții Poiana Ruscă. De pe platou muntele lasă impresia unei suprafețe plane continui în care nu se bănuiesc abrupturile și denivelările adânci săpate de ape. Reactivarea energiei de eroziune nu a reprofilat aceste văi până la obîrșie. De aceea, în zonele de izvoare văile sunt adesea colmatate, apa curgând meandrat în propriile aluviuni. Profilul văilor în aceste porțiuni este larg, puțin adânc, cu versanții domoli. Aspectul general seamănă cu acela al unei regiuni de dealuri [76].

Diversitatea litologică este marcată de numeroasele intruziuni magmatice în masa cristalinului nordic și de grosimea sedimentului cretacic din partea nordică. Puține râuri cară relativ puține sedimente în depresiune. La contactul dintre luncă și munți apar câteva terase săpate de apele Timișului și Bistrei și de formațiunile torențiale de aici.

*Munții Jarca* joacă rolul unui castel de apă pentru depresiunea Bistrei. Sunt constituiți din șisturi cristaline într-un grad de alterare diferit. Versanții munților dau posibilitatea antrenării pe pantele lor a materialelor rezultate din dezagregare sau alterare.

În porțiunile de reducere a înclinării pantei se acumulează depozite groase și extinse de materiale proluviale de tipul grohotișurilor sau pietrișurilor sub forma

unor conuri de dejectie. Aceste fenomene sunt deosebit de dăunătoare întrucât în deplasarea lor, masa de sfărâmături degradează pășuni, livezi, fânețe. Pentru corectarea acestor neajunsuri și pentru prevenirea degradării cu materiale groșiere a dealurilor piemontane sunt necesare lucrări de corectare a torenților și de îndiguire [49].

Zona montană reprezintă o suprafață restrânsă de circa 55 ha, situate în prelungirile sudice ale Munților Poiana Ruscă. Energia de relief foarte puternică a creat aici o mare diversitate de forme: ravene adânci și ramificate, versanți cu pante de 25-50%, culmi înguste, pe care au evoluat soluri sărace, puțin fertile.

### 2.2.2. Zona dealurilor

*Zona de deal* ocupă extremitatea nordică a teritoriului și o mare parte din cea sudică. Altitudinea acestor dealuri piemontane variază între 300-400 m. Numeroasele văi adânci de 10-20m care deșeauză în Bistra sau în afluenții acesteia de pe partea stângă au fragmentat foarte intens zona. Versanții de formă convexă coboară lin dinspre culme, dar devin abrupti spre partea inferioară (35-50%). Cumpenele de apă sunt înguste.

Toate aceste elemente arată că ne aflăm în prezența unui relief încă tânăr, în formare.

Dealurile din sudul teritoriului coboară brusc spre lunca Bistrei, cu o cădere de 20-30m, terasele fiind inexistente.

În partea dreaptă a râului, zona de trecere de la deal la luncă este mai largă, cu terase evidente. În consecință depresiunea este asimetrică în profil transversal.

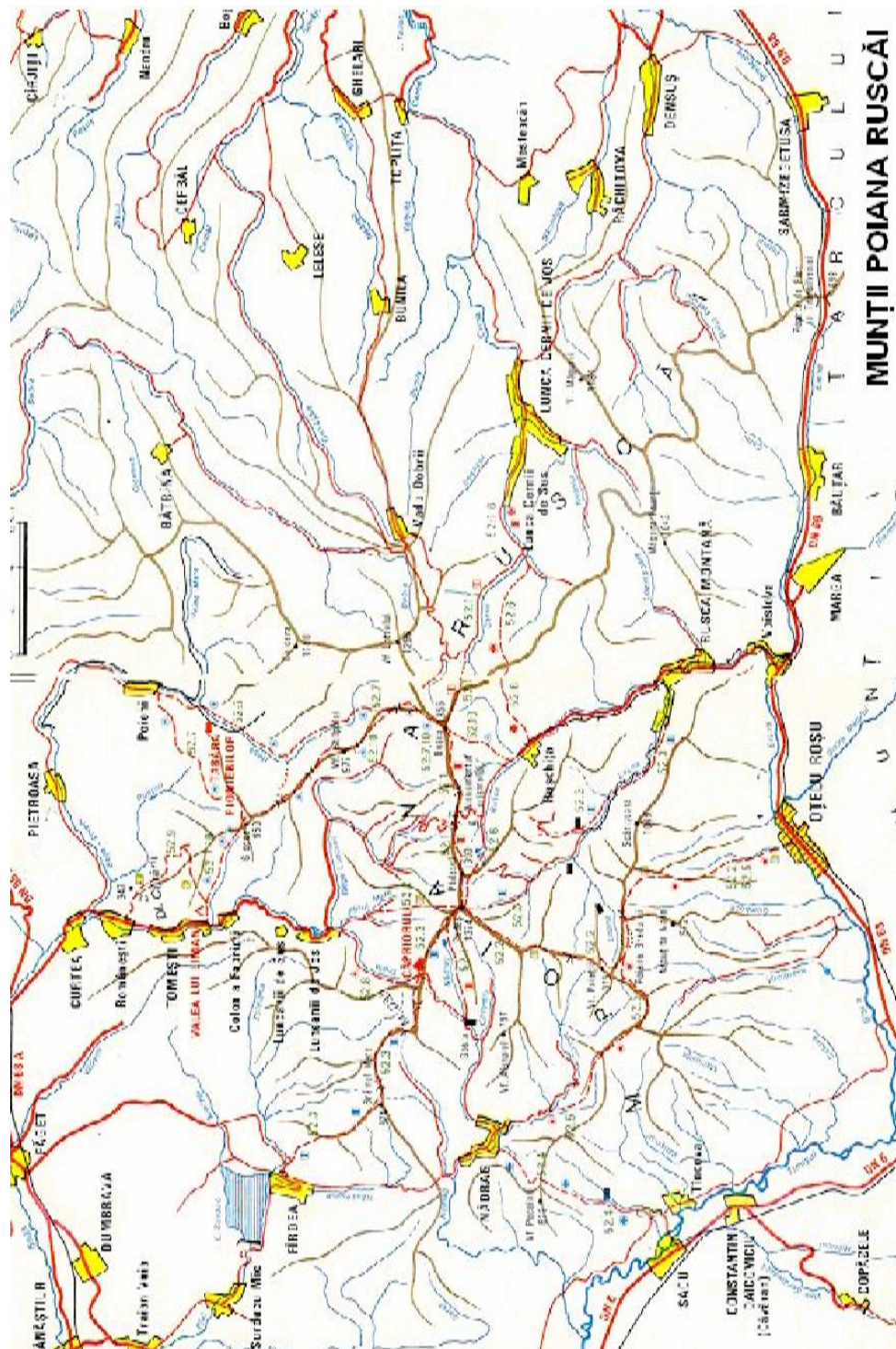


Fig. 2.7. Munții Poiana Rusca

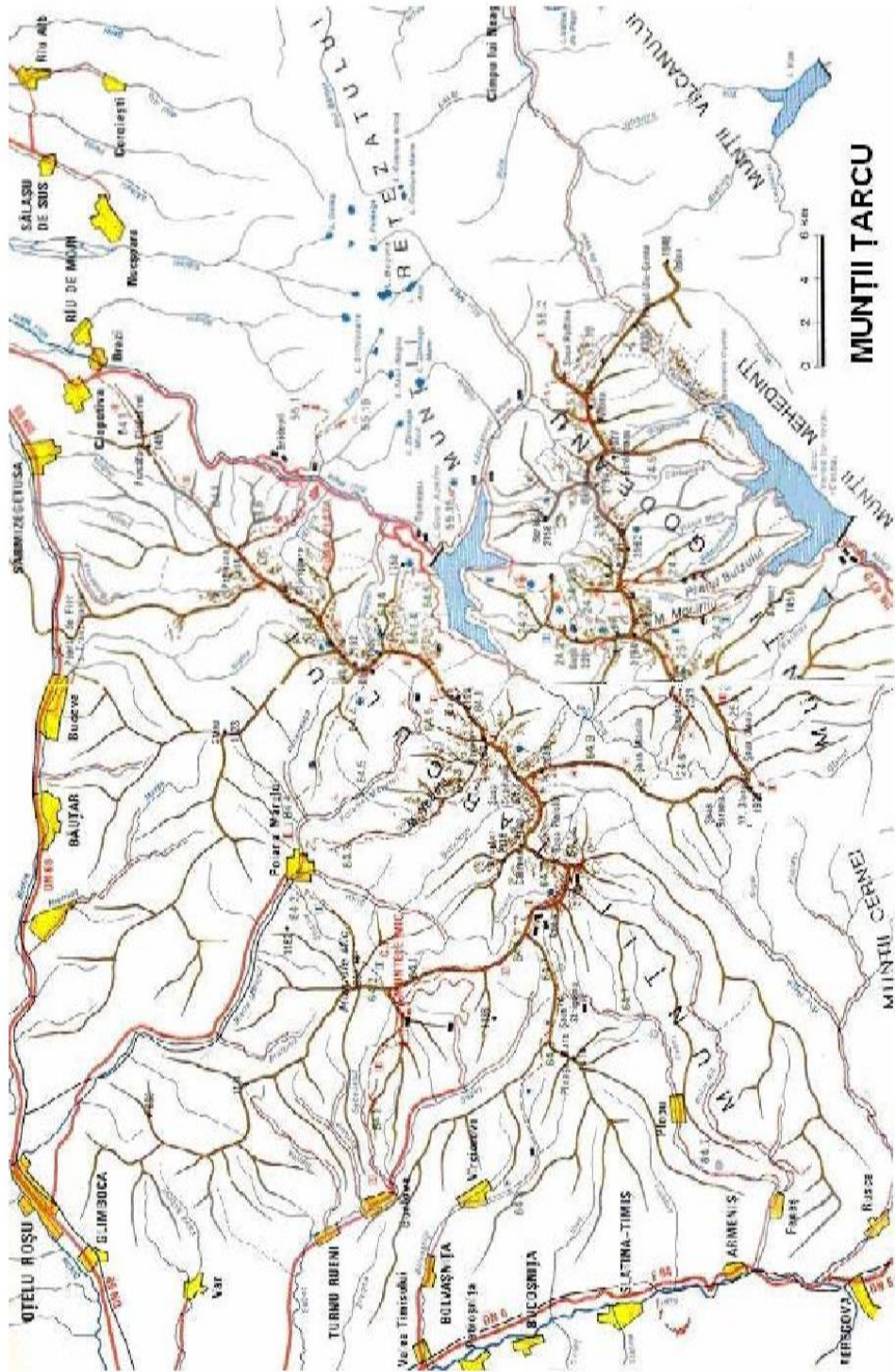


Fig. 2.8. Munții Tarcu

### 2.2.3. Zona teraselor piemontane

Valea Bistrei este o vale asimetrică. Apa izbește cu putere în malul drept, creând frumoase terase pe stânga. Pe malul drept, culmile puțin înalte, rotunjite și des golașe, coboară până aproape de apa râului, în timp ce pe malul stâng terasele prezintă aspectul unor largi trepte, mărginite de zidul înalt și împădurit al Munților Țarcului. Atât desfășurarea teraselor, cât și lărgimea văilor create de afluenții Bistrei, care se termină deseori cu largi conuri de disecție, au favorizat popularea acestui versant cu numeroase sate. De asemenea, exploatările pădurilor care acoperă munții de pe stânga Bistrei, au avantajat acest fenomen.

Valea Bistrei este formată dintr-o zonă joasă, mărginită de dealuri, care fac tranziția între aceasta și regiunea munților. Lunca este în general mai îngustă. Ea se lărgeste pe măsură ce înaintează către confluența cu Timișul, căci dacă la Băuțar are aproximativ 200 m, la vărsare se apropie de 2 km, fiind formată din material aluvionar, prundișuri, nisipuri, argile friabile, de vârstă recentă. Pe malul drept lunca este mărginită de dealuri, iar pe cel stâng se întind trei terase despărțite de văi seci, adânci și înguste. Cea mai înaltă apare sub forma de culmi prelungite și turtite, care coboară către râu. Terasa a doua este slab dezvoltată, în schimb terasa a treia a fost bine păstrată. Cu mici întreruperi, ea însoțește apa Bistrei de la Băuțar până aproape de confluența cu Timișul. Altitudinea sa este de 15-20 m. În dreptul orașului Oțelu Roșu are o lățime de 2,5 km. Această terasă este acoperită cu întinse izlazuri, lăsate în paragină, presărate cu copaci pitici, tufișuri și lăstărișuri, care sunt întrerupte de livezi de pomi fructiferi - mai ales pruni - și mai rar de culturi de porumb.

După retragerea treptată a lacului Panonic, Bistra și afluenții ei au depus materiale spre aval iar înspre amonte au început terasarea vechilor depuneri.

Numeroșii afluenți cu debit mare care drenau versanții nordici ai Munților Țarcu au împins mereu cursul Bistrei spre Nord până ce l-au proptit de flancul sudic al Munților Poiana Ruscă. Deplasarea lentă și continuă a cursului spre nord asociat cu adâncirea albiei sale a dus la formarea unor nivele de terase întinse orientate NV-SE, pe direcția de scurgere a apelor. Afluenții de pe partea stângă a Bistrei au ferestruit aceste terase conferind reliefului o fragmentare mare. Racordul cu lunca se face brusc printr-o terasă bilaterală cu extindere pe malul drept cât și pe malul stâng, puțin fragmentată.

Al doilea și al treilea nivel de terasă sunt monolaterale și îl domină pe cel precedent cu peste 50 m, fiind puternic fragmentate de torenți și pâraie.

În consecință platourile sunt foarte înguste, dar eroziunea este foarte accentuată. Desfășurarea spațială a teraselor exprimă un evident caracter de paralelism în profil longitudinal și un caracter asimetric în profil transversal.

Altitudinea medie a sistemului de terase este cuprinsă între 200-400 m.

Pe aceste terase pluviodenudația acționează cu preponderență în treimea superioară unde dezvelește puternic terenul și ușurează acțiunea eroziunii liniare. Eroziunea de adâncime acționează brutal în sensul distrugerii foarte rapide a versanților. Aceștia sunt sfârtecați de torenți cu toate formele de manifestare (văi torențiale, șiroiri de mal, râpe erozionale etc.). În această situație relieful apare deosebit de fragmentat și fărâmițat (versantul stâng al Văii Măceșului, versantul drept al Văii Merișorului, versanții de pe cursul superior al Văii Slatina). Un oarecare echilibru este realizat pe terenurile cu folosință de pășune sau fânețe, unde covorul vegetal a protejat solul de acțiunea mecanică a apei. În zonele cu pante line, cu relief relativ uniform, stagnarea apei din precipitații a favorizat



instalarea proceselor de pseudogleizare de la slab până la moderat.

Impulsionate de destrucția torențială, de pluviodenudație sau de alți factori, alunecările de teren reprezintă un alt factor care accentuează instabilitatea versanților. Factorii potențiali ai alunecărilor din zonă sunt reduși doar acolo unde constituția litologică este de origine marnoasă. Întrucât asemenea areale sunt restrânse, alunecările nu reprezintă o dezvoltare îngrijorătoare. Au fost identificate 2-3 areale reduse pe malul stâng al pârâului Axin, între Iaz și Var. În rest zona este destul de stabilă.

Mai restrânse dar existente sunt surpările de teren și rostogolirile, mai ales pe flancurile văii Axin. În urma eroziunii pachetelor de roci mari din bază, unele straturi mai dure, acoperitoare, își pierd suportul și se rostogolesc.

Zona de terase se întinde pe o lungime de aproximativ 4 Km și o lățime de 1 Km, cu o cădere de 2-5% de la Nord la Sud și de la Est la Vest în sensul de curgere al Bistrei.

Terasa  $T_1$  are extinderea cea mai mare, de la Est la Vest, este puțin fragmentată. Pe această terasă au evoluat soluri cu o podzolire înaintată de tipul luvosolurilor albice, care suferă o întrerupere în dreptul conului de dejecție creat de materialul proluvial și aluvial adus din dealuri de către Valea Glimbocii.

Terasa  $T_2$  este mai puțin extinsă și prezintă înclinări de 2-5% și peste 5% și o cădere spre terasa  $T_1$  de 2-3m. Slaba înclinare a acestor terase imprimă un drenaj extern defectuos și în consecință o pseudogleizare intensă. Formarea teraselor constituie rezultatul influenței factorilor tectonici, climatici și morfostructurali, rolul predominant al fiecăruia variind în timp.

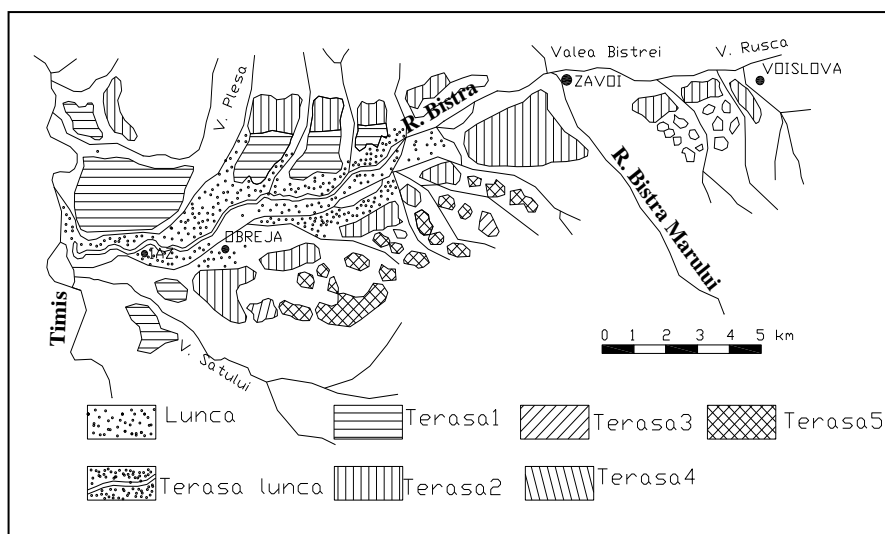


Fig. 2.9. Terasese Bistrei (după Mateescu)

#### 2.2.4. Zona de luncă

Aceasta reprezintă cea mai tânără formă de relief, cu posibilități de evoluție, extinderea areală și structura litologică fiind condiționată de schimbările petrecute în dinamica râului Bistrea și a afluenților acestuia. Terenurile agricole din luncă sunt parțial acoperite de pietriș la suprafață și/sau în interiorul profilului de

sol. Pe unele porțiuni materialele grosiere lipsesc total. Deoarece în bazinul hidrografic al râului Bistra s-au efectuat regularizări sporadice, lunca a fost supusă inundațiilor în perioada de viitură. Din cauza pantei mari de scurgere și deci a vitezei mari, la ape mari, Bistra a depus în lunca sa cantități însemnate de pietriș care acoperă alte materiale depuse anterior sau soluri fertile. De aceea terenurile agricole din lunca sunt parțial acoperite de pietriș la suprafață sau în interiorul profilului de sol.

Ca forme de microrelief specifice luncii s-au identificat: meandre, brațe de debușare rămase „oarbe”, microdepresiuni. Din analiza elementelor de ansamblu ce caracterizează relieful teritoriului se desprinde concluzia că evoluția acestuia a fost condiționată de intense procese erozionale pe fondul unor procese acumulative.

Procesele morfogenetice actuale sunt condiționate îndeosebi de acțiunea rețelei hidrografice care se manifestă prin eroziune torențială în sectoarele superioare ale văilor, prin eroziune laterală și de fund în sectoarele mediane și prin acțiune acumulativă în cadrul luncii. Sub raportul reliefului terenul oferă condiții mediocre. Prin oprirea eroziunii în sectorul piemontan pot fi create condiții favorabile zootehniei și pomiculturii, iar prin îndepărtarea pietrelor în lunca și fertilizarea ei adecvată se pot obține recolte bogate.

### 2.3. Geologia, litologia zonei și materiale parentale

În încercarea de a fixa factorul rocă în complexul factorilor naturali care intervin în formarea solurilor, este susținută ideea că roca, împreună cu materia organică reprezintă fondul pasiv asupra căruia acționează factorii pedogenetici activi.

În munții Țarcu predomină șisturile cristaline slab metamorfozate, străpunse de masive granitice, și formațiunile vechi, paleozoice și mezozoice, ce alcătuiesc soclul regiunii. În timpul mișcărilor tectonice ample din cretacicul mediu, continuate și desăvârșite în cretacicul superior, acest soclu rigid a fost încălecat de o pânză de acoperire alcătuită din șisturi cristaline puternic metamorfozate în adâncime.

Din punctul de vedere al evoluției geologice, cea mai veche unitate tectonică este *pânza getică*, ce cuprinde, de la nord de falia Cinciș – Vadul Dobrii – Tincova, subunitatea epimetamorfică, de vârstă proterozoic superior – paleozoic inferior [76], formate în condițiile *ciclului hercinic*.

În urma unor studii petrografice și micro-tectonice de detaliu s-au putut deosebi, pentru șisturile epimetamorfice din **Munții Poiana Ruscă**, seria de Padeș, care cuprinde două complexe. Primul dintre acestea, *complexul șisturilor sericito-cloritoase*, cu grosimi între 1000-2500 m, care are ca trăsătură de bază reducerea rocilor carbonatice. Al doilea complex, cel al *șisturilor cloritoase și al metatufurilor acide*, este predominant terigen, apărând în asocieră cu cuarțite negre, metatufuri acide și calcare. Acest complex cu grosime de 2000 m încheie suita epimetamorfică din Poiana Ruscă [76].

Bazinul sedimentar Rusca Montană este marcat de puternice dislocații tectonice, zonă caracterizată de asociații de roci de vârstă cretacică (gresii flișoide, conglomerate, marne), pe care se grefează un relief muntos.

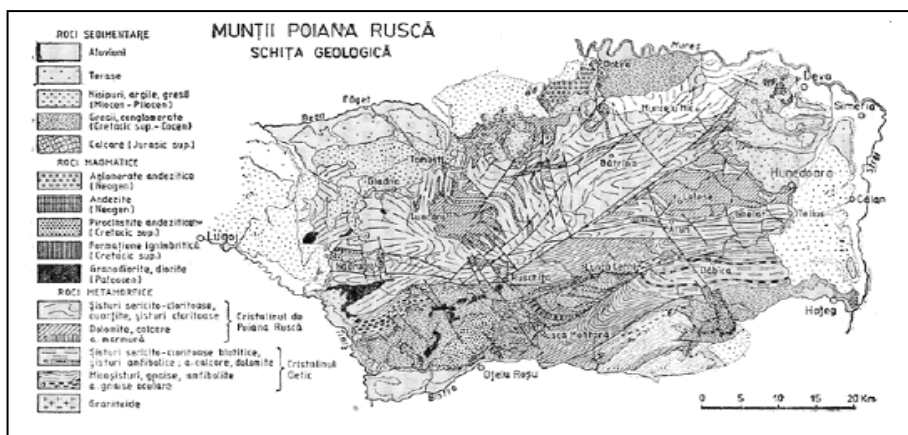


Fig. 2.10. Harta geologică a Munților Poiana Rusca

De origine tectonică, **Culoarul Bistra** s-a format în Badenian, în urma scufundării în trepte de tip graben, a unei suprafețe din catena emersă, în timpul mișcării orogenetice din faza alpină stirică. Afundarea s-a realizat în trepte, pe linia unor falii adânci. Mișcările epirogenetice pozitive din timpul orogenezei valahe, care au afectat zonele montane, au intensificat eroziunea și au determinat umplerea mării fose. Mișcările tectonice au reprezentat factorii determinanți pentru formarea și înălțarea reliefului actual, iar oscilațiile climatice de la începutul cuaternarului au determinat sculptarea modelului format [30].

Procesele morfosculturale manifestate prin acțiunea apei meteorice, distrucția torențială, acțiunea erozivă și acumulativă a apelor curgătoare, alături de alți factori secundari au modelat depresiunea, dându-i forma actuală. În condițiile acestea, depresiunea Bistrei are un aspect colinar, foarte fragmentat, unde activitatea antropică și-a pus amprenta.

Din punct de vedere stratigrafic o primă succesiune de depuneri aparțin badenianului la nivelul celor mai înalte terase (400-500 m), succesiunea ulterioară fiind greu de definit datorită lipsei fosilelor și a straturilor de comparație. Se presupune că peste depunerile din pliocen și sarmațian apele curgătoare au depus materiale având proveniență și caracteristici diferite, asemănător acumulărilor torențiale. După retragerea treptată a Lacului Panonic, Bistra și afluenții săi au depus continuu spre aval materiale acumulative, iar spre amonte a început terasarea vechilor depuneri [69].

**Litologia** zonei este foarte variată. Pe marginile depresiunii se întâlnesc pachete groase de pietrișuri, bolovănișuri, iar spre culme gresii și nisipuri în alternanță cu argile și marne. Spre contactul cu dealul sedimentele sunt formate de eluvii și deluvii. Se întâlnesc micașturi într-un grad de alterare diferit (în sud) și roci sedimentare și eruptive (în nord). În lunca Bistrei se întâlnesc materiale fluviatile recente în general grosiere, cu intercalații de pietriș sau bolovăniș.

În **munții Poiana Rusca** se disting trei ansambluri de formațiuni litologice:

a) Formațiuni metamorfice, răspândite în cea mai mare parte a ariei cu relief muntos; în jumătatea sudică a munților afloră roci intens metamorfizate cunoscute și sub denumirea de „cristalinul getic”. Aceste șisturi cristaline sunt reprezentate prin micașturi, amfibolite, gnaise. Subordonat, apar intercalații subțiri de calcare și corpuri mici de roci granitoide. Vârsta acestor formațiuni metamorfice se estimează la 850-1000 milioane ani. Relieful format pe șisturile cristaline menționate se caracterizează prin culmi înalte cu pante abrupte.

Jumătatea nordică a reliefului muntos se dezvoltă pe rocile cristaline mai slab metamorfozate care formează Cristalinul de Poiana Rusca. Șisturile cristaline, reprezentate prin șisturi sericitocloritoase, cuarțite, șisturi cloritoase, conțin numeroase intercalații dolomitice și de calcare, care ating grosimi de ordinul a 3000 m, formând masive mari de roci carbonatice.

b) Formațiuni magmatice, cu răspândire limitată în acest masiv, reprezentate de: -masive intrusive de granodiorite - datorită alterării superficiale mai intensive a rocilor granodioritice în comparație cu șisturile cristaline sau cu rocile din aureola de contact, masivele au fost nivelate mai ușor de către eroziune, detașându-se geomorfologic de invelișul lor prin caracterul mai domol și înălțimile mai reduse ale reliefului.

c) Formațiuni sedimentare, care apar în zonele periferice, deluroase și în bazinul sedimentar Rusca Montană. Acest bazin este mărginit în cea mai mare parte de sisteme importante de dislocații tectonice marcate în relief prin denivelări, în special în regiunile Lunca Cernii și Rusca Montană.

Spre contactul cu muntele litologia sedimentară este tot mai superficială fiind formată îndeosebi din eluvii și deluvii. Sub acestea se întâlnesc micașisturi și roci mezozoice.

Roci parentale identificate în cadrul perimetrului studiat sunt:  
șisturi cristaline dure sau alterate, nisipuri, gresii – în zona de munte și deal  
luturi, argile, marne, nisipuri, gresii – în dealurile piemontane  
depozite fluviatile – în lunca râurilor Timiș și Bistra.

Existența unor roci utile pentru activitățile omului a făcut ca zona să fie exploatată încă din epoca paleolitică. Cele mai puternice acțiuni antropice se realizează, însă, în perioada modernă și contemporană prin exploatarea rocilor în cariere, unele de foarte mari dimensiuni [76].

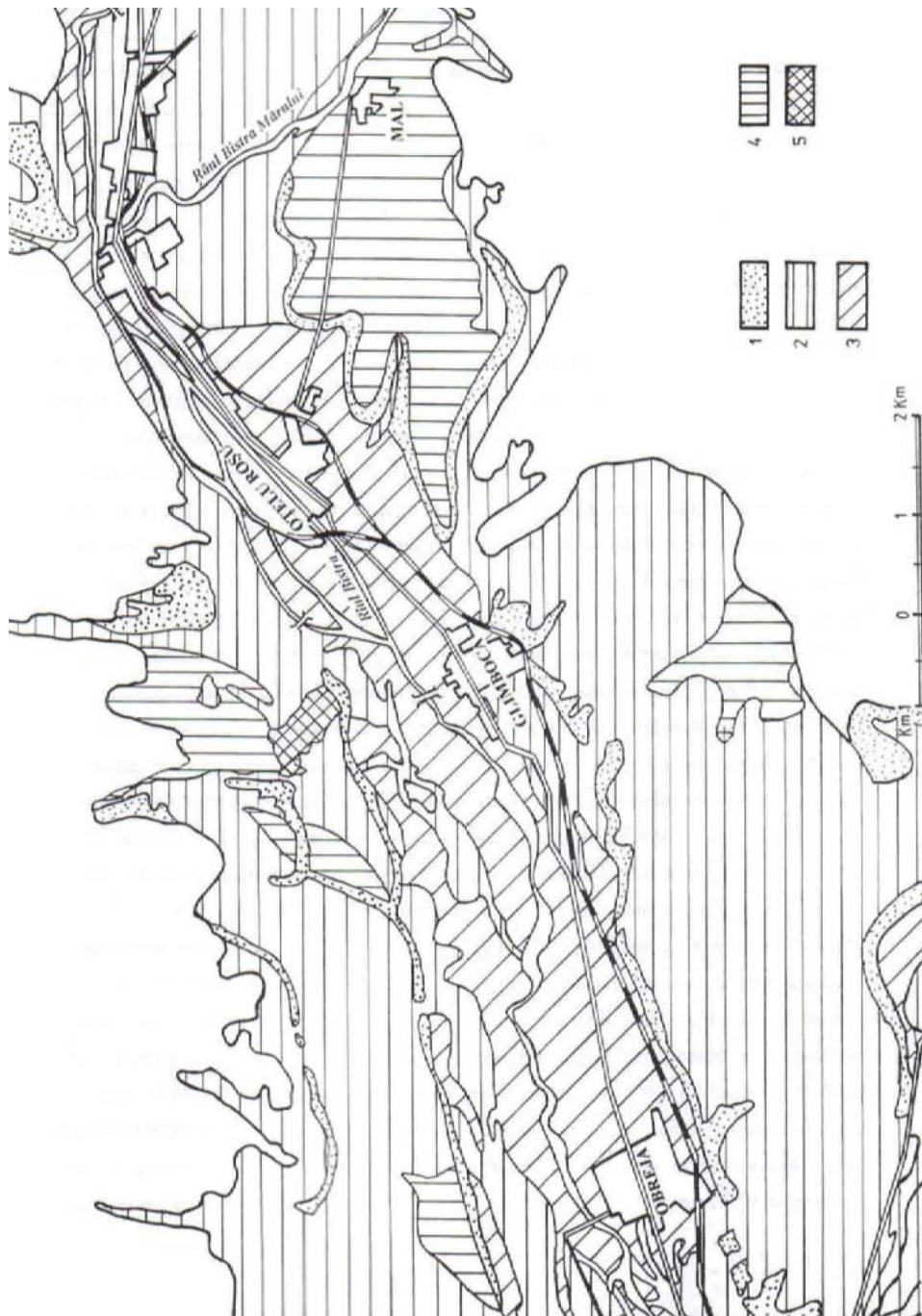


Fig. 2.11. Alcătuirea granulometrică a materialelor parentale în Culoarul Bistra, după Ianoș, 1994

**Legenda:** 1. roci compacte fisurate; 2. textură mijlocie; 3. textură grosieră cu schelet; 4. textură mijlociu-fină; 5. textură fină

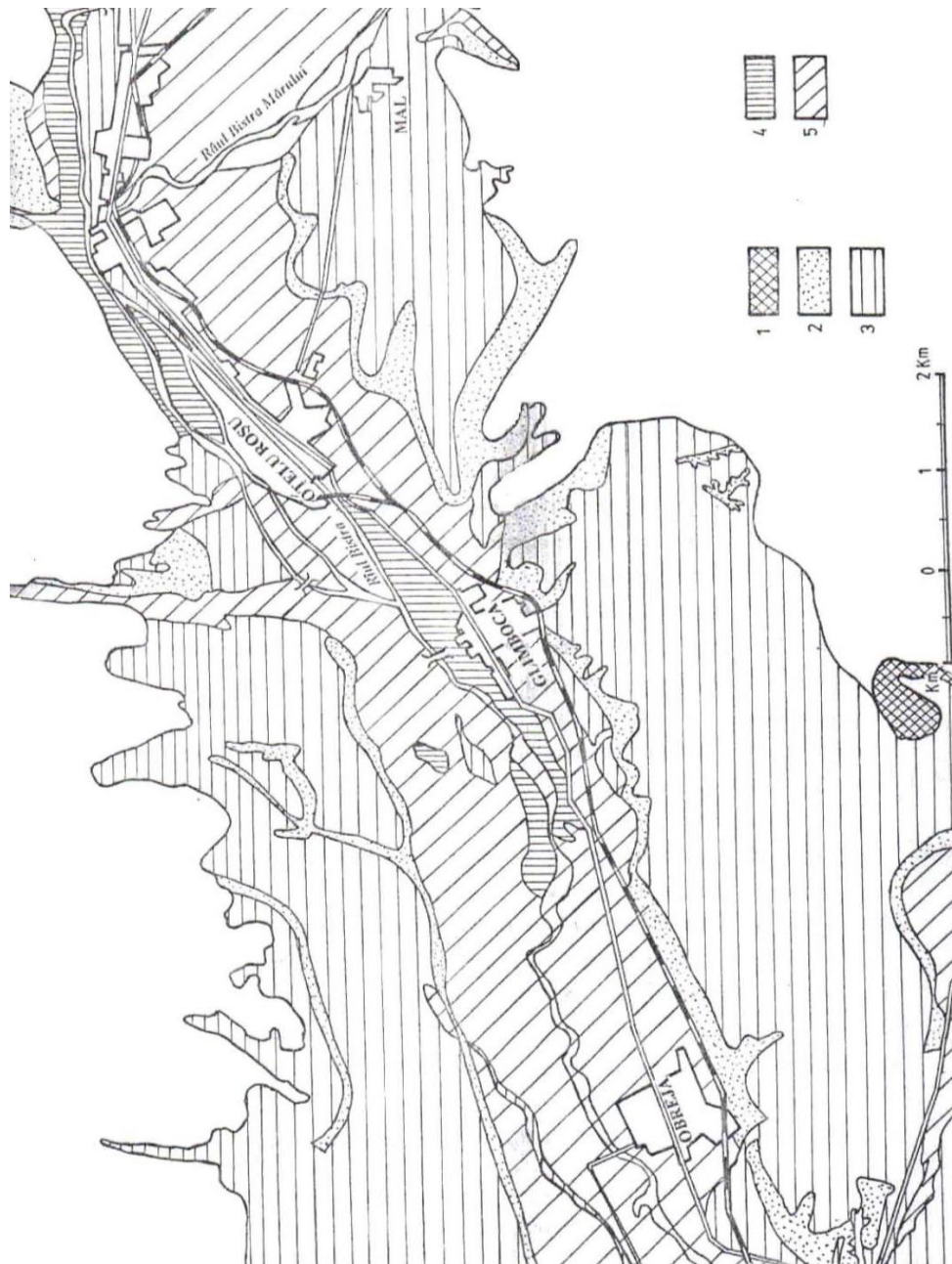


Fig. 2.12. Roci subiacente și materiale parentale pentru sol în Culoarul Bistra, după Ianoș, 1994

**Legenda:** 1. roci carbonatate compacte (calcare); 2. roci silicice compacte, mezobazice (micașisuri); 3. materiale fluviatile necarbonatate (luturi); 4. materiale fluviatile necarbonatate (petrișuri); 5. materiale fluviatile necarbonatate (nisipuri).

## 2.4. Clima

Deși toți factorii de mediu sunt importanți, rolul esențial în formarea și evoluția solurilor îl manifestă clima. Acțiunea climei ca factor pedogenetic este evidentă încă din primele faze ale procesului de solificare. Solul ajunge să definească acțiunea climatică prin modul și intensitatea alterării părții minerale, prin ritmul descompunerii materiei organice și a spălării constituenților chimici și fizici.

Clima, prin complexul de factori meteorologici (precipitații, temperatură, vânt, umiditatea aerului) este un factor foarte activ și deosebit de important în procesul de formare și evoluție a solurilor.

### 2.4.1. Regimul termic

Regimul termic este condiționat de creșterea altitudinii, în raport cu care scade temperatura. Regiunea se încadrează în tipul de climat temperat, de nuanță continentală, ca o consecință a așezării geografice a Culoarului Bistra. Se resimte influența mediteraneană, care determină creșteri bruște de temperatură, însoțite de dezgheț și de topiri parțiale de zăpadă. Verile sunt calde, cu temperaturi medii de 18-20°C în luna iulie, ierni relativ blânde, cu temperaturi medii pentru luna ianuarie de -2°C și o temperatură medie anuală de 9,5°C. Perioada de încălzire este de durată mai lungă decât cea de răcire. Salturi mari de temperatură se înregistrează în lunile de tranziție de la perioada caldă la cea rece și invers.

Tabel 2-1. Temperatura medie lunară a aerului (după Munteanu)

Stația meteo ro logică	Altit. (m)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Țarcu	2180	-9,2	-9,2	-6,8	-0,6	1,9	6,8	7,7	8,8	5,6	1,6	-1,9	-6,5
Cuntu	1500	-3,9	-4,8	-2,1	3,0	7,9	11,4	12,8	13,4	9,2	5,6	3,2	-1,6
Caransebeș	200	-0,8	-0,5	-0,8	10,8	15,9	18,9	21,0	20,3	16,5	11,3	5,9	1,5

Caracterizarea schematică a temperaturilor medii:

- temperatura medie anuală: 10,5°C.
- temperaturi medii pe anotimpuri :
  - iarna 0,4°C
  - primăvara 10,5°C
  - vara 20,1°C
  - toamna 11,2°C
- temperatura maximă absolută: 38,7°C – (04.07.2000)
- temperatura minimă absolută: -19,2°C – (31.01.1987).
- primele brume cad în prima decadă a lunii octombrie – excepțional în septembrie - iar ultimele brume de primăvară cad în decada a doua a lunii aprilie, cu totul excepțional în luna mai.

## 2.4.2. Regimul pluviometric

Culoarul Bistra este expus invaziilor de aer umed din vest și nord-vest și, datorită reliefului înalt, este bogat în precipitații atmosferice.

Analizând repartiția precipitațiilor atmosferice pe luni, se constată că perioada cu precipitații maxime se suprapune intervalului mai-iunie, cu o medie a precipitațiilor de 110mm. Perioada de precipitații minime corespunde lunilor decembrie, ianuarie, februarie, când media precipitațiilor este de 45-55 mm.

Tabel 2-2. Cantități medii lunare de precipitații (după Munteanu)

Stația meteo ro-logică	Altit. (m)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII
Țarcu	2180	74,1	71,4	57,4	84,8	101	145,7	91,8	105,2	60,6	102,9	105,3	105,9
Cuntu	1500	83,1	87,9	69,3	116,6	120,3	167,7	142,2	110,3	60,4	109,8	95,8	93,5
Caransebeș	200	46,5	44,1	48,4	64,5	86,0	91,6	74,3	71,5	55,7	49,7	49,8	49,3

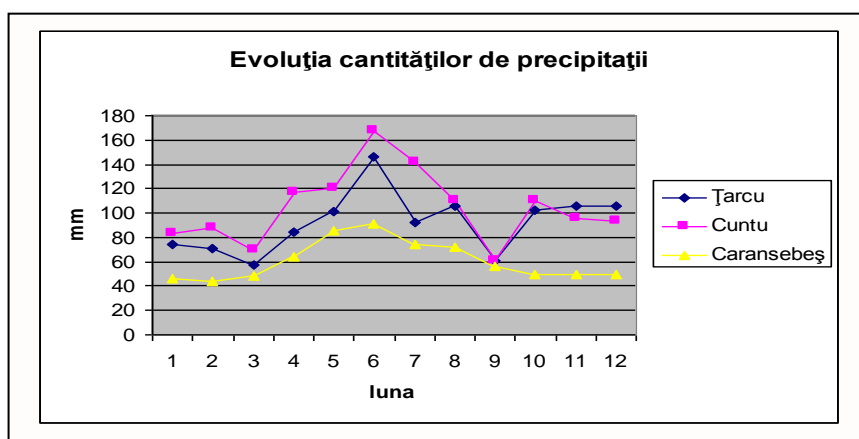


Fig. 2.13. Evoluția cantităților de precipitații la stațiile meteorologice din apropierea zonei studiate

În decursul unui an se înregistrează o valoare maximă și o valoare minimă. Valoarea maximă se atinge vara, în lunile mai-iunie, are loc un salt începând din luna aprilie care apoi crește treptat. De la aceasta valoare maximă atinsă, cantitatea de precipitații scade treptat în lunile următoare, până la valoarea minimă.

Caracterizarea schematică a evoluției precipitațiilor:

- precipitații medii anuale: 743,5 mm
- cele mai însemnate precipitații medii cad în lunile mai – iunie
- cantitatea maximă de precipitații în 24 ore: 89,0 mm (02.09.1910)
- cantitatea maximă anuală de precipitații: 1101,0 mm – 2005
- cantitatea minimă anuală de precipitații: 443,0 mm - 2000



- media precipitațiilor pe anotimpuri:
  - iarna: 139,4 mm
  - primăvara: 198,9 mm
  - vara: 237,4 mm
  - toamna: 161,5 mm.

Media precipitațiilor în perioada de vegetație :

- 1.III. – 31.X – 548,1 mm
- 1.IV. – 31.X. – 499,7 mm
- 1.V. – 31. X 435,2 mm
- media anuală a zilelor cu ninsori: 21,8 zile
- media anuală a umidității relative a aerului: 74%, cu un minim de 64% în luna iulie și un maxim de 88% în luna ianuarie.

Media anuală a precipitațiilor satisface nevoia de apă a tuturor plantelor de cultură obișnuite. Precipitațiile cad în tot cursul anului cu un maxim de precipitații la începutul verii (mai și iunie).

Fiind un teritoriu accidentat, cu relief fragmentat, microrelieful prezintă diferențe față de medii în funcție de situația reliefului. Pe versanții cu expoziție sudică și estică regimul de temperatură e în general mai ridicat, evapotranspirația mai mare și insolația mai puternică față de versanții cu expoziție nordică care au temperaturi medii mai scăzute, insolația mai slabă și sunt mai supuse pericolului brumelor.

Regimul pluviometric în general este în exces și se recomandă luarea de măsuri hidroameliorative de desecare și evacuare a excesului de umiditate de pe suprafețele plane sau slab înclinate.

#### 2.4.3. Circulația maselor de aer

Regimul de circulație al maselor de aer este determinat de activitatea anticiclonului azoric pe timpul verii, a celui eurasiatic pe timpul iernii, a ciclonului mediteranean în sezonul rece și a ciclonului Islandei pe întreaga perioadă a anului. Direcția de deplasare a maselor de aer este modificată de Munții Banatului și Munții Țarcu, ceea ce determină schimbarea direcției inițiale a vântului și viteza în funcție de orientarea văilor și culmilor. Relieful muntos provoacă modificări însemnate în mișcarea aerului. Vânturile predomină din direcția vest și nord – vest, în concordanță cu orientarea Culoarului Bistra.

În perioada de iarnă frecvența cea mai mare o au vânturile din nord-vest și vest, iar primăvara se pun în evidență și vânturile cu direcție sud și sud-vest, care favorizează topirea rapidă a zăpezilor. Vara bat vânturile dinspre vest, nord-vest și sud-vest, ceea ce face să crească valoarea precipitațiilor. Toamna se manifestă vânturile din direcția nord-vest [92].

Regimul eolian, atât prin frecvență, cât și prin intensitatea lui, nu prezintă pericole pentru agricultură și nu reclamă măsuri speciale. Se constată că viteza vântului scade mult datorită formelor de relief, dinspre munți spre zonele joase, unde predomină timpul calm. Viteza medie lunară atinge valoarea cea mai mare în anotimpul de iarnă, datorită maselor de aer continentale reci dinspre nord și nord – est, atingând minima barometrică a bazinului mediteranean.

Datorită condițiilor fizico – geografice locale, se imprimă dinamicii atmosferice anumite particularități, ce se caracterizează prin apariția unor vânturi locale, cum este Hațeganul.

## 2.5. Hidrografia Culoarului Bistra

Spre deosebire de factorii atmosferici, acțiunea factorilor hidrologici în procesul de solificare se resimte pe o grosime mai mare a profilului de sol deoarece apa provoacă dezagregări și dispersări, înlesnește unele reacții chimice, participă activ la procesele de alterare a substanțelor minerale și organice.

Circulația apei în sol reprezintă esența în ceea ce privește deplasarea sărurilor solubile, a bazelor, a coloizilor minerali și organici, precum și în schimbul de substanțe între plante și sol.

### 2.5.1. Rețeaua hidrografică de suprafață

*Râul Bistra* este un curs de apă, afluent al râului Timiș. Râul izvorăște din Lacul Bistra, în Munții Țarcu, din județul Hunedoara. Râul curge de la sud spre nord, aproximativ în lungul graniței dintre județul Caraș-Severin și județul Hunedoara, Valea Bistrei delimitând Munții Țarcu de Munții Poiana Ruscăi. În dreptul comunei Bucova, Caraș-Severin, își schimbă cursul spre vest, vărsându-se în râul Timiș în aval de municipiul Caransebeș.

*Izvoarele Bistrei* se află la nivelul circurilor glaciare nordice ale vârfului Pietrii la altitudinea de circa 1900 m din Lacul glaciari Bistra I, localizat în Munții Țarcu.

Rețeaua hidrografică ce drenează teritoriul este constituită din două artere principale: *Bistra* și *Bistra Mărului*, ce confluează în amonte de localitatea Oțelu Roșu.

Suprafața medie a bazinului de recepție al Bistrei este de 870 Km<sup>2</sup>, lungimea râului este de 57 Km (Cadastrul Apelor). De la izvor până la localitatea Bucova râul se numește *Bistra Bucovei* și curge de la sud spre nord, reprezentând **cursul superior**, traseu în care primește următorii afluenți: *Valea Lupului*, *Niermes* și *Marga* (pe partea stângă) și *Corni* (pe partea dreaptă).

Înainte de orașul Oțelu Roșu se varsă în râul Bistra cel mai important afluent al său, *Bistra Mărului* (lungime 34 Km, suprafața bazinului de recepție 275 Km<sup>2</sup>) format din *Peceneaga (Bistra Roșie)* și *Șucu*.

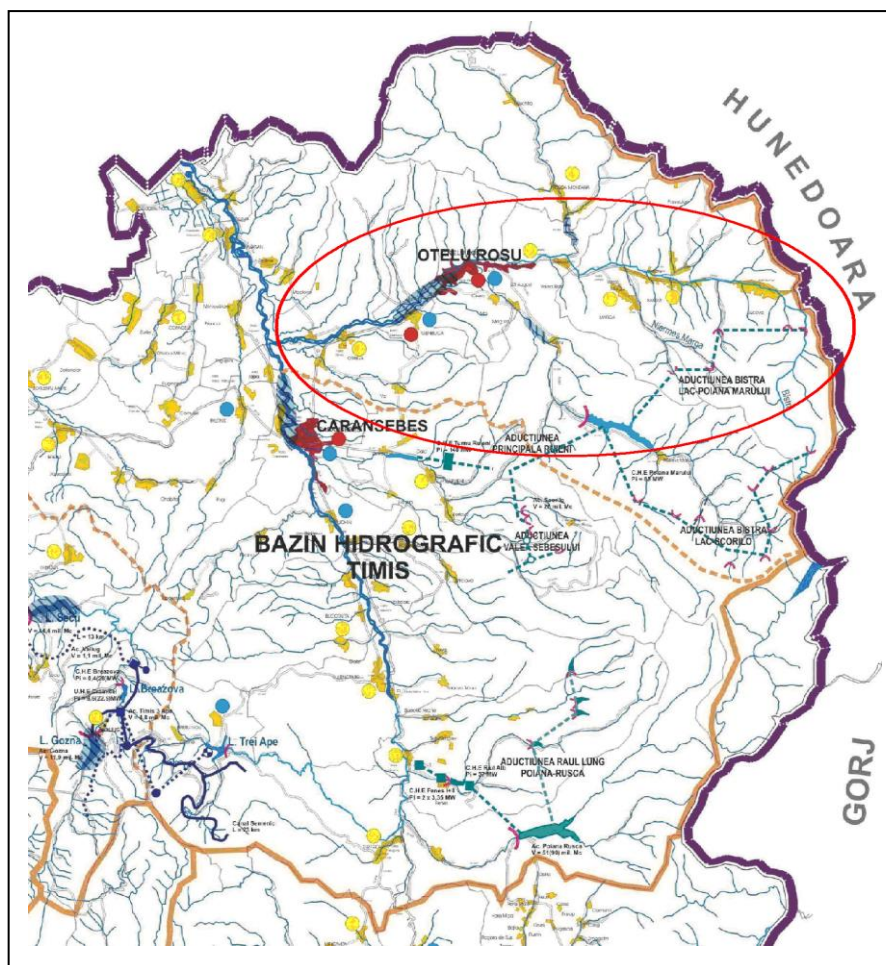
Ca izvor al Bistrei este considerat cursul *Bistrei Roșii*, ce coboară de la 1600 m altitudine și are o lungime de 8 Km și suprafața bazinală de 21 Km<sup>2</sup>.

*Șucul* coboară de la 1870 m altitudine, având lungimea de 15 Km și suprafața bazinului de 79 Km<sup>2</sup> (Cadastrul Apelor).

De la Bucova până la Oțelu Roșu se desfășoară **cursul mijlociu** al Bistrei. Aici primește drept afluenți: în partea dreaptă râul *Rusca* (bazin de recepție 183 Km<sup>2</sup>, lungimea 20 Km, altitudinea medie a bazinului 751 m și panta medie a bazinului de recepție 338 m/Km). Este cel mai mare afluent care vine din Munții Poiana Ruscă, și se varsă în Bistra în dreptul localității Voislova. Desparte masivul în două: Padeșul - în Vest și Rusca - în Est.

În aval de Oțelu Roșu, Bistra intră în **sectorul inferior**. Aici primește apele câtorva afluenți mici de pe partea dreaptă: *Glimboca* (L=10 Km, suprafața=14 Km<sup>2</sup>), *Radina* (L=8 Km, suprafața=12 Km<sup>2</sup>), *Vârciorova* (L=11 Km, suprafața=28 Km<sup>2</sup>), *Pleșa* (L=8 Km, suprafața=14 Km<sup>2</sup>).

În aval de Caransebeș, râul Bistra se varsă în râul Timiș, fiind considerat cel mai mare afluent al acestuia de pe partea dreaptă.



- Localitati urbane si rurale care au alimentare cu apa
- Localitati urbane si rurale care au canalizare menajera
- Localitati fara sisteme centralizate de alimentare cu apa si canalizare menajera
- Zone cu disfunctionalitati mari in alimentare cu apa si canalizare a municipiilor si oraselor care necesita lucrari hidroedilitare de reabilitare si dezvoltare
- Poluare ape de suprafata
- Poluare ape de adancime
- Amenajari hidrotehnice- existente
- Amenajari hidrotehnice- propuse
- ▬ Lacuri de baraj existente
- ▬ Lacuri de baraj propuse

Fig. 2.14. Rețeaua hidrografică în zona Culoarului Bistra, după DAB, 2006

În figura următoare sunt prezentați principalii afluenți, modul de dispunere al acestora și împărțirea pe sectoare a cursului Bistrei.

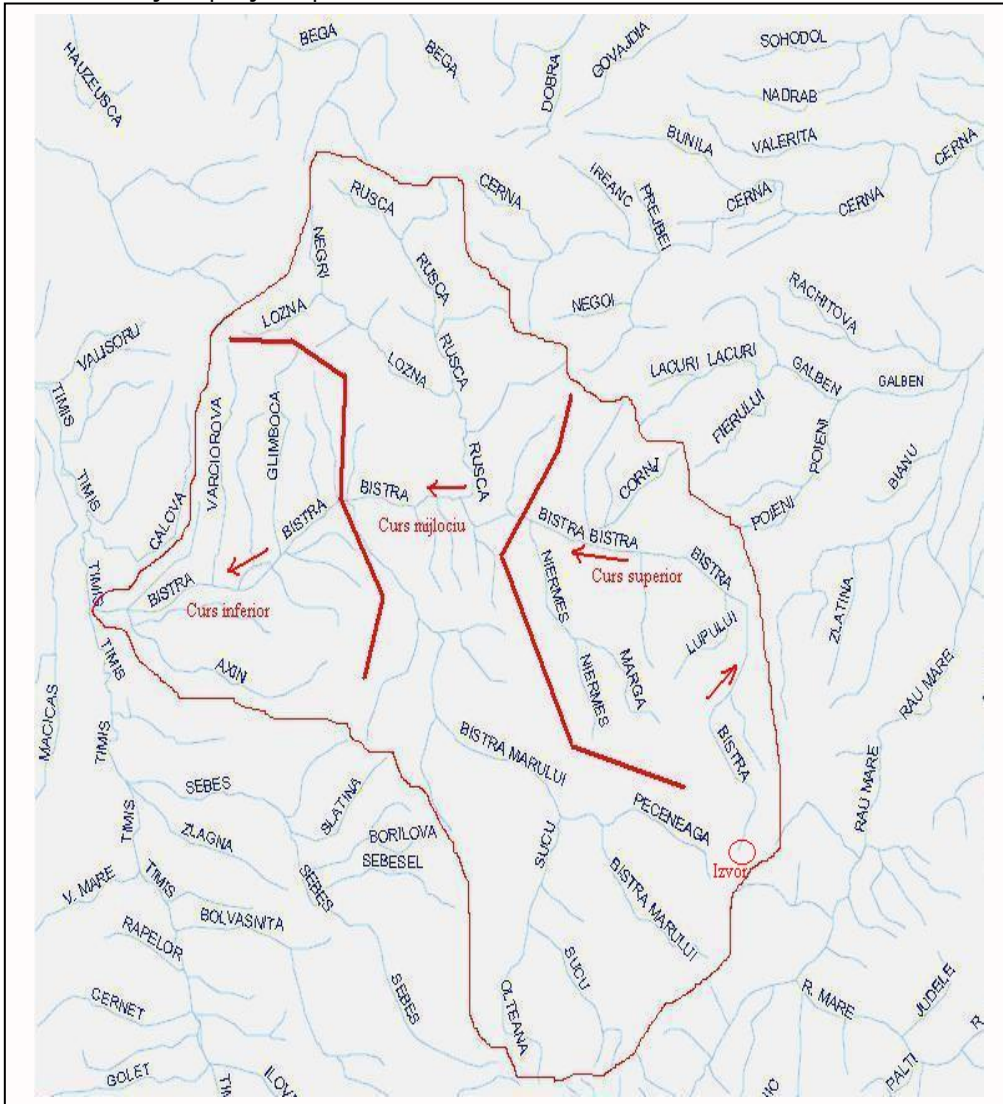


Fig. 2.15. Afluenții râului Bistra



Fig. 2.16. Cursul superior al Bistrei (Bistra Bucovei)

Tabel 2-3. Rețeaua hidrografică de suprafață în Culoarul Bistra

Nr. crt.	Râul	Lungimea (Km)	Suprafața bazinului de recepție (km <sup>2</sup> )	Râul colector
1.	Bistra	57	870	Timiș
2.	Bistra Mărului	34	275	Bistra
3.	Rusca	20	183	Bistra
4.	Vârciorova	11	28	Bistra
5.	Glimboca	10	14	Bistra
6.	Radina	8	12	Bistra
7.	Pleșa	8	14	Bistra
8.	Șucu	15	79	Bistra
9.	Peceneaga	8	21	Bistra

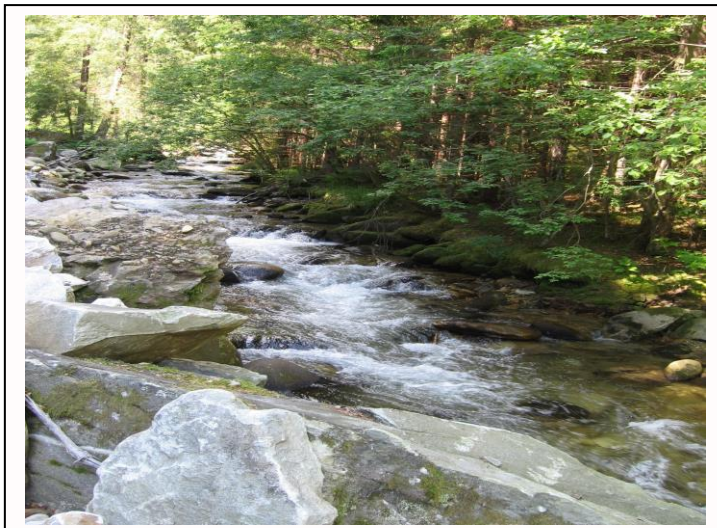


Fig. 2.17. Cursul mijlociu al Bistrei, înainte de confluența cu Bistra Mărului

Viteza mare de curgere a râului Bistra determină procese de eroziune în adâncime și laterală puternice, sedimentări cu aluviuni grosiere. Puterea mare de transport se reflectă în albia sa unde se întâlnesc cantități mari de bolovani și pietrișuri chiar până la vărsare în râul Timiș. Din această cauză solurile de luncă sunt formate pe un pat superficial de pietrișuri.

### 2.5.2. Apele subterane

Nivelul apelor freatice se află la adâncimi diferite în funcție de forma de relief (fig. 2-18).

Nivelul hidrostatic al stratului freatic din terasa superioară a fost interceptat la circa 6-7 m, în timp ce stratul acvifer din lunca Bistrei are nivelul hidrostatic de 1,5-2 m.

Caracteristicile fizico-chimice ale apei din terasa inferioară sunt favorabile alimentării cu apă a localităților din zonă. Apa este bicarbonată, alcalino-feroasă și slab clorocalcică.

În zona terasei superioare și de versant, datorită stratului de argilă impermeabilă, pânza de apă freatică este la adâncimea de 2-7 m.

În anumite zone de pe terasă solul este suprasaturat cu apă, acest lucru reprezentând o restricție în amplasarea construcțiilor cu subsoluri, fără a se întreprinde măsuri de protecție. Tot aici apar și numeroase izvoare care alimentează cu ape subterane râurile de suprafață: Valea Ohabei, Valea Rugu, Valea Jgheabu [91].

În zona piemontană apa se află cantonată în straturile de prundiș sub o adâncime de 10 m și nu influențează direct procesele de solidificare. În multe cazuri alunecările de teren și eroziunea de adâncime au interceptat nivelul freatic sub forma izvoarelor de coastă. În zona de trecere între luncă și coline nivelul freatic este între 3 și 10 m.

În concluzie zona este bogată în ape freatice.

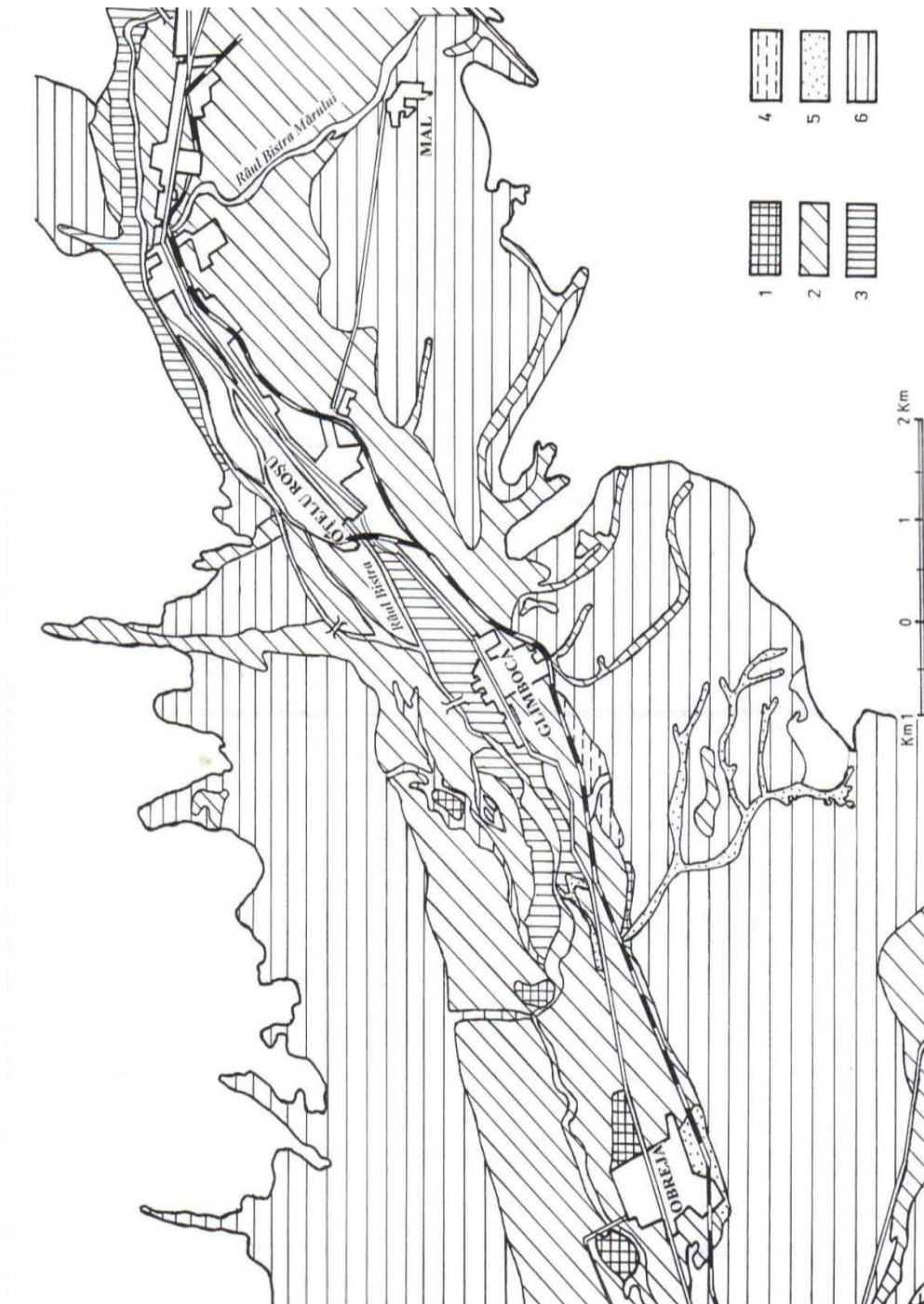


Fig. 2.18. Adâncimea apei freatice în Culoarul Bistra, după Ianoș, 1994

**Legenda:** 1. 0,5-1 m; 2. 1-2 m; 3. 2-3 m; 4. 3-5 m; 5. 5-10 m; 6. >10 m.

### 2.5.3. Caracteristici hidrologice

Debitul mediu al râului Bistra la Oțelu Roșu este de 14m<sup>3</sup>/s și se datorește alimentației fluviatile, alimentației subterane și precipitațiilor atmosferice. Aceste condiții au asigurat o scurgere medie fluviatilă multianuală de 600 mm.

Scurgerea subterană este un element care este strâns legat de starea de umiditate a zonei, de permeabilitatea terenului și de pantele hidraulice. Pentru bazinul râului Bistra scurgerea subterană are o valoare de 140 mm, deci mai redusă decât celelalte elemente care influențează debitul râului. Fenomenele de îngheț sunt de tip vestic și poartă amprenta unor ierni mai blânde și mai instabile. Există o legătură strânsă între temperatura aerului și cea a apei. Podul de gheață și alte fenomene de îngheț au o frecvență redusă [92].

### 2.5.4. Caracteristici hidrochimice

Chimismul apelor este foarte uniform, dominante fiind apele carbonatate din grupa calciului. Mineralizarea apelor este scăzută. Acesta se datorează rocilor greu solubile care domină bazinul hidrografic [92].

Apele râului Bistra au *mineralizarea* medie cuprinsă între 90,18 mg/L (profil amonte de confluența cu râul Rusca) și 112,81 mg/L (profil amonte de Oțelu Roșu).

*Cantitatea medie de oxigen* dizolvat în apa râurilor este condiționată de temperatura apei, cea mai ridicată cantitate înregistrându-se iarna și primăvara, când temperatura apei este scăzută și procesele vitale diminuate. În iernile geroase, ca urmare a înghețului, ce izolează masa de apă de atmosferă, conținutul în oxigen al apei râurilor este foarte redus (pe râul Bistra, în secțiunea Voislova este de 4,33 mg/L).

*pH-ul apei* (concentrația ionilor de hidrogen) exprimă reacția apei. Dacă predomină ionii de hidrogen (H<sup>+</sup>), apa are o reacție acidă (pH<7). Dacă predomină ionii de hidroxil (OH<sup>-</sup>), apa are reacție bazică (pH>7). Apa la pH=7 este neutră.

Tabel 2-4. Valorile pH-ului pe râul Bistra

Nr. crt.	Râul	Profil	Valorile de pH		
			Minime	Maxime	Medii
1	Bistra	Amonte de confluența cu râul Rusca	6,0	7,50	6,90
2	Bistra	Amonte de Oțelu Roșu	6,60	8,30	7,10
	Bistra	Amonte de confluența cu râul Timiș	6,60	8,00	7,10

Sărurile de calciu și magneziu dizolvate în apa râurilor determină *duritatea* apei, exprimată în grade de duritate (dH). Duritatea crește odată cu scăderea altitudinilor, valoarea sa fiind condiționată și de temperatura apei râurilor, în raport direct proporțional.

Tabel 2-5. Valorile durității totale pe râul Bistra

Nr. crt.	Râul	Profil	Valorile dH		
			Minime	Maxime	Medii
1	Bistra	Amonte de confluența cu râul Rusca	4,3	5,6	4,9
2	Bistra	Amonte de Oțelu Roșu	3,0	4,5	3,7
3	Bistra	Amonte de confluența cu râul Timiș	4,2	5,9	4,5



Tabel 2-6. Valorile conținutului de fosfor total care determină calitatea apei râului Bistra, în campaniile din anii 1994-2003

bazinul hidrografic Bega - Timiș, cursul de apă **Bistra**  
secțiunea **Voislova**, distanța de la vărsare 25,0 km

## Fosfor total mgP/l

anul	luna	/01	/02	/03	/04	/05	/06	/07	/08	/09	/10	/11	/12
	conc (mg P/l)												
1994		0,11	0,12	0,2	0,15	0,03	0,04	0,07	0,05	0,08	0,05	0,04	0,04
1995		0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06	0,03	0,04	0,24	0,04	0,05	0,03
1996		0,03	0,02	0,04	0,06	0,07	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,04	0,05
1997		0,06	0,05	0,03	0,22	0,03	0,06	0,07	0,17	0,06	0,08	0,04	0,03
1998		0,04	0,06	0,03	0,09	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,06	0,09	0,03
1999		0,06	0,06	0,14	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,04	0,08	0,04	0,05
2000		0,01	0,04	0,07	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
2001		0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
2002		0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02
2003		0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,09	0,02

Tabel 2-7. Valorile conținutului de fosfor total care determină calitatea apei râului Bistra, în campaniile din anii 1993-2003

bazinul hidrografic Bega-Tișiș, cursul de apă **Bistra**  
secțiunea **Obreja**, distanța de la vărsare 8,0 km

## Fosfor total mgP/l

anul	luna	/01	/02	/03	/04	/05	/06	/07	/08	/09	/10	/11	/12
	conc (mg P/l)												
1993		0,073	0,046	0,061	0,069	0,021	0,029	0,024	0,027	0,032	0,027	0,056	0,027
1994		0,16	0,11	0,197	0,143	0,033	0,043	0,167	0,07	0,063	0,027	0,04	0,03
1995		0,03	0,033	0,033	0,043	0,04	0,07	0,043	0,043	0,053	0,033	0,043	0,027
1996		0,04	0,03	0,06	0,06	0,033	0,027	0,057	0,07	0,097	0,04	0,037	0,087
1997		0,037	0,037	0,033	0,073	0,04	0,05	0,12	0,12	0,08	0,09	0,05	0,04
1998		0,03	0,04	0,02	0,06	0,05	0,03	0,04	0,11	0,09	0,03	0,07	0,03
1999		0,06	0,08	0,14	0,08	0,05	0,05	0,07	0,06	0,05	0,11	0,08	0,05
2000		0,03	0,05	0,07	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,02
2001		0,03	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02	0,06	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03
2002		0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
2003		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,05	0,05

În continuare se prezintă grafic comparația din punct de vedere al conținutului total de fosfor determinat în apa râului Bistra (mg/l), probe prelevate în cele două secțiuni de control, Voislova și Obreja, prima secțiune situată amonte de sursa de impurificare, uzina de la Oțelu Roșu, iar cea de-a doua secțiune situată aval de această sursă potențial poluatoare.

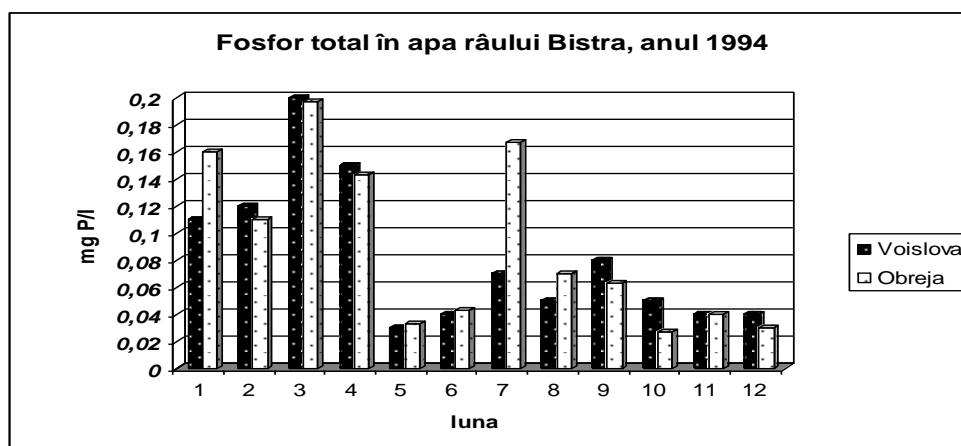


Fig. 2.19. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1994

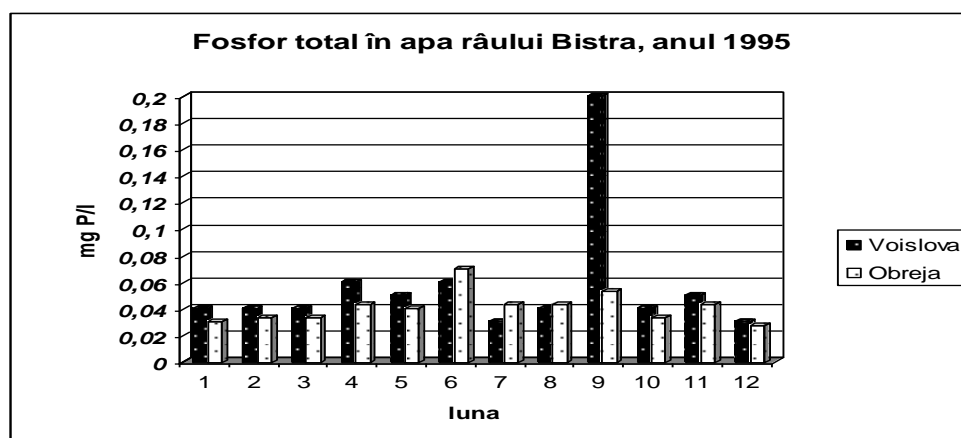


Fig. 2.20. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1995

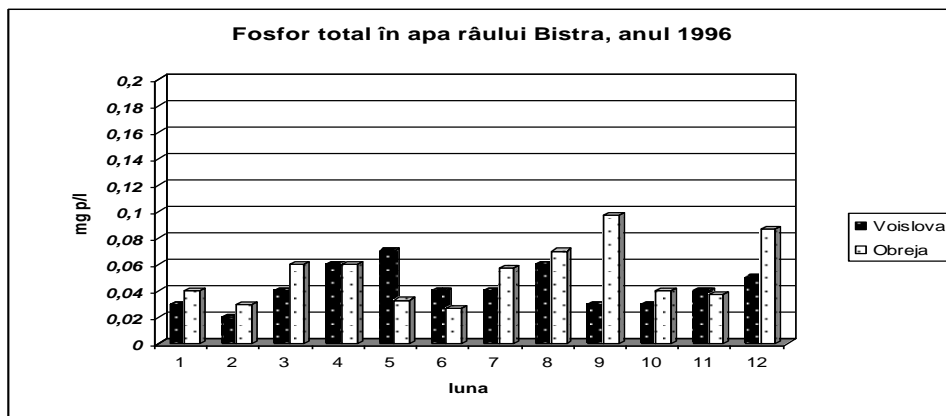


Fig. 2.21. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1996

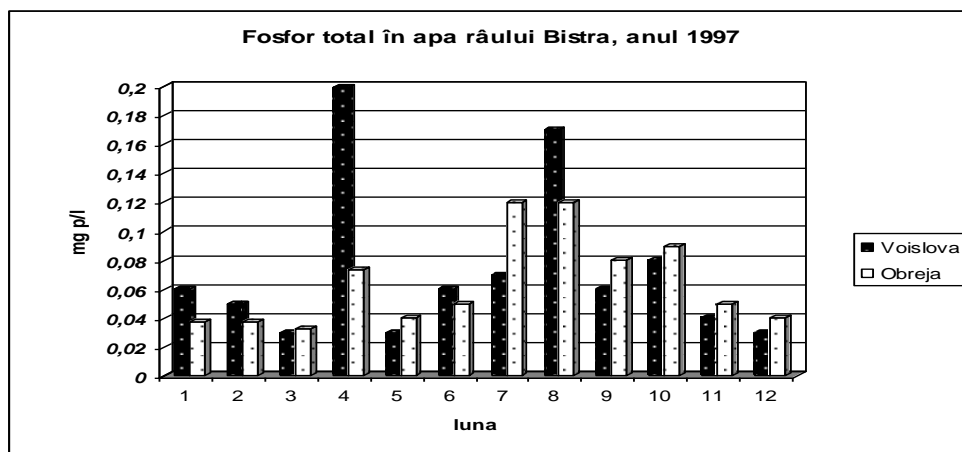


Fig. 2.22. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1997

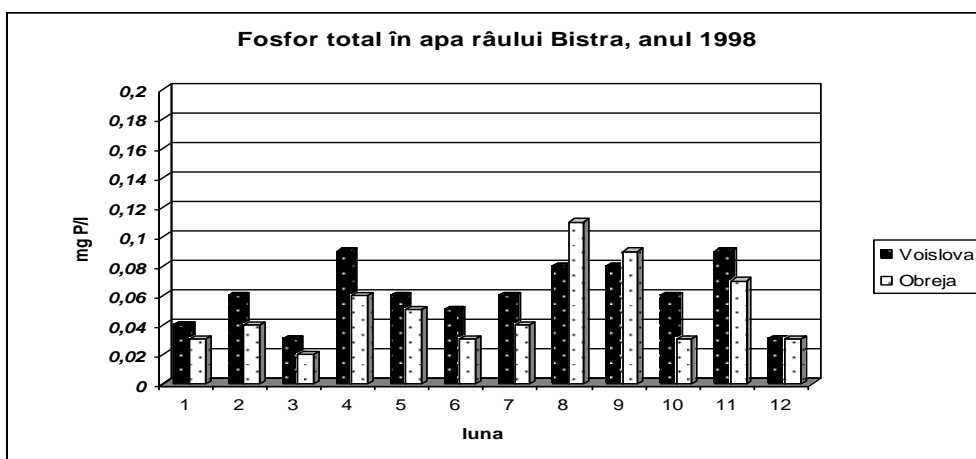


Fig.2-23. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1998

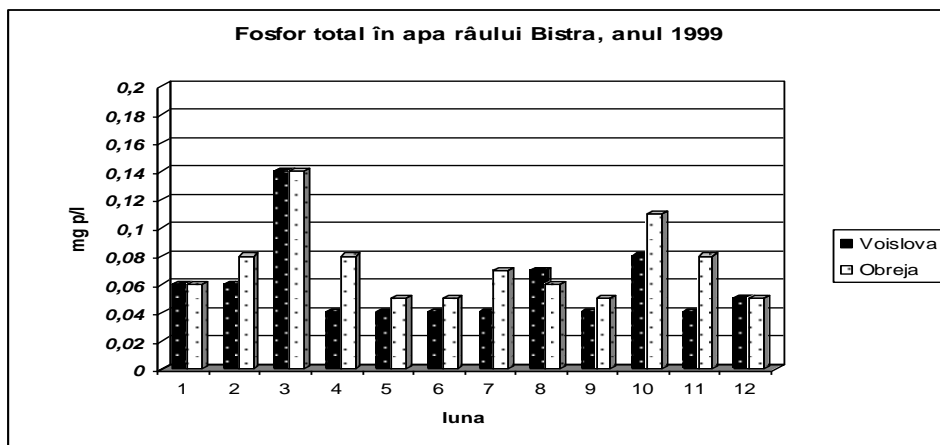


Fig. 2-24. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 1999

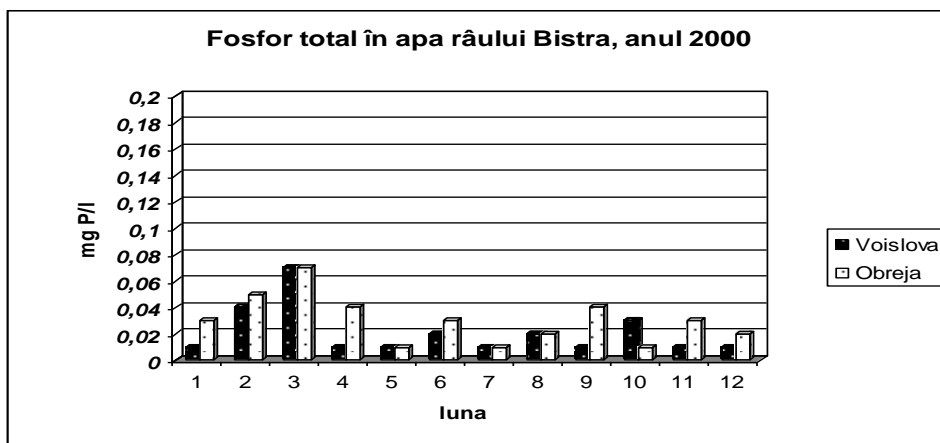


Fig. 2-25. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 2000

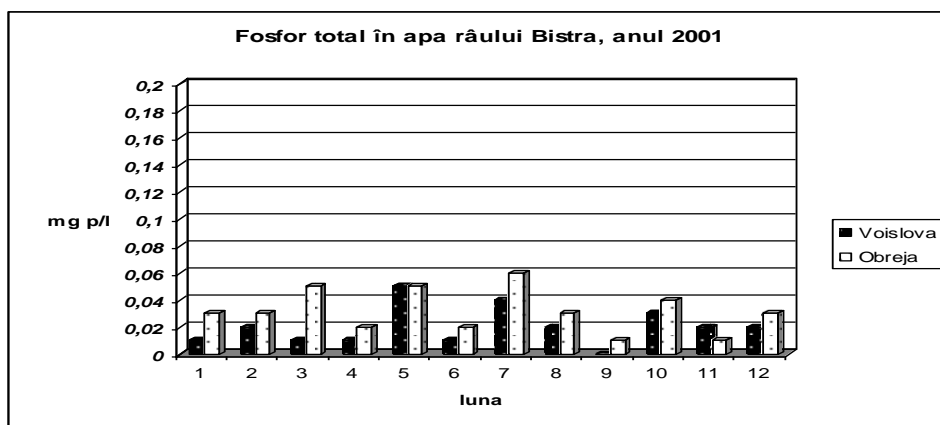


Fig.2-26. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 2001

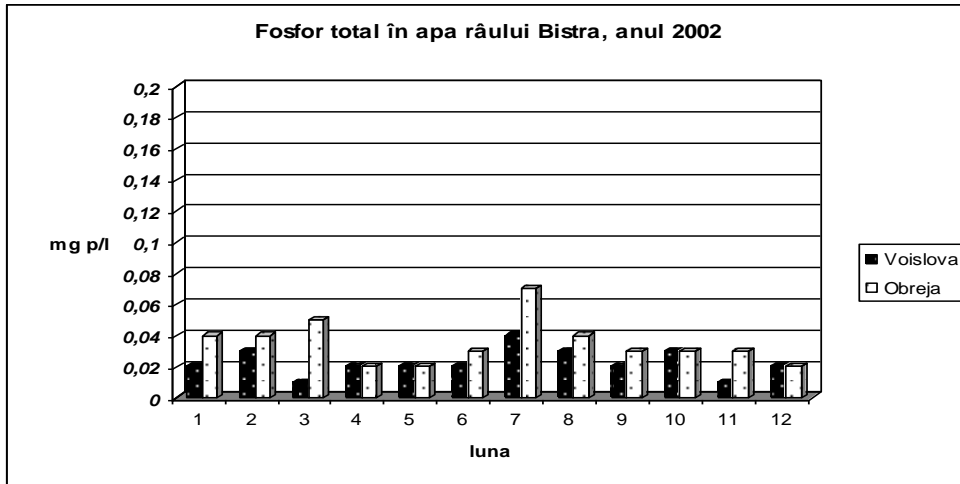


Fig. 2-27. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 2002

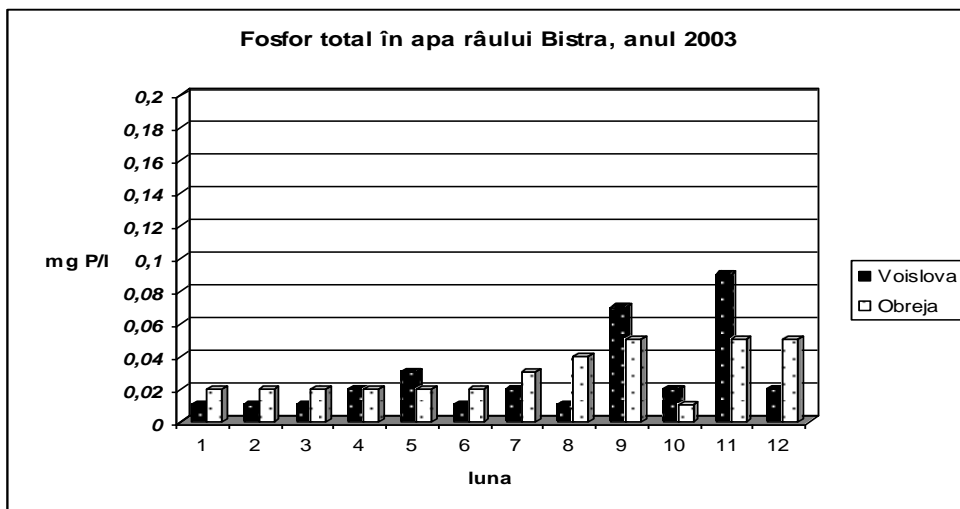


Fig. 2-28. Cantitatea de fosfor total determinată în apa râului Bistra în anul 2003

Tabel 2-8. Caracterizarea calității apei în perioada 1994-2003 – secțiunea Voislova

Parametrul	U/M	Valori tipice statistice			Dev. standard	Conc.ponder. cu deb
		Minimă	Med. aritm.	Maximă		
Fosfor total(P)	mgP/l					
1994		0,03	0,0817	0,2	0,05306	0,0816
1995		0,03	0,06	0,24	0,05752	0,0539
1996		0,02	0,0425	0,07	0,01485	0,045
1997		0,03	0,075	0,22	0,05931	0,0903
1998		0,03	0,0608	0,09	0,02109	0,0632
1999		0,04	0,0583	0,14	0,02918	0,073
2000		0,01	0,0208	0,07	0,01832	0,0218
2001		0	0,02	0,05	0,01414	0,0288
2002		0,01	0,0225	0,04	0,00866	0,0205
2003		0,01	0,03	0,09	0,01	0,03

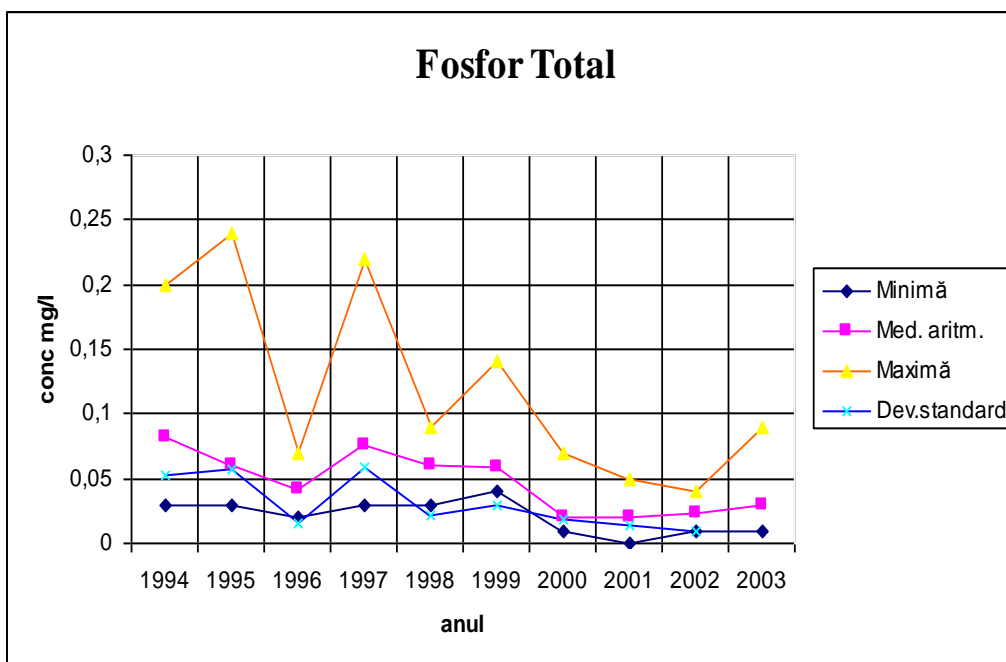


Fig. 2-29. Variația conținutului de fosfor total în apa râului Bistra – secțiunea Voislova

Tabel 2-9. Caracterizarea calității apei în perioada 1993-2003- secțiunea Obreja

Parametrul	U/M	Valori tipice statistice			Dev.stan dard	Conc.pon der.cu deb
Fosfor total(P)	mgP/l	Minimă	Med. aritm.	Maximă		
1993		0,021	0,041	0,073	0,01897	0,0455
1994		0,027	0,0902	0,197	0,0619	0,0908
1995		0,027	0,0409	0,07	0,0117	0,0428
1996		0,027	0,0532	0,097	0,0227	0,0227
1997		0,033	0,0642	0,12	0,0312	0,0616
1998		0,02	0,05	0,11	0,027	0,05
1999		0,05	0,0733	0,14	0,0277	0,0927
2000		0,01	0,03	0,07	0,018	0,04
2001		0,01	0,0317	0,06	0,0158	0,0409
2002		0,02	0,035	0,07	0,0144	0,0344
2003		0,01	0,03	0,05	0,01	0,03

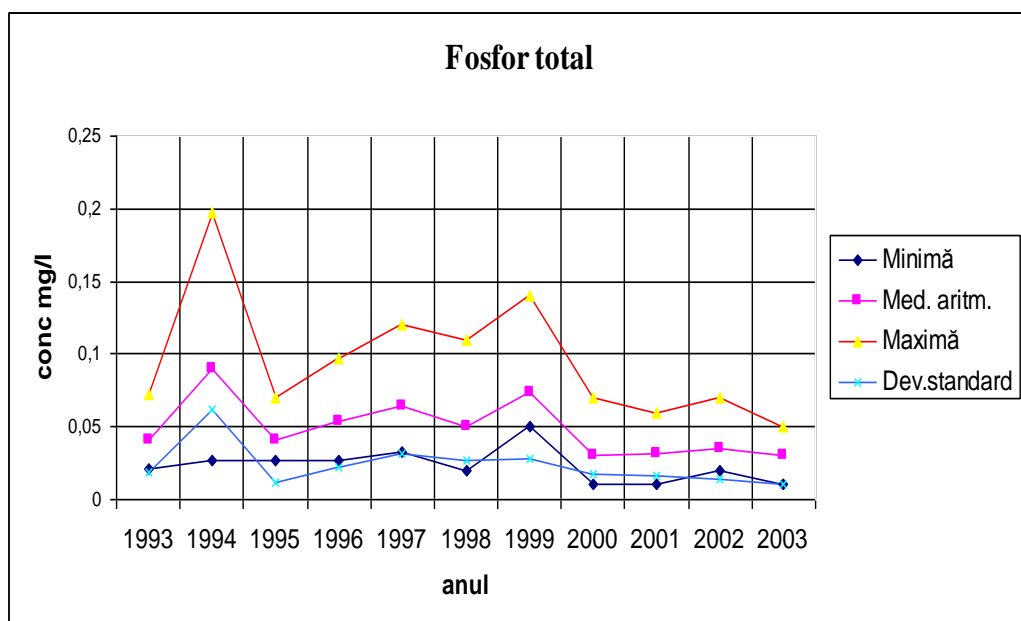


Fig. 2-30. Variația conținutului de fosfor total în apa râului Bistra – secțiunea Obreja



## 2.6. Vegetația

Resturile vegetale, sub acțiunea organismelor vii ce populează solul, sunt supuse proceselor de transformare până la unele combinații simple sau se transformă în noi combinații complexe.

Tipurile de vegetație, prin cantitatea și compoziția resturilor lăsate în sol, determină calitatea humusului, care prin alcătuirea și însușirile sale va influența direcția de solificare, și în final, fertilitatea solului.

Din punct de vedere al vegetației teritoriul studiat face parte din zona pădurilor, subzona stejarului și a fagului. În subzona stejarului se întâlnește și vegetația de zăvoi din luncă, determinată, ca și tipurile de sol existente, de vârstă tânără a reliefului și de regimul de umiditate accentuat.

### 2.6.1. Vegetația lemnoasă

#### 2.6.1.1. Vegetația lemnoasă spontană

În luncă se întâlnește *Alnus glutinosa* (alun) alături de specii de *Salix populus* (plop).

Pe coline și dealuri se întâlnește etajul de stejăret: *Quercus cerris* (cer), *Quercus petraea* (gorun), *Quercus frainetto* (gârniță) etc. Unele specii termofile indică prezența unui climat local mai călduros. Acestea sunt *Tilia tomentosa* (tei alb), *Tilia cordata* (tei) etc.

Al treilea etaj al stejarului este ocupat de *Quercus petraea* (gorun) în amestec cu *Fagus silvatica* (fag), *Carpinus betulus* (carpen), *Betula verucosa* (mesteacăn).

Dintre subarbuști sunt întâlniți: *Crataegus monogyna* (păducel), *Ligustrum vulgare* (lemn câinesc), *Juniperus communis* (ienupăr), *Rubus sp.* (mur).

În subzona fagului predomină *Fagus silvatica* (fag) în asociație cu *Juniperus communis* (ienupăr).

#### 2.6.1.2. Vegetația lemnoasă cultivată

Zona studiată este un renumit bazin pomicol. Au fost identificate următoarele specii de pomi fructiferi: prun (*Prunus domestica*), cireș (*Prunus avium*), măr (*Malus domestica*), nuc (*Juglans regia*), vișin (*Prunus mahaleb*), păr (*Pyrus communis*), piersic (*Prunus persica*) și cais (*Prunus armeniaca*).

### 2.6.2. Vegetația ierboasă

#### 2.6.2.1. Vegetația ierboasă spontană

Pășunile în cadrul teritoriului studiat se află repartizate în zona colinară, pe terasa I-a și în luncă.

În zona colinară și pe terasă s-au identificat următoarele asociații ierboase:  
Gramineae: *Agrostis tenuis* (iarba câmpului), *Festuca rubra* (păiuș), *Lolium perene* (zizanie perenă), *Poa pratensis* (firuța de luncă), *Agrostis alba* (iarba câmpului).

Cyperaceae: *Juncus conglomeratus* (pipirig), *Juncus efusus* (pipirig efuz).

Leguminoase: *Trifolium repens* (trifoi alb), *Lotus corniculatus* (ghizdei),

*Trifolium campestre* (trifoi roșu).

Alte ierburi: *Achillea millefolium* (coada șoricelului), *Potentilla reptans* (cinci degete), *Genista tinctoria* (drobiță).

Spre limita superioară, pe solul pădurii de fag, apar tufărișuri de afin (*Vaccinium myrtillus*). În zonele înalte, către limita teritoriului, se întâlnesc păduri de amestec din fag (*Fagus silvatica*), molid (*Picea excelsa*) și brad (*Abies alba*).

Pe pășunile cu apă stagnantă din luncă se găsesc *Juncus efusus* (pipirig efuz), *Agrostis tenuis* (iarba câmpului), *Agrostis stolonifera* (iarba câmpului stoloniferă), *Trifolium repens* (trifoi alb).

Fânețele cele mai valoroase sunt situate în luncă și sunt reprezentate de Gramineae (genurile *Agrostis*, *Poa*, *Festuca*), Cyperaceae (genurile *Juncus*, *Carex*), leguminoase (genurile *Trifolium*, *Coronilla*).

Buruienile cele mai des întâlnite în culturi sunt: *Plantago lanceolata* (pătlagina), *Plantago mayor* (pătlagină), *Chenopodium album* (spanac alb), *Agrostis tenuis* (iarba câmpului), *Symphytum officinale* (tătăneasă).

#### 2.6.2.2. Vegetația ierboasă cultivată

Cele mai întâlnite culturi sunt cele de: grâu (*Triticum aestivum*), porumb (*Zea mays*), ovăz (*Avena sativa*), cartof (*Solanum tuberosum*), trifoi (*Trifolium repens*), sfeclă de zahăr (*Beta vulgaris*), leguminoase.

## 2.7. Modificări antropice

Unele dintre cele mai întâlnite modalități de intervenție a omului în peisaj sunt înlocuirea unei vegetații cu alta, cultivarea intensă a terenului, influența lucrărilor agrotehnice și hidrotehnice.

Efecte deosebite asupra direcției de evoluție a solurilor o au lucrările de desecare, drenare și îndiguire, lucrările de prevenire și combatere a eroziunii și alunecărilor, rotația culturilor, etc. Toate acestea definesc procesul de **metapedogeneză**, care se referă la evoluția accelerată pe care o suferă solurile în condiții modificate antropice [129].

În ceea ce privește zona bazinului hidrografic Bistra, în cele ce urmează se fac câteva referiri mai ales în ceea ce privește modificarea antropică a rețelei hidrografice din perimetrul bazinului studiat.

### 2.7.1. Lucrări hidroenergetice

#### **Amenajările hidrotehnice existente**

Paralel cu Bistra, în interiorul localității Oțelu Roșu s-a construit „*Canalul Turbinelor*” care alimentează cu apă combinatul de la Oțelu Roșu și hidrocentrala de la Glimboca, însă cea mai importantă lucrare hidrotehnică aflată pe raza teritoriului analizat este Acumularea hidroenergetică Bistra – Poiana Mărului.

*Amenajarea hidroenergetică Bistra - Poiana Mărului – Ruieni - Poiana Rusca* își are începuturile la sfârșitul deceniului VII, începutul deceniului VIII al secolului XX, când încep primele prospecțiuni geologice și primele proiecte de amenajare. Amenajarea are în componență 3 căderi cu 3 acumulari, 3 centrale de mare capacitate, 3 CEMP-uri cu o putere instalată totală de 275 MW și o energie medie anuală de 560 GWh/an.

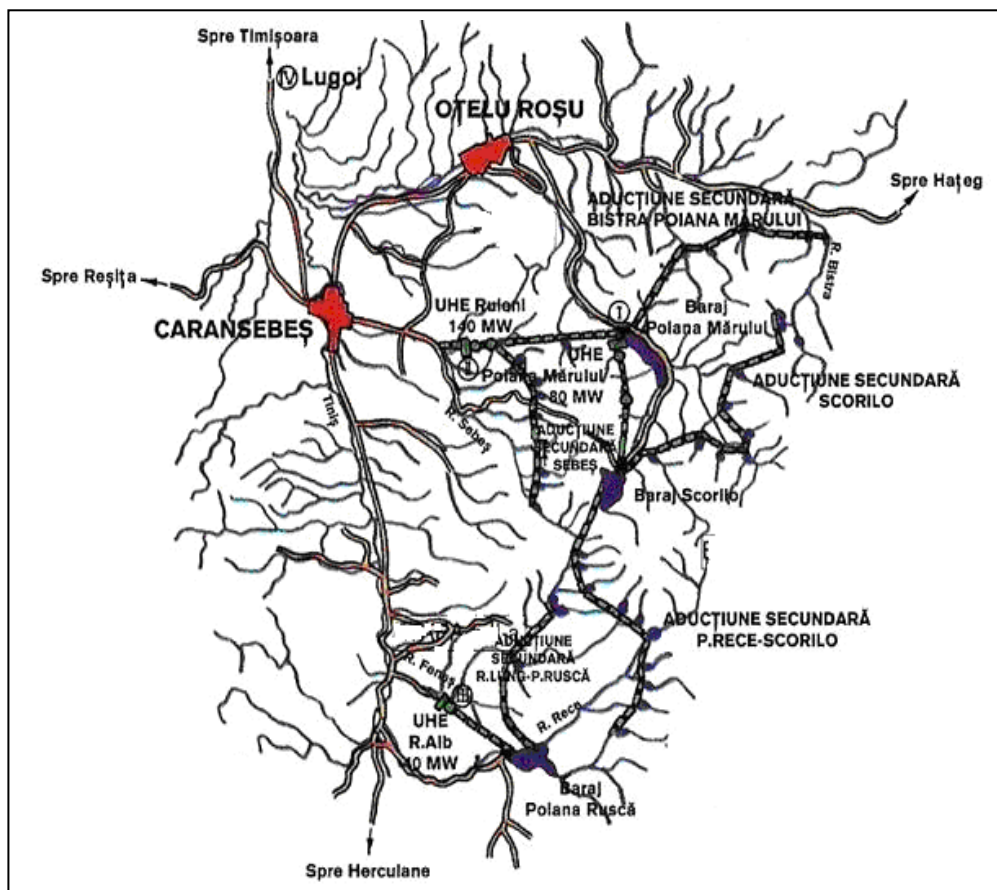


Fig. 2-31. Amenajarea complexă hidroenergetică Bistra - Poiana Mărului - Poiana Ruscă

### I. Căderea Ruieni

Transformă în lumină apele tumultuoase ale Bistrei Mărului și Șucului din munții Țarcu, ape zăgăduite de barajul Măru în acumularea Măru, dirijate apoi pe sub munți în centrala Ruieni, debușarea făcându-se în albia Sebeșului, iar de aici în Timiș.

Barajul Măru: este situat pe drumul ce leagă orașul Oțelu Roșu de stațiunea turistică Poiana Mărului la 8 km, aval de aceasta și 12 km amonte de Oțelu Roșu. Este un baraj din anrocamente cu nucleu de argilă, cu următoarele caracteristici tehnice:

- înălțime = 125 m
- lățime la bază = 488 m
- lățime la coronament = 10 m
- volum argilă = 750.000 mc
- volum umpluturi = 5,15 milioane mc
- descărcător de suprafață tip pâlnie  $Q_{ev} = 686$  mc/s
- golire de fund cu 2 vane plane în carcasă și un debit maxim evacuat

de 160 mc/s.

Este asigurată servitute în aval în plajă 100 – 750 l/s, servitute uzinată prin CHEMP Măru: 0,4 MW; 0,55 mc/s; 3 GWh/an.

*Acumularea Poiana Mărului* este situată pe râul Bistra Mărului. Lucrările de construcție a barajului s-au desfășurat între anii 1981-1988, lacul de acumulare se întinde pe 7 Km lungime, cu o suprafață de 300 ha și un volum de apă de 96 000 000 m<sup>3</sup>. Barajul are următoarele dimensiuni: 125,5 m înălțime, 485 m lățime de bază, 10 m lățime la coronament și 420 m lungime [92].

**BARAJ POIANA MĂRULUI**

baraj din materiale locale anrocamente și nucleu de argilă

H = 125,5 m, L coronament = 420 m, l bază = 485 m

V. lac= 96 mil.mc

Galerie de deviere cu L= 349 m

V depuneri = 5.330.000 mc

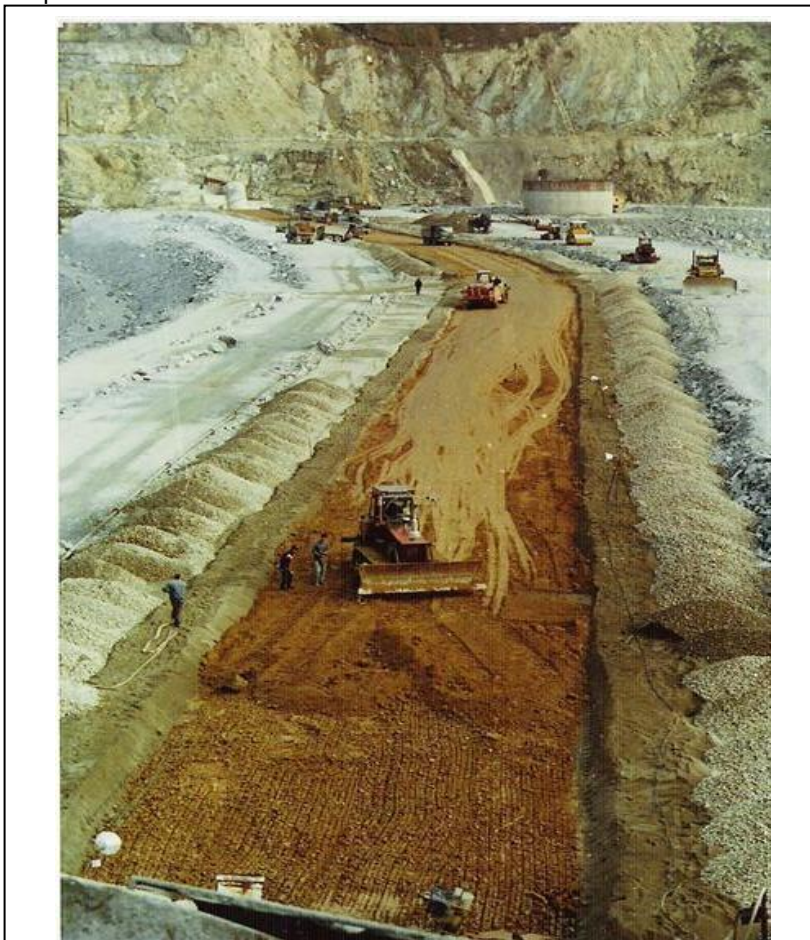


Fig. 2-32. Aspecte din perioada construcției barajului Poiana Mărului

**Centrala hidroelectrică Ruieni:** este de tip subteran de mare cădere, echipată cu două turbine Francis FVM 78 – 326 respectiv două hidrogeneratoare verticale tip HVS –500 / 164 – 14.

Puterea centralei = 153 MW (2 x 76,5 MW) cu un debit instalat de 55,4 mc/s ( 2 x 27,7 mc/s). Accesul în centrală se face de pe platforma situată pe malul stâng al râului Turnu, la cca 2 km de centrul comunei Turnu-Ruieni, platforma situată la cota 357,00 mdM până la cota 271,4 mdM (nivelul sălii mașinilor) printr-o galerie de acces 900 m lungime, panta 10% spre centrală și o secțiune de 30 mp.

Căderea brută a centralei este de 356 m, energia medie produsă după finalizarea aducțiunilor secundare fiind de 264 GWh/an.

Centrala este tip cavernă betonată cu o lungime de 64 m, lățime de 16,2 m și o înălțime de 38,2 m.

Generatoarele produc energie la tensiunea de 10,5 KV, transmisă prin bare capsulate la transformatoarele de 10,5/121 KV, 90 MVA, câte unul pe grup iar de aici prin cabluri uscate de 110 KV, montate pe o galerie lungă de 315 m în stația de 110 KV racord cu sistemul. Centrala debușează în lacul tampon Zervești printr-o galerie de fugă de 2,7 km lungime și un canal de fugă trapezoidal de 702 m.

Punerea în funcție a treptei Ruieni începe cu punerea sub sarcină a barajului Măru în 1992, rotirea și racordarea la sistem a grupului 2 în 1993 iar a grupului 1 în 1995.

Centrala Ruieni dispune de un sistem modern de monitorizare on line a mărimilor electrice și de stare (192 mărimi analogice: electrice, hidromecanice, vibrații, temperaturi și 384 mărimi de stare).

Lacul tampon Zervești are un volum total de 1,1 milioane mc, fiind gen polder cu digurile din materiale locale cu mască din beton.

#### CENTRALA HIDROELECTRICĂ SUBTERANĂ RUIENI

H = 37 m, L = 60 m, l = 17,5 m

Pi = 140 Mw, 2 turbine Francis

aducțiune principală cu: L = 9842 m

galerie și canal de fugă L = 3430 m

**Căderea Râul Alb** – parte integrantă a amenajării Bistra Poiana Mărului – Ruieni – Poiana Rusca este destinată să valorifice potențialul hidroenergetic al Râului Rece, Râului Alb și a Râului Lung.

Barajul Rusca zăgăzuieste apele Râului Rece afluent de bază al Timișului, cu izvoarele sub Vf.Țarcu 2190 m, este un baraj din beton cu înălțimea de 75 m. Barajul poate acumula în spatele lui cca 17 milioane mc de apă, care este condusă printr-o galerie de aducțiune în lungime de 4273 m și un diametru interior de 3,10 m continuată cu o conductă forțată de 350 m, Feneș - Râul Alb. Centrala Feneș – Râul Alb este de tip puț circular cu nivel sala mașinilor la nivelul solului, urmând a fi echipată cu două generatoare Francis verticale cu P = 18 MW fiecare, debit instalat 20 mc/s și o producție medie de energie de 90 GWh/an.

**Căderea Scorilo:** a treia treaptă a amenajării hidroenergetice Bistra Poiana Mărului Ruieni – Poiana Rusca, sistată temporar ca execuție, urmând a utiliza pentru folosințe energetice apele râului Șucu, în centrala Măru situată aval de barajul Măru, cu restituție în aducțiunea principală Măru-Ruieni.

Barajul ce urma să se construiască, sub denumirea de Scorilo, este din anrocamente cu masca amonte betonată, 87,5 înălțime, creând în spatele lui o acumulare de 25 milioane mc, cu o suprafață de 92 ha. Acumularea urmează să primească aportul a 22 captări secundare cu aducțiuni secundare în lungime totală de 22,8 km. Centrala Măru este proiectată la o putere totală de 2 x 40 MW și o energie medie de 190 GWh.

## **II. Căderea Cerna-Belareca**

Utilizează pentru producția de energie electrică, potențialul hidroenergetic al râului Cerna, ca diferență de bazin între acumularea Valea lui Iovan și 5 km amonte de orașul Herculane, locul de amplasare a barajului.

Amenajarea are în componență 2 căderi:

Căderea Herculane - în funcție din 1988

Căderea Belareca - lucrări începute și sistate din lipsa de fonduri

## **III. Amenajarea Poneasca-Gura Golumbului**

Destinată inițial alimentării cu apă a Termocentralei Anina, devine utilizabilă în scopul producerii energiei electrice în hidrocentrale. În vederea asigurării necesarului de apă pentru Termocentrala au fost proiectate și executate parțial două lacuri de acumulare și 4 stații de pompare.

În ansamblu, dezvoltarea zonei Poiana Mărului a început odată cu Ordonanța de Guvern dată în 1936, cu privire la înființarea celor două stațiuni, Muntele Mic și Poiana Mărului. Interesul pentru această zonă s-a manifestat de pe vremea dacilor, găsimu-se aici numeroase vestigii, dintre care cel mai important este un altar păgân la altitudinea de 1200 m pe versantul nordic al masivului Muntele Mic. Denumită de localnici „Pietrele Scorile”, zona pare a fi fost locul de vânătoare preferat de daci. Pe traseul turistic Muntele Mic - Poiana Mărului, pe valea Scorilo, legenda spune că ar fi îngropat acolo regele dac Scorilo, tatăl lui Decebal (la Sarmizegetusa s-a descoperit celebra inscripție „Decebalus per Scorilo”).

### 2.7.2. Lucrări de exploatare a minereurilor

**Zona Ruschița** este unul din centrele miniere importante și cu tradiție din Munții Poiana Ruscă, cunoscut pentru exploatarea de marmură, minereu de plumb și zinc și minereu de fier. Localitatea se întinde în lungul văii înguste a Padeșului și pe cei doi afluenți principali ai acesteia, Valea Morii și Pârâul Cracul Lung. În versanții abrupti din vest urcă în trepte clădirile celor două flotații de minereu, alimentate direct de garniturile trenurilor subterane care ies la lumina zilei deasupra flotației. La Ruschița marmura albă ne întâmpină de la primul contact cu localitatea. O vedem în gardurile gospodariilor, în fundația caselor, pe drumuri și poduri, deșeurile marii cariere de exploatare fiind piatra de construcție cea mai răspândită din regiune.

Resursele naturale cu care au fost binecuvântați munții din această zonă le constituie metalele și minereurile, fiind vorba de importante zăcăminte de fier, cupru și plumb cunoscute și exploatate încă din perioada romană sau chiar preistorică. Zăcămintele metalifere au o strânsă legătură cu rocile eruptive. Cele mai importante resurse minerale metalifere utile se găsesc cu deosebire în nucleul cristalin al Masivului Poiana Ruscă și în Munții Banatului. Zăcămintele de cupru au constituit una dintre principalele bogății ale subsolului din Munții Banatului, fiind cunoscute în perioada modernă în toată Europa. Alături de acest metal se mai exploatează și minereuri de molibden, mangan, plumb și zinc, titan și bismut [76].

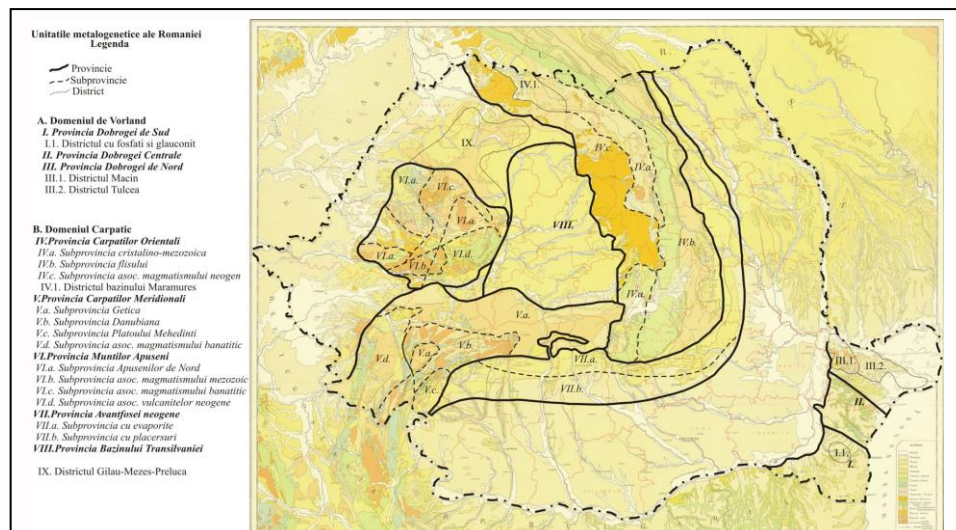


Fig. 2-33. Unitățile metalogenetice ale României

Culoarul Bistra face parte din domeniul carpatic, provincia Carpaților Meridionali, subprovincia de asociere a magmatismului banatic.

Zăcămintele nemetalifere, deși sunt larg răspândite pe raza acestui teritoriu, au fost puțin exploatare. Azbest se află în munții Almăjului, talc sub formă de șisturi talcoase și steatit se află în zona Marga-Voislova, cuarț se află la Delinești, marmură se exploatează la Ruschița și Bocșa (marmura de Ruschița este de o calitate superioară comparabilă cu cea de la Carrara).

### Siderurgia și haldele de steril

Odată cu înființarea oțelăriei în orașul Oțelu Roșu (fost Ferdinand) - în anul 1880, au fost colonizați și atrași spre această zonă un număr important de muncitori. Poiana Mărului a devenit o zonă de exploatare, dar și o zonă de recreere, așa cum o demonstrează fostele trenuri forestiere, la care se atașau vagoane pentru călători. Linia forestieră Zăvoi - Poiana Mărului a fost construită în 1907, iar din 1937 a circulat un automotor cu remorcă (asemănător cu un tramvai).

Atestată în anul 1796, Uzina de la Oțelu Roșu, datorită creșterii producției de fontă și oțel, s-a văzut în situația de a se moderniza și dezvolta în vederea prelucrării oțelului. După laminorul primitiv destinat obținerii de țagle (din care urmau să se obțină prin forjare bandaje pentru roți), uzina a fost dotată cu utilaje de laminare moderne, în 1856 ea dispunând de un laminor de profile ușoare prevăzut cu toate anexele necesare. Din 1865 începe construcția unui laminor prevăzut cu cinci caje pentru laminarea șinelor de cale ferată, laminor ce a intrat în funcțiune în anul 1868. A urmat punerea în funcțiune și a altor laminoare, printre care și un laminor de tablă subțire, în anul 1881.

În 1895, sectorul laminoare de la Oțelu Roșu, conform unui raport întocmit de „Asociația Brașoveană pe acțiuni de mine și metalurgie”, din care făcea parte și această întreprindere (Uzinele de la Oțelu Roșu făceau parte din Societatea Unită Bistrița Ruschita care, din interese financiare o vinde „Primei Societăți bănațene de mine și metalurgie”, societate care în 1859 fuzionează cu „Asociația Brașoveană pe acțiuni de mine și metalurgie”) era alcătuit dintr-un: laminor pentru șine de cale

ferată, platine și țagle, două linii de laminare de profile ușoare și un laminor de bandă subțire.

Cererea sporită de șine de cale ferată, platine și profile a determinat preocuparea pentru modernizare și pentru extindere. Cele două linii de laminare profile ușoare, învechite, au fost înlocuite cu o nouă linie de acelaș profil. A fost montată o cajă degrositoare și una finisoare pentru producerea tablelor subțiri. În 1898 s-a montat o nouă linie de laminare pentru șine de cale ferată, și două cuptoare pentru încălzirea lingourilor în vederea laminării (ce utilizau combustibil gazos obținut prin distilarea lemnului în patru generatoare de gaz). În anul 1903 se dă în exploatare a doua linie de laminare pentru tablă, alcătuită din două caje degrositoare și două caje finisoare, iar atelierul de tablă era prevăzut cu o instalație de zincare și plumbuire.

În anul 1924, Uzinele din Oțelul Roșu trec în cadru Societății „Uzinele metalurgice Unite Titan, Nădlag, Călan SAR”, societate interesată în asigurarea necesarului de laminate din oțel cu forțe proprii, din care motiv și-a dezvoltat capacitatea de producție prin modernizarea și punerea în funcțiune a utilajelor de laminare. Ca urmare, într-o hală nouă, amplasată pe locul vechiului laminor de profile s-a pus în funcțiune în 1925 o linie de laminoare compusă din două caje degrositoare, două caje mijlocii și opt caje finisoare. Laminorul de tablă existent a fost revizuit, îmbunătățit și pus în funcțiune în anul 1924. În componența liniei de laminare pentru tablă intrau câte o pereche de caje (degrositoare-finisoare) pentru laminarea tablelor subțiri și a tablelor de acoperiș, ca și o cajă pentru îndreptarea tablelor recoapte.

În anul 1933 au început lucrările de construcție a unui nou laminor de tablă (care funcționează și în prezent), în hala construită în acest scop montându-se, în afara unor utilaje existente, și unele noi, printre care și o instalație pentru zincarea tablei de acoperiș.

În anul 1934, în locul vechiului laminor de tablă, s-a pus în funcțiune un laminor la rece care a produs benzi cu o lățime până la 200 mm, iar în anul 1935 se pune în funcțiune un laminor de platine pentru încălzirea lingourilor destinate laminării.

Prin măsurile de reorganizare luate după cel de al doilea război mondial se dezvoltă și activitatea în cadrul secțiilor de laminare de la Oțelul Roșu, uzina modernizându-se în continuare în vederea producerii diferitelor sortimente de laminate.

Odată cu Revoluția din 1989 uzina intră într-un declin tot mai accentuat, fiind preluată de diferiți investitori, actualmente fiind sub patronatul unor investitori ruși. Societatea SC GAVAZZI STEEL SA Oțelul Roșu a fost înființată în anul 1999, ca urmare a cumpărării acțiunilor fostei societăți comerciale SOCOMET S.A. Oțelul Roșu. Societatea a funcționat cu intermitențe, între anii 2002-2004 fiind închisă.

Cea mai gravă problemă cu care se confruntă uzina de la Oțelul Roșu este nerespectarea protecției mediului, atât datorită lipsei investițiilor tehnologice performante, cât și dezinteresului manifestat de investitorii care au preluat-o.

Deoarece producția de oțel și fier se bazează pe procese pirometalurgice, poluarea aerului este principala problemă a industriei siderurgice. La numărul mare de gaze eliminate în aer, se adaugă o cantitate considerabilă de praf care conține substanțe periculoase (de exemplu metale grele).

Principala problemă de mediu din acest sector este cauzată de tehnologiile și instalațiile vechi de care dispun cele mai multe oțelării. Investițiile în tehnologie sunt extreme de necesare pentru a îmbunătăți condițiile de mediu.

**În cazul producerii oțelului** conținutul excesiv de carbon împiedică



procesarea ulterioară a fontei iar substanțele care pot influența calitatea oțelului brut, cum ar fi siliciu, fosforul sau sulful, sunt eliminate fie în forma gazoasă, fie sub formă de sediment în cursul procesului de producție. În producerea oțelului se emit:

- gaze și praf conținând CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, F, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, TI, V, Zn, amoniac, fenol, hidrogen sulfurat și cianuri, prezența acestor substanțe depinzând de procesul de producție;
- praf din sistemul de curățare;
- zgură.

Conținutul de praf al gazelor emise din convertizorul de oxigen este între 5 și 50 g/m<sup>3</sup>. Ele conțin și vapori de oxizi de fier și fier neoxidat („fum cafeniu”); compuși cu sulf și fosfor, floruri și, unde se utilizează agent fondant, tetrafluorură de siliciu.



Fig. 2-34. Eliminarea „fumului cafeniu” la oțelăria din Oțelu Roșu

Prin procesul de producție s-au emis în atmosferă o cantitate foarte mare de materie sub formă de pulberi, oxizi, gaze ce au fost transportate la distanțe variabile prin mișcările curenților de aer și depuse pe suprafața aparatului foliar al arborilor, pe vegetația erbacee și pe litiera pădurilor.

Se mai evacuează o cantitate importantă de zgură, moloz, care se depozitează, se încarcă sau se transportă pe halda de pe versantul drept al râului Bistra. În timpul acestor manevre de transport și depozitare se pierd cantități mari de prafuri și zgură din mijloacele de transport care sunt neetanșate și neacoperite. În perioadele cu vânturi puternice materialele depuse sunt transportate pe suprafețele învecinate din fondul agricol. De asemenea, astfel de materiale sunt antrenate și de pe suprafața haldei de steril unde permanent au loc noi depuneri. [186].

## 3 ÎNVELIȘUL DE SOLURI AL BAZINULUI HIDROGRAFIC BISTRA ȘI CALITATEA ACESTORA

### 3.1 Stadiul actual al cercetărilor cu privire la formarea și evoluția solurilor din Banat

Cercetarea pedologică și agrochimică din zona Banatului este legată de întemeierea științei despre sol, ilustrată în primele hărți realizate în țara noastră de Gh. Munteanu Murgoci, Petre Enculescu, Gh. Ionescu Sisești sau cele ale lui Constantin Chiriță (1940) în Munții Banatului.

**Pedogeneza** este rezultatul acțiunii comune a unui număr mare de procese: de dezagregare și alterare, procese chimice, fizice și biochimice.

Primele încercări de explicare a fenomenelor de formare și evoluție a solurilor s-au bazat pe unul sau mai mulți factori de pedogeneză, aproape întotdeauna alții, fapt ce a determinat o multitudine de formulări și concepții.

Problematica generală referitoare la formarea și evoluția solurilor este vastă și foarte diversă, însă cea cu privire la evoluția solurilor din Banat este mult mai restrânsă.

Primele acțiuni de cartare pedologică au fost executate începând cu anul 1951, sub îndrumarea lui I. Stanciu și C.V. Oprea. Printre primele nume care se remarcă în domeniu amintim: D. Teaci, M. Goian, Gh. Rogobete, G. Bandu, E. Lăcătuș, Gh. Chisăliță.

În literatura de specialitate, partea de sud-vest a țării a fost menționată în contextul general al cercetărilor de ansamblu. Fără a considera că au tratat cu predilecție solurile, cu siguranță o parte din cercetători au contribuit la precizarea unor împrejurări în care acestea s-au format și au evoluat. Sunt de remarcat lucrările lui Fr. Grisellini (1779), St. Manciu (1938), A. Savu (1958), V. Mihăilescu (1966, 1969), P. Coteț (1967, 1973), M. Bizerea (1973), Gr. Posea (1974), M. Ielenicz (1987).

Începând din 1959, pe baza unui nucleu format din multe cadre de specialitate, se organizează la Timișoara un laborator zonal de pedologie și agrochimie (Centru de Pedologie și Agrochimie), pentru a răspunde unor necesități stringente în acest domeniu nou de activitate.

În anul 1975, Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice (O.S.P.A.) Timișoara ia ființă în actuala formă de organizare, urmând să-și desfășoare activitatea pe teritoriul județelor Timiș și Caraș-Severin.

Începând cu anul 1970 a fost creată o rețea de câmpuri experimentale proprii, cu caracter de lungă durată, situate în diverse zone pedoclimatice, având ca tematică de cercetare probleme legate de folosirea rațională a îngrășămintelor și amendamentelor, evoluția solurilor sub influența fertilizării și amendării, tehnologii de punere în valoare a terenurilor tasate, alături de activități tehnice de testare a calității semințelor, omologarea soiurilor, protecția plantelor, toate în contextul unor obiective esențiale ale activității de producție și cercetare agricolă.

În această perioadă, alături de nume deja cunoscute, apar nume noi care își vor aduce contribuția în domeniu: I. Pușcă, I. Borza, Gh. Ianoș, D. Tărău, I. Gergen, I. Țimbota, alături de mulți alții.

O parte din cercetători au încercat să deslușească problema evoluției

geologice a solului și subsolului bănățean: St. Mateescu (1936), V. Tufescu (1957), N. Oncescu (1965), Emilia Saulea (1967), Gh. Măhăra (1970), O. Herșcovici (1976). Unul din factorii cel mai frecvent studiat a fost roca. Această problemă a fost abordată de I. Crișan (1958), C. V. Oprea (1956), N. Florea (1966), A. Ionașcu (1971). Originea și răspândirea nisipurilor din Banat a fost cercetată de O. Herșcovici (1972), cea a materialelor coluvionate de C. V. Oprea (1970).

Factorii de solificare au fost studiați de I. Crișan, N. Florea, C.V. Oprea, compoziția mineralogică a materialelor de solificare a fost studiată de Gh. Rogobete, (1979), Gh. Gâță (1983,1985), L. Birăescu (1987).

Influențele hotărâtoare pe care le-au avut apele freatice asupra regimurilor hidrosaline și asupra morfologiei solurilor din Banat au constituit subiectele lucrărilor de cercetare ale lui C. V. Oprea (1956, 1963, 1964, 1968), I. Ujvari (1972). M. Bizerea (1973), A. Ungureanu (1976, 1977, 1980, 1985).

Vegetația, ca factor pedogenetic, a fost cercetată și cartată de Al. Borza (1943), P. C. Popescu (1957, 1960) sau S. Grigore (1978, 1985).

În procesul complex de formare și evoluție a solurilor, întreaga literatură mai sus amintită a fost sintetizată și subordonată, scopului de a explica fenomenul. Contribuții la stabilirea unor laturi ale evoluției procesului pedogenetic le-au avut: C. V. Oprea (1954, 1956, 1957, 1958, 1960, 1961, 1962, 1968), P. Stănescu (1962), I. Crișan (1962), N. Florea (1964), I. Munteanu (1969), I. Drăgan (1969), Gh. Ianoș (1978, 1982, 1985, 1992, 1993), M. Goian (1993).

Cercetarea și ameliorarea proprietăților fizice și hidrofizice ale solurilor din Banat au fost abordate de: C. V. Oprea (1963, 1967, 1968), S. Bălan (1967), N. Onu (1969, 1972, 1987, 1993), P. Stănescu (1978), Iulia Anastasescu (1976), I. Vlas (1972), M. Cosma (1974), I. Drăgan (1969, 1972, 1987), Gh. Ianoș (1987, 1993), Gh. Rogobete (1985, 1989, 1991), I. Pușcă (1987, 1993), I. Nemeș (1991), T. E. Man (1992).

O parte din cercetători au abordat proprietățile chimice ale solului: C. V. Oprea (1954, 1958, 1961, 1962, 1969, 1970, 1971), N. Florea (1962, 1970), I. Drăgan (1972), Gh. Ianoș (1991).

Asupra proprietăților determinate de fertilizări ale solurilor și-au îndreptat atenția nu numai pedologi, ci și unii cercetători din domeniul agricol, care prin experimentele lor au transmis o serie de idei privind evoluția acestor soluri în contextul unor intense intervenții antropice. Pot fi amintiți Ir. Staicu (1962, 1965), C. Cojocaru (1968, 1980), M. Rusu (1969), L. Sâmbotin (1986), I. Borza (1981, 1984, 1992), M. Goian (1993), I. Rusu (1993), Gh. Ianoș (1992).

Asupra originii și surselor de oligoelemente din sol și necesitatea fertilizării cu astfel de nutrienți și-au îndreptat atenția M. Goian (1968, 1969, 1970, 1971, 1981, 1987, 1991, 1993), I. Gergen (1979, 1984, 1985, 1992), R. Lăcătușu (1992), Gh. Ianoș (1992), I. Borcean (1993).

Preocupări asupra întocmirii hărților de soluri ale Banatului au apărut relativ târziu, după 1970, odată cu încheierea primului ciclu de cartare pedologică.

În 1970 este cartată prima hartă de soluri a județului Timiș pe baza studiilor executate în perioada anilor 1955-1970.

În 1978 Gh. Ianoș și I. Gergen execută un studiu detaliat și o hartă a solurilor pentru județul Caraș-Severin, pe baza datelor strânse între anii 1960-1975.

În 1993, pe baza informațiilor culese din cel de-al doilea ciclu de cartare pedologică (1970-1993), Gh. Ianoș, I. Pușcă și D. Țărău refac harta de soluri a județului Timiș.

Fixarea în spațiu a arealelor cu stări de asigurarea cu nutrienți a fost

efectuată mai întâi de I. Crișan, et al., (1969).

În 1979, O. Dejeu et al. întocmesc trei hărți cu privire la reacția și starea de asigurare a solurilor agricole din județul Timiș cu fosfor mobil și potasiu mobil.

## 3.2 Caracterizarea unităților teritoriale de sol. Studii pedologice realizate pe teritoriul studiat (Obreja, Glimboca, Oțelu Roșu)

### 3.2.1 Caracterizarea unităților teritoriale de sol

*Unitatea teritorială de sol* reprezintă modul sub care se întâlnește în natură, într-o anumită regiune, o unitate taxonomică de sol. Unitatea teritorială de sol se referă atât la nivelul de clasificare cât și la denumirea solului conform nomenclurii și criteriilor stabilite prin sistemul român de clasificare a solurilor elaborat de Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie București.

Unitatea teritorială de sol include areale caracterizate prin proprietăți și însușiri morfologice, fizice, chimice, mineralogice, biologice și agroproductive similare care variază în limite reduse.

Unitatea teritorială de sol este caracterizată prin fișa profilului reprezentativ în care sunt incluse toate datele referitoare la însușirile arealului de sol privind localizarea spațială, condiția naturală de evoluție, relief, microrelief, pantă, expoziție, adâncimea apei freatice, vegetație, aspecte exterioare ale solului și influențele antropice existente în arealul studiat.

Fiecare unitate de sol este caracterizată din punct de vedere morfologic pe orizonturi de sol privind textura, culoarea, structura, scheletul, umiditatea, consistența, plasticitatea, adezivitatea, compactitatea, cimentarea, porii, fisurile și neoformațiunile.

Pentru *tipul și subtipul de sol* se folosesc simbolurile din „SRTS 2003”. Varietatea de sol este redată printr-un simbol alcătuit din litere mari și litere mici exprimând anumite caracteristici sau proprietăți ale solului (gleizare, pseudogleizare, salinizare, alcalizare sau debazificare, adâncimea de apariție a carbonaților, grosimea solului, gradul de eroziune a solului) însoțite de indici cifrici care exprimă intensitatea de manifestare a acestora.

Simbolul *familiei de sol*, care se referă la materialul parental, este alcătuit dintr-un grup de una sau două litere majuscule (sau două cifre) indicând grupa de material parental (natura) și una sau două litere minuscule (sau cifre la index) indicând clasa granulometrică simplificată a materialului parental.

*Specia de sol* se notează cu litere mici (sau cifre) reprezentând clasele texturale la care atunci când este cazul, se adaugă simbolurile  $g_1$ - $g_5$  indicând conținutul de schelet.

Se indică atât textura în orizontul Ap sau în primii 20 cm, cât și cea pe profil (în orizontul Ac sau prima parte a orizontului B) despărțite printr-o linie oblică.

Toate datele prezentate în fișa unității teritoriale de sol și în fișa profilului reprezentativ pun la dispoziție elementele cadru de sporire a capacității de producție a terenurilor.

*Profilul de sol*, denumit și *profil pedogenetic*, este constituit dintr-o succesiune de *orizonturi pedogenetice* desfășurate pe adâncime, de la suprafața

### 3.2. Caracterizarea unităților teritoriale de sol 61

terenului și până la roca de solificare sau materialul parental nealterat (Filipov și Lupașcu, 2003).

Solul, privit în secțiune transversală de la suprafața terenului până la roca de solificare netransformată, apare sub forma unor straturi relativ paralele cu suprafața terenului și care se deosebesc între ele ca aspect morfologic. Aceste straturi s-au diferențiat în decursul procesului de formare a solului și sunt denumite *orizonturi pedogenetice*.

Studiul și descrierea morfologică a profilului de sol și a orizonturilor pedogenetice din care este alcătuit are o mare însemnătate din punct de vedere practic și teoretic în ceea ce privește determinarea și descrierea însușirilor de bază ale solului și evidențierea unor aspecte referitoare la geneza, evoluția, ameliorarea și utilizarea optimă a acestuia.

După Gh. Munteanu Murgoci profilul de sol rămâne cel mai important criteriu pentru stabilirea originii și evoluției solului. Toate sistemele de clasificare ale solurilor (Soil Taxonomy, F.A.O.-U.N.E.S.C.O., W.R.B.) au la bază însușirile intrinseci ale solului exprimate prin caracteristicile pedomorfologice ale profilului de sol.

Caracterizarea și descrierea unei unități teritoriale de sol se realizează cu ajutorul profilelor principale de sol care conțin elementele de bază pentru determinarea însușirilor solului.

*Profilele principale* de sol au următoarele dimensiuni: 2 m lungime, 1 m lățime și 2 m adâncime (fig. 3-1). Din acestea se recoltează probe de sol pentru analizele fizice și chimice necesare la stabilirea însușirilor solului.

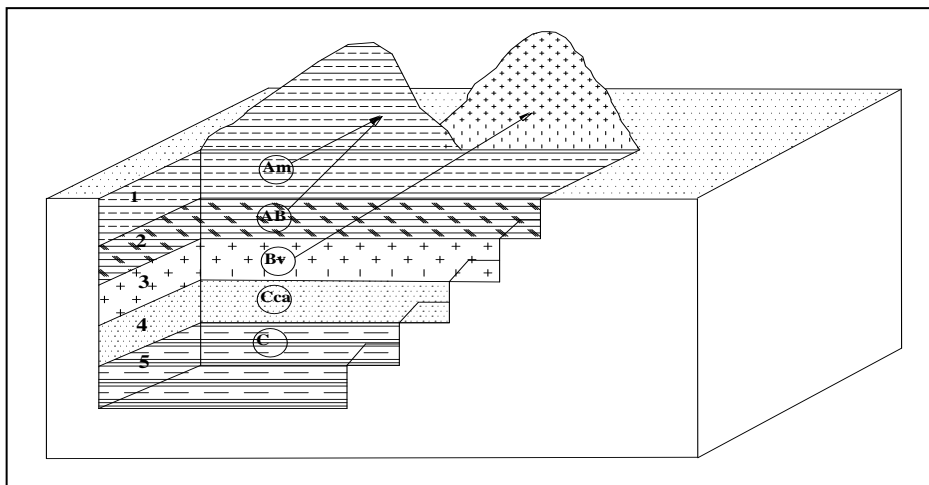


Fig. 3-1. Profilul unui sol (1,2,...5 – ordinea de prelevare a probelor de sol; Am, AB, Bv, Cca și C – orizonturile pedogenetice)

*Profilele secundare* se execută pe o adâncime cuprinsă între 90 și 160 cm pentru a aprecia extinderea arealului unui tip de sol.

*Profilele de control* se execută pentru delimitarea în teren a unităților de sol identificate și caracterizate prin profilele principale și secundare.

### 3.2.2 Conținutul studiilor pedologice

Prin datele pe care le furnizează un studiu pedologic, acesta constituie documentația de bază pentru stabilirea măsurilor de protecție, ameliorare și folosire rațională a solurilor în scopul sporirii producției vegetale. Scopul principal al unui studiu pedologic este cel de a cunoaște, din punct de vedere științific, resursele de sol ale teritoriului, caracterizarea și clasificarea solurilor pe baza însușirilor morfogenetice, fizice, chimice și mineralogice.

### 3.2.3 Lucrări necesare elaborării studiilor pedologice

Solul, ca obiect de cercetare, are anumite particularități care își pun amprenta asupra modului în care acesta poate fi studiat: studiul său poate fi realizat doar prin deschiderea unor profile pedologice care să permită examinarea orizonturilor de sol, a proceselor pedogenetice, ca și a schimburilor de substanță care au loc. Solul este studiat sub aspectul caracteristicilor morfologice, al însușirilor intrinseci, dar sunt descrise și condițiile, respectiv factorii pedogenetici care au concurat în formarea diverselor tipuri de sol. Diagnoza de teren este apoi verificată prin intermediul analizelor de laborator.

Realizarea unui studiu pedologic necesită mai multe faze de lucru: o fază pregătitoare în birou (pentru documentarea tehnică, stabilirea scopului, a obiectivelor, a programului și metodelor de lucru), o fază de teren, alta de laborator și cea finală, de birou.

#### 3.2.3.1 Lucrări în faza de teren și laborator

Faza de teren în ceea ce privește elaborarea unui studiu pedologic cuprinde recunoașterea pedologică a terenului, cercetarea profilelor de sol, înregistrarea datelor și a observațiilor privind condițiile naturale, separarea unităților de sol și prelevarea probelor.

Faza de laborator presupune efectuarea analizelor probelor recoltate pentru stabilirea proprietăților fizice și chimice ale teritoriului cercetat.

#### 3.2.3.2 Lucrări în faza de birou

În faza de birou se sistematizează datele de teren, se prelucrează și se interpretează materialul obținut în urma cercetărilor de teren și laborator și se finalizează rezultatele prin elaborarea studiului pedologic în ansamblu [95].

## 3.3 Rolul factorilor de solificare asupra calității solurilor

*Solul* este rezultatul acțiunii îndelungate a organismelor vii asupra rocilor, acțiune ce se desfășoară în diferite condiții de climă și relief. În formarea solului intervin următorii factori de pedogeneză: rocile, organismele vii, clima, relieful, apele freactice și timpul, la care se adaugă activitatea omului (factorul antropic). Teoria despre rolul factorilor de mediu (climă, relief, rocă, vegetație) în formarea

solurilor îi aparține lui V.V. Dokuceaev care a stabilit pentru prima dată că formarea și evoluția învelișului de sol se produce într-o strânsă interacțiune cu condițiile pedogenezei. El arată că „solurile sunt formațiuni naturale, mineral-organice care au originea lor, peste tot și întotdeauna fiind rezultatul acțiunii concomitente a rocii mame, organismelor vii și moarte, vârstei și reliefului”.

*Factorii pedogenetici* sunt factori de formare a solului, prin a căror acțiune și participare se formează învelișul de sol. Formarea solului apare ca rezultat al interacțiunii complexe ce are loc în partea superioară a litosferei cu biosfera, atmosfera și hidrosfera.

Factorul *litologic* intervine în desfășurarea proceselor pedogenetice și în proprietățile solurilor, îndeosebi prin compoziția chimico - mineralogică, gradul de consolidare și alcătuirea granulometrică a rocilor. Gradul de consolidare sau de afânare a rocilor se reflectă pregnant în caracteristicile scoarței de alterare. Alcătuirea granulometrică a materialului parental al solurilor exercită o puternică influență asupra procesului pedogenetic, asociindu-se cu compoziția chimică. Contribuția rocii și a materialului parental la formarea și alcătuirea solului este dată de aportul de elemente chimice, ca urmare a alterării mineralelor primare.

*Materialul parental* are rolul principal în formarea și însușirile unui anumit tip de sol. În aprecierea dezvoltării profilului este necesară definirea și evaluarea stării inițiale a materialului de sol la fiecare orizont. Granulometria, compoziția mineralogică și chimică a rocilor și materialelor parentale se imprimă în alcătuirea proprietăților solului [110].

*Relieful* este unul din principalii factori care condiționează procesul de solificare, de repartitie și diferențiere a solurilor, deoarece în funcție de acesta, se etajează clima, se alterează roca, se distribuie sau se zonează vegetația.

Relieful influențează direct sau indirect geneza solurilor. Rolul direct se manifestă mai ales în regiunile cu relief accidentat, prin diferite procese geologice: eroziune, alunecări, sortare de sedimente, participând la formarea materialului parental al solului sub aspectul granulometriei, grosimii și stabilității solului.

Rolul indirect constă în umezirea și încălzirea inegală a diferitelor părți a formelor de relief ceea ce determină importante schimbări în covorul vegetal și implicit în învelișul de sol [110].

Mezorelieful și microrelieful intervin în procesele de circulație și acumulare a apei, formând soluri variate ca regim hidric și stadiu de evoluție.

Acțiunea exercitată de *climă* începe încă din faza care precede solificarea propriu-zisă, iar după o îndelungată influență, solul ajunge să reflecte condiția climatică prin modul și intensitatea de alterare a părții minerale, prin intensitatea de spălare a unor constituenți minerali, prin natura și intensitatea descompunerii materiei organice.

Rolul *vegetației ierboase și lemnoase* de pădure și luncă, în procesele de pedogenează este diferit în cuprinsul zonei studiate. Formațiunile vegetale ierboase (pajiști de silvostepă, din zona forestieră) lasă în sol o cantitate mare de resturi organice, care provin fie din părțile aeriene ale plantelor, fie mai ales din sistemul lor radicular. În zonele cu vegetație de silvostepă, are loc, atât din cauza conținutului mic de substanțe la descompunere, cât și ca urmare a intensei activități a microorganismelor, o transformare rapidă a materiei organice brute, cu formare și acumulare moderată de humus și cu eliberare de baze. În schimb, pajiștile din zona forestieră aduc în sol cantități mai mici de resturi organice, iar activitatea microbiologică este mai puțin intensă din cauza climatului.

*Apa* constituie un factor pedogenetic numai în situațiile în care umezește permanent sau periodic profilul de sol sau o parte a acestuia, peste capacitatea de

## 64 Învelișul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

câmp pentru apă, determinând procese fizico-chimice și biochimice deosebite de acelea caracteristice solurilor neafectate de apă în exces [109]. Datorită climei temperat-continentale, supraumezirea prin apa stagnantă duce la formarea solurilor pseudogleice și pseudogleizate. Acest fenomen se întâlnește în zonele cu un slab drenaj extern și cu o permeabilitate redusă a materialului parental sau al orizonturilor de sol. Bilanțul pozitiv al apei în sol determină o supraumezire temporară, atât a orizontului greu permeabil cât și a celor de deasupra, condiții în care se produce pseudogleizarea.

*Timpul*, ca factor pedogenetic, este considerat în ideea în care de durata fenomenelor care au loc în cadrul acestui proces depind în bună măsură însușirile solurilor. În condițiile specifice de evoluție a teritoriului României, nu se constată încă o corespondență strictă între vârsta diferitelor unități naturale și cea a solurilor. În zona cercetată solurile cele mai puțin evoluat se găsesc în cadrul celor mai tinere unități naturale, în luncile râurilor.

Influența *activității omului* asupra formării și evoluției solurilor este foarte vastă. Unul din modurile cele mai des întâlnite de intervenție a omului în peisaj este înlocuirea unei vegetații cu alta. O altă acțiune ce determină modificarea sensului de pedogeneză este cultivarea intensă a terenurilor și influența lucrărilor agrotehnice [109]. Aplicarea incorectă a lucrărilor solului amplifică degradarea prin eroziune accelerată și alunecări de teren. În ultima vreme, în agricultura modernă se utilizează tot mai multe produse chimice, care printr-o aplicare incorectă aduc nu doar o diminuare a recoltelor, cât și importante perturbații ale proprietăților solurilor.

### 3.4 Principalele procese pedogenetice funcție de condițiile naturale din zonă

#### 3.4.1 Alterarea și eluvierea

Alterarea este un proces general care participă la formarea tuturor solurilor.

În condițiile unor forme de mezorelief și microrelief diferite, într-un regim hidric cu apă freatică între 0,7-2 m în luncă, 3-10 m pe terase și peste 10 m în zona de deal, procesele de formare a solurilor prezintă particularități specifice. Astfel, circulația descendentă a apei pluviale a favorizat procesele de *alterare* și *levigare* din zona de terase și din dealurile piemontane. Carbonații de calciu au fost spălați complet de pe profilul de sol și depuși probabil într-un orizont de acumulare la adâncimi de peste 200 cm [124].

Datorită climei umede și vegetației ierboase bine dezvoltată, orizontul Aom (A ocric-molic) este bine reprezentat cu un conținut ridicat de humus (2,52%), dar cu o rezervă mică din cauza grosimii reduse a profilului. De asemenea conținutul de potasiu este mare, dar nesemnificativ din aceleași motive. Din cauza prezenței rocii dure aproape de suprafață, permeabilitatea și porozitatea de aerajie prezintă valori foarte mici.

Eluvierea - iluvierea începe cu sărurile din materialele parentale sau cu cele formate în procesul de solificare. Pentru început sunt eluviate sărurile ușor solubile (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), urmează cele cu solubilitate medie (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) și apoi cele greu solubile (CaCO<sub>3</sub>).

În afară de săruri sunt supuse procesului de eluviere - iluviere și unele componente ale solului care formează în contact cu apa suspensii (substanțe coloidale).



### 3.4. Principalele procese pedogenetice 65

Levigarea carbonatului de calciu și a argilei coloidale a fost urmată de o parțială debazificare a complexului argilo – humic. Coloizii, în mare parte saturați în cationi bazici au fost levigați și acumulați sub orizontul de humus, formând un orizont *Bt* (orizont B argic).

Când migrarea argilei este intensă, deasupra orizontului *Bt* se formează un orizont eluvial, care este sărăcit în coloizi și conține mai ales particule grosiere. În cazul în care sărăcirea în coloizi și îmbogățirea în particule grosiere este accentuată, acest orizont se numește eluvial albic, notat *Ea*, iar dacă aceste procese sunt mai reduse ca intensitate, orizontul se numește eluvial luvic, notat *El*.

Formele slab înclinate de la limita dintre terase și deal (în nordul teritoriului) sau luncă și deal (în sudul teritoriului), cu drenaj extern slab, se află sub influența unei cantități mai mari de apă pluvială sau din izvoarele de coastă de la baza versanților. În aceste condiții procesul levigării, debazificării, acidifierii și migrării coloizilor fiind mai intens, a avut loc formarea orizontului *El* (*E* luvic) sărăcit în argilă și materie organică, caracteristic luvosolurilor.

Pe terasele de pe malul drept al Bistrei și pe dealurile din sudul teritoriului, aflate sub influența unei cantități mai mari de precipitații și cu un climat mai răcoros, a avut loc o manifestare mai puternică a procesului de *eluviere*. Astfel, alterarea, levigarea, debazificarea, acidifierea, migrarea coloizilor au fost mai intense. Ca urmare a rezultat un orizont *Bt* mai gros și mai argilizat (35-38% argilă coloidală), iar deasupra acestuia un orizont *Ea* (eluvial albic), mai sărăcit în argilă (16-20% argilă coloidală) și materie organică decât orizontul *El* al luvosolurilor și de culoare albicioasă, de unde și denumirea de *luvosol albic*. Aceste soluri ocupă o suprafață foarte mare, de 2904 ha.

Datorită diferențierii texturale și mai accentuate, unele dintre proprietățile luvosolurilor albice sunt mai puțin favorabile decât la luvosolurile tipice. Conținutul de humus este mai redus, gradul de saturație în baze este mai mic (până la 36%) și pH-ul mai acid (4,5-5,6%).

#### 3.4.2 Gleizarea și stagnogleizarea

Procesele de gleizare și cele stagnice se manifestă în condițiile unui exces permanent sau periodic de umiditate. Acest exces de umiditate se poate datora apelor freatice aflate la suprafața solului, sau precipitațiilor care se acumulează deasupra unui strat impermeabil de sol. Excesul prelungit de umiditate imprimă proceselor chimice ce au loc în sol un pronunțat caracter de reducere.

Pe măsură ce procesele pedogenetice au evoluat, odată cu bazele eliberate din descompunerea materiei organice, au fost spălați spre adâncime și coloizii minerali, argile și sescvioxizi, care s-au acumulat într-un orizont mai compact. A apărut astfel o diferențiere a orizonturilor din ce în ce mai pronunțată, orizontul *Bt* devenind treptat impermeabil din cauza argilozității accentuate. În acest caz circulația descendentă a apei a fost îngreunată, stagnarea ei în sol generând procese de *pseudogleizare* (proces stagnice) [124].

Din cauza mineralizării celei mai mari părți din resturile organice ce s-au depus anual la partea superioară a solului, s-a format o cantitate redusă de humus în care predomină acizii fulvici asupra celor huminici, de unde culoarea brun-gălbui a orizontului *Ao* (*A* ocric) [64].

Procesele de gleizare duc la formarea unui orizont specific, denumit *orizont gleic*, notat *G*. Acest orizont poate fi determinat mai ales de procese de reducere care au loc în condiții de umiditate permanentă, în acest caz fiind denumit *orizont*

*gleic de reducere (Gr)*, sau poate fi determinat de un exces de apă mai puțin accentuat, în acest caz fiind denumit *orizont gleic de oxido-reducere (Go)*.

În funcție de intensitatea proceselor de reducere determinate de excesul de apă acumulată din precipitații, se diferențiază două tipuri de orizonturi specifice denumite *orizonturi stagnice*. Acestea pot fi *orizonturi stagnogleice (W)* caracterizate prin culori predominante de reducere (verzui, albăstrui, vineții) determinate de excesul prelungit de umiditate și *orizonturi stagnogleizate (w)*, caracterizate prin culori de reducere și oxidare (pete verzui, vineții, albăstrui, determinate de procesele de reducere și pete roșiatice, ruginii, gălbui, determinate de procesele de oxidare).

Datorită drenajului extern defectuos și existenței orizontului Bt impermeabil, procesele de pseudogleizare sunt prezente, manifestându-se pe profilul de sol prin intensități diferite ale culorii vineții neutrale. Proprietățile fizice, fizico-mecanice, hidrofizice și de aerăție ale acestor soluri sunt puțin favorabile creșterii și rodirii plantelor. Regimul aerohidric este defectuos. Apa din precipitații străbate ușor orizonturile superioare, dar greu pe cel argilos; în perioadele umede prezintă exces de apă, iar în cele secetoase deficit de apă. Au puțin humus și este de calitate inferioară. Aprovizionarea cu substanțe nutritive este slabă.

Grosimea redusă a solului din luncă se datorește deselor inundații ale Bistrei care au spălat solul fertil și au acoperit cu depozite de prundiș și bolovăniș suprafețe întinse. În aceste condiții s-au format soluri semiprofunde adesea slab sau moderat scheletice.

Pe versanții puternic înclinați (20-25%), apa din precipitații care s-a scurs de-a lungul pantei a antrenat cu ea materialul de sol, ducând la îndepărtarea aproape completă a profilului de sol. Așa s-au format *erodosolurile litice*, soluri ce suferă de deficit de umiditate din cauza scurgerii rapide a apei pe pantă. Fenomenele de pseudogleizare lipsesc sau sunt de mică intensitate [124].

### 3.4.3 Feroliza

Conform Dicționarului de Știința Solului, *feroliza* este un proces de pedogeneză ce constă „din reacții de schimb cationic în care este implicat și fierul care au loc în cicluri de oxido-reducere repetate într-un mediu în care perioadele uscate alternează cu perioade umede. În faza anaerobă fierul feros înlocuiește cationii de schimb care sunt spălați, iar în faza aerobă ionii de hidrogen înlocuiesc fierul feros conducând la destrucția parțială a mineralelor argiloase” [24].

Circulația apei în profunzime este lentă, conducând la proprietăți stagnice în partea inferioară a orizontului albic. Aceasta crează condiții de reducere care favorizează destrucția ferolitică a mineralelor argiloase [13].

Florea, într-o lucrare recentă, afirmă că în urma proceselor de eluviere - iluviere a argilei se formează orizontul Bt prin depunerea particulelor fine de argilă, cu scăderea progresivă a permeabilității solului. Aceasta atrage după sine stagnarea temporară a apei și „se formează astfel orizonturi stagnogleice prin procese de feroliză”. Același autor consideră că procesele de reducere se produc în prezența materiei organice (principalul donator de electroni în sol și material pentru microorganisme), absența oxigenului și prezența microorganismelor anaerobe. După perioada ploioasă devin predominante procesele de oxidare a  $Fe^{2+}$  și  $Mn^{2+}$ , oxigenul devenind principalul acceptor de electroni. Prin jocul acestor procese de reducere și oxidare se ajunge la o mobilizare și redistribuire a compușilor de fier și

mangan cu deplasarea lor și acumularea în pete și concrețiuni [36].

Pentru că potențialul reducător al  $\text{Fe}^{3+}$  din sol este mai mic decât al  $\text{Mn}^{3+}$  sau  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  apare în solurile cu apă stagnantă mai târziu. Introducerea unor ape oxigenate cauzează o rapidă oxidare a  $\text{Fe}^{2+}$  cu precipitare sub formă de hidroxid feric, la  $\text{pH} > 6$ . În solurile aerate și cu  $\text{pH} \geq 7$  persistă doar câteva minute. În condiții oxidative cele mai stabile forme ale fierului sunt oxizii și hidroxizii ferici. În diferite zone însă, chiar în solurile aerate pot să apară fenomene de reducere a ionului de fier de către substanțe organice sau datorită slabei difuzii în micropori a  $\text{O}_2$ .

Complexele organo-minerale (acizii humici și fulvici) cu metalele sunt prioritar legate cu  $\text{Fe}^{3+}$  sau  $\text{Fe}^{2+}$ , astfel că raportul  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  este cel care determină potențialul redox al soluției. Tendința este de micșorare a potențialului redox pentru că prin complexare se stabilizează starea oxidată a fierului. Dacă într-un sistem se adaugă un ligand capabil să formeze complecși solubili cu  $\text{Fe}^{3+}$ , o parte a  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  va fi dizolvată și crește cantitatea totală de  $\text{Fe}^{3+}$  solubil. Totuși pentru că dizolvarea nu afectează activitatea ionilor liberi de  $\text{Fe}^{3+}$  și  $\text{Fe}^{2+}$ , potențialul redox nu va fi afectat de liganzi.

În multe soluri un nivel fluctuant al apei freatice sau o alternanță a stagnării apei în profil creează condiții alternante anaerob – aerobe. În perioada umedă ionii oxidați de fier se reduc în prezența materiei organice furnizoare de electroni.

Întrucât  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  este o sare solubilă care poate fi levigată din sol va exista tendința de acumulare a  $\text{Fe}^{2+}$  pe măsura pierderii bazelor. Îndată ce solul se drenează și domină condițiile aerobe, oxidarea  $\text{Fe}^{2+}$  generează soluri acide.

Procesul global al acidifierii solului prin alternarea reducerii și oxidării fierului este denumit *feroliză*. Atunci când nivelul apei tinde să rămână „fixat” într-o poziție specifică în profilul de sol, la interfața zonei anaerobe cu zona aerobă se formează un orizont al oxizilor de fier. În special magnetitul,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , este oxidul dominant, el având și  $\text{Fe}^{3+}$  și  $\text{Fe}^{2+}$ , astfel că apare la  $\text{pH} \geq 6$  într-un domeniu îngust al  $p_e$  (activitatea virtuală a electronului) la interfața formelor de Fe oxidate și reduse. Acumularea acidității la suprafața solului prin feroliză este un proces localizat, favorizat de separarea  $\text{Fe}^{2+}$  generator de aciditate de bicarbonații alcalini acolo unde aceștia pot migra în afara profilului de sol. Micșorarea concentrației ionilor diminuează și forțele de reținere a particulelor argiloase, astfel că argila este transportată prin crăpături și pori în subsol, unde flocoază și se depune ca pelicule pe fețele elementelor structurale. În orizonturile slab permeabile soluția solului cu ioni de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  se deplasează lateral. O parte din ionii înlocuiți ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , etc.) formează interstraturi în mineralele argiloase (clorite) cu descreșterea capacității de schimb cationic. Hidrogenul fixat prin feroliză pe coloizi induce o dizolvare parțială a straturilor octaedrice și destabilizează mineralul cu eliberarea silicei care se deshidratează în perioada uscată și devine insolubilă [143].

### 3.5 Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale

Solurile din perimetrul studiat s-au format și au evoluat în condițiile unui climat temperat continental moderat (temperaturi de 9-10°C, precipitații de 800-1000 mm în deal și 10-11°C, respectiv 700-800 mm în luncă), sub o vegetație de quercineae la deal și de zăvoi în luncă, pe seama unor materiale parentale destul de eterogene [60].

## 68 Învelişul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Predominante în cadrul culoarului depresionar Bistra, pentru zona de luncă - sunt aluviosolurile, pe terase - luvisolurile, iar în zona deluroasă - districambosolurile.

Studiul învelișului de sol al culoarului cercetat s-a făcut pornind dinspre izvoarele Bistrei, spre lunca râului. Din analiza în teren și ulterior din cea a profilelor de sol, s-a evidențiat o mare diversitate a tipurilor de sol întâlnite, dar în lucrarea de față sunt datele analitice pentru profilele considerate reprezentative pentru tema studiată.

În continuare voi încerca să cuprind câteva caracteristici importante ale tipurilor de sol din cadrul teritoriului cercetat, alături de caracteristicile fizice și chimice ale celor mai importante profile de sol studiate.

Pentru o mai bună sistematizare, am procedat la a grupa tipurile de sol întâlnite, în clasele din care fac parte.

Două dintre profilele ce constituie baza de început în ceea ce privește analiza sub aspect pedologic al cadrului cercetat sunt prezentate separat, tocmai pentru a ilustra importanța acestora și totodată faptul că ele reprezintă fondul genetic pe care s-au format și au evoluat celelalte tipuri de soluri ce se regăsesc în această lucrare.

**Primul profil**, săpat pe Valea Bistrei, la altitudinea de circa 950-1000 m, sub o vegetație de pădure de molid, cu un covor de ferigi (*Polypodium sp.*), măcrișul iepurelui (*Oxalis acetosela*), mușchi (*Sphagnum sp.*) este cel al unui **districambosol tipic**, dezvoltat pe roci magmatice de tip granitoid (granitoide metamorfozate).

Succesiunea orizonturilor acestui profil de sol este următoarea: un orizont organic, O, diferențiat într-un suborizont de fermentație, Of, în primii 3 cm și un suborizont humic, Oh, situat între 3-10cm, urmat de un orizont A ocric, Ao, situat între 10-23 cm, ce prezintă o structură poliedrică mică și o textură luto-nisipoasă; un orizont de tranziție AB între 23-30 cm; un orizont B cambic, Bv, până la 85 cm, acesta prezintă o structură poliedrică moderată, cu fragmente de rocă, textură argilo-nisipoasă.

**Tabel 3-1. Profilul districambosolului de pe Valea Bistrei**

ORIZONTURI	Ao	Bv
Adâncimi(cm)	10-23	30-85
P total(%)	-	-
P mobil(ppm)	14,5	12,5
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	42,3	49,7
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	32,1	31,5
Praf (0,02-0,002 mm) %	18,2	14,4
Argilă %	7,4	4,4
pH în (H <sub>2</sub> O)	4,89	4,93
Humus (%)	2,53	1,80
Cap. de schimb cationic (T, me)	9,63	6,04
Grad de saturare în baze (V, %)	17,03	12,08
SB (me la 100 g sol)	1,64	0,73
SH (me la 100 g sol)	7,99	5,31
Potasiu mobil (ppm)	92	86
Azot total (%)	0,22	0,14

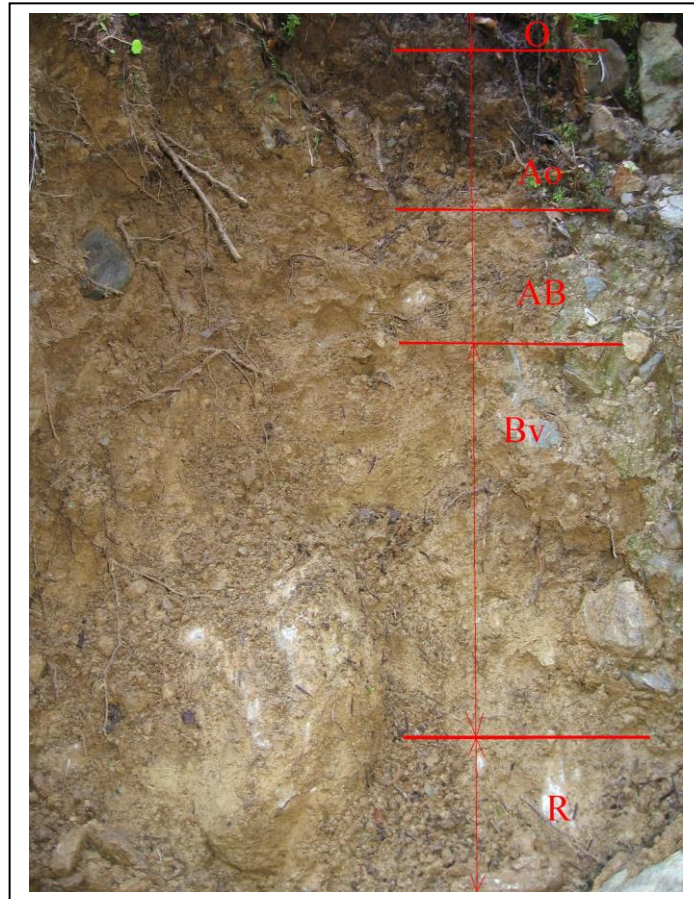


Fig 3-2. Profilul districambosolului de pe Valea Bistrei

Al doilea profil important pentru această lucrare îl constituie cel al unui **aluviosol epischeletic**, săpat pe Valea Bucoviței, afluent al Bistrei, la altitudinea de circa 250m, pe terasa Bistrei, în apropierea pâraului Bucovița, la marginea unei culturi de cartof.

Sucesiunea orizonturilor acestui profil de sol este următoarea: un orizont A ocric, Ao, în primii 23 cm, un orizont de tranziție A/C, între 23-34 cm și un orizont C, până la adâncimea de 55 cm. Pe întreg profilul textura acestuia este de tip scheletic, mai puțin în orizontul Ao, unde acesta are o structură grăunțoasă.

**Tabel 3-2. Profilul aluviosolului scheletic de pe Valea Bucoviței**

ORIZONTURI	Ao	A/C	C
Adâncimi(cm)	0-23	23-34	34-55
P total(%)			
P mobil(ppm)	22,2	29,5	25,0
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	40,7	33,6	73,1
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	42,3	49,3	21,1
Praf (0,02-0,002 mm) %	13,8	13,7	5,4
Argilă %	3,2	3,4	0,4
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,72	5,92	6,22
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-
Humus (%)	3,00	1,92	1,38
Cap. de schimb cationic (T, me)	11,95	10,27	3,80
Grad de saturare în baze (V, %)	66,60	75,48	64,47
SB (me la 100 g sol)	7,14	7,76	2,45
SH (me la 100 g sol)	4,45	2,52	1,35
Potasiu mobil (ppm)	70	66	66
Azot total (%)	0,25	0,17	0,10

După prezentarea acestor profile de sol ce reprezintă, așa cum spuneam, punctul de plecare pentru cercetarea de față, am trecut la gruparea celorlalte tipuri de sol întâlnite în clase de sol. Am încercat să expun oarecum în ordinea evoluției, de fapt, a complexității lor, tipurile de sol regăsite, fără a insista asupra subtipurilor și varietăților de sol, considerate de mai puțină importanță pentru tema studiată.

### 3.5.1 Clasa protisoluri

Clasa *protisoluri* cuprinde soluri diversificate, aflate în curs de formare, ale căror profile nu au orizonturi foarte bine conturate. Sunt soluri a căror formare este determinată de caracteristicile terenului. În teritoriul studiat au fost identificate ca aparținând acestei clase de sol următoarele tipuri de sol: litosoluri, regosoluri, aluviosoluri.

*Litosolurile*, cu orizont R în primii 20 cm, ocupă o suprafață de 267,0 ha și au fost întâlnite pe pășunile cu pantă între 25-35%. S-au format pe roci eruptive dure care au determinat o foarte slabă manifestare a procesului de solificare. Proprietățile fizice, hidrofizice și chimice rele ale acestor soluri fac ca fertilitatea litosolurilor să fie foarte scăzută. Răspândirea lor pe terenuri în pantă le face improprii pentru agricultură, cele mai mari suprafețe fiind ocupate de pajiști.

**Tabel 3-3. PROFIL REPREZENTATIV NR 41 – Glimboca**

Litosol tipic, foarte superficial pe roci metamorfice fisurate, lut mediu

ORIZONTURI	A <sub>om</sub>
Adâncimi(cm)	7-19
P total(%)	

### 3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 71

P mobil(ppm)	12,9
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	5,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	40,9
Praf (0,02-0,002 mm) %	30,9
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	23,2
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	37,6
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,80
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-
Humus (%)	2,52
Cap. de schimb cationic (T, me)	19,21
Grad de saturare în baze (V, %)	60,38
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-

*Regosolurile*, soluri cu orizont A dezvoltat pe materiale parentale slab consolidate, au fost întâlnite pe versanții puternic înclinați, cu pantă între 35-50%, ocupând o suprafață de 434,0 ha. Prezența acestor soluri se explică prin existența unor condiții locale care nu au permis avansarea solificării, menținându-se într-un stadiu incipient de echilibru cu eroziunea geologică. Materialul mai mult sau mai puțin solificat a fost încontinuu transportat pe pantă prin acțiunea apei pluviale. Regosolurile din zonă fiind formate pe roci dure fisurate și pe pietrișuri fluviatile sunt însoțite de material scheletic. Întrucât aceste soluri sunt situate pe terenuri supuse eroziunii, se impune luarea de măsuri de prevenire și combatere a acestor fenomene.

**Tabel 3-4. PROFIL REPREZENTATIV NR 66 - Glimboca**

Regosol tipic, pseudogleizat în adâncime, puternic profund, pe materiale parentale tristratificate mijlocii cu schelet, nisip lutos grosier moderat scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	AC	CW <sub>1</sub>	CW <sub>2</sub>
Adâncimi(cm)	4-15	-40	-70	-110
P total(%)				
P mobil(ppm)	5,4	3,5	2,9	2,9
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	39,7	28,7	39,8	24,3
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	30,1	34,7	29,6	42,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	18,4	22,1	20,0	21,4
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	11,8	14,5	10,6	12,3
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	24,5	29,9	24,5	25,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,35	5,25	5,35	5,40
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-
Humus (%)	1,68	0,43	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,38	10,15	10,27	12,45
Grad de saturare în baze (V, %)	33,11	27,38	36,80	56,70
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-

*Aluviosolurile*, formate pe material parental fluvic pe cel puțin 50 cm grosime și având doar orizont A, au o mare extindere: 1745,0 ha de o parte și de alta a râului Bistra, la sud până la contactul cu dealurile piemontane, iar la nord până la limita teraselor ce leagă lunca de deal.

72 Învelișul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Aluviosolurile sunt soluri tinere în curs de evoluție. S-au format în condițiile unei lunci ieșită de sub influența revărsărilor sau inundată la intervale mari de timp. După retragerea apelor de revărsare ale Bistrei depunerile respective au fost supuse unor procese de uscare, de formare a unei structuri primare, de reglare a regimului de apă, de transformare a materiei organice. În absența revărsărilor au fost create condiții pentru dezvoltarea vegetației, deci pentru acumularea de humus și formarea de orizont A, dedesubtul căruia se află materialul parental (C) [124].

Datorită condițiilor hidrogeologice și hidrologice în care se găsesc, aceste soluri au fost afectate de procese de gleizare de la freatic umed la moderat. Solurile din apropierea albiei conțin prundiș și bolovăniș atât la suprafața cât și în interiorul profilului de sol.

În ceea ce privește aprovizionarea cu substanțe nutritive aceasta depinde de textură și de conținutul de humus. Aprovizionarea este mai bună în cazul solurilor aluviale cu textură fină și cantitate mare de humus și mai slabă în cazul solurilor cu textură grosieră și conținut mai mic de humus (în jur de 2%) [124].

Cea mai mare parte a solurilor aluviale au reacție slab acidă sau neutră (pH 6-7,2).

**Tabel 3-5. PROFIL REPREZENTATIV NR 69 - Obreja**

Aluviosol eutric pe depozite fluviatile grosiere, lut nisipos mijlociu, slab scheletic/nisip grosier excesiv scheletic

ORIZONTURI	Ap	Ao	C <sub>1</sub>
Adâncimi(cm)	0-18	-32	-39
P mobil(ppm)	61,8	58,4	31,7
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	33,4	44,8	77,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	34,1	27,6	12,7
Praf (0,02-0,002 mm) %	16,8	13,9	2,3
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	15,7	13,7	7,6
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	24,3	21,4	8,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,10	5,85	6,35
Humus (%)	2,23	2,10	0,78
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,76	12,58	10,72
Grad de saturare în baze (V, %)	53,91	62,63	75,37
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	0,32	0,20	--

**Tabel 3-6. PROFIL REPREZENTATIV NR 1 - Glimboca**

Aluviosol eutric, freatic umed, pe materiale parentale tristratificate grosiere cu schelet, lut nisipos mijlociu/nisip lutos grosier moderat scheletic

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	C	2C <sub>g</sub>	3C <sub>g</sub>
Adâncimi(cm)	0-20	-60	-100	-150
P mobil(ppm)	51,9	17,1	23,7	19,3
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	13,0	46,8	28,6	74,7
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	49,3	38,3	50,9	16,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	21,1	6,7	11,3	4,3
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	16,6	8,2	9,2	5,0
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	25,1	11,8	15,2	6,7



### 3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 73

pH în (H <sub>2</sub> O)	5,40	6,20	6,10	6,25
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-
Humus (%)	2,23	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	19,35	15,04	19,48	20,85
Grad de saturare în baze (V, %)	71,42	83,11	82,64	91,22
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	0,28	-	-	-

*Aluviosoluri coluvice* ocupă o suprafață de 259,0 ha. S-au format prin acumularea unor materiale mijlocii și grosiere cu schelet la baza versanților puternic înclinați ai văilor de eroziune ce fragmentează dealurile piemontane. Au o textură nediferențiată sau slab diferențiată pe profil. Sunt slab aprovizionate cu substanțe nutritive iar conținutul de humus este foarte scăzut.

**Tabel 3-7. PROFIL REPREZENTATIV NR 32 - Glimboca**

Aluviosol coluvic - stagnic, pseudogleizat în adâncime, puternic profund, pe luturi mijlocii cu schelet, lut mediu/lut nisipos mijlociu slab scheletic

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	AC	Cw <sub>1</sub>	CW <sub>2</sub>
Adâncimi(cm)	5-21	-36	-64	-85	-115
P total(%)					
P mobil(ppm)	12,2	15,1	22,4	31,4	36,6
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	12,3	13,8	25,9	19,2	17,5
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	35,7	37,9	28,8	34,1	38,2
Praf (0,02-0,002 mm) %	29,8	28,9	26,6	29,2	26,8
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	22,2	19,4	18,7	17,5	17,5
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	39,1	38,3	34,5	34,3	32,7
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,90	6,10	6,30	6,40	6,60
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,02	1,68	1,47	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	20,95	20,02	20,32	20,63	20,69
Grad de saturare în baze (V, %)	72,17	75,52	77,04	80,65	81,68
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-

**Tabel 3-8. PROFIL REPREZENTATIV NR 19 - Glimboca**

Aluviosol coluvic - gleic, moderat profund, pe depozite fluviatile mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	Ag <sub>1</sub>	ACg <sub>2</sub>
Adâncimi(cm)	4-18	18-35	35-53	53-80
P total(%)				
P mobil(ppm)	13,6	13,6	15,8	16,3
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	17,3	25,7	22,6	20,7
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	43,5	40,2	44,6	45,5
Praf (0,02-0,002 mm) %	22,2	18,0	17,4	17,7
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	17,0	16,1	15,4	16,1
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	29,1	25,9	25,3	25,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,70	6,00	6,00	6,25
Humus (%)	2,23	1,72	1,09	-

## 74 Învelişul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Cap. de schimb cationic (T, me)	20,93	16,12	17,94	16,68
Grad de saturare în baze (V, %)	68,41	68,11	73,13	72,54
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	0,54	0,28	0,25	-

**Tabel 3-9. PROFIL REPREZENTATIV NR 12 - Glimboca**

Aluviosol coluvic – gleic, pe luturi mijlocii, lut prăfos/lut mediu

ORIZONTURI	AoW	AW <sub>2</sub>	Ag <sub>2</sub>	ACG <sub>0</sub>	C
Adâncimi(cm)	9-25	25-40	40-52	52-100	-150
P total(%)					
P mobil(ppm)	9,2	9,2	13,0	20,0	--
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	4,4	3,4	7,8	21,0	-
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	34,2	41,7	42,8	41,6	-
Praf (0,02-0,002 mm) %	33,9	31,5	27,1	19,6	-
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	27,5	23,4	22,3	17,8	-
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	48,4	40,5	38,2	28,5	-
pH în (H <sub>2</sub> O)	6,30	6,30	6,45	6,60	-
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,73	1,98	1,05	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	32,26	30,91	33,16	31,95	-
Grad de saturare în baze (V, %)	82,02	85,60	87,45	88,28	-
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-

**Tabel 3-10. PROFIL REPREZENTATIV NR 28- Glimboca**

Aluviosol coluvic - stagnic, foarte puternic profund, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos mijlociu

ORIZONTURI	AoW <sub>2</sub>	AoW <sub>3</sub>	ACW <sub>3-4</sub>	C <sub>I</sub> W <sub>4</sub>	C <sub>II</sub> W <sub>4</sub>	C <sub>III</sub> W <sub>4</sub>
Adâncimi(cm)	4-20	-38	-65	-84	-105	-120
P total(%)						
P mobil(ppm)	9,4	7,3	8,0	8,0	18,9	6,7
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	4,8	17,0	12,9	11,7	12,4	9,7
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	37,5	38,2	38,7	39,3	35,5	37,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	37,1	30,1	31,7	31,8	34,7	36,1
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,6	14,7	16,7	17,2	17,4	17,2
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	40,1	30,2	32,2	32,9	36,8	35,9
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,20	5,30	5,30	5,40	5,60	5,65
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,80	1,09	0,93	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	13,38	10,10	10,19	8,84	10,51	10,10
Grad de saturare în baze (V, %)	35,87	42,57	37,09	34,38	35,96	42,57
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-

**Tabel 3-11. PROFIL REPREZENTATIV NR 65 - Glimboca**

Aluviosol coluvic - stagnic, foarte puternic profund, pe materiale parentale polistratificate grosiere, lut nisipos grosier slab scheletic/nisip lutos grosier

ORIZONTURI	AoW <sub>2</sub>	AoW <sub>3</sub>	AoW <sub>4</sub>	ACW <sub>4</sub>	CW <sub>3</sub>
Adâncimi(cm)	6-31	-43	-68	-85	-118
P total(%)					
P mobil(ppm)	6,7	6,7	2,9	2,9	2,9
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	35,0	35,6	50,5	45,2	40,6
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	32,0	35,0	30,0	31,6	30,4
Praf (0,02-0,002 mm) %	18,6	17,0	11,6	13,9	16,8
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	14,4	12,4	7,9	9,3	12,2
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	25,5	23,8	15,9	17,5	22,0
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,20	5,45	5,35	5,50	5,60
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,02	1,47	0,80	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	8,89	7,85	6,39	7,15	11,34
Grad de saturare în baze (V, %)	20,34	35,41	39,43	45,87	62,25
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-

**Tabel 3-12. PROFIL REPREZENTATIV NR 168 - Obreja**

Aluviosol coluvic - stagnic, pe luturi mijlocii, lut nisipos mijlociu/lut nisipos mijlociu

ORIZONTURI	Ap	Ao	A/C	I C	II C	III C
Adâncimi(cm)	0-18	18-34	34-69	69-135	135-153	153-185
P total(%)						
P mobil(ppm)	7,7	6,2	4,8	4,8	4,8	4,8
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	4,8	5,3	3,5	2,8	2,6	1,3
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	38,1	37,5	38,5	38,5	35,6	32,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	39,1	39,9	37,9	40,4	37,9	41,2
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	18,0	17,3	20,1	18,3	23,9	25,5
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	38,4	39,9	41,1	40,4	45,3	48,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,75	5,75	5,60	5,70	5,55	5,60
Humus (%)	2,04	0,80	0,43	--	--	--
Cap. de schimb cationic (T, me)	14,43	13,35	10,77	10,58	14,47	15,70
Grad de saturare în baze (V, %)	65,14	62,92	55,71	56,71	59,43	64,97
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	--	--	--	--	--	--

**Tabel 3-13. PROFIL REPREZENTATIV NR 148 - Obreja**

Aluviosol coluvic - stagnic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos

ORIZONTURI	At	Ao	A/o	AB/C	C	C
Adâncimi(cm)	0-6	-18	-46	-72	-114	-140
P total(%)						
P mobil(ppm)	13,6	10,0	7,3	9,4	4,7	4,7
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	3,6	6,0	5,7	10,4	8,5	13,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	34,6	33,0	47,7	37,5	34,8	33,2
Praf (0,02-0,002 mm) %	41,6	42,6	34,1	34,4	38,4	33,3
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,2	18,4	12,5	17,7	18,3	20,1
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	42,5	40,9	28,6	36,5	41,1	40,1
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,30	5,45	5,40	5,35	5,20	5,75
Humus (%)	1,72	1,22	0,34	--	--	--
Cap. de schimb cationic (T, me)	13,17	10,43	8,12	9,29	9,38	9,13
Grad de saturare în baze (V, %)	34,01	38,92	35,22	39,39	36,88	49,06
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	--	--	--	--	--	--

**Tabel 3-14. PROFIL REPREZENTATIV NR 109 - Glimboca**

Aluviosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, nisip lutos mijlociu/nisip lutos mijlociu

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	A <sub>o</sub>	A/CG <sub>03</sub>	CG <sub>04</sub>	CG <sub>r</sub>	CG <sub>r</sub>	CG <sub>r</sub>	C <sub>5</sub> Gr
Adâncimi(cm)	0-18	-31	-37	-48	-73	-102	-149	-200
P total(%)								
P mobil(ppm)	7,84	7,76	19,1	20,7	14,8	16,3	26,6	34,1
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	24,0	19,1	32,7	29,6	47,3	28,8	48,2	26,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	47,4	51,1	50,7	50,6	36,0	54,4	42,0	62,2
Praf (0,02-0,002 mm) %	16,9	18,7	10,0	11,1	9,0	8,3	4,7	6,2
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	11,7	11,1	6,6	8,7	7,7	8,5	5,1	5,6
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	23,3	23,0	12,2	13,2	11,0	12,2	8,4	9,0
pH în (H <sub>2</sub> O)	6,30	6,40	6,35	6,40	6,30	6,30	6,55	6,40
Humus (%)	2,42	2,23	1,22	0,88	-	-	-	-
Cap. de schimb	15,29	16,00	13,37	14,57	15,17	18,07	13,20	15,02

3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 77

cationic (T, me)								
Grad de saturare în baze (V, %)	68,27	70,50	65,22	68,90	70,13	75,59	67,57	72,30

**Tabel 3-15. PROFIL REPREZENTATIV NR 43 - Glimboca**

Aluviosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, lut nisipos mijlociu/lut nisipos mijlociu

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	Ag <sub>2</sub>	Go	Go	G	G <sub>N</sub>
Adâncimi(cm)	13-32	-50	-66	-80	-110	-130
P total(%)						
P mobil(ppm)	7,3	6,7	8,7	12,2	15,1	18,1
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	8,0	10,7	11,2	36,3	18,7	15,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	48,1	50,3	49,5	37,6	49,4	41,2
Praf (0,02-0,002 mm) %	25,7	21,6	22,6	13,9	18,6	25,7
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	18,2	17,4	16,7	12,2	13,3	18,1
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	33,5	29,1	28,3	20,4	24,2	32,0
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,95	6,00	6,00	6,10	6,20	6,15
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,68	1,05	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	15,79	14,90	15,11	12,74	13,45	13,07
Grad de saturare în baze (V, %)	62,31	67,11	68,43	69,23	69,44	69,47
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	0,24	0,24	0,20	0,16	0,15	0,20

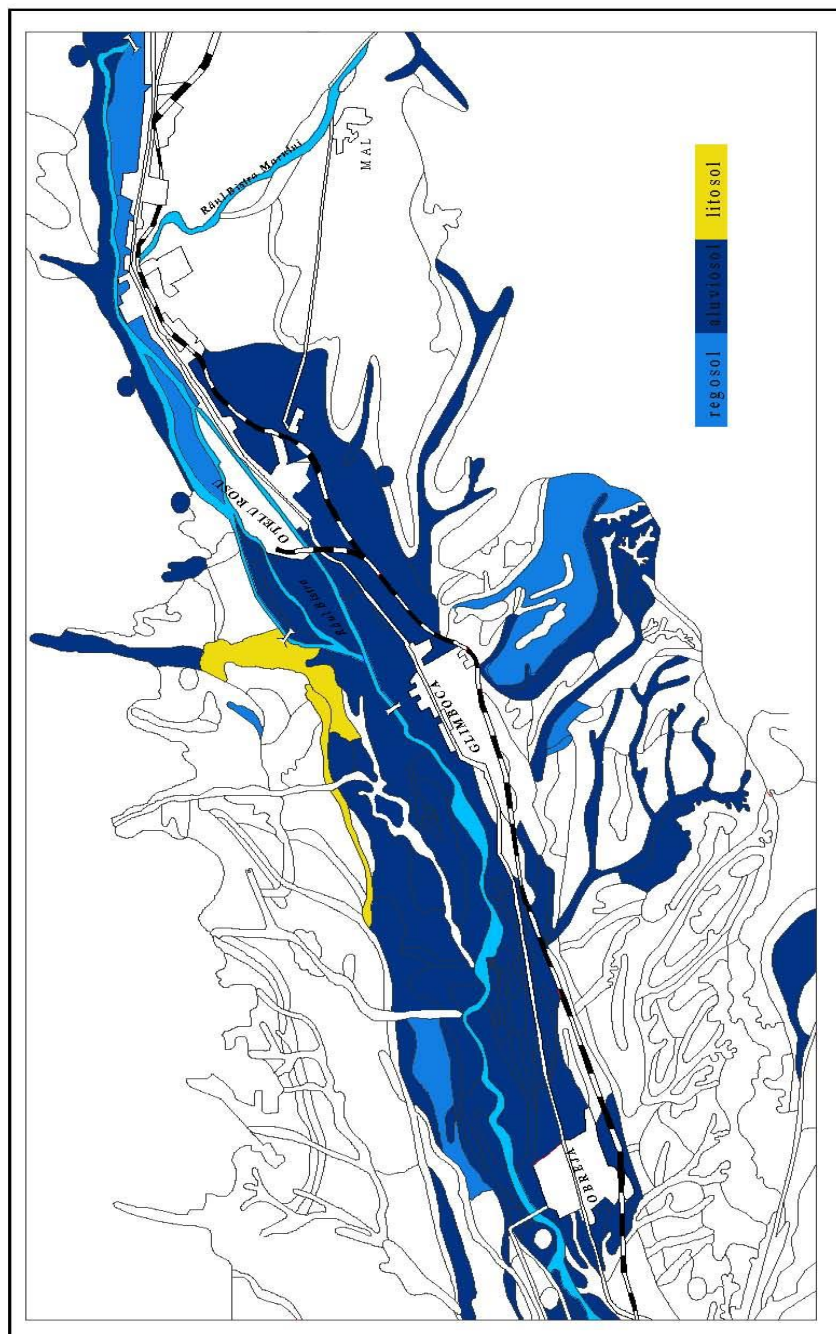


Fig. 3-3. Răspândirea protisolurilor în teritoriul Culoarului Bistra

## 3.5.2 Clasa cambisoluri

Clasa cambisoluri cuprinde soluri slab – moderat dezvoltate care prezintă modificări de culoare și structură față de materialul parental. Prezintă la suprafață un orizont A, urmat obligatoriu de un orizont Bv. Clasa este reprezentată de eutricambosoluri și districambosoluri, ambele tipuri întâlnindu-se pe teritoriul analizat.

*Eutricambosolurile*, soluri cu orizont Ao sau Am și orizonturi intermediare Bv fără carbonați în primii 80 cm, ocupă o suprafață de 1726,0 ha pe areale restrânse în lunca Bistrei. S-au format și au evoluat în condițiile unui relief tânăr, de luncă, pe suprafața căruia s-au manifestat în fază incipientă, alterarea, levigarea și debazificarea. Materialele parentale bogate în calciu s-au opus levigării și debazificării intense și ca urmare nu au avut loc procese de migrare a argilei, ci doar o argilizare „in situ” cu formare de orizont Bv (B cambic) slab diferențiat textural. În timpul solificării a avut loc o acumulare de humus cu grad de saturație în baze ridicat, peste 70%.

**Tabel 3-16. PROFIL REPREZENTATIV NR 119 - Obreja**

Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu slab scheletic

ORIZONTURI	Ao	A/B	Bv
Adâncimi(cm)	-31	-40	-61
P mobil(ppm)	189,0	231,2	130,9
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	13,0	10,5	10,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	46,6	45,4	44,9
Praf (0,02-0,002 mm) %	22,6	25,0	24,6
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	17,8	19,1	20,5
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	30,1	32,8	33,7
pH în (H <sub>2</sub> O)	6,15	6,60	7,00
Humus (%)	2,48	1,93	1,43
Cap. de schimb cationic (T, me)	19,69	18,68	--
Grad de saturare în baze (V, %)	71,40	71,84	--

**Tabel 3-17. PROFIL REPREZENTATIV NR 27 - Glimboca**

Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile grosiere cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic. Sol foarte puternic profund.

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	A <sub>o</sub>	AB	Bv	BC
Adâncimi(cm)	0-18	18-30	30-50	50-70	70-100
P total(%)					
P mobil(ppm)	42,6	48,6	9,2	9,2	9,9
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	14,9	16,9	16,1	12,4	14,2
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	41,9	39,5	36,6	46,7	45,3
Praf (0,02-0,002 mm) %	25,9	24,3	26,6	23,7	23,2

80 Învelişul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	17,3	19,3	20,7	17,2	17,3
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	33,1	34,1	35,3	32,1	31,0
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,00	4,90	5,35	5,55	5,55
Humus (%)	1,61	1,42	0,80	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	15,59	15,64	15,95	14,71	14,98
Grad de saturare în baze (V, %)	52,60	48,60	62,70	61,18	65,42
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-

**Tabel 3-18. PROFIL REPREZENTATIV NR 22 - Glimboca**

Eutricambosol gleic semiprofund, pe pietrişuri fluviatile, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic

ORIZONTURI	A <sub>o</sub>	AB <sub>g</sub>	Bv <sub>g</sub>
Adâncimi(cm)	3-14	14-34	34-60
P total(%)			
P mobil(ppm)	13,4	15,5	77,5
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	21,2	22,3	32,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	47,7	44,1	38,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	17,1	20,6	15,2
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	14,0	13,0	14,4
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	23,7	24,2	23,9
pH în (H <sub>2</sub> O)	6,60	6,30	6,50
Humus (%)	2,73	2,43	1,92
Cap. de schimb cationic (T, me)	26,33	22,38	16,19
Grad de saturare în baze (V, %)	83,25	77,56	79,09
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-

**Tabel 3-19. PROFIL REPREZENTATIV NR 113 - Glimboca**

Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/ lut mediu

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	A <sub>o</sub>	A/BG <sub>03</sub>	BvG <sub>04</sub>	B/CG <sub>1</sub>	CG <sub>r</sub>	CG <sub>r</sub>
Adâncimi(cm)	0-21	-31	-42	-65	-82	-104	-140
P total(%)							
P mobil(ppm)	9,4	11,4	11,3	9,7	15,2	33,0	28,2
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	9,3	11,8	14,7	16,0	21,8	18,3	18,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	40,4	37,5	35,1	35,5	32,8	38,0	33,3
Praf (0,02-0,002 mm) %	30,3	32,5	29,9	27,1	25,4	24,0	24,7
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,0	18,2	20,3	21,4	20,0	19,7	23,6
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	36,0	35,0	36,6	36,7	34,4	32,1	36,3



### 3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 81

pH în (H <sub>2</sub> O)	6,05	6,10	6,20	6,35	6,45	6,50	6,55
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,27	1,26	1,64	0,59	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,74	12,45	13,49	14,57	13,43	15,90	16,07
Grad de saturare în baze (V, %)	45,21	53,17	41,73	58,47	55,54	64,27	62,35
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-	-

Aceste soluri s-au format pe roci variate, dar destul de bine aprovizionate în carbonat de calciu și alți cationi bazici. Condițiile de pedogeneză caracteristice pentru formarea acestor soluri creează premise favorabile pentru transformarea resturilor organice, ulterior formând alături de ionii de calciu și magneziu, compuși complecși cu mineralele argiloase și cu ionii de fier.

Eutricambosolurile din perimetrul studiat au în general proprietăți fizice, fizico-mecanice, hidrofizice și de aerație relativ bune. Având nivelul freatic între 2-3 m sunt bine aprovizionate cu apă [60]. Datorită fertilității naturale suficient de bune suprafețe importante sunt plantate cu pomi fructiferi sau sunt cultivate cu diferite culturi de câmp (grâu, porumb, cartofi, trifoi). Acest tip de sol prezintă o reacție slab acidă până la neutră, cu valori ale pH-ului cuprinse între 5,8-7,3 și un conținut în humus ce oscilează între 1,4-4,6%.

*Districambosolurile* ocupă suprafețe mari în Munții Poiana Ruscăi și Munții Țarcului și areale restrânse în sudul și sud estul teritoriului, totalizând 275 ha. Au orizont A<sub>o</sub> sau A<sub>u</sub>, urmat de orizontul B<sub>v</sub>, cu proprietăți districe la suprafață și în prima parte a lui B<sub>v</sub>. Apariția sporadică a acestor soluri arată că ne aflăm într-o zonă de trecere spre relieful montan unde districambosolurile sunt foarte răspândite. Au evoluat într-un microclimat mai umed și mai răcoros, pe un substrat de roci metamorfice acide, sub o vegetație cu caracter acidofil. Transformarea resturilor organice a fost anevoioasă, s-a format puțin humus, alcătuit predominant din acizi fulvici cu grad de saturație în baze mic (19-32%). În astfel de condiții alterarea a fost foarte intensă formându-se un orizont B<sub>v</sub> (B cambic), de alterare și un orizont B<sub>t</sub> prin migrarea și acumularea argilei coloidale. Coloizii minerali, reprezentați prin hidroxizii de fier și aluminiu, nu s-au deplasat practic din partea superioară, alcătuiind cu acizii humici complexe organo-minerale puțin mobile. Chiar dacă a avut loc o migrare, aceasta a fost mai puțin intensă decât eliberarea continuă din silicații primari, așa că nu s-a format un orizont eluvial. Districambosolurile din teritoriul cercetat au o textură mijlocie, nediferențiată sau slab diferențiată pe profil. Unele sunt slab scheletice. Au un conținut mic de humus, sunt puțin active microbiologic și slab aprovizionate cu substanțe nutritive.

**Tabel 3-20. PROFIL REPREZENTATIV NR 64 - Glimboca**

Districambosol tipic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos

ORIZONTURI	A <sub>o</sub>	AB <sub>w</sub>	B <sub>v</sub> <sub>w</sub>	BC <sub>w</sub>
Adâncimi(cm)	3-25	-47	-70	-95
P mobil(ppm)	8,0	8,0	7,3	7,3
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	5,4	5,0	6,7	3,5
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	35,3	34,5	35,7	39,4
Praf (0,02-0,002 mm) %	42,9	44,1	42,2	39,9

## 82 Învelișul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	16,4	16,4	15,4	17,2
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	38,0	37,8	37,2	37,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,00	5,25	5,30	5,40
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-
Humus (%)	1,73	0,43	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	10,59	8,95	10,44	10,64
Grad de saturare în baze (V, %)	19,07	22,56	41,18	35,52
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-

**Tabel 3-21. PROFIL REPREZENTATIV NR 69 - Glimboca**

Districambosol tipic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos

ORIZONTURI	A <sub>o</sub>	AB <sub>w</sub>	BV <sub>w</sub>	BC <sub>w</sub>	CB <sub>w</sub>
Adâncimi(cm)	6-20	-38	-62	-85	-105
P mobil(ppm)	3,5	3,5	3,5	2,9	3,5
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	2,8	4,1	3,0	5,2	4,9
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	33,1	32,5	30,8	30,8	34,1
Praf (0,02-0,002 mm) %	47,8	45,7	48,4	46,4	42,2
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	16,3	17,7	17,8	17,6	18,8
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	41,9	41,6	43,3	41,9	39,9
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,00	5,00	5,20	5,35	5,30
Humus (%)	1,67	0,34	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	9,74	8,61	8,13	8,42	10,72
Grad de saturare în baze (V, %)	25,87	32,28	37,39	38,95	47,01
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-

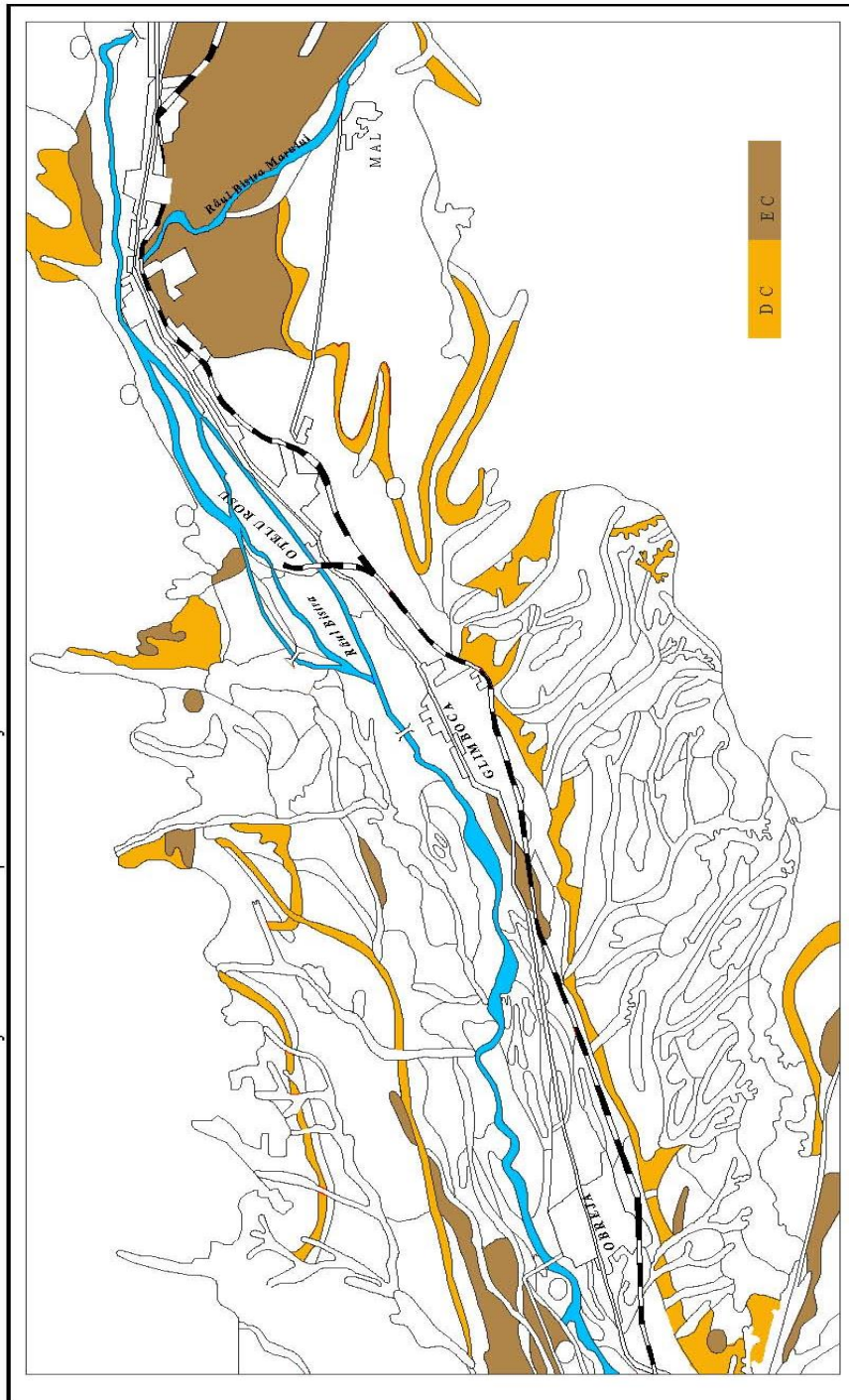


Fig. 3-4. Răspândirea cambisolurilor în teritoriul Culoarului Bistra

### 3.5.3 Clasa luvisoluri

Cuprinde soluri cu orizont A (sau A și E) și orizont Bt. Apar pe produsele de alterare ale unor roci cristaline relativ bogate în baze sau ale unor calcare sau marne. Se întâlnesc pe versanți cu înclinare de la puternic până la slab, sub păduri de gorun sau fag sau sub terase secundare, la care se pretează cel mai bine, predominând bioacumularea.

Pe teritoriul studiat este reprezentată de luvosoluri, soluri având orizont A<sub>0</sub> și E (E<sub>1</sub> sau E<sub>a</sub>) și orizont Bt.

Formele de relief slab înclinate, de la limita dintre terase și dealuri, cu drenaj extrem de slab, se află sub influența unor mari cantități de apă pluvială sau din izvoarele de coastă de la baza versanților. În aceste condiții, procesele de levigare, debazificare, acidifiere și migrare a coloizilor sunt mai intense și are loc formarea orizontului *E<sub>1</sub>*, sărăcit în argilă și materie organică, caracteristic *luvosolurilor*, ce ocupă o suprafață de circa 700 ha. Datorită drenajului foarte slab și existenței orizontului *Bt* impermeabil, sunt prezente procese de pseudogleizare, manifestate pe profilul de sol prin existența culorii vineții neutrale.

Acest tip de sol prezintă o diferențiere texturală, cu o capacitate de schimb cationic ridicată, saturația în baze fiind mai mare de 50%.

Proprietățile fizice, fizico-mecanice, hidrofizice și de aerație a acestor soluri sunt puțin favorabile creșterii plantelor. Regimul aerohidric este defectuos, în perioadele umede acest tip de sol prezentând un exces de apă, iar în cele secetoase un deficit de apă. Rezerva de humus este mică, de calitate inferioară, aprovizionarea cu substanțe nutritive este slabă. Conținutul de potasiu și fosfor este foarte scăzut.

**Tabel 3-22. PROFIL REPREZENTATIV NR 80 - Glimboca**

Luvosol albic, pseudogleizat în adâncime, pe luturi mijlocii, lut nisipos mijlociu/ lut nisipos mijlociu

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	E <sub>a</sub>	E <sub>a</sub> w <sub>1</sub>	Bt <sub>w1</sub>	Bt <sub>w2</sub>	BC <sub>w2</sub>
Adâncimi(cm)	3-16	-35	-58	-90	-110	-170
P total(%)						
P mobil(ppm)	4,7	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	24,0	16,5	20,3	14,4	17,5	2,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	36,4	37,5	35,8	37,8	34,8	31,1
Praf (0,02-0,002 mm) %	25,5	29,2	26,3	28,2	27,1	34,7
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	14,1	16,8	17,6	19,6	20,6	31,8
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	28,5	33,3	33,1	36,2	36,4	53,3
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,00	5,20	5,20	5,20	5,15	5,35
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,68	0,80	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	8,96	9,29	9,85	9,78	12,79	24,29
Grad de saturare în baze (V, %)	36,6	38,1	41,6	36,2	47,4	60,2
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-

**Tabel 3-23. PROFIL REPREZENTATIV NR 31 - Glimboca**

Luvosol albic, pseudogleizat în adâncime, pe luturi mijlocii fine, lut nisipos prăfos/ lut argilo-prăfos

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	E <sub>a</sub>	EB	Bt <sub>w1</sub>	BC <sub>w2</sub>	C <sub>w2</sub>
Adâncimi(cm)	0-20	-35	-67	-88	-110	-170
P total(%)						
P mobil(ppm)	8,0	6,7	6,7	6,7	6,7	10,8
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	2,6	4,0	2,7	2,1	3,6	2,8
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	35,1	35,9	33,6	33,0	30,2	32,9
Praf (0,02-0,002 mm) %	42,0	37,2	35,3	36,1	30,6	30,0
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,3	22,9	28,4	38,8	35,6	34,3
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	41,5	42,1	46,3	59,8	53,3	51,1
pH în (H <sub>2</sub> O)	4,50	5,10	5,40	5,60	5,95	6,55
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	--	-
Humus (%)	1,68	0,80	0,43	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,10	13,31	17,06	20,59	25,27	28,03
Grad de saturare în baze (V, %)	27,10	39,81	57,67	67,31	80,80	87,26
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	2,12	2,16	2,00	1,58	-	-

**Tabel 3-24. PROFIL REPREZENTATIV NR 25 - Glimboca**

Luvosol albic – stagnic pseudogleizat slab, pe luturi mijlocii fine cu schelet, lut nisipos prăfos/lut prăfos slab scheletic

ORIZONTURI	A <sub>o</sub>	E <sub>a<sub>w1</sub></sub>	EB <sub>w2</sub>	Bt <sub>w3</sub>	Bt <sub>w3</sub>	BC <sub>w4</sub>
Adâncimi(cm)	4-18	18-40	40-61	61-80	80-100	100-130
P total(%)						
P mobil(ppm)	12,2	9,4	8,0	8,0	8,0	8,0
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	10,6	10,9	8,0	7,2	14,3	7,3
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	35,1	32,7	33,8	30,5	30,1	23,4
Praf (0,02-0,002 mm) %	36,8	36,6	36,0	36,9	26,6	26,5
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	17,5	19,8	22,2	25,4	29,0	42,8
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	37,5	39,7	41,9	43,6	43,9	57,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,45	5,45	5,50	5,60	5,70	5,80
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,02	1,68	1,09	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	17,18	13,47	15,29	15,12	19,62	17,68
Grad de saturare în baze (V, %)	50,98	47,66	54,02	55,95	62,79	68,43
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	1,16	1,28	1,40	1,39	1,54	-

**Tabel 3-25. PROFIL REPREZENTATIV NR 61 - Glimboca**

Luvosol albic glosic pseudogleizat slab pe luturi mijlocii, lut prăfos slab scheletic /lut argilos mediu slab scheletic

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	E <sub>a</sub>	E/B	Bt <sub>1</sub> w <sub>2</sub>	Bt <sub>2</sub> w <sub>3</sub>	B/C	C
Adâncimi(cm)	-13	-54	-62	-77	-87	-135	-195
P total(%)							
P mobil(ppm)	4,1	3,5	3,5	3,5	2,9	3,5	3,5
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	5,2	6,6	5,3	8,5	8,7	1,0	6,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	31,7	28,9	33,9	31,1	31,7	29,3	47,2
Praf (0,02-0,002 mm) %	42,1	44,4	38,1	35,7	23,6	25,8	15,6
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	21,0	20,1	22,7	24,7	36,0	43,9	31,2
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	43,9	46,3	45,6	45,4	52,2	57,1	42,5
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,10	5,20	5,40	5,30	5,60	5,75	5,65
Humus (%)	1,73	1,05	0,74	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,20	10,15	10,40	12,28	18,25	31,51	23,75
Grad de saturare în baze (V, %)	42,78	39,21	56,15	58,14	66,91	75,91	75,79

**Tabel 3-26. PROFIL REPREZENTATIV NR 10 - Glimboca**

Luvosol albic – stagnic, pseudogleizat slab, fragipanic pe luturi mijlocii fine, lut nisipos prăfos/lut argilo-prăfos

ORIZONTURI	A <sub>o</sub>	E <sub>a</sub> w <sub>1</sub>	EB <sub>w2</sub>	Bt <sub>w3</sub>	Bt <sub>w3</sub>	BC <sub>w2</sub>	CW <sub>1</sub>
Adâncimi(cm)	2-12	12-30	30-43	43-61	61-76	76-100	100-150
P total(%)							
P mobil(ppm)	8,0	8,0	7,3	8,7	6,7	6,7	6,7
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	2,5	2,4	0,8	1,3	2,3	1,1	3,2
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	33,9	31,1	27,3	29,9	28,3	26,0	26,6
Praf (0,02-0,002 mm) %	44,2	41,5	39,5	32,6	33,2	31,3	33,4
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	19,4	25,0	32,4	36,2	36,2	41,6	36,8
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	41,8	50,9	55,5	56,2	57,2	61,8	56,3
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,30	5,35	5,50	5,65	5,80	5,90	6,00
Humus (%)	2,02	1,47	0,86	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	16,65	19,18	20,87	22,97	27,17	21,62	23,62
Grad de saturare în	41,92	53,28	58,93	64,51	70,00	76,70	72,65

3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 87

baze (V, %)							
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	1,38	1,90	2,00	1,96	1,64	1,60	0,98

**Tabel 3-27. PROFIL REPREZENTATIV NR 4 - Obreja**

Luvosol albic – stagnic, pseudogleizat slab, freatic umed moderat profund, pe pietrișuri fluviatile, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos

ORIZONTURI	A <sub>p</sub>	Ea	EaBt <sub>w2</sub>	Bt <sub>w3</sub>	BC <sub>w3</sub>
Adâncimi(cm)	0-15	15-27	27-50	50-65	65-80
P total(%)					
P mobil(ppm)	29,4	8,7	8,0	8,0	7,3
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	9,1	10,6	10,0	7,8	5,6
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	40,6	37,7	37,4	38,3	37,4
Praf (0,02-0,002 mm) %	37,1	36,1	34,3	34,8	38,3
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	13,2	15,6	18,3	19,1	18,7
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	31,2	35,8	36,8	35,6	39,6
pH în (H <sub>2</sub> O)	7,00	5,30	5,00	5,00	5,20
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,72	0,80	0,67	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	-	12,61	12,61	11,51	17,18
Grad de saturare în baze (V, %)	-	49,32	49,32	60,64	43,65
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	0,94	1,15	0,79	0,61

**Tabel 3-28. PROFIL REPREZENTATIV NR 17 - Obreja**

Luvosol albic – stagnic, pseudogleizat moderat, freatic umed pe luturi mijlocii, lut mediu/lut argilos mediu

ORIZONTURI	A <sub>t</sub>	Ea	EB <sub>w2</sub>	BE <sub>w3</sub>	Bt <sub>1w3</sub>	Bt <sub>2</sub>	BC <sub>g1</sub>	Cg <sub>2</sub>
Adâncimi(cm)	0-6	-22	-34	-56	-71	-92	-140	-195
P total(%)								
P mobil(ppm)	15,1	15,8	6,7	6,7	5,4	4,7	5,3	4,0
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	5,5	5,5	5,7	6,2	5,1	4,2	6,5	6,5
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	38,3	37,9	38,5	36,7	34,3	32,2	35,0	32,6
Praf (0,02-0,002 mm) %	30,7	32,0	29,3	30,6	34,9	28,6	24,9	28,5
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	25,5	24,6	26,5	26,5	25,7	35,0	33,6	32,4
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	45,9	41,1	42,8	42,6	46,6	51,7	48,5	48,8
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,60	5,55	5,70	5,55	5,70	5,85	6,20	6,20
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,73	1,61	1,36	0,87	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	14,71	13,59	13,05	13,58	9,40	12,48	17,20	19,55
Grad de saturare în baze (V, %)	60,50	55,43	62,07	58,07	47,87	61,70	72,67	76,21
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabel 3-29. PROFIL REPREZENTATIV NR 72 - Glimboca**

## 88 Înelişul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat moderat, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut prăfos

ORIZONTURI	A <sub>t</sub>	E <sub>a</sub>	E/B <sub>w2</sub>	B <sub>t</sub> w <sub>3</sub>	B/C <sub>w3</sub>	C <sub>1</sub> w <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> w <sub>3</sub>
Adâncimi(cm)	0-12	-26	-42	-64	-83	-120	-160
P total(%)							
P mobil(ppm)	5,4	4,1	4,1	4,1	4,7	12,2	6,7
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	2,9	3,1	2,3	2,5	1,1	2,7	1,4
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	32,2	28,7	32,4	32,3	32,0	35,0	32,0
Praf (0,02-0,002 mm) %	45,4	49,2	45,2	43,4	42,3	35,7	34,7
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	19,5	19,0	20,1	21,8	24,6	26,6	31,9
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	40,9	42,5	41,8	45,5	45,4	44,7	50,6
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,10	5,20	5,35	4,95	5,05	5,30	5,55
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	1,42	1,12	1,12	1,04	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	12,08	10,59	9,37	10,90	11,42	14,28	17,34
Grad de saturare în baze (V, %)	36,09	44,94	42,26	47,88	51,,13	52,80	71,74
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-	-

**Tabel 3-30. PROFIL REPREZENTATIV NR 26 - Obreja**

Luvosol albic – stagnic, pseudogleizat moderat, puternic profund, pe luturi mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut prăfos slab scheletic

ORIZONTURI	A <sub>0</sub>	E <sub>aw2</sub>	EB <sub>w3</sub>	B <sub>t</sub> w <sub>4</sub>	BC <sub>w4</sub>	C <sub>w3</sub>
Adâncimi(cm)	4-20	-39	-55	-75	-100	-110
P total(%)						
P mobil(ppm)	133,3	379,0	64,5	53,5	20,4	--
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	8,6	12,3	8,2	7,8	21,5	--
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	44,5	40,0	39,9	35,7	33,8	--
Praf (0,02-0,002 mm) %	29,8	29,3	32,1	35,1	26,6	--
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	17,1	18,4	19,8	21,4	18,1	--
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	34,1	34,2	37,6	40,7	33,4	--
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,80	6,10	6,30	6,40	6,50	--
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-	-	-	-
Humus (%)	2,43	1,78	0,80	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	22,25	21,24	16,87	15,86	15,74	-
Grad de saturare în baze (V, %)	70,3	78,34	77,05	77,93	78,52	-
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-	-	-	-



**Tabel 3-31. PROFIL REPREZENTATIV NR 66 - Glimboca**

Luvosol albic glosic, pseudogleizat puternic, pe luturi mijlocii, lut prăfos/ lut argilo-prăfos

ORIZONTURI	A <sub>t</sub>	A <sub>o</sub>	A/E	E <sub>a</sub> W <sub>2</sub>	E <sub>a</sub> W <sub>3</sub>	E/C <sub>w4</sub>	B <sub>t</sub> W <sub>4</sub>	B/C <sub>w3</sub>	C
Adâncimi(cm)	0-5	-18	-23	-35	-65	-78	-106	-135	-195
P total(%)									
P mobil(ppm)	8,0	8,7	6,0	5,4	5,4	6,0	4,7	4,7	5,4
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	2,7	3,0	1,8	2,8	0,9	1,0	0,7	1,8	2,0
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	34,3	32,1	31,0	29,0	29,8	26,2	26,9	28,2	31,8
Praf (0,02-0,002 mm) %	42,6	41,4	43,0	42,4	42,3	34,9	34,4	32,7	30,6
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,4	23,5	24,2	25,8	27,0	37,9	38,0	37,3	35,6
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	41,7	42,6	46,5	46,2	49,9	54,8	55,2	52,7	51,3
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,4	5,60	5,30	5,20	5,25	5,90	5,85	5,95	6,05
Humus (%)	1,67	1,48	1,04	0,73	0,35	-	-	-	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	9,76	9,60	9,47	9,42	11,3	17,9	18,5	20,77	21,4
Grad de saturare în baze (V, %)	2	5	0	7	3	4	6	6	8

Pe terasele de pe malul drept al râului Bistra, aflate sub influența unui climat mai răcoros, cu precipitații mai abundente, are loc o manifestare puternică a procesului de eluviere. Astfel, alterarea, levigarea, debazificarea, acidifierea, migrarea coloizilor sunt mai intense. Ca urmare a rezultat un orizont *Bt*, mai gros și cu un conținut mai mare de argilă, iar deasupra acestuia un orizont *Ea*, mai sărac în argilă și materie organică decât orizontul *El* al luvosolurilor. Acest tip de sol se numește *luvosol albic*, ce ocupă în teritoriul cercetat 2904,0 ha. Datorită diferențierii texturale mai accentuate, unele proprietăți sunt mai puțin favorabile decât la luvosolurile tipice. Conținutul de humus este mai redus (între 1,5-2%), gradul de saturație în baze este mai mic (sub 35%), pH-ul este mai scăzut (4,5-5,6). Datorită acestui pH acid majoritatea elementelor chimice, mai ales metalele grele au fost mobilizate și astfel s-au concentrat în orizonturile iluviale.

Formarea și evoluția acestui tip de sol a avut loc sub păduri de quecineae, unde alături de vegetația lemnoasă se întânește și o vegetație ierboasă, acidofilă. Toate rocile parentale care au stat la baza formării acestui tip de sol sunt sărace în calciu, în elemente nutritive și în minerale fero-manganice.

Relieful plan pe care s-au format luvosolurile din teritoriul studiat, au favorizat o percolare intensă care a determinat mai multe procese: levigarea din profil a sărurilor solubile; debazificarea complexului coloidal și migrarea acestuia din orizonturile superioare rezultând orizontul *Bt*, compact și cu permeabilitate redusă; iluvierea argilei sub formă de pelicule pe fețele elementelor structurale ale orizontului *Bt*.

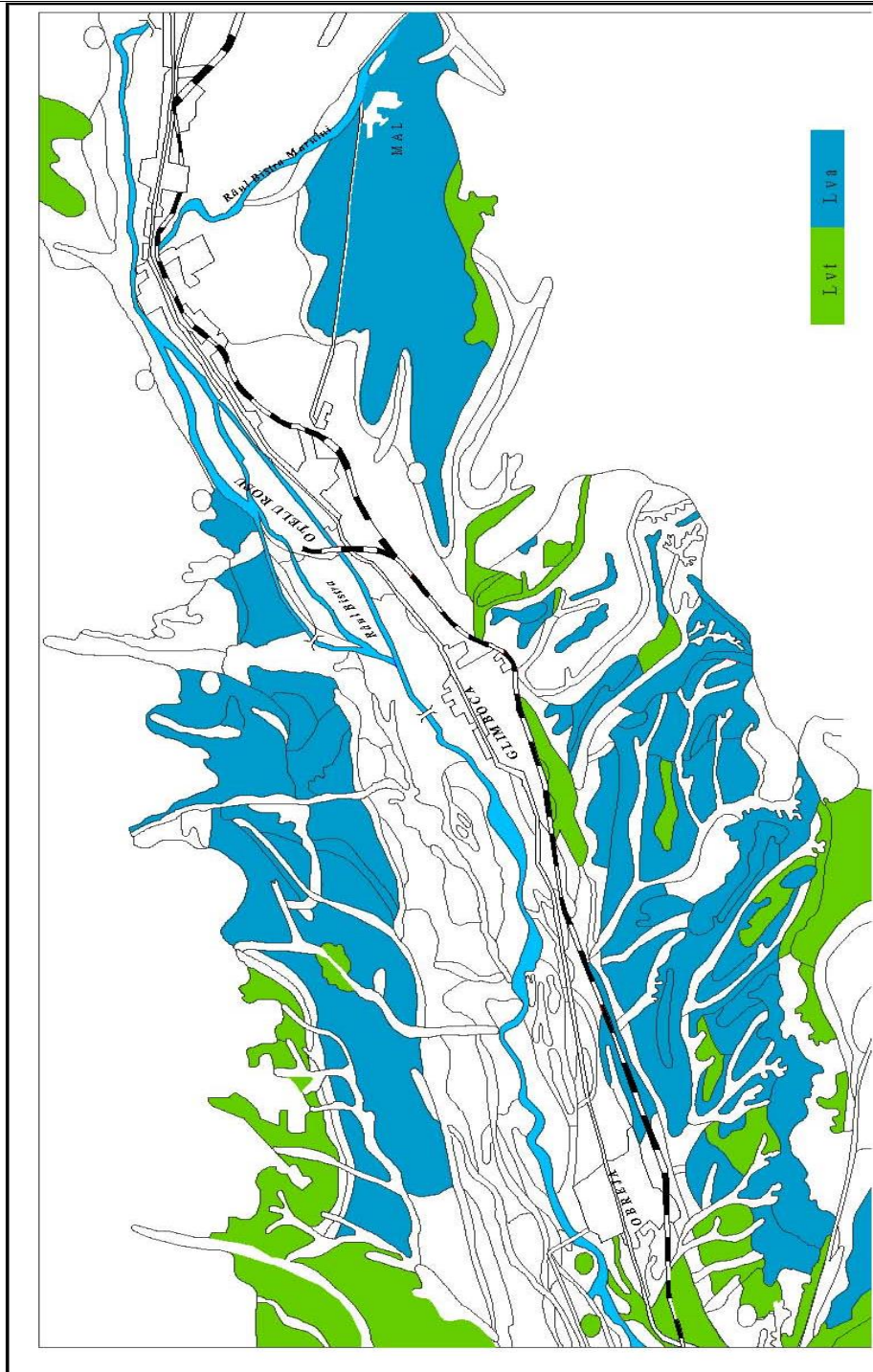


Fig. 3-5. Răspândirea luvosolurilor în teritoriul Culoarului Bistra

### 3.5.4 Clasa hidrisoluri

Pentru acest spațiu cercetat hidrosolurile sunt reprezentate de tipul *gleiosolurilor și stagnosolurilor*.

*Stagnosolurile*, soluri cu Ao sau Ao și E (El, Ea), urmate de un orizont B argic (Bt) asociat din primii 50 cm cu orizontul W care continuă pe cel puțin 50 cm grosime. Ocupă o suprafață de 66,0 ha, pe terasa T<sub>2</sub> în apropierea versanților unde au existat condiții favorabile instalării excesului de umiditate de proveniență pluvială și freatică (păduri de quercineae, covor erbaceu din specii de Juncus, Carex, Agrostis). Au o textură mijlocie și un conținut slab-moderat de schelet, sunt slab aprovizionate cu humus, au o reacție acidă (pH 5,5-6) și un grad de saturație în baze de 60-80%.

Datorită regimului aerohidric defectuos aceste soluri au o productivitate redusă. În perioadele ploioase se înregistrează un exces de umiditate, iar în perioadele secetoase apa se evaporă repede pentru că nu se poate înmagazina pe o adâncime mare. Aceasta nu se poate infiltra datorită prezenței în profilul de sol a unui orizont *Bt* compact și impermeabil. Având un drenaj global defectuos și fiind situate în zone bogate în precipitații, apa stagnează la suprafața terenului, sau în primele straturi, determinând procese intense de reducere.

Necesită lucrări de combatere a excesului de umiditate [109].

#### Tabel 3-32. PROFIL REPREZENTATIV NR 33 - Obreja

Stagnosol tipic, freatic umed, semiprofund, pe pietrișuri fluviatile, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic

ORIZONTURI	A <sub>ow</sub>	AoWg	BWg
Adâncimi(cm)	6-27	-55	-64
P total(%)			
P mobil(ppm)	10,7	8,3	16,4
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	16,2	19,3	21,7
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	35,3	35,6	32,6
Praf (0,02-0,002 mm) %	28,5	26,9	25,0
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	20,0	18,2	20,7
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	37,2	34,0	35,6
pH în (H <sub>2</sub> O)	6,05	6,55	6,55
Humus (%)	1,68	0,93	-
Cap. de schimb cationic (T, me)	18,89	19,32	15,29
Grad de saturare în baze (V, %)	74,74	82,50	77,56
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	-	-	-

*Gleiosolurile* ocupă suprafețele slab depresionare din luncă, totalizând 278 ha. S-au format în condiții de apă freatică aflată la adâncimi de 1-1,5 m pe depozite fluviatile mijlocii. Caracteristic pentru aceste soluri sunt procesele de

## 92 Învelișul de soluri al bazinului hidrografic Bistra și calitatea acestora

---

gleizare determinate de prezența excesului de apă de proveniență freatică.

În condițiile saturării de lungă durată a solului cu apă capilară, de climă mai rece și mediu acid, formarea și acumularea humusului este lentă și se desfășoară pe o adâncime redusă. Horizontul de bioacumulare sărac în humus imprimă solului o culoare cenușie, iar resturile organice suferă procese de reducere (turbificare).

Condițiile de mediu umed și mai acid favorizează alterarea activă a materiei minerale și o slabă levigare. În același timp, datorită condițiilor de exces permanent de apă au loc procese intense de reducere a oxizilor minerali formați în decursul proceselor de alterare.

Reacția acestor soluri este ușor acidă (pH 5-6,5), gradul de saturație în baze scăzut ( $V\% = 55-70$ ), rezerva de elemente nutritive este deficitară.

Aflându-se sub influența apelor freatice situate la adâncime mică, solurile gleice din perimetrul studiat au un regim aerohidric defectuos. Pentru aceasta se impune executarea de lucrări de drenaj în vederea coborârii nivelului freatic. După ameliorare pot fi cultivate cu cartofi, grâu, secară.

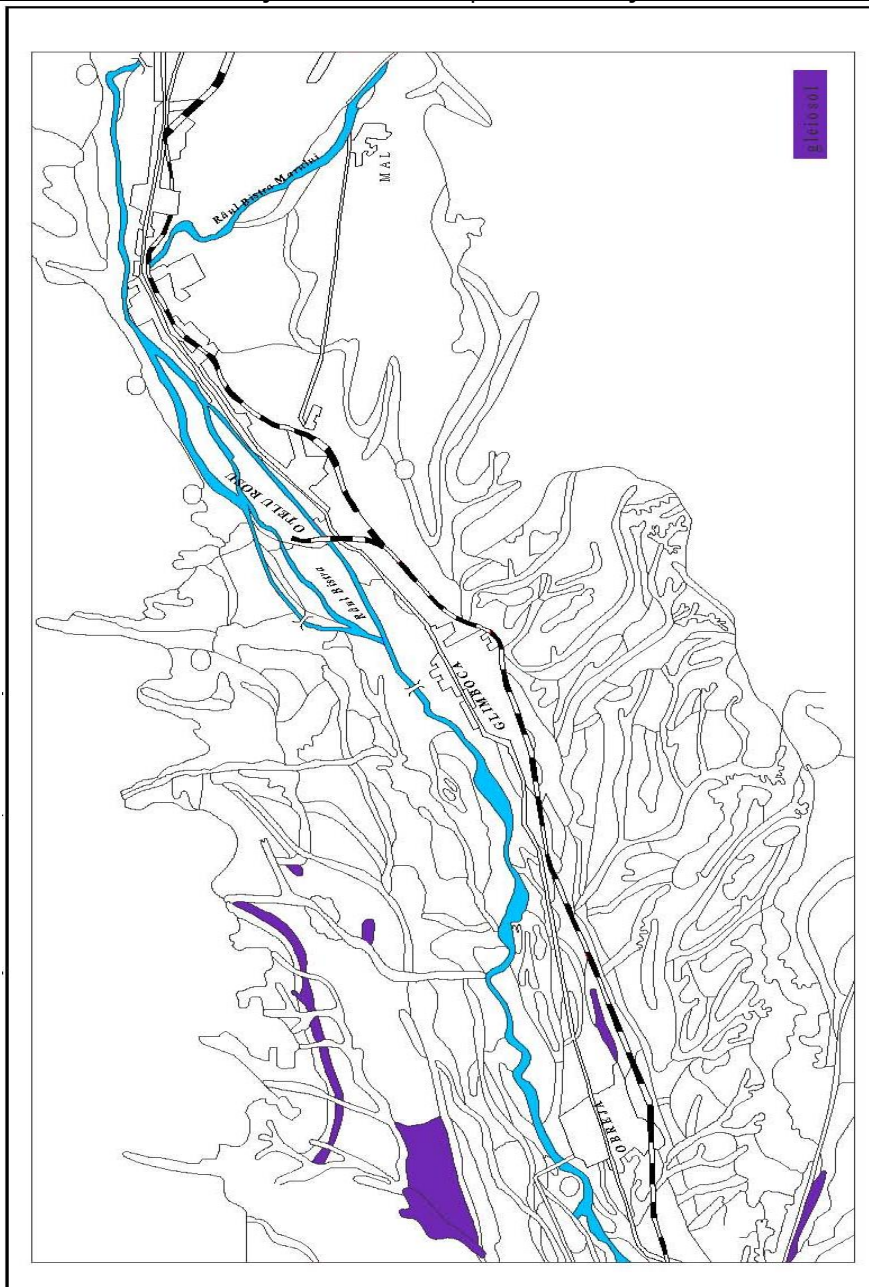


Fig. 3-6. Răspândirea hidrosolurilor în teritoriul Culoarului Bistra

### 3.5.5 Clasa antrisoluri

Această clasă, conform SRTS cuprinde Erodosoluri și Antrosoluri.

*Antrosolul* a fost identificat pe fostele meandre din luncă și în mlaștinile din apropierea Bistrei care au fost parțial sau total umplute cu materialele din jur. Cu timpul, sub acțiunea factorilor de solificare, aceste materiale s-au transformat într-un sol aflat într-un stadiu incipient de dezvoltare. Factorul determinant al formării și evoluției acestui tip de sol este relieful, prin panta, lungimea, forma și expoziția versanților.

Înșușirile chimice sunt modificate ca urmare a proceselor de eroziune, conținutul de substanțe nutritive este scăzut, ca urmare a spălării versanților, conținutul de humus este redus (1,5-2%).

*Erodosolurile* au la suprafață un orizont Ap, sub 20 cm grosime, provenit din orizonturile B,C, AB, AC. Sunt soluri neproductive, acoperite de un covor vegetal format din specii de plante xerofile. În WRB (World Reference Base) sunt absente, apar doar ca faze erodate ale altor grupe de sol.

**Tabel 3-33. PROFIL REPREZENTATIV NR 100 - Glimboca**

Erodosol cambic - mezolitic, moderat superficial, pe roci metamorfice fisurate, lut nisipos mijlociu slab scheletic

ORIZONTURI	A <sub>t</sub>	B <sub>v</sub>	B <sub>vR</sub>
Adâncimi(cm)	0-5	-26	-44
P total(%)			
P mobil(ppm)	8,0	6,7	5,4
Nisip grosier (2,0-0,2 mm) %	18,4	20,6	19,2
Nisip fin (0,2-0,02 mm) %	36,0	32,7	36,1
Praf (0,02-0,002 mm) %	29,1	29,9	29,3
Argilă 2 (sub 0,002 mm) %	16,5	16,8	15,4
Argilă fizică (sub 0,01 mm) %	33,0	34,4	31,6
pH în (H <sub>2</sub> O)	5,45	5,50	5,60
Carbonați (CaCO <sub>3</sub> %)	-	-	-
Humus (%)	2,42	1,80	0,87
Cap. de schimb cationic (T, me)	11,02	10,79	7,98
Grad de saturare în baze (V, %)	43,37	46,7	37,09
Aluminiu mobil (me la 100g sol)	0,74	0,88	0,64

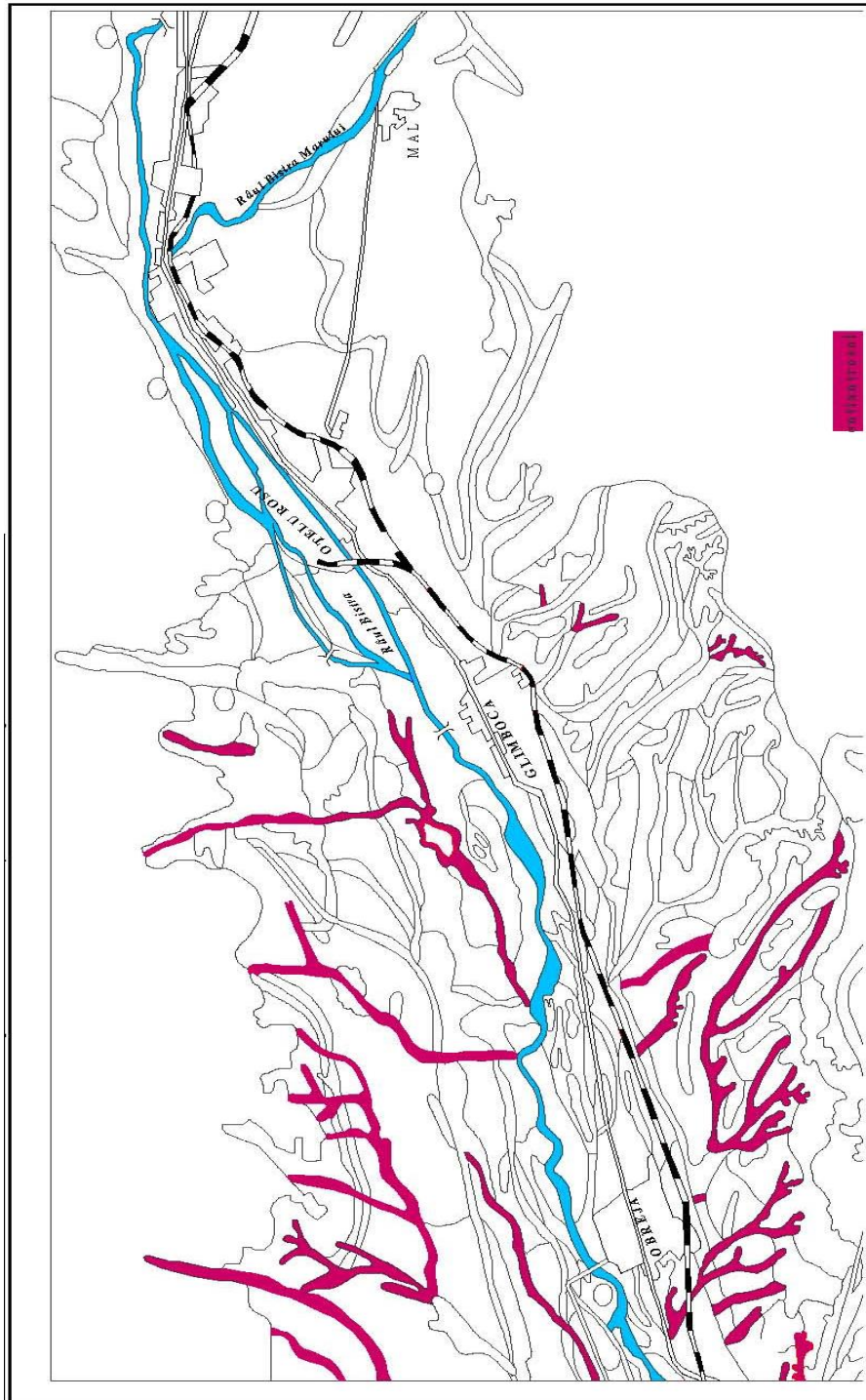


Fig. 3-7. Răspândirea antrisolurilor în teritoriul Culoarului Bistra

### 3.5.6 Clasa cernisoluri

Această clasă de soluri cuprinde soluri profunde, de culoare închisă, cu un conținut de materie organică saturată în baze. Pe teritoriul studiat nu este prezent, clasa fiind reprezentată de rendzine, care se regăsesc doar în apropierea localității Var.

*Rendzinele* sunt soluri având orizont Am și orizonturi intermediare (AR, Bv, AC). Sunt soluri litomorfe molice de culoare neagră sau brun închis și un complex adsorbiv saturat cu  $\text{Ca}^{2+}$ , formate pe materiale parentale calcifere sau roci calcaroase, ce apar între 20 și 50 cm. Prezența calciului menține reacția alcalină, determinând astfel formarea de humus de tip mull calcic. Prin intensificarea levigării ionului de calciu, mai ales în condițiile de relief plan, reacția acestor soluri poate deveni acidă [136].

Datorită profilului scurt și a volumului edafic redus rendzinele au o fertilitate redusă. Pentru creșterea capacității productive se recomandă adâncirea treptată a orizontului de la suprafață, înlăturarea materialului scheletic, combaterea eroziunii, fertilizare organică și minerală. Rendzinele din zonele de deal se pretează pentru plantații pomicole.

### 3.5.7 Evoluția solurilor

Distanța față de albia minoră a râului a constituit un factor hotărâtor în evoluția solurilor aluviale. În imediata apropiere a albiei minore, unde revărsările au fost mai dese și durata de acalmie mai scurtă, solurile formate pe materiale mai grosiere nu au avut timpul necesar pentru a evolua. La o distanță mai mare de albia minoră a râului, unde revărsările s-au produs mai rar (numai la viiturile mari) și durata de acalmie a fost mai mare, solurile sunt mai evolute [60].

Evoluția solurilor în lunca Bistrei este următoarea:

- Cele mai evolute soluri sunt *aluviosolurile* în evoluție spre tipuri de *eutricambosoluri* – se află la o distanță mai mare de albia râului și în depresiuni;
- În imediata apropiere a albiei minore a râului se găsesc *aluviosolurile* puțin evolute și *aluviosoluri stratificate*;
- În depresiuni, unde nivelul freatic se află mai aproape de suprafață, împreună cu apa provenită din precipitații se produce procesul de stagnogleizare. La o acumulare accentuată de materie organică în condițiile de mai sus s-au format *gleiosolurile*.

Soluri formate pe materiale coluviale – se găsesc la baza pantelor și au evoluat pe seama materialelor erodate de pe pante și transportate de apele meteorice ce se scurg la suprafața solului. Dacă materialul coluvial nu a fost împrăștiat de multă vreme, se înregistrează o evoluție clară către tipul de sol zonal. Dacă eroziunea este actuală și materialul coluvial mai recent, orizonturile nu sunt bine diferențiate și prezintă un grad redus de humificare.

Între însușirile rocii și cele ale solurilor se manifestă o corelație prin compoziția texturală, mineralogică și prin însușirile fizico-chimice.

**Textura** materialului parental influențează procesele pedogenetice și



### 3.5. Învelișul de soluri în raport cu condițiile naturale 97

implicit morfologia profilului de sol. Astfel, o textură nisipoasă favorizează o levigare mai intensă și o mai bună dezvoltare a profilului de sol, impunând o diferențiere mai slabă a orizonturilor de sol, fără a stimula procesele de acumulare a humusului. În contrast, textura argiloasă încetinește procesul de levigare, determină formarea unor profile de sol mai puțin profunde, dar care au o mai bună diferențiere a orizonturilor de sol, stimulează acumularea humusului și determină o mai bună evoluție a solului sub influența excesului de umiditate.

**Alcătuirea granulometrică** reprezintă unul din factorii de natură lito-pedogenetică ce este implicat în modalitățile de dispunere a elementelor chimice în sol. Dintre componentele granulometrice, cel mai important rol în reținerea sau eliberarea elementelor chimice din sol îl are argila.

Panta mare și viteza de curgere sporită a apelor Bistrei și a afluenților săi nu a permis ca materialul adus să fie sortat. Totuși, în depresiune a rămas materialul grosier, iar cel fin a fost reținut în suspensie și îndepărtat odată cu apa. Acest fapt este valabil mai ales în luncă unde s-au depus și se mai depun încă materiale fluviatile. Astfel, luvosolurile identificate chiar și după mii de ani de evoluție, au texturi maxim medii chiar și în orizonturile iluviale.

În zona conurilor de dejecție majoritatea solurilor au texturi luto-nisipoase, iar în luncă nisipo-lutoasă. Procentul foarte redus de argilă din solurile Depresiunii Bistra reprezintă un factor care a atenuat acumularea unor elemente chimice, de genul metalelor grele. În condițiile unei compoziții granulometrice predominant grosiere, în care pătrunderea și reținerea elementelor chimice în formă ionică, este nesemnificativă, rolul hotărâtor în acumularea acestor elemente îl deține materialul aluvionar adus.



Fig. 3-8. Textura solurilor din Culoarul Bistra, în secțiunea 0-20 cm, după Ianoș, 1994

**Legenda;** 1. nisipo-lutoasă; 2. nisipo-lutoasă cu schelet; 3. luto-nisipoasă cu schelet; 4. luto-nisipoasă; 5. lutoasă; 6. lutoasă cu schelet; 7. luto-argiloasă; 8. terenuri neagricole și arii necercetate

Tabel 3-34. Legenda unităților de sol din Culoarul Depresionar Bistra

Nr. US	Denumirea unității de sol	Forma de relief	Panta %
1.	Districtambosol tipic pe roci magmatice,	Dealuri	5-15%
2.	Aluviosol epischeletic	Terasă, luncă	-
3.	Litosol tipic, foarte superficial pe roci metamorfice fisurate, lut mediu	Dealuri, versanți	20-35%
4.	Regosol tipic, pseudogleizat în adâncime, puternic profund, pe materiale parentale tristratificate mijlocii cu schelet, nisip lutos grosier moderat scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic	Dealuri, versanți	35-50%
5.	Aluviosol eutric pe depozite fluviatile grosiere, lut nisipos mijlociu, slab scheletic/nisip grosier excesiv scheletic	Luncă	-
6.	Aluviosol eutric, freatic umed, pe materiale parentale tristratificate grosiere cu schelet, lut nisipos mijlociu/nisip lutos grosier moderat scheletic	Luncă, deal	5-10%
7.	Aluviosol coluvic - stagnic, pseudogleizat în adâncime, puternic profund, pe luturi mijlocii cu schelet, lut mediu/lut nisipos mijlociu slab scheletic	Deal	10-15%
8.	Aluviosol coluvic - gleic, moderat profund, pe depozite fluviatile mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic	Deal	10-20%
9.	Aluviosol coluvic - gleic, pe luturi mijlocii, lut prăfos/lut mediu	Baza versanților	20-30%
10.	Aluviosol coluvic - stagnic, foarte puternic profund, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos mijlociu	Luncă	-
11.	Aluviosol coluvic - stagnic, foarte puternic profund, pe materiale parentale polistratificate grosiere, lut nisipos grosier slab scheletic/nisip lutos grosier	Luncă, deal	5-10%
12.	Aluviosol coluvic - stagnic, pe luturi mijlocii, lut nisipos mijlociu/lut nisipos mijlociu	Luncă	-
13.	Aluviosol coluvic - stagnic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos	Luncă	-
14.	Aluviosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, nisip lutos mijlociu/nisip lutos mijlociu	Luncă	-
15.	Aluviosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, lut nisipos mijlociu/lut nisipos mijlociu	Luncă, fir de vale	-
16.	Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos	Luncă	-

17.	Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile grosiere cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic. Sol foarte puternic profund	Luncă	-
18.	Eutricambosol gleic semiprofund, pe pietrișuri fluviatile, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic	Deal	5-10%
19.	Eutricambosol gleic, pe depozite fluviatile mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut mediu	Deal	5-15%
20.	Districambosol tipic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos	Deal, baza versant	10-20%
21.	Districambosol tipic, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos	Deal	10-15%
22.	Luvosol albic, pseudogleizat în adâncime, pe luturi mijlocii, lut nisipos mijlociu/ lut nisipos mijlociu	Deal	10-15%
23.	Luvosol albic, pseudogleizat în adâncime, pe luturi mijlocii fine, lut nisipos prăfos/ lut argilo-prăfos	Deal, culme	10-20%
24.	Luvosol albic - stagnic pseudogleizat slab, pe luturi mijlocii fine cu schelet, lut nisipos prăfos/lut prăfos slab scheletic	Deal	10-20%
25.	Luvosol albic glosic pseudogleizat slab pe luturi mijlocii, lut prăfos slab scheletic /lut argilos mediu slab scheletic	Deal, baza versant	15-25%
26.	Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat slab, fragipanic pe luturi mijlocii fine, lut nisipos prăfos/lut argilo-prăfos	Deal	10-15%
27.	Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat slab, freatic umed moderat profund, pe pietrișuri fluviatile, lut nisipos prăfos/lut nisipos prăfos	Deal	10-15%
28.	Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat moderat, freatic umed pe luturi mijlocii, lut mediu/lut argilos mediu	Baza versant	25-30%
29.	Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat moderat, pe luturi mijlocii, lut nisipos prăfos/lut prăfos	Deal, baza versant	20-30%
30.	Luvosol albic - stagnic, pseudogleizat moderat, puternic profund, pe luturi mijlocii cu schelet, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut prăfos slab scheletic	Deal, versant	25-35%
31.	Luvosol albic glosic, pseudogleizat puternic, pe luturi mijlocii, lut prăfos/ lut argilo-prăfos	Deal, versant	30-35%

32.	Stagnosol tipic, freatic umed, semiprofund, pe pietrișuri fluviatile, lut nisipos mijlociu slab scheletic/lut nisipos mijlociu moderat scheletic	Terasă	-
33.	Erodosol cambic - mezolitic, moderat superficial, pe roci metamorfice fisurate, lut nisipos mijlociu slab scheletic	Deal, versant	20-35%

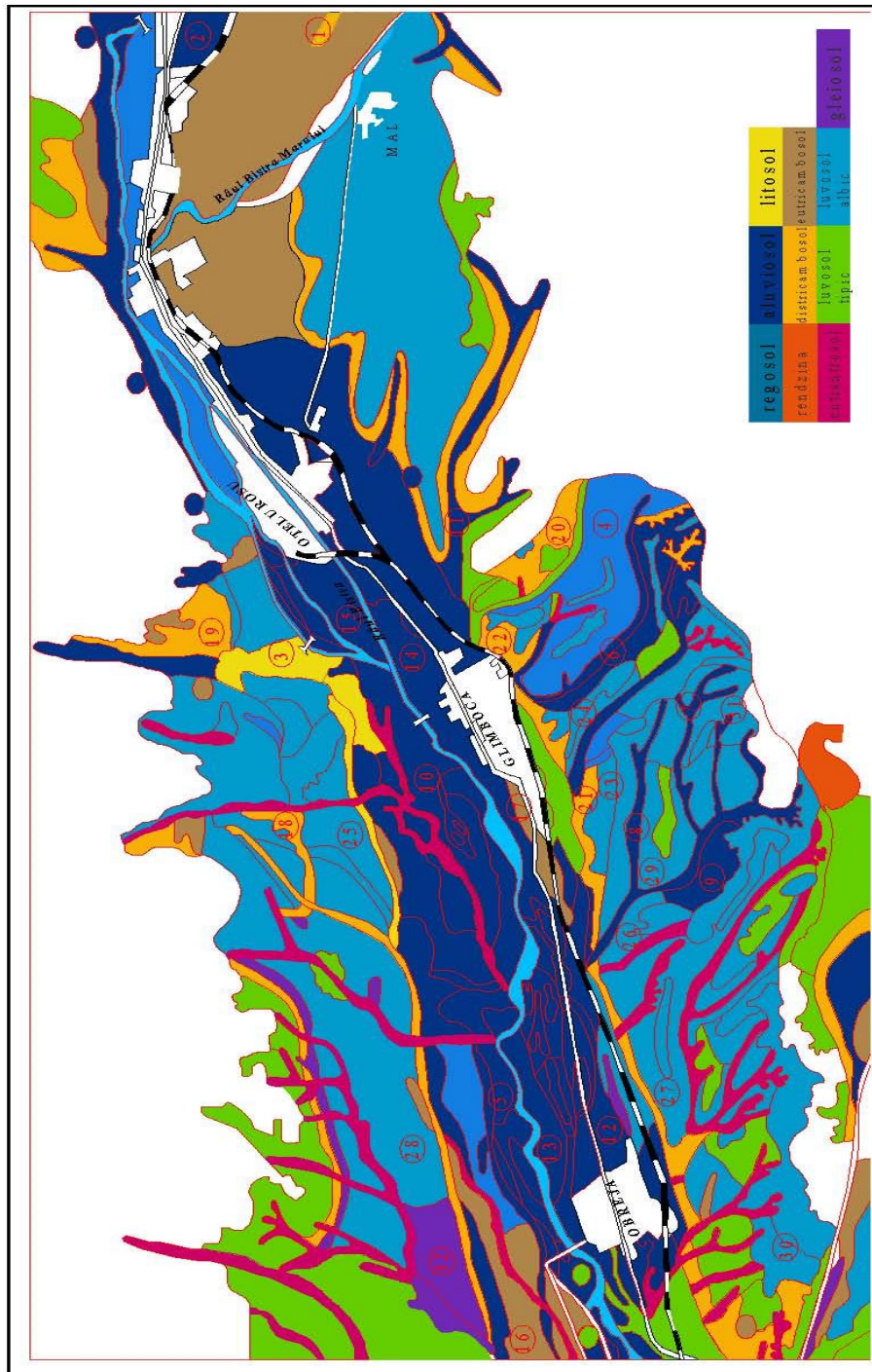


Fig. 3-9. Harta solurilor în Culoarul Bistra

### 3.6 Evaluarea calității solurilor din Bazinul Hidrografic Bistra

În sistemul de monitoring al calității solurilor României, organizat în anul 1977, subsistemul privind situația agrochimică a solurilor sintetizează cu o periodicitate anuală informațiile furnizate de unități specializate (Oficiile de Studii Pedologice și Agrochimice), privind reacția (pH-ul) și asigurarea solurilor cu humus, azot, fosfor și potasiu, justificat de faptul că acești indicatori agrochimici ai fertilității solului cunosc o dinamică mai accentuată în condițiile folosirii regulate a amendamentelor și îngrășămintelor cu N, P și K în producția vegetală. Datorită caracterului fragmentar al informației existente, aspecte referitoare la asigurarea solului cu microelemente au fost prezentate sporadic, determinările de microelemente nefiind practicate în cadrul OSPA.

Sub denumirea generică de microelemente sunt cunoscute în literatura de specialitate acele elemente chimice cu rol esențial în desfășurarea proceselor metabolice care se găsesc în plante în cantități ce nu depășesc 0,01% în substanța uscată a acestora. Sursa principală de microelemente pentru plante o constituie solul, din care se îndepărtează anual cu recoltele cantități ce variază de la câteva zeci la câteva sute de grame la hectar, în funcție de natura microelementului și de nivelul producției.

În prezent este unanim acceptat faptul că practicarea unei agriculturi intensive (care implică utilizarea unor cantități crescute de amendamente și îngrășăminte din ce în ce mai concentrate și mai pure, concomitent cu reducerea ponderii îngrășămintelor naturale în sistemul de fertilizare, extinderea irigațiilor, introducerea în cultură a unor noi soiuri și hibrizi cu performanțe productive superioare, măsuri de combatere a bolilor și dăunătorilor etc.), poate să determine o solicitare mai intensă a rezervelor de elemente chimice din soluri și respectiv un ritm mai alert de epuizare a acestora, dacă nu se iau măsuri de compensare prin aplicarea de îngrășăminte. În plus, modificările energice produse de unele măsuri agropedameliorative asupra condițiilor fizico-chimice pot determina schimbări esențiale în starea de mobilitate a elementelor în sol și de accesibilitate a acestora pentru plante, în multe situații constatându-se o înrăutățire a acesteia. În aceste condiții, elementele nutritive pot deveni factori limitativi ai producției vegetale pe anumite categorii de soluri, având ca efect o incidență sporită a dereglărilor de nutriție minerală, cu repercusiuni negative asupra nivelului producției și calității acesteia. Sunt vizate la fenomene de carență în primul rând solurile cu rezerve mai scăzute de elemente chimice esențiale și/sau cu condiții fizico - chimice care limitează accesibilitatea acestora pentru plante, dar treptat fenomenele se pot extinde și pe soluri mai bine asigurate, cultivate îndelung în sistem intensiv. De asemenea, pe anumite categorii de soluri pot să apară fenomene de toxicitate, provocate atât de cauze naturale cât și antropice [62].

Pentru a avea o imagine cât mai apropiată de realitate a dimensiunii problematicei macro și microelementelor în agricultura României, trebuie pornit de la cunoașterea stării de asigurare cu acestea în solurile cu folosință agricolă. Informațiile de acest gen oferă posibilitatea delimitării unor areale de soluri cu condiții potențiale de manifestare a unor dereglări de nutriție (carențe sau excese), fiind esențiale în fundamentarea științifică a politicii de folosire a îngrășămintelor în țara noastră.

### 3.7 Principalele restricții ale calității solurilor în Bazinul Hidrografic Bistra

Factorii care determină capacitatea de producție a unor soluri sunt numeroși și extrem de variați. Din cercetările pedologice efectuate rezultă că mari suprafețe de teren agricol din România sunt afectate de unul sau chiar mai mulți factori limitativi ai producției.

O analiză globală a fenomenelor de restricții ale solurilor din Banat a evidențiat că factorii de risc sunt multipli, aceștia putând fi sintetizați în:

- Factori de risc datorati *condițiilor climatice* (regim termic, pluvial, eolian);
- Factori de risc datorati *condițiilor de relief* (neuniformitatea terenurilor, acoperirea terenurilor cu stânci și/sau bolovani, panta terenului, eroziune de suprafață și adâncime, alunecări și prăbușiri)
- Factori de risc datorati *condițiilor de drenaj* (exces de umiditate freatică sau stagnantă, prin revărsare, din infiltrații laterale în sol);
- Factori de risc datorati *caracteristicilor chimice* (salinizare, alcalizare, debazificare, conținut în humus, elemente nutritive, metale grele);
- Factori de risc datorati *caracteristicilor fizice* (textură grosieră și fină, volum edafic util redus);
- Factori de risc datorati *poluării terenurilor agricole*.

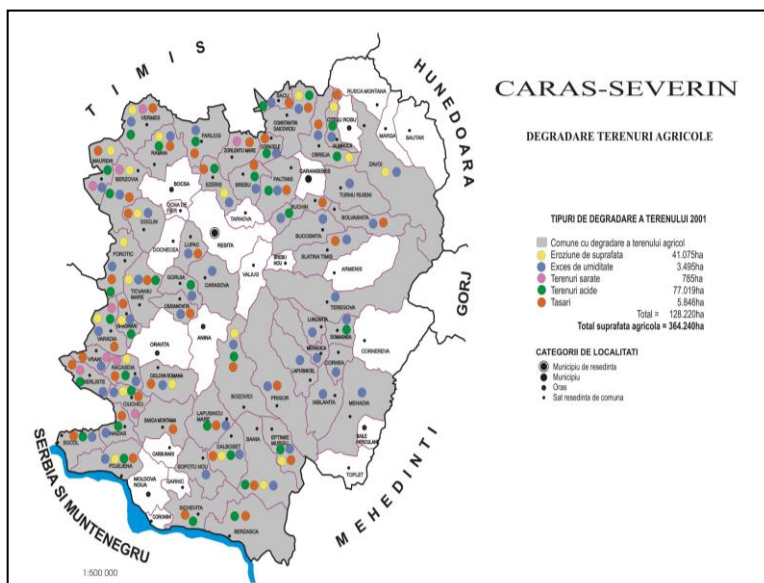


Fig. 3-10. Degradarea terenurilor agricole în Banat, după Planul local de Amenajare pentru Protecția Mediului, pentru jud. Caraș Severin, 2003

Așa cum se observă în figura privind degradarea terenurilor agricole din Banat, la nivelul teritoriului studiat se manifestă degradări cauzate mai ales de aciditatea solului, eroziunea de suprafață și excesul de umiditate.

Dintre toți acești factori limitativi, cel mai mare impact ecologic și productiv



în bazinul Bistra îl au următorii:

- Reacția solului
- Deficitul sau excesul de umiditate
- Conținutul redus de elemente nutritive

### 3.7.1 Factori de risc ai terenurilor datorati reacției solurilor

Varietatea mare a condițiilor de climă, rocă, relief și vegetație a determinat, pe lângă o mare varietate de soluri și o diferențiere sporită a proprietăților chimice.

Privită în ansamblu, starea de reacție a solurilor reflectă zonalitatea longitudinală și altitudinală, dinspre est către vest, respectiv de la domeniul solurilor puternic acide din zonele montane și piemontane, către cele neutre și alcaline din zonele de câmpie.

O influență aparte asupra calității solului exercită *reacția solului* (gradul de aciditate sau bazicitate care este dată de raportul dintre concentrația de ioni de  $H^+$  și  $OH^-$ ). Astfel, solurile acide sunt sărace sau uneori, total lipsite de calciu, element important pentru viața plantelor și, de asemenea, lipsite de unele microelemente (bor, molibden, cobalt). Reacția puternic alcalină a solului determină blocarea unor microelemente (Zn, Cu, Mn, Bo, etc) și, prin urmare, carențe în ceea ce privește aprovizionarea plantelor. Aceste soluri au proprietăți fizice nefavorabile, nu au structură, au porozitate mică, practic sunt impermeabile [130].

Gradul de aciditate al solurilor este determinat de substituirea cationilor bazici ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) cu cei acizi ( $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ). Principala sursă de ioni de hidrogen din sol o reprezintă apa meteorică, de aceea procesul de acidifiere al solurilor este caracteristic zonelor cu climat răcoros și umed din zonele piemontane și montane, unde predomină luvosoluri, cambisoluri, umbrisoluri și spodisoluri. Aceste clase de sol dețin în zona studiată cea mai mare proporție din terenul cercetat.

Situația este similară în cazul zonelor de câmpie sau luncă, evaluate pe materiale parentale acide, unde se întâlnesc eutricambosoluri și aluviosoluri.

În tabelul 3-35. este prezentată evoluția în timp (perioada 2000 – 2005) a valorilor principalilor indicatori fizico-chimici ai apelor de precipitații prelevate la stația de control al poluării de fond Semenici. Urmărind această variație se constată o creștere a acidității, exprimată prin scăderea pH-ului, determinată de creșterea frecvenței ploilor acide.

**Tabel 3-35. Domeniile de variație ale concentrațiilor principalilor indicatori fizico-chimici ai apelor de precipitații prelevate la stația Meteo, în regiim de fond, Semenici**

Indicator	U.M.	2000	2001	2002	2003	2004	2005
pH	Unități pH	5,2-7,6	4,6-8,14	4,72-8,71	4,13-7,25	4,23-6,95	4,38-7,26
Conductivitate	$\mu S/cm$	36-103	32-185	17,5-141	14,7-228	11,5-51,6	7,8-77,2
Sulfați ( $SO_4^{2-}$ )	$mg/dm^3$	3.6-100.5	1-99,27	0,9-54	1-15	0-8,00	0-9,00
Azotați ( $NO_3^-$ )	$mg/dm^3$	2,15-9,74	0,87-34,8	0,46-36,2	0,41-5,89	0,35-7,77	0,17-15,4
Azotiți ( $NO_2^-$ )	$mg/dm^3$	0-	0,009-	0,004-	0,005-	0,01-	0.0-

		0,294	1,5	1,6	0,8	0,25	0,06
Cloruri (Cl <sup>-</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	2,13-12,7	2,84-16,3	2,84-36,9	1,42-11,3	1,42-8,50	1,42-8,52

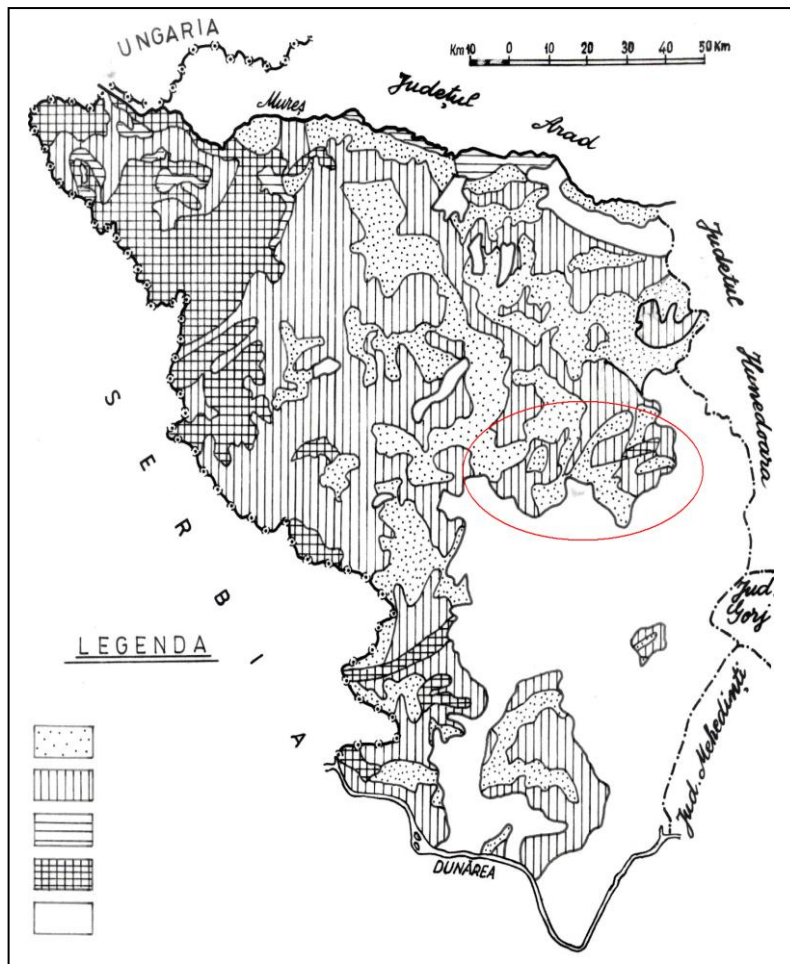


Fig. 3-11. Aprecierea stării de aciditate a solurilor din Banat, după Ianoș, 1993

**Legendă:** 1. puternic - moderat acid (pH ≤ 5,80); 2. Slab acid (pH 5,81-6,80); 3. neutru (pH 6,81-7,20); 4. alcalin (pH > 7,20); 5. zone necercetate

Explicația extinderii mari a solurilor acide este dată de două aspecte:

- Cauza naturală, determinată de evoluția solului într-un climat umed și mai răcoros (T=9-11°C; P= 700-800 mm), ceea ce a determinat o reacție mai acidă și formarea unor orizonturi eluviale debazificate;
- Influența antropică care amplifică mult condițiile naturale, respectiv folosirea irațională a îngrășămintelor pe terenurile agricole care a determinat sărăcirea solurilor în substanțe baze.

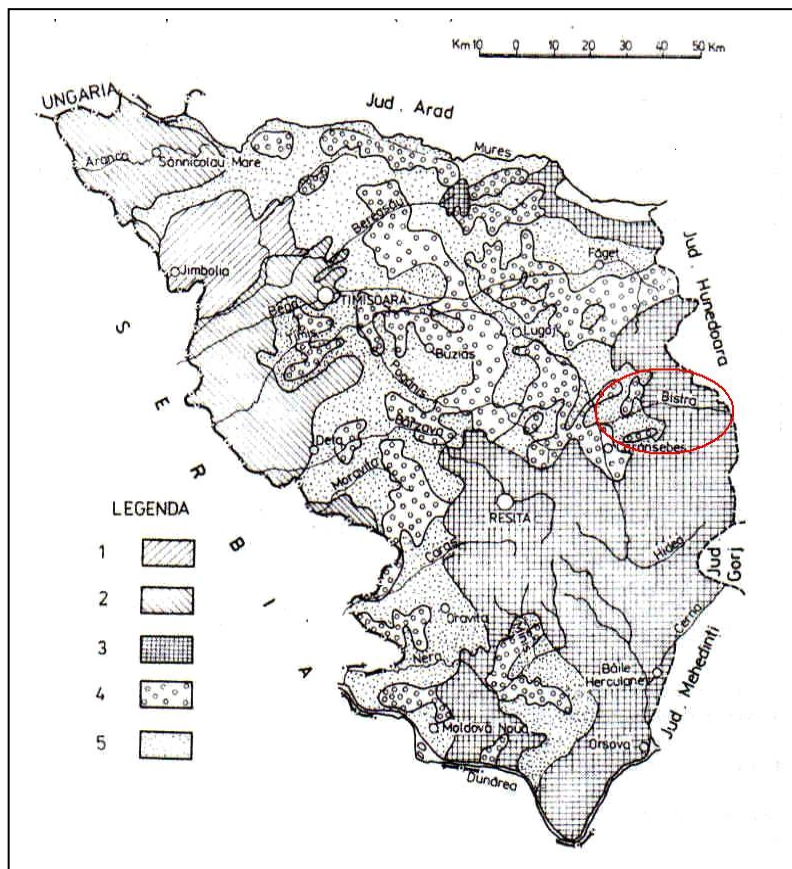


Fig. 3-12. Terenuri agricole din Banat afectate de acidifiere și sărăturare, după Ianoș, 2006

**Legenda:**

1. soluri moderat-puternic sărăturate în asociație cu 90% soluri zonale neafectate de sărăturare
2. soluri moderat-puternic sărăturate în asociație cu 60% soluri zonale neafectate de sărăturare
3. păduri și terenuri agricole necercetate
4. soluri moderat-puternic acide
5. soluri neafectate de sărăturare sau acidifiere

### 3.7.2 Factori de risc determinați de excesul sau deficitul de umiditate

Afectate de procese hidrice sunt majoritatea solurilor care au alcătuire granulometrică predominant fină și au un grad avansat de tasare. Caracteristicile fizice și hidrofizice deficitare ale acestor soluri sunt determinate de particularitățile proceselor de evoluție și de condițiile naturale din zona de vest a țării.

După o perioadă mare de submersiune și de înmlăștinire a teritoriului, legată de extinderea domeniului lacustru Panonic, vestul României a parcurs o întreagă perioadă cu un accentuat hidromorfism, perioadă denumită de unii cercetători „perioadă de mlaștină” [68].

Un alt factor care și-a pus amprenta supra genezei solurilor afectate de riscuri hidrice și a imprimat însușiri negative unor zone este litologia rocilor de suprafață, care este preponderent argiloasă, mai ales smectitică.

Vârsta înaintată a solurilor din zona piemontană, sub influența excesului de umiditate pluvială, a condiționat procesul de evoluție prin procese de translocare a bazelor, argilei și silicei, procese care asociate cu particularitățile litologice, au favorizat fenomenele de pseudogleizare [68].

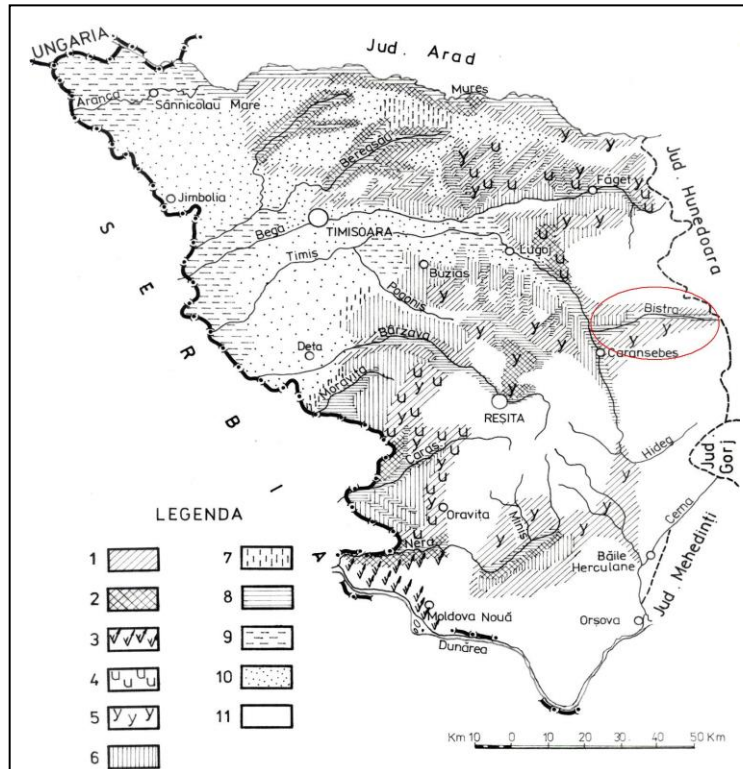


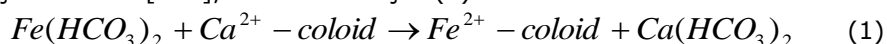
Fig. 3-13. Terenuri agricole din Banat afectate de eroziune, alunecări și exces de umiditate, după Ianoș, 2006

**Legenda:**

- |   |  |
|---|--|
| 1. eroziune prin apă, moderat-puternică             | 7. exces de umiditate pluvială (periodic)  |
| 2. eroziune prin apă, foarte puternică și excesivă) | 8. exces de umiditate freatică (frecvent   |
| 3. eroziune eoliană                                 | 9. exces de umiditate freatică și pluvială |
| 4. alunecări de teren stabilizate                   | 10. terenuri neafectate de degradări       |
| 5. eroziune în adâncime                             | 11. păduri și terenuri necercetate         |
| 6. exces de umiditate pluvială (frecvent)           |  |

Trăsăturile morfologice ale solurilor slab permeabile, compactate și afectate de umiditate constau în existența orizonturilor argice sau verticale ce prezintă unele proprietăți oxido-reducătoare accentuate. Datorită anaerobiozei accentuate și a acidității se manifestă fenomene de imobilizare a fosforului și a altor nutrienți, crește conținutul de fier și mangan în forme reduse, se observă o levigare masivă a azotului anorganic ceea ce încetinește formarea humusului. Totodată, prezența

orizonturilor slab permeabile în partea mediană a profilului de sol favorizează stagnarea îndelungată a apei pluviale deasupra orizontului argic, pătrunderea fierului redus în rețelele cristaline ale silicaților și distrugerea acestora prin procesul de feroliză (oxidare bruscă). Ionul de  $Fe^{2+}$  va ocupa o fracțiune importantă din suprafața coloizilor [143], conform reacției (1):



Alt factor limitativ natural îl constituie *lipsa apei din sol* care se resimte acut exact în perioadele critice pentru plante. Principala sursă de alimentare cu apă a solului o reprezintă precipitațiile, la care se adăugă într-o mică măsură vaporii de apă din atmosferă. Unele soluri pot primi apa din pânza freatică, din scurgerile de suprafață sau din interiorul solului (cazul solurilor situate la baza versanților din irigație). Pierderea apei din sol poate avea loc ca urmare a trecerii acesteia în atmosferă prin evaporație directă la suprafața solului sau prin transpirația plantelor.

Evaporația constă în trecerea sub formă de vapori ai apei din sol la suprafața acestuia și răspândirea vaporilor rezultați în atmosferă numai prin acțiunea căldurii solare. Dacă solul este aprovizionat cu apă din pânza freatică, pierderea de apă este compensată cu apa care se ridică prin capilaritate și solul rămâne umed. În cazul în care solul nu se găsește sub influența apei freactice, evaporarea duce la micșorarea treptată a umidității solului, adică se produce uscarea acestuia la suprafață.

Lipsa apei din sol se datorează și consumului acesteia de către plante prin transpirație. Apa se poate pierde și prin infiltrarea acesteia spre spațiul subteran, proces cunoscut sub denumirea de *drenaj intern*; tot ca o pierdere a apei din sol se consideră și scurgerea apei pe suprafața terenurilor în pantă, proces numit *drenaj extern*.

### 3.7.3 Factori de risc determinați de carența în elemente nutritive esențiale

Elementele nutritive îndeplinesc anumite roluri în viața plantelor, care se pot dezvolta numai în prezența tuturor elementelor esențiale, pe lângă ceilalți factori de creștere și de dezvoltare, temperatură, apă, lumină.

Carențele în elemente nutritive se resimt în condițiile unei agriculturi intensive. Cele mai importante elemente nutritive sunt azotul, fosforul și potasiul.

Azotul este elementul fundamental cu rol plastic, de construcție, el regăsindu-se în constituția substanțelor cuaternare – proteine, aminoacizi, acizi nucleici, clorofilă, alcaloizi, etc. Azotul accesibil plantelor provine din descompunerea materiei organice, la aceasta contribuind și o serie de microorganisme care sintetizează azotul atmosferic.

Azotul este factorul care determină cantitatea și calitatea recoltelor (intră în constituția proteinelor).

Deficitul de azot se manifestă în urma nerecuperărilor prin fertilizare a azotului îndepărtat odată cu recoltele, ceea ce determină și o scădere a conținutului de humus pentru că plantele își extrag acest element în lipsa unei fertilizări minerale adecvate.

Fosforul intră în constituția compușilor organici care înmagazinează și transferă energie în procesele metabolice (ADP, ATP). Îndeplinește rol structural (acizi nucleici), fiind preferat altui element în transmiterea bagajului genetic datorită proprietăților pe care le au fosfații de a rămâne inactivi în mediul apos, în absența enzimelor specifice (procesele de oxidoreducere nu modifică valența

atomului de fosfor).

Fosforul favorizează creșterea echilibrată a plantelor, contribuie la dezvoltarea sistemului radicular, fiind esențial în rezistența plantelor la dăunători.

Deficitul de fosfor are următoarele consecințe: plantele rămân mici, rădăcinile sunt lungi și rare, tulpina rigidă, frunzele verde-închis, până la albastru-verde, luând de multe ori o culoare roșie sau purpurie.

Potasiul are rol catalitic și energetic, reglează creșterea, metabolismul apei, influențează cantitatea și calitatea recoltei, rezistența plantelor la boli, cădere, frângere.

Carența de potasiu determină o culoare albastrui-verde închis cu albire și apoi uscare pe margini a frunzelor, creșterea neuniformă a limbii frunzelor, frunzele par ofilite deși au apă.

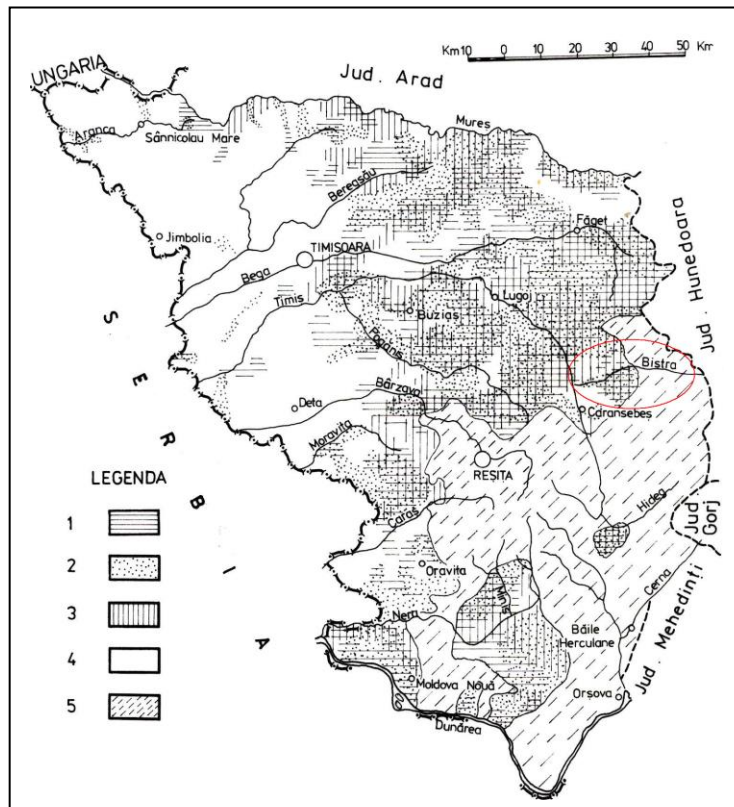


Fig. 3-14. Carențe în elemente nutritive în solurile agricole din Banat, după Ianoș, 2006

**Legenda:** areale afectate de carențe în: 1. azot; 2. fosfor; 3. potasiu; 4. zone neafectate de degradare; 5. păduri și zone agricole necercetate

## 4 INFLUENȚA ANTROPICĂ ASUPRA CALITĂȚII SOLURILOR DIN BAZINUL HIDROGRAFIC BISTRA

Dezvoltarea continuă a agriculturii a impus o utilizare din ce în ce mai intensivă a resurselor de sol. Intensa mecanizare, fertilizare, amenajare hidroameliorativă a terenurilor din cadrul perimetrului cercetat a determinat modificarea condițiilor de desfășurare naturală a proceselor pedogenetice și a însușirilor solului [137].

Cele mai importante modificări ale condițiilor de pedogeneză se datoresc *lucrărilor de îndiguire și schimbării parțiale a cursului Bistrei*, asociate cu *lucrări de irigație sporadice*, pe suprafețe foarte restrânse. Acestea li se adaugă:

- *înlocuirea vegetației naturale prin culturi agricole;*
- *administrarea de îngrășăminte minerale pe scară din ce în ce mai mare;*
- *lucrarea intensivă a solului cu mijloace mecanice (folosirea fără discernământ a utilajelor agricole grele pe terenul insuficient uscat);*
- *diminuarea suprafețelor ocupate cu graminee și leguminoase perene.*

Toate aceste intervenții ale omului au modificat regimul substanțelor nutritive și regimul hidric al solului, inclusiv circulația apei atât la suprafață, cât și în interiorul profilului de sol. Ca atare circuitul și bilanțul elementelor în stratul de sol și-au modificat ritmul de desfășurare. De o deosebită importanță pentru ridicarea potențialului productiv al resurselor de sol din cadrul perimetrului cercetat sunt lucrările vizând prevenirea și combaterea excesului de umiditate freatică și din precipitații. Lucrările de îndiguire ale cursului Bistrei au avut efect favorabil asupra proceselor pedogenetice, dar nu au rezolvat problema excesului de umiditate în totalitate [62].

Prin construirea uzinei Oțelu Roșu, versanții din sud – estul teritoriului au fost în parte excavați până la roca subiacentă, ducând la distrugerea lor și la poluarea zonei înconjurătoare. Aceleași decopertări s-au făcut pe versantul stâng al văii Măceșului cu ocazia construirii gării CFR din extremitatea estică a teritoriului [66].

Pentru redarea agriculturii a unor suprafețe intense de pășuni se cere îndepărtarea urgentă a ferigilor care au invadat aceste terenuri. Carierele de piatră de pe valea Glimbocii constituie și ele surse de poluare a solului și de micșorare a suprafeței agricole.

Administrarea îndelungată a îngrășămintelor cu azot a favorizat acidifierea solurilor și în consecință a scăzut fertilitatea terenurilor.

### 4.1 Surse de poluare în Bazinul Hidrografic Bistra

Poluarea este o problemă majoră cu care se confruntă societatea contemporană, fiind consecința ruperii echilibrului ecologic dintre om și natură. Poluarea este deci consecința unor activități umane.

Factorii principali ai *poluării aerului* sunt: praful, funinginea, monoxidul de carbon, dioxidul de sulf, oxizii de azot, plumbul. Aerul se consideră poluat dacă substanțele emise ating nivele nocive, iar capacitatea sa de autoepurare este depășită. Principalele surse de poluare ale aerului sunt: circulația autovehiculelor și noxele din ramura industrială. Fenomenele de poluare a aerului capătă conotații

## 112 Influența antropică asupra calității solurilor din bazinul hidrografic Bistra

diferite funcție de condițiile meteoroclimatice specifice zonei poluate.

Apa este factorul indispensabil vieții pe pământ. *Poluarea apelor* se face prin intermediul apelor reziduale menajere sau industriale. În urma utilizării apei de către consumatori, aceasta își modifică compoziția. Apele ce rezultă sunt ape uzate care au o compoziție fizico-chimică și bacteriologică necorespunzătoare, care împiedică folosirea acestora în diferite scopuri. Un fenomen de poluare al apelor îl constituie *eutrofizarea* (înflorirea) acestora, determinată de concentrarea unor cantități importante de nutrienți, ceea ce produce un dezechilibru în ecosistemul acvatic [140].

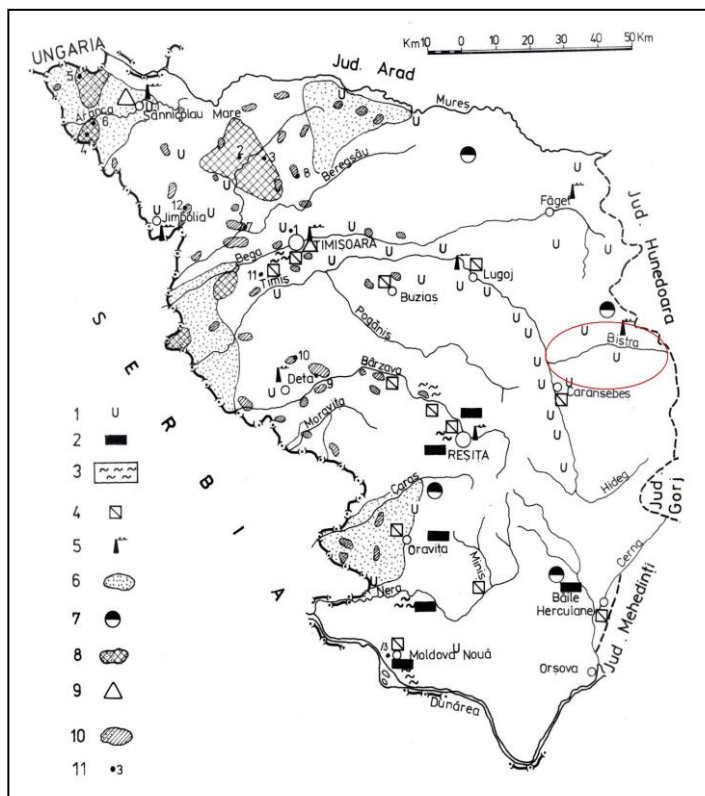


Fig. 4-1. Surse de poluare în județul Caraș-Severin

**Legenda:** 1. exploatații miniere, balastiere, cariere; 2. halde de steril; 3. iazuri de decantare; 4. deșeuri și nămoluri menajere; 5. deșeuri industriale; 6. concentrații sporite de metale grele; 7. materiale radioactive; 8. hidrocarburi; 9. reziduuri organice industriale; 10. dejecții animale; 11. puncte de recoltare a probelor analizate

Solul este suport și mediu de viață pentru ecosistemele naturale și antropice, constituind locul de întâlnire al poluanților din toate celelalte medii: pulberile din aer, gazele toxice se întorc în sol prin intermediul precipitațiilor, apele reziduale eliberate necorespunzător antrenează substanțele poluante spre adâncime, etc.

Absolut toate formele de poluare a solului au efecte dezastruoase asupra ecosferei, iar refacerea calității solului este un proces de lungă durată, sau chiar imposibil.



Pentru prevenirea și combaterea *poluării solului* trebuie avute în vedere tipurile de poluare la care acesta este supus. Prevenirea poluării solurilor este legată și de activitățile din industrie, transporturi și cele menajere.

Cel mai mare impact potențial poluator în zona studiată îl are societatea S.C. GAVAZZI STEEL S.A. *Oțelu Roșu*, societate cu profil de metalurgie feroasă.

Primele mențiuni de prelucrare a metalelor în zonă sunt din anii 1795 când funcționa forja de la Rusca Montană care utiliza fier. În anul 1864 se elaborează prima șarjă de oțel. Producția crește periodic, în anul 1979 vechile uzine metalurgice sunt modernizate, până în 1988 societatea se dezvoltă permanent. În 1991 se înființează societatea SOCOMET S.A., dar producția scade drastic din lipsa mijloacelor circulante.

Societatea S.C. GAVAZZI STEEL S.A. *Oțelu Roșu* a fost înființată în anul 1999, ca urmare a cumpărării acțiunilor fostei societăți comerciale SOCOMET S.A. *Oțelu Roșu*. Societatea a funcționat cu intermitențe, între anii 2002-2004 fiind închisă. Societatea are un specific metalurgic, de producere a oțelului și de prelucrare prin laminare.

Din activitatea societății, pe lângă produsele principale și secundare valorificabile (oțel și semifabricate), rezultă și o serie de deșeuri a căror evacuare se realizează în mediul înconjurător ( $\text{SO}_2$ , funingine, pulberi sedimentabile, vapori de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



Fig. 4-2. Evacuarea necontrolată în aer a emisiilor rezultate din activitatea oțelăriei electrice

Alte surse de poluare a zonei le reprezintă *autovehiculele care tranzitează zona* și *locomotivele Diesel* ale trenurilor de marfă și călători care circulă pe tronsonul de cale ferată neelectrificată, Caransebeș - Băuțar. Acestea reprezintă surse de emisie de plumb și oxizi de carbon.

*Exploatarea minieră Rușchița* a contribuit la poluarea zonei prin dislocarea unei mase enorme de roci cu un conținut ridicat de metale grele. După spălarea

minereurilor apele uzate sunt deversate în râul Rusca, afluentul Bistrei.

#### 4.1.1 Impactul poluanților asupra aerului

Uzina S.C. GAVAZZI STEEL S.A. Oțelu Roșu a funcționat până în 30.07.2002, după care își încheie activitatea, care va fi reluată în august 2004, sub denumirea de S.C Ductil Steel S.A. Oțelu Roșu

Efectele imediate ale poluării realizate de această societate se resimt la nivelul aerului și apelor, cu asimilarea ulterioară de către om. Prin procesul de producție s-au emis în atmosferă o cantitate foarte mare de materie sub formă de pulberi, oxizi, gaze ce au fost transportate la distanțe variabile prin mișcările curenților de aer și depuse pe suprafața aparatului foliar al arborilor, pe vegetația erbacee și pe litiera pădurilor.

Se mai evacuează o cantitate importantă de zgură, moloz, care se depozitează, se încarcă sau se transportă pe halda de pe versantul drept al râului Bistra. În timpul acestor manevre de transport și depozitare se pierd cantități mari de prafuri și zgură din mijloacele de transport care sunt neetanșate și neacoperite. În perioadele cu vânturi puternice materialele depuse sunt transportate pe suprafețele învecinate, din fondul agricol. De asemenea, astfel de materiale sunt antrenate și de pe suprafața haldei de steril unde permanent au loc noi depuneri. [186].

Poluarea aerului este cauzată în principal de surse fixe de poluare (industria extractivă, metalurgică etc.) și de surse mobile (traficul rutier).

*Industria minieră*, bazată pe extracția de cărbuni și metale neferoase, care a avut înainte de 1989 o mare pondere în economia județului, a înregistrat un puternic recul, cauzat de declinul istoric general al acestei industrii, un mare număr de mine fiind închise sau au intrat în conservare. Industria extractivă creează de asemenea probleme de poluare cu pulberi în suspensie.

Deoarece industria extractivă a materiilor prime pentru energetică și metalurgie (localizată în zona Anina – Oravița - Moldova Nouă, Bocșa, Rușchița) a suferit un recul important în ultimii ani, pe teritoriul județului fiind în derulare un „program de închidere a minelor și de atenuare a impactului social”, bazat pe un acord de împrumut între Banca Mondială și Guvernul României, zăcămintele nemetalifere, larg răspândite pe teritoriul județului, constituie în prezent o oportunitate deosebită pentru relansarea acestei industrii, deoarece acestea, spre deosebire de primele, au fost puțin exploatare pe parcursul timpului. Principalele zăcămintele sunt: azbest, mică albă, talc, feldspat, cuarțite, cuarț, caolin, argile refractare, pământuri colorate, nisipuri metalurgice, calcar, marmură, granit și granodiorit [67]).

Circulația mașinilor în *traficul rutier* antrenează particulele de praf aflate pe carosabil funcție de starea de curățenie a căilor rutiere, la care se adaugă arderile incomplete de materiale plastice, materiale de natură organică, materiale textile, hârtie, carton și lemn. În gazele de eșapament, emansate în principal de mașinile cu motoare Diesel, se află mari cantități de funingine datorate funcționării necorespunzătoare a motoarelor respective și a amestecurilor de combustibili utilizați.

Efectele asupra sănătății umane sunt legate de:

- Poluarea cu produși de ardere (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) care pot produce probleme respiratorii acute și cronice locuitorilor din zonă;

#### 4.1. Surse de poluare în bazinul hidrografic Bistra 115

- Inhalarea vaporilor de acid sulfuric, hidroxid de sodiu, care pot mări riscul apariției unor intoxicații, boli respiratorii acute și chiar cronice;
- Contaminarea microbiologică a atmosferei care generează riscul unor boli infecțioase;
- Poluarea cu pulberi care generează riscul unor probleme respiratorii, acute și cronice.

Monitorizarea calității aerului, pe parcursul anilor 1996-2005, a fost asigurată de 6 puncte de control dotate cu pompe de aspirație a probelor de aer (pentru poluanții gazoși -  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) în Reșița (4), Caransebeș (1) și Oțelu Roșu (1), 6 puncte de control pentru pulberi în suspensie (în aceleași puncte de control) și a 27 puncte de control pentru determinarea pulberilor sedimentabile. Deși complexitatea activităților care se desfășoară în județ ar impune o investigație mai profundă a acestor zone, dotarea existentă, fiabilitatea redusă a echipamentelor de prelevare cât și personalul redus nu au permis acest lucru.

**Tabel 4-1. Evoluția coeficientului general de poluare al aerului**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Coef. poluare	0,425	0,426	0,403	0,389	0,417	0,341	0,449	0,423	0,414	0,360

Se constată o descreștere a coeficientului general de poluare a aerului față de anul 1997 (cu 20% în 2001). Reducerea coeficientului general de poluare a aerului în 2001, comparativ cu 2000 se corelează cu reducerea producției industriale în cazul principalilor poluatori, micșorarea consumului de energie dar și cu luarea unor măsuri organizatorice și tehnice de reducere a poluării mediului.

Referitor la indicatorul **dioxid de sulf –  $\text{SO}_2$** , evoluția concentrațiilor medii anuale, față de concentrația maximă admisibilă, anuală – 0,060  $\text{mg}/\text{m}^3$  prevăzută de STAS-ul 12574/87, se prezintă astfel:

**Tabel 4-2. Evoluția concentrației medii anuale la dioxid de sulf pe zone ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )**

Zona	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caransebeș	0,0051	0,0041	0,0025	0,0032	0,0056	0,0064	0,0058	0,0051	0,0055	0,0060
Oțelu Roșu	0,0032	0,0038	0,0026	0,0031	0,0034	0,0055	0,0049	0,0036	0,0041	0,0043

În cursul anilor 1996-2001, toate concentrațiile zilnice, la 24 de ore pentru indicatorul  $\text{SO}_2$  măsurate în punctele rețelei de monitorizare a calității aerului din județul Caraș-Severin se încadrau în limitele prevăzute de STAS-ul 12574/87.

Referitor la indicatorul **dioxid de azot –  $\text{NO}_2$** , evoluția concentrațiilor medii anuale, față de concentrația maximă admisibilă, anuală – 0,040  $\text{mg}/\text{m}^3$  prevăzută de STAS-ul 12574/87, se prezintă astfel:

**Tabel 4-3. Evoluția concentrației medii anuale la dioxid de azot pe zone ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )**

Zona	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caransebeș	0,009	0,009	0,011	0,009	0,009	0,008	0,007	0,006	0,007	0,006
Oțelu Roșu	0,008	0,010	0,010	0,009	0,0082	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005

Referitor la indicatorul **amoniac –  $\text{NH}_3$** , evoluția concentrațiilor medii anuale se prezintă astfel:

**Tabel 4-4. Evoluția concentrației medii anuale la amoniac pe zone (mg/m<sup>3</sup>)**

Zona	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caransebeș	0,047	0,044	0,038	0,048	0,051	0,035	0,043	0,041	0,043	0,042
Oțelu Roșu	0,060	0,043	0,037	0,051	0,054	0,041	0,045	0,039	0,041	0,044

Referitor la indicatorul **pulberi în suspensie** evoluția concentrațiilor medii anuale, față de concentrația maximă admisibilă – 0,075 mg/m<sup>3</sup> prevăzută de STAS-ul 12574/87, se prezintă astfel:

**Tabel 4-5. Evoluția concentrației medii anuale la pulberi în suspensie (mg/m<sup>3</sup>)**

Zona	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caransebeș	0,134	0,132	0,137	0,134	0,133	0,137	0,135	0,133	0,144	0,143
Oțelu Roșu	0,141	0,136	0,137	0,123	0,134	0,136	0,133	0,130	0,146	0,148

Pentru pulberile în suspensie valorile concentrațiilor medii anuale au depășit CMA anuală - (0.075 mg/m<sup>3</sup>) în toate punctele rețelei unde s-au determinat. Concentrațiile zilnice, determinate la 24 ore, au depășit aproape în totalitate pragul de alertă (70% din CMA) în toate punctele rețelei de supraveghere în intervalul de timp 1996-2005. Cele mai mari valori se înregistrează într-un areal restrâns din sud-estul localității Oțelu Roșu.

Din analiza concentrației procentuale a pulberilor în suspensie și a fumurilor emise de oțelăria electrică se observă că acestea conțin în principal: oxizi de fier (60%), oxizi de magneziu (15%), oxizi de calciu (9,5%), mangan (9%).

Evoluția poluării în județul Caraș-Severin datorată pulberilor în suspensie a fost calculată ținând cont și de determinările efectuate în alte puncte de analiză (Reșița) decât cele prezentate tabelar (Caransebeș, Oțelu Roșu).

**Tabel 4-6. Evoluția concentrațiilor medii anuale la pulberi în suspensie în județul Caraș-Severin (mg/m<sup>3</sup>)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pulberi în suspensie	0,137	0,134	0,135	0,135	0,137	0,132	0,125	0,133	0,138	0,125

Referitor la indicatorul **pulberi sedimentabile** evoluția concentrațiilor medii anuale se prezintă astfel:

**Tabel 4-7. Evoluția concentrațiilor medii anuale la pulberi sedimentabile (mg/m<sup>3</sup>)**

Zona	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caransebeș	14,97	15,77	15,26	8,69	12,81	13,01	14,91	8,65	6,53	8,08
Oțelu Roșu	10,43	8,19	8,52	13,83	11,65	12,58	11,97	-	-	-
Voislova	-	-	-	11,53	9,65	11,46	13,25	-	-	-
Rușchița	-	-	-	10,26	9,70	8,45	13,99	17,37	13,47	8,06

Evoluția poluării în județul Caraș-Severin datorată pulberilor sedimentabile a fost calculată ținând cont și de determinările efectuate în alte puncte de analiză (Reșița, Băile Herculane, Anina, Bocșa, Moldova Nouă) decât cele prezentate tabelar (Caransebeș, Oțelu Roșu, Voislova, Rușchița).

Cea mai mare parte a pulberilor în suspensie și a celor sedimentabile provin din industria siderurgică, în compoziția acestora intrând în procent de cca. 60% oxizi de fier, cealaltă parte fiind formată din oxizi de calciu, mangan, sulf, azot etc.

În cazul oțelăriei electrice de la Reșița care utilizează procedeul umed pentru reținerea pulberilor din gazele arse, dimensiunile mai mari ale particulelor fac ca acestea să nu poată fi reținute în totalitate prin spălare în scrubere, astfel că, un procent mare din acestea se regăsesc în emisii.

**Tabel 4-8. Evoluția concentrațiilor medii anuale la pulberi sedimentabile în județul Caraș-Severin (mg/m<sup>3</sup>)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pulberi sedimentabile	10,48	12,17	10,63	9,28	9,31	10,40	12,25	9,73	8,31	6,20

Principalele surse de poluare a aerului în Bazinul Hidrografic Bistra:

Din măsurătorile efectuate și în baza rezultatelor obținute și comparate cu actele normative în vigoare, putem trage următoarea concluzie: zonele urbane din teritoriul cercetat (Oțelu Roșu și Caransebeș) sunt zone cu poluare medie, unde valoarea concentrațiilor medii anuale depășește limita numai la unii poluanți (**pulberi în suspensie**). Tendința de depășire la acest indicator sugerează faptul că unitățile industriale din zonele respective constituie principala cauză a acestor depășiri.

Poluarea frecventă a atmosferei cu pulberi provenite din activitatea oțelăriei electrice a SC GAVAZZI STEEL SA Oțelu Roșu este resimțită mai ales datorită lipsei instalațiilor de epurare a gazelor arse.

Tehnologiile aplicate la uzina de la Oțelu Roșu folosesc în general sisteme de captare a noxelor montate de regulă în zonele unde se constată depășiri frecvente de noxe, iar apoi prin intermediul unor instalații de ventilație proiectate să faciliteze aspirarea și transportul lor, se asigură emisia în atmosferă prin intermediul coșurilor de evacuare.

Nu sunt folosite sisteme și instalații de depoluare a fluxurilor gazoase la toate sursele de emisie, ci se practică emisia directă în atmosferă (vezi figura următoare), folosindu-se principiul dispersiei poluanților prin dinamica atmosferică. Datele primare arată că nivelul de poluare al atmosferei este ridicat și de natură complexă, cuprinzând gaze, aerosoli și alte substanțe neidentificate. Întreaga gamă de poluanți au efecte sinergice cu tendința de concentrare și acumulare în toate componentele mediului.



Fig. 4-3. Evacuarea necontrolată în aer a emisiilor de oxizi de fier în urma activității oțelăriei

Iazurile de decantare de la uzinele de preepurare a minereurilor complexe ale exploatărilor miniere conțin steril care este antrenat de curenții de aer și transportat la distanțe diferite, funcție de mărimea acestora și de viteza vântului. Aceste pulberi conțin metale grele: Pb, Zn, Mb, Mn, Fe, Cd, dar și  $Al_2O_3$ , CaO,  $SiO_2$ , S. Compoziția granulometrică a sterilului este: nisip 85-95%, praf 4-9%, argilă 1-9%.

Deși activitatea minieră a încetat, **mina Ruschița** reprezintă o zonă de risc ecologic datorită pericolului de prăbușire a galeriilor de subtraversare și a digului iazului. Impactul este generat în principal de apele de șiroire cu conținut de metale grele și cianuri.

*Impactul asupra sănătății umane* – este considerabil, constând în boli respiratorii datorate particulelor cu conținut de metale grele antrenate de vânt de pe halde, intoxicații acute și boli dermatologice în cazul consumului de apă infestată datorită apelor de șiroire.

*Impactul asupra mediului* - constă în poluarea apelor de suprafață cu suspensii cu conținut de metale grele provenite din apele de șiroire de pe halde având drept consecințe scăderea nivelului de oxigen în apă, creșterea turbidității, afectarea florei și faunei acvatice. Un risc semnificativ îl reprezintă pericolului de prăbușire a galeriilor de subtraversare. Poluarea atmosferei cu pulberi în suspensie și sedimentabile are un impact redus asupra ecosistemelor. Schimbarea morfologiei, hidrologiei și structurii solurilor sunt de asemenea efecte semnificative ale funcționării carierei de marmură.

**Traficul rutier**, atât cel urban cât și cel de tranzit constituie o importantă sursă de poluare a atmosferei în zonă datorită nocivității gazelor de eșapament ( $CO$ ,  $CO_2$ , compuși organici volatili, hidrocarburi nearse, plumb) cât și a numărului mare de locuitori expuși. În plus, în timpul traficului sunt antrenate particule de pe carosabil datorate întreținerii necorespunzătoare a stării de curățenie pe căile rutiere.

În gazele de eșapament, emanate în principal de mașinile cu motoare Diesel, se află mari cantități de funingine datorate funcționării necorespunzătoare a motoarelor respective și a amestecurilor de combustibili utilizați.

*Impactul asupra mediului* – include afectarea considerabilă a ecosistemelor datorită prezenței plumbului, a compușilor organici volatili, a hidrocarburilor nearse în gazele de eșapament care favorizează și formarea ozonului la nivelul solului și creșterea incidenței ploilor acide cu efecte negative asupra vegetației. De asemenea poluarea solului cu produse petroliere conduce la afectarea pânzei freatice.

Măsurile de re tehnologizare au ca scop aducerea funcționării echipamentelor la parametrii proiectați. Realizarea acestor măsuri face posibilă reducerea progresivă a emisiilor poluante care, la rândul lor determină reducerea concentrațiilor medii și maxime în atmosferă. Este de dorit ca emisiile de poluanți să fie cât mai mici încât să determine concentrații sub concentrațiile maxime admise (CMA). Acestea sunt extrem de importante pentru luarea deciziilor în domeniul protecției mediului [186].

#### 4.1.2 Impactul poluanților asupra apelor

În cadrul societății Gavazzi Steel S.A. Oțelu Roșu apa este folosită în principal ca apă de răcire a produselor finite. Funcție de modul în care este utilizată, apa urmează procese de tratare - utilizare - epurare care se realizează în gospodăriile de apă industrială proprii fiecărei secții. Alimentarea cu apă a societății se face prin intermediul Canalului Turbinelor, din râul Bistra Mărului.

Apa captată e folosită în procesul tehnologic în principal la răcirii de utilaje și la transportul țunderului care rezultă în urma proceselor de laminare.

Din activitatea combinatului rezultă ape uzate, care au temperaturi mari, dar care sunt răcite și reutilizate. Apele pluviale și cele industriale considerate curate sunt deversate în râul Bistra. Apele uzate menajere sunt colectate și dirijate spre canalizarea orașului Oțelu Roșu [186].

Apele uzate de pe platformele uzinei sunt colectate prin două canale principale și descărcate în râul Bistra astfel:

- De pe platforma veche (secția OSM, sediu bare trase, laminoare platine și profile) evacuarea apelor uzate se face prin canalul ovoidal în Canalul Turbinelor care intră în râul Bistra în aval de uzină.
- De pe platforma nouă (oțelăria electrică, turnare continuă, laminor 550 mm, turnătorie cilindrii) gura de evacuare în râul Bistra se află la circa 60 m de podul CFU.

Gura de evacuare numărul 3 aferentă canalului colector de la secția „Bare trase” are un debit nesemnificativ provenit în cea mai mare parte din infiltrații ale apei freatice.

În anul 2001 apele uzate rezultate au fost parțial epurate prin intermediul următoarelor instalații:

- *Decantor*, separator cu 6 compartimente, care face parte din gospodăria veche de apă – pentru apele încărcate cu țunder și ulei de pe platforma veche și de la centrala termică. Această gospodărie de apă care era prevăzută pentru o capacitate de 150 l/s a funcționat parțial și numai cu decantoarele la un debit redus datorită restrângerii activității de laminare. Tot în cadrul decantoarelor (la cel de profile) a funcționat un predecantor care are evacuare directă în Canalul Turbinelor. Acestei instalații îi lipsește instalația de reținere a produselor petroliere.

- Laminorul la rece de pe platforma veche are aferent apelor uzate de la decapare o *instalație de neutralizare* care prezintă însă numeroase avarii privind izolația antiacidă pe traseul apelor încărcate cu acid.

- La platforma nouă *instalația de epurare* este dotată cu hidrociclon decantor pentru apele de răcire și vehiculare țunder. La această gospodărie de apă sunt conectate oțelăria electrică, secția de turnare continuă și laminorul de 550 mm.

În anul 2002 societatea nu a funcționat la capacitate. În acordul de gospodărire a apelor și în autorizația de gospodărire a apelor se prevede că apele uzate de pe platforma nouă trebuie recirculate în întregime. Totuși, s-au evacuat aproximativ 65 l/s ape uzate. Recircularea nu se poate realiza în întregime datorită unor greșeli de execuție la hidrociclonul de la secția „turnate continuă”, lucrări ce nu pot fi remediate datorită construcției ce se găsește la 25 m în subteran.

În anul 2003 uzina nu a funcționat, fiind în procedura de falimentare.

În 28.08.2004 întreprinderea și-a reînceput activitatea, cu profil metalurgie feroasă, funcționând la capacități reduse. Astfel, pe platforma nouă nu a funcționat decât oțelăria electrică (un cuptor din patru). Efluentul este încărcat în principal cu suspensii și țunder, iar epurarea se realizează prin hidrociclon, decantor și separatorul de produse petroliere.

Pentru aprecierea evoluției *calității apelor râului Bistra* s-a urmărit calitatea acestora pe parcursul anilor 2000-2005. Evaluarea și respectiv încadrarea în clasele de calitate s-a făcut conform **Ordinului 161/2006 privind aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă.**

În cele ce urmează sunt prezentate principalele elemente și standarde de calitate biologice, chimice și fizico-chimice pentru stabilirea stării ecologice a apelor de suprafață.

**Tabel 4-9. Elemente și standarde de calitate biologice, chimice și fizico-chimice pentru stabilirea stării ecologice a apelor de suprafață**

**A. elemente biologice de calitate pentru râuri**

Nr.	Indicatorul de calitate	U/M	Clasa de calitate				
			I	II	III	IV	V
<b>A.1. Plancton</b>							
1.	Densitate	ex/l					
2.	Bioindicatori oligosaprobi	nr/l					
3.	Bioindicatori mezosaprobi $\beta$	nr/l					
4.	Bioindicatori mezosaprobi $\alpha$	nr/l					
5.	Bioindicatori polisaprobi	nr/l					
6.	Index saprobic		1,8	2,3	2,7	3,2	>3,2
<b>A.2. Alge bentonice (fitobentos)</b>							
1.	Densitate	ex/m <sup>2</sup>					
2.	Bioindicatori oligosaprobi	nr/m <sup>2</sup>					
3.	Bioindicatori mezosaprobi $\beta$	nr/m <sup>2</sup>					
4.	Bioindicatori mezosaprobi $\alpha$	nr/m <sup>2</sup>					
5.	Bioindicatori polisaprobi	nr/m <sup>2</sup>					
6.	Index saprobic		1,8	2,3	2,7	3,2	>3,2



4.1. Surse de poluare în bazinul hidrografic Bistra 121

<b>A.3. Macrozoobentos</b>						
1.	Densitate	ex/m <sup>2</sup>				
2.	Bioindicatori oligosaprobi	nr/m <sup>2</sup>				
3.	Bioindicatori mezosaprobi	$\beta$ nr/m <sup>2</sup>				
4.	Bioindicatori mezosaprobi	$\alpha$ nr/m <sup>2</sup>				
5.	Bioindicatori polisaprobi	nr/m <sup>2</sup>				
6.	Index saprobic		1,8	2,3	2,7	3,2 >3,2

**B. Elemente biologice de calitate pentru lacuri**

Nr.	Indicatorul de calitate	U/M	Gradul de eutrofizare				
			Ultraoli- gotrof	Oligo- trof	Mezo- trof	Eutrof	Hipertr- of
1.	Fosfor total (P)	mg P/l	0,005	0,01	0,03	0,1	>0,1
2.	Azot mineral total (N)	mg N/l	0,2	0,4	0,65	1,5	>1,5
3.	Biomasa fitoplanctonică	mg/l	1	3	5	10	>10
4.	Clorofila "a"	$\mu$ g/l	1	2,5	8	25	>25

**C. Elemente și standarde de calitate chimice și fizico-chimice în apă**

Nr.	Indicatorul de calitate	U/M	Clasa de calitate				
			I	II	III	IV	V
<b>C.1. Regim termic și acidifiere</b>							
1.	Temperatură	°C	Nu se normează				
2.	pH		6,5-8,5				
<b>C.2. Regimul oxigenului</b>							
1.	Oxigen dizolvat	mg O <sub>2</sub> /l	9	7	5	4	<4
2.	Saturația oxigenului dizolvat	%					
	•epilimnion (ape stratificate)		90-110	70-90	50-70	30-50	<30
	•hipolimnion (ape stratificate)		90-70	70-50	50-30	30-10	<10
	•ape nestratificate		90-70	70-50	50-30	30-10	<10
3.	CBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	3	5	7	20	>20
4.	CCO-Mn	mg O <sub>2</sub> /l	5	10	20	50	>50
5.	CCO-Cr	mg O <sub>2</sub> /l	10	25	50	125	>125
<b>C.3. Nutrienți</b>							
1.	Amoniu (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg N/l	0,4	0,8	1,2	3,2	>3,2
2.	Azotiți (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg N/l	0,01	0,03	0,06	0,3	>0,3
3.	Azotați (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg N/l	1	3	5,6	11,2	>11,2
4.	Azot total (N)	mg N/l	1,5	7	12	16	>16
5.	Ortofosfați solubili (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg P/l	0,1	0,2	0,4	0,9	>0,9
6.	Fosfor total (P)	mg P/l	0,15	0,4	0,75	1,2	>1,2
7.	Clorofila "a"	$\mu$ g/l	25	50	100	250	>250

<b>C.4. Salinitate</b>							
1.	Conductivitate	μS/cm					
2.	Reziduu filtrabil uscat la 105°C	mg/l	500	750	1000	1300	>1300
3.	Cloruri (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	25	50	250	300	>300
4.	Sulfati (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	60	120	250	300	>300
5.	Calciu (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	50	100	200	300	>300
6.	Magneziu (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	12	50	100	200	>200
7.	Sodiu (Na <sup>+</sup> )	mg/l	25	50	100	200	>200
<b>C.5. Poluanți toxici specifici de origine naturală</b>							
1.	Crom total (Cr <sup>3+</sup> + Cr <sup>6+</sup> )	μg/l	25	50	100	250	>250
2.	Cupru (Cu <sup>2+</sup> ) <sup>5</sup>	μg/l	20	30	50	100	>100
3.	Zinc (Zn <sup>2+</sup> )	μg/l	100	200	500	1000	>1000
4.	Arsen (As <sup>3+</sup> )	μg/l	10	20	50	100	>100
5.	Bariu (Ba <sup>2+</sup> )	μg/l	0,05	0,1	0,5	1	>1
6.	Seleniu (Se <sup>4+</sup> )	μg/l	1	2	5	10	>10
7.	Cobalt (Co <sup>3+</sup> )	μg/l	10	20	50	100	>100
8.	Plumb (Pb) <sup>6</sup>	μg/l	5	10	25	50	>50
9.	Cadmium (Cd)	μg/l	0,5	1	2	5	>5
10.	Fier total (Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup> )	μg/l	0,3	0,5	1,0	2	>2
11.	Mercur (Hg) <sup>6</sup>	μg/l	0,1	0,3	0,5	1	>1
12.	Mangan total (Mn <sup>2+</sup> + Mn <sup>7+</sup> )	μg/l	0,05	0,1	0,3	1	>1
13.	Nichel (Ni) <sup>5</sup>	μg/l	10	25	50	100	>100
<b>C.6. Alți indicatori chimici relevanți</b>							
1.	Fenoli total (index fenolic)	μg/l	1	5	20	50	>50
2.	Detergenți anionici activi	μg/l	100	200	300	500	>500
3.	AOX	μg/l	10	50	100	250	>250

Pentru monitorizarea calității apei din râul Bistra și pentru evaluarea impactului pe care îl are activitatea uzinei de la Oțelu Roșu, pe râul Bistra au fost instituite de către Direcția Apelor Banat două secțiuni de monitorizare: *secțiunea Voislova Bucova* – amonte de Oțelu Roșu și *secțiunea Obreja* – aval de Oțelu Roșu.

Secțiunea Voislova Bucova e amplasată pe cursul superior al râului Bistra, amonte de sursele punctiforme de poluare și amonte de confluența cu râul Rusca pe care este amplasată exploatarea de minereuri neferoase Rușchița. Această exploatare și-a încetat în acest moment activitatea de extracție zăcământ și preparare minereuri rămânând ca sursă de poluare doar apele de mină.

Secțiunea Obreja este situată pe râul Bistra în aval de zona de impurificare importantă (S.C. Gavazzi Steel S.A.).

Calitatea apei pe perioada anilor 2000 -2005, în raport cu indicatorii generali, în **secțiunea Voislova** (date înregistrate de AN Apele Române Direcția Apelor Banat)

În anul 2000:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 10,08 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,75 mg

O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 3,00 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 91,09%.

- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,257 mg N/l amoniu, 0,011 mg N/l azotiți, 0,539 mg N/l azotați și 0,0208 mg P/l fosfor total.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,3; conținut în suspensii de 30,3 mg/l.

În anul 2001:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,62 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,44 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,28 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 84,54%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,178 mg N/l amoniu, 0,006 mg N/l azotiți, 0,602 mg N/l azotați și 0,0200 mg P/l fosfor total.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,2; conținut în suspensii de 30,2 mg/l.

În anul 2002:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,74 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 2,02 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,57 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 88,45%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,200 mg N/l amoniu, 0,006 mg N/l azotiți, 0,583 mg N/l azotați și 0,0225 mg P/l fosfor total.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 29,0 mg/l.

În anul 2003:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 10,3 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,70 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,30 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 84,54%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,201 mg N/l amoniu, 0,009 mg N/l azotiți, 0,659 mg N/l azotați și 0,03 mg P/l fosfor total.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,2; conținut în suspensii de 31,8 mg/l.

În anul 2004:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,91 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 2,78 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 3,58 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 87,83%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,284 mg N/l amoniu, 0,006 mg N/l azotiți, 0,627 mg N/l azotați și 0,0233 mg P/l fosfor total.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 31,7 mg/l.

În anul 2005:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 11,90 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,30 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,20 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de

88,81%.

- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,171 mg N/l amoniu, 0,003 mg N/l azotiți, 0,835 mg N/l azotați și 0,05 mg P/l ortofosfați.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,3; conținut în suspensii de 24,0mg/l.

Calitatea apei în secțiunea Voislova este de categoria I la toți indicatorii calculați ca și medie aritmetică a valorilor determinate în cadrul campaniilor de monitorizare.

Calitatea apei pe perioada anilor 2000 -2005, în raport cu indicatorii generali, în **secțiunea Obreja** (date înregistrate de AN Apele Române Direcția Apelor Banat)

În anul 2000:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,25 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,37 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,15 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 86,17%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,239 mg N/l amoniu, 0,018 mg N/l azotiți, 1,001 mg N/l azotați și 0,0300 mg P/l fosfor total. Clasa de calitate pentru indicatorii azotiți și azotați a fost II.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 27,8 mg/l.

În anul 2001:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,55 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,83 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 3,14 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 86,32%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,1998 mg N/l amoniu, 0,013mg N/l azotiți, 1,052 mg N/l azotați și 0,0317 mg P/l fosfor total. Clasa de calitate pentru indicatorii azotiți și azotați a fost II.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 33,6 mg/l.

În anul 2002:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,68 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 2,18 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 3,07 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 90,17%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,209 mg N/l amoniu, 0,010 mg N/l azotiți, 1,082 mg N/l azotați și 0,0350 mg P/l fosfor total. Clasa de calitate pentru indicatorii azotați a fost II.
- *Indicatori fizici*: pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 29,7 mg/l.

În anul 2003:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 10,1 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 2,00 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,60 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 83,51%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se

0,232 mg N/l amoniu, 0,012 mg N/l azotiți, 0,659 mg N/l azotați și 0,03 mg P/l fosfor total.

- *Indicatori fizici:* pH – ul mediu al apei a fost 7,5; conținut în suspensii de 29,7 mg/l.

În anul 2004:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 9,74 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 3,37 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 4,51 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 88,98%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,286 mg N/l amoniu, 0,010 mg N/l azotiți, 0,952 mg N/l azotați și 0,0569 mg P/l ortofosfați.
- *Indicatori fizici:* pH – ul mediu al apei a fost 7,5; conținut în suspensii de 32,8 mg/l.

În anul 2005:

- Pentru *regimul de oxigen* clasa de calitate globală a fost I, cantitatea medie de oxigen dizolvat fiind 8,76 mg O<sub>2</sub>/l, CBO<sub>5</sub> a fost 1,74 mg O<sub>2</sub>/l, CCO-Mn a fost 2,81 mg O<sub>2</sub>/l, și gradul de saturație în oxigen de 76,56%.
- Pentru *nutrienți* clasa de calitate globală a fost I, înregistrându-se 0,215 mg N/l amoniu, 0,009 mg N/l azotiți, 1,026 mg N/l azotați și 0,0794 mg P/l fosfor total. Clasa de calitate pentru indicatorii azotați a fost II.
- *Indicatori fizici:* pH – ul mediu al apei a fost 7,4; conținut în suspensii de 28,0mg/l.

Menținerea categoriei I de calitate globală a apei în secțiunea Obreja a fost determinată de o cantitate mai redusă de ape uzate industriale evacuate de uzina din Oțelu Roșu ca urmare a reducerii capacității de producție și încetarea activității de extracție zăcământ și preparare minereuri a Exploatării de Minereuri Rușchița.

Pentru apele industriale uzate apar deseori probleme cu privire la conținutul de substanțe extractibile, plumb, zinc, cadmiu, care depășesc pragurile de alertă. De aceea, în aval de localitatea Oțelu Roșu apele râului Bistra suferă degradări ale compoziției chimice.

Comparând cele două serii de date din cele două secțiuni analizate, se constată că în secțiunea Obreja apa prezintă modificări ale parametrilor de calitate, înregistrându-se unele depășiri ale indicatorilor la azotiți, azotați, suspensii totale și unele metale grele(Cu, Cr, Zn, Pb).

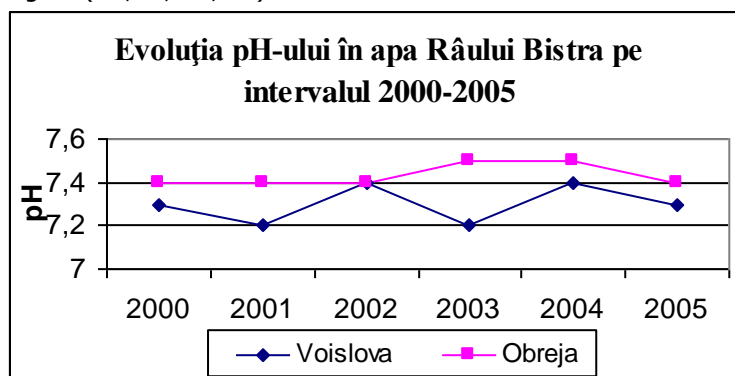


Fig. 4-4. Evoluția pH-ului în apa Râului Bistra în secțiunile de control Voislova și Obreja

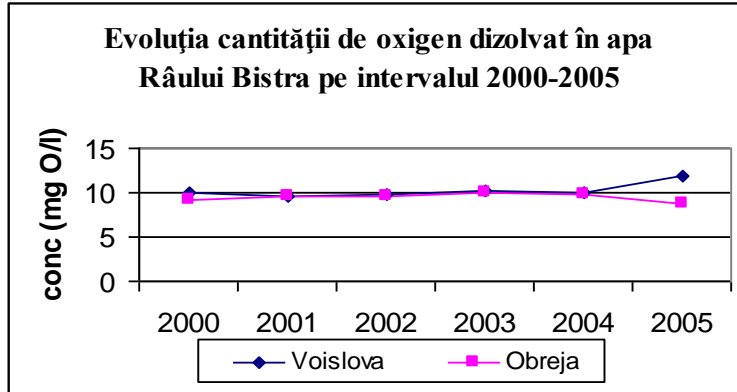


Fig. 4-5. Evoluția cantității de oxigen dizolvat în apa Râului Bistra în secțiunile de control Voislova și Obreja

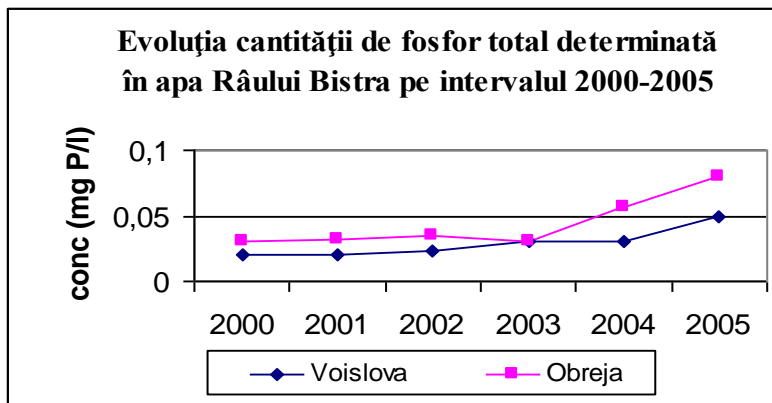


Fig. 4-6. Evoluția cantității de fosfor total în apa Râului Bistra în secțiunile de control Voislova și Obreja

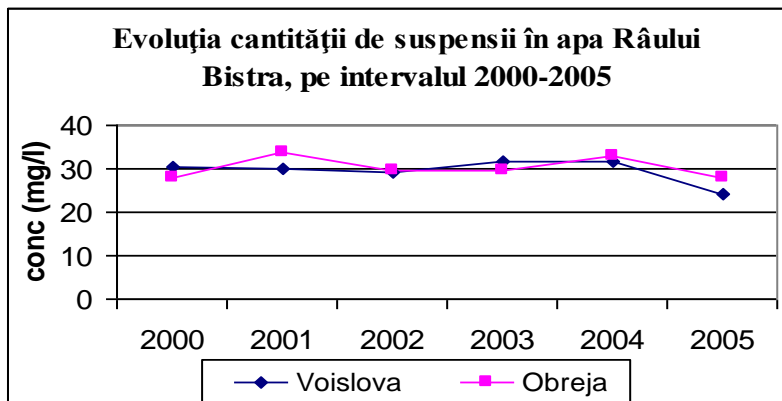


Fig. 4-7. Evoluția cantității de suspensii în apa Râului Bistra în secțiunile de control Voislova și Obreja

În urma studiului făcut se poate aprecia că gradul de saprobitate este cuprins între 72,7-81,5%, deci zona este în categoria beta-mezosaprobă.

Parametrii fizico-chimici sugerează o apă moderat încărcată: pH 7,2-7,5; oxigen dizolvat 8,4-11,7 mg/l, ceea ce determină existența unor condiții favorabile pentru dezvoltarea unei biocenozes variate. Valoarea CCo - Mn este cuprinsă între 1,4-5,3 mg/l.

Calitatea râului Bistra, atât din punct de vedere al aportului de debit, cât și a încărcărilor de poluanți, este bună la toate grupele de indicatori [Direcția Apelor Banat, 2005].

Calitativ grupele de organisme sunt diverse: diatomee (*Cymatopleura solea*, *Cymbella lanceolata*, *Diatoma vulgare*, *Synedra acus*), euglenophyte (*Euglena intermedia*, *Trachelomonas volvocina*), clorophyte (*Crucigenia rectangularis*, *Scenedesmus sp.*, *Ulothrix sp.*).

Zooplanctonul este divers: ciliate, rotifere și în procent nesemnificativ cladocere și copepode.

Fauna bentonică e destul de redusă: microcrustacee (*Gammarus sp.*), tricoptere (*Hydropsiche sp.*), gasteropode, insecte (*Chironomus sp.*).

În procesul de identificare și evaluare a problemelor ce afectează apele de suprafață și subterane din județul Caraș - Severin s-a stabilit că riscurile majore sunt legate de următoarele probleme:

- Activități industriale, incluzând în mod special evacuarea apelor uzate neepurate sau insuficient epurate și managementul defectuos al deșeurilor solide.
- Activități municipale, incluzând în mod special colectarea și epurarea necorespunzătoare a apelor uzate menajere.

Sintetizând efectele determinate de poluarea chimică a apelor, ca urmare a deversărilor de ape uzate în receptorii naturali, se pot releva următoarele aspecte:

- Contaminarea surselor de apă potabilă datorită infiltrării poluanților prin sol din apele de suprafață în cele freatice;
- Dezoxigenarea apei;
- Creșterea durității apei și a concentrației în săruri;
- Modificarea pH-ului;
- Modificări ale biocenozelor prin distrugerea florei și faunei acvatice din apele de suprafață;
- Introducerea în mediu natural a unor substanțe stabile cu efect toxic pe termen lung (metale grele), cu proprietatea de a se acumula de-a lungul lanțului trofic.

#### 4.1.3 Impactul poluanților asupra solurilor

Odată cu formarea sa, solul este supus unui proces continuu de degradare, atât sub acțiunea factorilor naturali, cât mai ales sub acțiunea factorilor antropici. Una din cele mai importante cauze de degradare a solului o constituie proasta administrare agricolă a terenurilor. Agricultură viitorului trebuie să fie nu numai durabilă cât și performantă, acest fapt realizându-se prin aplicarea corectă a tuturor verigilor tehnologice specifice culturilor agricole din zonă. În cadrul acestor verigi,

îngrășămintele, de orice natură, aplicate în mod rațional, trebuie să ocupe un loc prioritar pentru menținerea și sporirea fertilității solurilor, pentru creșterea producțiilor agricole.

Poluarea datorată industriei nu este doar o problemă locală, ci afectează mediul la nivel general, mult mai mult decât alte activități. Cauzele care conduc la deteriorarea calității mediului în depresiunea Bistra pot fi considerate cauze tehnologice (puncte din tehnologiile generatoare de noxe sau riscuri). Principala cauză o constituie uzura sau lipsa unor elemente din instalațiile de depoluare a S.C. Gavazzi Steel S.A. Oțelu Roșu.

Terenurile agricole, pajiștile și pădurile din jurul centrelor industriale sunt aproape inevitabil supuse unei poluări a cărei intensitate este sesizabilă de cele mai multe ori doar în timp.

Poluarea solului este realizată în principal prin:

- scoaterea unor importante suprafețe de teren din circuitul economic datorită depozitării deșeurilor menajere, industriale și agricole;
- deteriorarea calitativă a terenurilor limitrofe depozitelor de deșeurii prin îmbibarea solului cu substanțe nocive (fie prin cantitate, fie prin natura lor);
- degradarea terenurilor datorită practicării unor tehnologii agricole neadecvate (terenuri situate în pantă, pășunatul abuziv).
- degradarea terenurilor agricole și a drumurilor agricole datorită exploatărilor forestiere efectuate în perioade când solul este îmbibat cu apă, înființarea ilegală de noi drumuri pe linia de cea mai mare pantă pentru circulația utilajelor forestiere [186].

Poluarea solului în culoarul Bistra, mai ales în secțiunea sa inferioară, se realizează prin:

- substanțe în suspensie, degajate necorespunzător, care se depun;
- împrăștierea de către vânt a particulelor toxice de pe haldele de steril;
- metale grele provenite de la exploatările din zonă, dar și din activitatea uzinei de la Oțelu Roșu;
- infiltrarea poluanților din apele de suprafață;
- gaze de eșapament de la autovehicule.

În cazul poluării solului cu *substanțe în suspensie* solurile cele mai afectate sunt cele din apropierea surselor primare de emisie. Odată cu creșterea înălțimii coșurilor de evacuare poluarea solurilor din apropierea surselor scade, dar se extinde arealul poluat. Așa cum am precizat, pentru pulberile în suspensie valorile concentrațiilor medii anuale au depășit CMA anuală - (0,075 mg/m<sup>3</sup>) în toate punctele rețelei unde s-au determinat. De asemenea, concentrațiile zilnice, determinate la 24 ore, au depășit aproape în totalitate pragul de alertă (70% din CMA) în toate punctele rețelei de supraveghere în intervalul de timp 1996-2005.

Solurile sunt contaminate și prin *depozitarea necorespunzătoare a deșeurilor industriale și menajere*. Prin intermediul precipitațiilor atmosferice se produc infiltrații de ape pluviale în sol care antrenează poluanți solubili.

Aceste depozite constituie, în cele mai multe situații, surse de poluare a atmosferei, a apelor de suprafață și subterane, a terenurilor adiacente, provocând deteriorarea peisajului, iar datorită instabilității sunt surse de risc permanent pentru așezările umane, căile de comunicații și transport.

Depozitarea deșeurilor de la uzina din Oțelu Roșu se face pe 2 halde de zgură cu o suprafață totală de 11,7 ha [186].

Depozitarea se face într-un mod haotic, amestecându-se deșeurile din diverse surse și permanent sunt observate deșeurii depozitate de-a lungul drumului de acces și pe terenurile de la baza haldei. Halda se autoconsolidează prin cimentarea naturală a



deșeurilor cu structuri diferite. Oxidul de calciu în prezența apei contribuie la consolidarea în timp a materialului. Apele meteorice infiltrate în masa depozitului și cele acumulate pe suprafața haldei se scurg în balta de la baza haldei, antrenând suspensii și substanțe solide. În perioadele secetoase curenții de aer antrenează pulberile din deșeuri, care se adaugă noxelor din atmosferă. Nu există un sistem de monitorizare a efectelor asupra factorilor de mediu, efectele fiind constatate vizual.

Poluarea determinată de existența în atmosferă a oxizilor de sulf rezultați în urma proceselor tehnologice, pe lângă efectul de poluare a atmosferei, favorizează și acidifierea excesivă a solului, deshidratarea lentă a substanțelor moarte, reducând astfel sursele nutritive ale microorganismelor din sol. Încărcarea atmosferei cu acești oxizi determină ploii acide care degradează materia organică prin schimbarea raportului dintre acizii humici și cei fulvici, care formează cu metalele grele compuși cu grad ridicat de solubilitate.

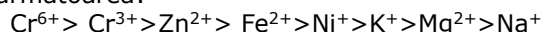
Acidifierea antropică depinde de caracteristicile solului, dar în special de capacitatea de tamponare, adică proprietatea solului de a se opune schimbării bruscte a pH-ului, reacționând ca un acid când mediul tinde să devină bazic și ca o bază atunci când mediul tinde să devină acid.

Unele din procesele tehnologice folosite în cadrul S.C. Gavazzi Steel S.A. Oțelu Roșu pot constitui surse de emisie în atmosferă a unor fluxuri gazoase cu conținut de crom, cadmiu, nichel, plumb, fier, cobalt, cupru, zinc, mangan. În urma depunerii pe sol și pe plante se poate produce o creștere a concentrației în metale grele, la niveluri toxice, cu efecte negative asupra dezvoltării plantelor și creșterii animalelor.

*Metalele grele* ajunse pe sol sunt levigate și percolează prin întregul profil de sol, deoarece ele pătrund sub formă dizolvată sau în suspensie.

Toxicitate sărurilor metalelor grele în soluții diluate în cazul deversărilor de ape uzate în emisari este dată exclusiv de cation, toxicitatea anionului fiind relativ redusă.

Sărurile hidrolizează astfel încât la concentrații ridicate acționează nefavorabil asupra organismelor acvatice prin reducerea pH-ului, scăzând numărul de specii și indivizi. În ceea ce privește gradul de toxicitate a ionilor metalici, diferențierea este următoarea:



Majoritatea cationilor de metale grele hidrolizează destul de repede în solurile apoase și astfel apar produse polinucleare de hidroliză. Acestea au dimensiuni mai mari decât speciile nehidrolizate și ionii metalici sunt mai puțin hidratați, deoarece interacțiunile dintre ionii metalici centrali și moleculele de apă coordonate sunt mai reduse. Ca urmare produșii polinucleari de hidroliză pot fi adsorbiți preferențial pe suprafețele fazei solide. În general metalele grele au o afinitate ridicată pentru sectoarele periferice de adsorbție ale materiei organice și ale oxizilor și au o putere ridicată de substituie a metalelor alcaline.

Toxicitatea directă a metalelor grele este completată și de faptul că nu sunt biodegradabile, având perioada de înjumătățire foarte lungă, caz în care efectul poluării persistă mult timp, putându-se manifesta abia după ce cauza poluării a încetat [186].

Adâncimea de manifestare a pragurilor de acumulări sporite a metalelor grele în rocile și solurile zonei diferă funcție de gradul de acțiune a denudației în zonele cu activitate sporită, sau de intensitatea sedimentării în zonele de luncă. Partea stângă a culoarului mărginită de Munții Țarcu prezintă nivele scăzute ale conținuturilor de metale grele în soluri și roci. Aceasta pentru că masivul nu prezintă o încărcare sporită de metale grele, dar totodată și pentru că formațiunile piemontane de aici diminuează viiturile și dirijează scurgerile maxime, care influențează aportul de metale grele aduse

în sol. Partea dreaptă a culoarului care este lipită de Munții Poiana Ruscă prezintă o încărcare substanțială de metale grele pentru că aici pârâurile și râurile prezintă o pantă mare, iar la viituri pot aduce mari cantități de materiale încărcate cu diverse elemente chimice [64].

Încărcarea solului cu metale grele s-a realizat diferit, funcție de confluențele din aval. La confluența râului Rusca cu Bistra are loc prima încărcare substanțială. Aici apele râului ce vin din zona Rușchița ajung în culoar și își diminuează brusc viteza de curgere, lăsând în amonte și în aval de localitatea Voislova, materialul grosier care prezintă încărcări de metale grele. Spre aval concentrația de metale grele scade, dar are loc o a doua încărcare, la confluența cu râul Bistra Mărului. În aval de Oțelu Roșu concentrațiile de metale grele scad treptat până la confluența Bistrei cu Timișul.

Textura solurilor reprezintă valoarea procentului de nisip, praf și argilă. Dintre acestea argila are rolul de reținere a metalelor grele și de reducere lentă a acestora. Panta ridicată și viteza sporită a apelor Bistrei și a afluenților săi nu a permis decât sortarea materialului grosier, cel fin fiind menținut în suspensie și îndepărtat în mare parte. În zona conurilor de dejecție majoritatea solurilor au texturi luto-nisipoase, iar în luncă nisipo-lutoase. Procentul foarte redus de argilă din soluri reprezintă un factor care a atenuat mult acumularea de metale grele. În condițiile unei compoziții granulometrice predominant grosiere, singurul factor răspunzător de concentrarea acestor elemente este materialul sedimentar adus. Astfel cea mai mare parte a metalelor grele din zonă se regăsesc în rocile care opun rezistență mai mare la alterare (de regulă fragmente de cuarț). Cu timpul aceste roci sunt lent alterate, din acestea soluțiile acide extrăgând permanent metalele grele pe care le cedează plantelor [66].

Conținutul în materie organică a solurilor din sectorul inferior al Culoarului Depresionar Bistra este în general scăzut atât datorită proceselor pedogenetice (din zona piemontană) cât și datorită acoperirii periodice a solurilor din luncă cu materiale nehumifere, la inundații. Acest fapt, alături de textura grosieră contribuie la reducerea acumulărilor de elemente chimice induse natural sau antropic. Solurile grosier texturate și cu materie organică redusă au o capacitate de schimb cationic redusă fapt care nu favorizează acumulări de metale grele pe această cale. Acest fapt are însă implicații negative. Elementele chimice transportate de apele râurilor și aflate în stare disociată, la inundații, neavând posibilitatea de a se fixa prin adsorbție pe coloizii organo-minerali pătrund rapid în soluția solului și de aici în plante. Din această cauză se recomandă evitarea revărsării apelor râului Bistra sau a apelor uzinale pe terenurile cu destinație agricolă [100].

Reacția solului joacă rolul esențial în procesul de alterare și ocurare ulterioară a elementelor metalice în roci și minerale secundare (cât și translocarea lor din forme totale în forme mobile, accesibile plantelor). Pentru ca metalele grele să li se asigure o mobilitate sporită este necesar ca pH-ul să fie moderat și puternic acid. Dacă alcătuirea granulometrică și conținutul de materie organică nu favorizează acumulări de metale grele, reacția solurilor este foarte favorabilă, pentru trecerea acestor elemente chimice din forma legată (chimic sau fizic) în forma solubilă, accesibilă plantelor. Cu mici excepții majoritatea solurilor, atât din luncă cât și din piemonturi, au un pH cuprins între 4-6, domeniu în care metalele grele au o mobilitate maximă. În acest context, orice aport de metale grele, îndeosebi sub formă ionică aduse de ape, vânturi sau alte surse vor fi rapid translocate în soluții și de aici mai departe în plante.

În funcție de proprietățile fizico-chimice și mecanice ale solurilor și de concentrațiile de metale grele identificate poate fi alcătuită o grupare a terenurilor

agricole din sectorul inferior al Culoarului Bistra [66].

- Zona I: situată în partea nordică și nord – estică a depresiunii, numai pe partea dreaptă a râului Bistra este cea mai încărcată cu metale grele. Cele mai mari valori, cu potențial poluant, au fost identificate pentru cadmiu, plumb și zinc. Valori mari au fost identificate pentru cobalt, iar pentru restul elementelor (cupru, mangan, crom, nichel, fier) s-au determinat valori medii. Concentrațiile mari regăsite în această zonă au fost puse pe seama activității rețelei hidrografice care a spălat, transportat și depus materiale încărcate cu metale grele provenite din arealele metalifere ale Munților Poiana Ruscăi.
- Zona a II-a: prezintă încărcături ușor mai reduse și este situată în partea de nord și nord – vest a localității Oțelu Roșu, tot pe partea dreaptă a râului Bistra. Aici s-au identificat valori extrem de mari pentru cadmiu, foarte mari pentru plumb și zinc, valori mari pentru cobalt, mangan și cupru și valori medii pentru crom, fier și nichel. Aici se constată o ușoară creștere a concentrațiilor de cupru și mangan, creștere care poate fi atribuită disipării de elemente chimice în solurile agricole din haldele de steril care sunt situate în nordul localității Oțelu Roșu.
- Zona a III-a: se suprapune peste arealul ocupat de lunca râului Bistra, în aval de localitatea Oțelu Roșu. Concentrațiile extrem de mari pentru cadmiu, foarte mari pentru plumb și zinc sau mari pentru cobalt se datorează materialelor aluvionare încărcate cu aceste elemente aduse și depuse de apele râului. Spre aval, odată cu îndepărtarea de sursa de proveniență a acestor elemente chimice, concentrația acestora scade treptat.
- Zona a IV-a: se suprapune peste conul de dejecție al pârâului Bistra Mărului, de la confluența cu Bistra, spre amonte. Concentrațiile extrem de mari de cadmiu, foarte mari de plumb sau mari de crom, zinc și cobalt sunt datorate efectului de remu la viituri, care se poate realiza la confluența celor două ape curgătoare. Acest fapt determină o scădere bruscă a vitezei de transport și astfel sunt depuse aluviuni încărcate cu metale grele pe ambele părți ale luncii.
- Zona a V-a: este suprapusă pe terasele și zonele piemontane de pe partea dreaptă a Depresiunii, în partea nord – vestică. Materialele parentale aduse din Munții Poiana Ruscăi au suferit intense transformări în urma procesului de pedogeneză, fapt care a determinat migrarea sau iluvierea unor elemente chimice care inițial au fost depuse. Aici s-au determinat concentrații foarte mari de cadmiu, valori mari de plumb, valori medii pentru crom și cobalt și reduse pentru cupru, fier, nichel și mangan.
- Zona a VI-a: se suprapune peste arealul ocupat de solurile cele mai evoluat de pe terasele și formațiunile piemontane de pe partea stângă a Depresiunii Bistra. Aici materialele sedimentate au avut concentrații reduse, iar procesele de pedogeneză au contribuit în plus la diminuarea concentrațiilor prin levigare, eroziune sau migrare laterală. În acest areal au fost determinate concentrații foarte mari de cadmiu, valori mari de plumb, valori medii de cobalt și valori reduse de mangan, crom, cupru, nichel, fier, zinc.

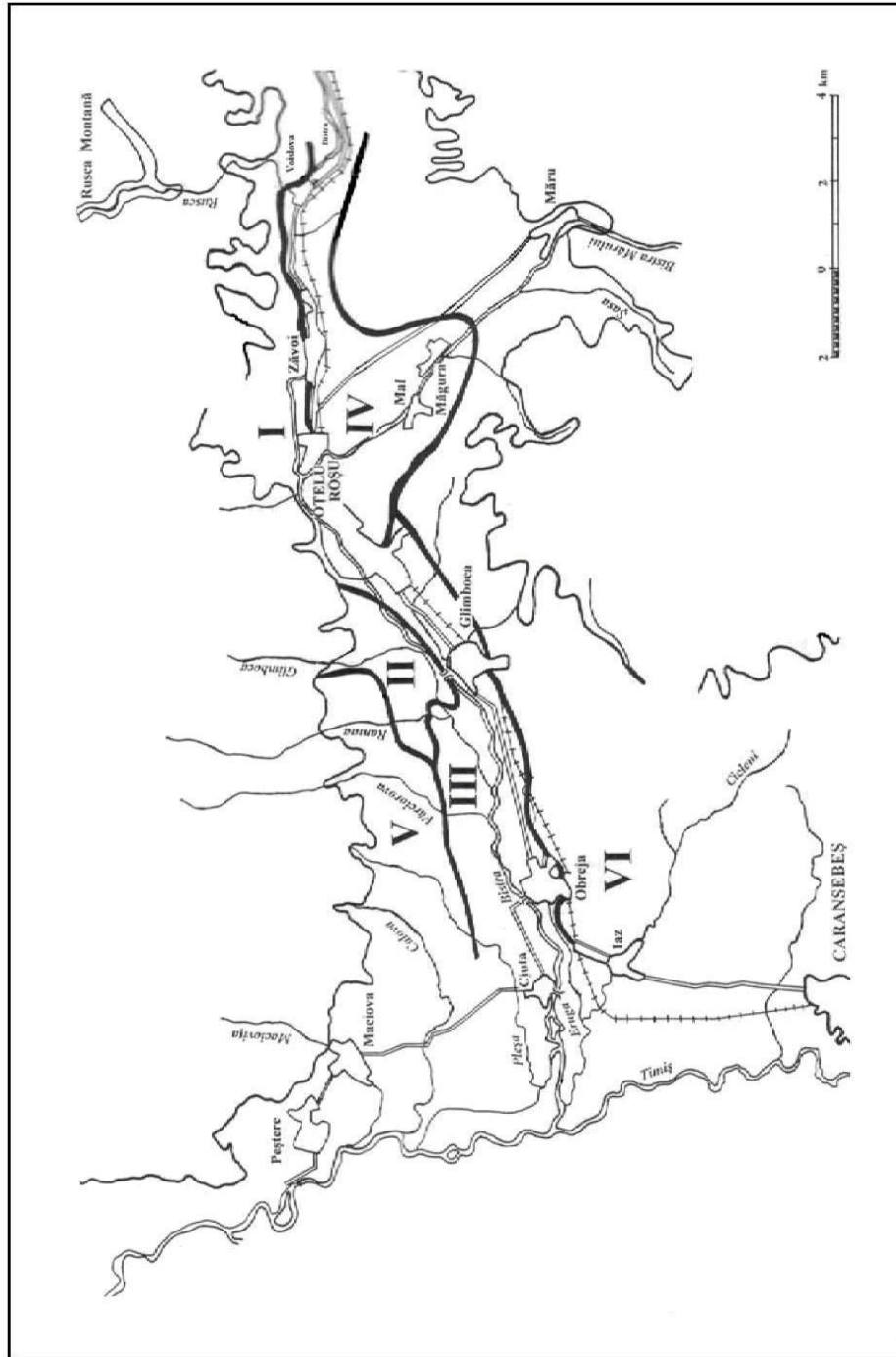


Fig.4-8. Gruparea terenurilor agricole din sectorul inferior al Culoarului Bistra funcție de încărcarea cu metale grele, după Ianoș, 2006

În urma analizării modului de distribuție a concentrațiilor de metale grele în solurile din Depresiunea Bistra, rezultă următoarele concluzii:

- Cele mai încărcate soluri cu metale grele sunt cele din lunca Bistrei, mai ales cele de pe malul drept;
- Elementele chimice cu cea mai mare abundență sunt cadmiu, plumb și zinc;
- Cu toate că zincul prezintă o toxicitate scăzută, concentrațiile sporite din zonă determină încadrarea acestuia în aceeași categorie poluatoare ca și plumbul și cadmiul;
- Cuprul, cromul, cobaltul, nichelul și manganul se găsesc în cantități mai reduse, fără să prezinte toxicitate pentru plante și animale;
- Datorită modului de răspândire, sursa de proveniență a metalelor grele poate fi considerată geogenă, datorată alterării rocilor din Munții metaliferi Poiana Ruscă.
- Acumularea de metale grele atât în roci, cât și în solurile din Depresiunea Bistra a fost favorizată de activitățile antropice, mai ales cele cu caracter minier. Zona Rușchița reprezintă o binecunoscută arie metalogenetică, ce a fost exploatată din cele mai vechi timpuri. Sterilul adus din munți, pe parcursul perioadelor de exploatare, a fost astfel preluat de apele de șiroire și de cele curgătoare și depus în conurile de dejecție ale elementelor torențiale;
- Activitatea directă a uzinei S.C. Gavazzi Steel S.A. Oțelu Roșu este considerată nesemnificativă, altfel valorile de concentrație maximă ale metalelor grele ar fi fost determinate în jurul localității, cu tendință de reducere treptată înspre extremitățile regiunii, fapt ce nu poate fi confirmat;
- O sursă antropică poluatoare este constituită din haldele de steril cu încărcătură ridicată de plumb, cadmiu, zinc, crom. Datorită curenților de aer aceste materiale sunt împrăștiate pe terenurile agricole. De asemenea, cantitatea ridicată de plumb regăsită se poate datora și traficului rutier.

Reducerea efectelor negative asupra factorilor de mediu se poate realiza printr-o serie de măsuri organizatorice prin aplicarea cărora se va putea reduce potențialul poluant:

- funcționarea tuturor utilajelor și instalațiilor la parametrii proiectați pentru a reduce la minim sursele de emisie de noxe (eventual instalarea de filtre);
- reorganizarea și exploatarea rațională a zonelor de depozitare a deșeurilor pentru o revalorificare ulterioară;
- realizarea unei perdele vegetale pentru protecția haldei care să evite spulberarea de materiale încărcate cu metale grele;
- apele de șiroire care spală materialul haldat să fie stocate în bazine decantoare și apoi evacuate în deversorii naturali (Bistra);
- sursele de emisie de noxe se vor reduce la minim prin instalarea de filtre.

Schematic, poluarea determinată de oțelăria de la Oțelu Roșu poate fi redată astfel:

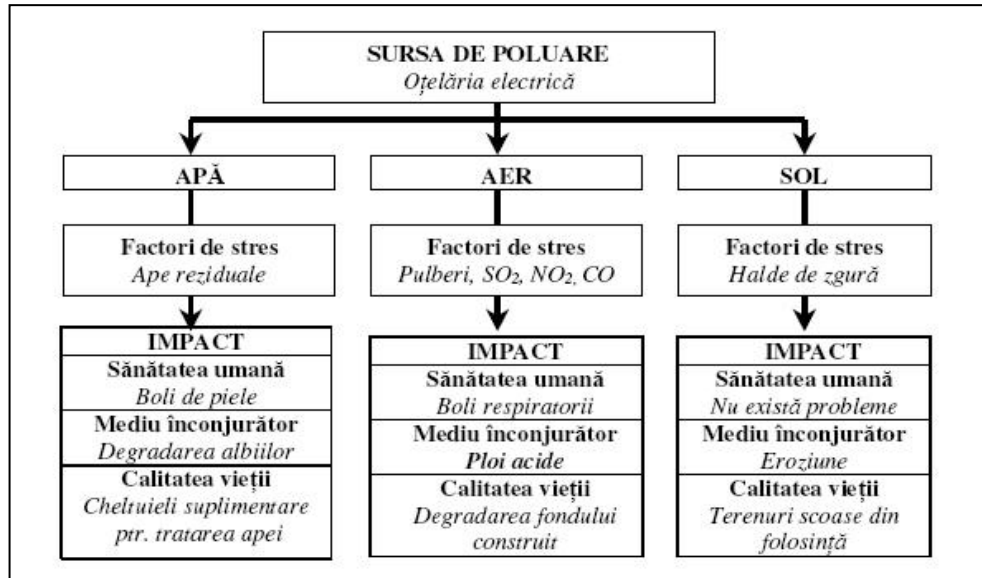


Fig. 4-9. Modul de afectare a mediului înconjurător determinat de activitatea unei oțelării electrice (din Planul Local de Acțiune pentru Protecția Mediului, județul Caraș-Severin, 2003)

Se constată că toți factorii de mediu (apă, aer, sol) sunt expuși la acțiunea nocivă, determinată de activitatea necorespunzătoare din punct de vedere al protecției mediului a oțelăriei electrice, cu intensități și efecte diferite atât în ceea ce privește sănătatea umană, mediul înconjurător, cât și calitatea vieții.

## 5. FOSFORUL, NUTRIENT DIN SOL

### 5.1 Nutrienții esențiali pentru creșterea plantelor și funcțiile acestora

Aprovizionarea și absorbția elementelor chimice necesare pentru creștere și metabolism poate fi definită ca *nutriție*, iar elementele chimice necesare unui organism, ca și *nutrienți*. Pentru creșterea și dezvoltarea plantelor sunt necesari șapte nutrienți. Bazându-ne pe cantitatea necesară plantelor, nutrienții se grupează în *macronutrienți* și *micronutrienți*.

Macronutrienți sunt considerate elementele: carbon (C), hidrogen (H), oxigen (O), azot (N), fosfor (P), potasiu (K), calciu (Ca), magneziu (Mg) și sulf (S).

Micronutrienți sunt: fierul (Fe), manganul (Mn), zincul (Zn), cuprul (Cu), borul (B), molibdenul (Mo) și clorul (Cl).

Plantele procură C, H, și O din aer și apă, iar ceilalți nutrienți sunt absorbiți din soluția solului ca ioni anorganici sau oxizi, prin rădăcinile plantelor.

Clasificarea în macro și micronutrienți se bazează pe cantitatea pe care plantele o necesită din fiecare element: macronutrienții sunt necesari în cantități relativ mari față de micronutrienți. Fiecare dintre acești nutrienți îndeplinesc un rol biofizic sau biochimic în interiorul celulei. În acest sens, toți nutrienții au o importanță relativ egală în ceea ce privește creșterea și obținerea unei recolte.

Fosforul este un element esențial, considerat ca și macronutrient din cauza cantității relativ mari de fosfor regăsit în plante. Fosforul este unul din cei trei nutrienți generali ajunși în sol prin fertilizanți. Unul din rolurile principale ale fosforului în organismele vii este transferul de energie. Compușii organici care conțin fosfor sunt folosiți pentru a transfera energia unei reacții și a o conduce spre o altă reacție în celule.

Accesibilitatea adecvată a fosforului pentru plante stimulează creșterea și maturizarea acestora. Deși fosforul este esențial pentru creșterea plantelor, pierderea sa din sol poate duce la o amenințare a calității apei. Concentrația de fosfor este în mod obișnuit suficient de scăzută în apa proaspătă, de aceea creșterea algelor este limitată. Când lacurile și râurile sunt poluate cu fosfor, rezultă o creștere excesivă a masei de alge. Nivelul crescut al algelor determină reducerea clarității apei care poate duce la scăderea accesibilității oxigenului dizolvat, condiție care determină pentru scăderea populației de pește.

**Tabel 5-1. Forma de absorbție și funcțiile nutrienților esențiali**

<b>Nutrient</b>	<b>Forma sub care este preluat de plante</b>	<b>Funcții</b>
Carbon	CO <sub>2</sub>	Component molecular de bază pentru carbohidrați, proteine, lipide și acizi nucleici.
Hidrogen	H <sub>2</sub> O	Are rol central în metabolism. Intervine în stabilirea balanței ionice mai ales ca și agent de reducere. Joacă rol cheie în relațiile energetice dintre celule.
Oxigen	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	Intră în componența tuturor compușilor organici

		ai organismelor vii.
Azot	$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$	Este un component al multor compuși organici, de la proteine la acizi nucleici.
Fosfor	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$	Rol central în plante pentru transferul de energie și metabolismul proteic.
Potasiu	$\text{K}^+$	Reglează procesele de osmoză și schimb ionic. Funcționează ca și cofactor sau activator pentru multe enzime din metabolismul carbohidraților sau cel proteic.
Calciu	$\text{Ca}^{2+}$	Este implicat în diviziunea celulară și are rol important în menținerea integrității membranelor.
Magneziu	$\text{Mg}^{2+}$	Component al clorofilei și cofactor pentru multe reacții enzimatice.
Sulf	$\text{SO}_4^{2-}$	Este implicat în reacțiile energetice din celulele plantelor.
Fier	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$	Component esențial al multor enzime cu hem sau nonhem, citocromi, ferodoxine. Este implicat în funcții metabolice cheie, cum sunt fixarea azotului, fotosinteza și transferul de electroni.
Zinc	$\text{Zn}^{2+}$	Component esențial al câtorva dehidrogenaze, proteinaze, peptidaze, inclusiv anhidraza carbonică, alcooldehidrogenaza, etc.
Mangan	$\text{Mn}^{2+}$	Implicat în sistemul de degajare a oxigenului în fotosinteza; este un component al enzimei arginază și fosfotransferază.
Cupru	$\text{Cu}^{2+}$	Constituent al multor oxidaze, inclusiv citocromoxidază, lactază; este important în fotosinteza, metabolismul proteic și cel al carbohidraților.
Bor	$\text{B}(\text{OH})_3^0$	Activează enzimele de tipul dehidrogenazelor, este implicat în metabolismul carbohidraților, sinteza componentelor pereților celulari, este esențial în diviziunea celulară și dezvoltarea celulelor.
Molibden	Mo	Component esențial al enzimei nitrat reductaza, și a enzimelor care fixează azotul.
Clor	$\text{Cl}^-$	Esențial în fotosinteza și ca activator enzimatic, în reglarea osmotică.

## 5.2 Accesibilitatea nutrienților

Producția agricolă și productivitatea sunt în directă legătură cu accesibilitatea nutrienților.

Termenul de accesibilitatea a nutrienților a fost folosit și definit în mai multe feluri.

Societatea de Știința Solului din America a definit accesibilitatea nutrienților astfel:

(1)cantitățile de nutrienți din sol în forme chimic accesibile pentru



rădăcinile plantelor sau compuși care pot fi convertiți în astfel de forme în timpul perioadei de creștere și

(2)cantitățile de nutrienți conținuți în îngrășăminte determinate prin proceduri specifice de laborator [56].

Productivitatea solului și accesibilitatea nutrienților se interconstrucionează. Productivitatea solului reprezintă capacitatea solului de a produce recoltă sigură printr-un sistem specific de management. Managementul nutrienților este un aspect important care menține productivitatea solului. Cantitatea de nutrienți prezentă în sol se definește în termeni de fertilitate a solului și, în general, analizele de sol sunt utilizate ca și criteriu de recomandare pentru obținerea recoltei. Accesibilitatea nutrienților este evaluată prin observații și teste care se folosesc pentru a prezice reacția plantelor și managementul nutrienților. Prezența în sol a unei cantități suficiente de nutrienți esențiali nu garantează accesibilitatea acestora pentru creșterea plantelor datorită altor factori (de ex. conținutul de umiditate din sol, temperatura solului, pH, condițiile fizice din sol, prezența elementelor toxice și a sărurilor, etc.). Un sol productiv este cel care are toate condițiile de mediu optime pentru creșterea plantelor. Însă, de cele mai multe ori, factorii de mediu sunt la un nivel suboptim.

Rezerva de elemente nutriționale din sol determină fertilitatea acestuia, care este condiționată de tăria legăturilor existente între aceste elemente în rețelele minerale și de stabilitatea acestor rețele în diverse condiții de alterare, acest proces fiind considerat cel mai important în transferul ionilor din sol în plantă prin intermediul soluției solului.

De aceea, când se vorbește despre un element nutrițional se folosesc diverse noțiuni de *formă* sau *fracțiune*.

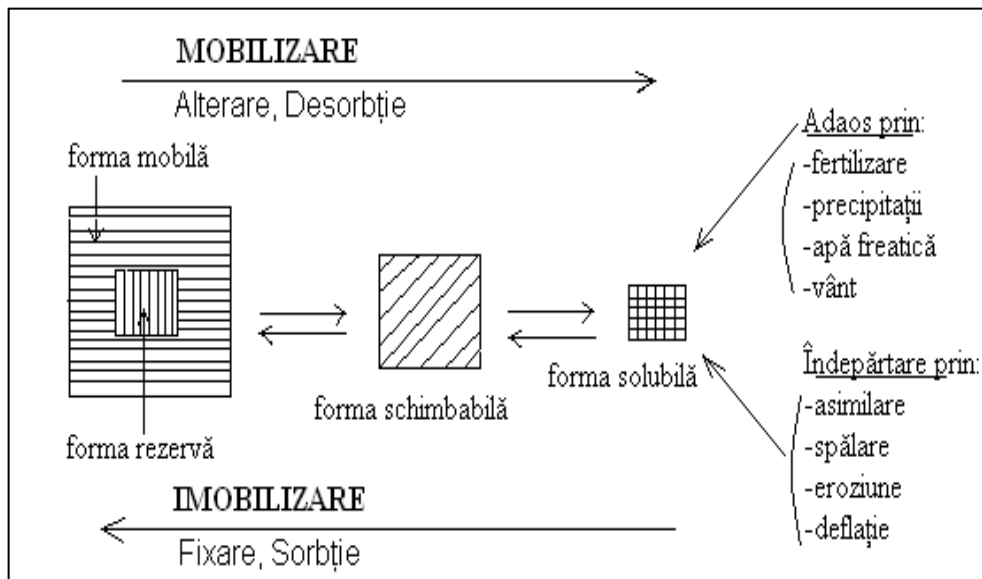


Fig. 5-1. Disponibilitatea nutrienților și mecanismele care o influențează

• **Forma rezervă** – este alcătuită din elementele înglobate și reținute prin legături puternice în rețelele minerale. Această fracțiune este inaccesibilă plantei, putând fi mobilizată în cantități reduse în urma unor procese lungi de

alterare.

- **Forma intermediară (greu mobilizabilă)** – este alcătuită din elemente care ocupă poziții cu legături slabe ale cristalelor. Aceasta poate fi accesibilă plantelor în urma unor procese de alterare de durată mai redusă.

- **Forma schimbabilă** – este alcătuită din elemente adsorbite pe suprafețele cristalelor. Poate deveni accesibilă plantelor direct, sau în urma unui proces de schimb ionic.

- **Forma solubilă** – este alcătuită din ionii prezenți în soluția solului, fiind direct accesibili plantelor.

Cele patru forme sunt în echilibru dinamic, trecerea de la una la alta făcându-se prin mobilizare sau imobilizare, prin adăugarea sau îndepărtarea elementului din și în soluția solului.

Procesul de mobilizare este determinat de reacțiile de desorbție și alterare și poate fi declanșat de îndepărtarea elementului din soluția solului în urma absorbției de către plante, sau a proceselor de levigare, eroziune, etc.

Procesul de imobilizare este determinat de sorbția și fixarea ionilor, putând fi declanșat sau accelerat prin adăugarea elementului în soluția solului, prin fertilizare, precipitații, etc.

În sol, forma rezervă este de obicei alcătuită din minerale primare, mineralele secundare care domină fracțiunea argiloasă fiind prezente predominant în forma intermediară și mai ales în cea schimbabilă.

Fosforul este unul dintre cei mai importanți macronutrienți prezenți în sol. De obicei plantele au un necesar mai mare de macronutrienți față de cel de micronutrienți. Fiecare dintre nutrienții esențiali îndeplinesc funcții biofizice și biochimice specifice în interiorul celulelor. De aceea toți sunt considerați de importanță egală pentru producerea unei recolte mari. Dacă unul dintre aceștia este deficitar atunci creșterea plantelor este redusă. Cerința plantelor mai scăzută pentru micronutrienți poate fi explicată prin participarea acestora în reacțiile enzimatice sau ca și constituenți ai hormonilor de creștere mai degrabă decât ca și componenți structurali ai țesuturilor protoplasmatiche.

În tabelul 5-2. sunt prezentate formele de absorbție și funcțiile nutrienților esențiali pentru plante.

**Tabel 5-2. Forme de absorbție și funcțiile nutrienților esențiali pentru plante**

Nutrient	Forme accesibile plantelor	Funcții
Azot	$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$	Intră în structura moleculelor de nucleoproteine, protidelor protoplasmatiche, lipoproteinelor din citomembrane, în structura apoenzimelor, a coenzimelor, a vitaminelor B <sub>1</sub> , B <sub>6</sub> , B <sub>12</sub> , a hormonilor vegetali, a pigmentilor fotosintetici (clorofile și ficobiline) și a stearidelor vegetale.
Fosfor	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$	Rol energetic central pentru plante în reacțiile de sinteză și oxidare biologică. Participă în fotosinteză, glicoliză, ciclul Krebs, sistemul Redox al lanțului respirator, etc
Potasiu	$\text{K}^+$	Participă la sinteza aminoacizilor și a proteinelor. Acționează ca un element

	<p>biocatalizator pentru numeroase procese fiziologice. Reglează absorbția azotului de către plante, prelucrând nutriția amoniacală, oxidarea amoniacului, iar în cazul nutriției nitrice, reducerea nitraților. Stimulează funcționarea unor enzime care participă în procesul de respirație și în metabolismul hidraților de carbon, în metabolismul azotului, sinteza vitaminelor, sinteza clorofilor și intensitatea fotosintezei.</p>
--	--

### 5.3 Circuitul fosforului în natură

Fosforul aparține clasei "ciclurilor litosferice" în care principala și cea mai importantă sursă de substanță este litosfera. Astăzi producția globală anuală de fosfați este în jur de 40 milioane tone de  $P_2O_5$  care derivă din aproximativ 140 milioane tone de concentrat rezultat din roci. Aproximativ 80% din fosfații produși în industria mondială sunt utilizați pentru îngrășăminte, mai mult de 5% ca supliment alimentar pentru animale, 12% pentru fabricarea detergentului sintetic și aproximativ 3% din consumul total sunt utilizați în diverse aplicații (tratamente de suprafață pentru metale, inhibarea coroziunii, tratarea apelor și producerea ceramicii) [158], [20], [52].

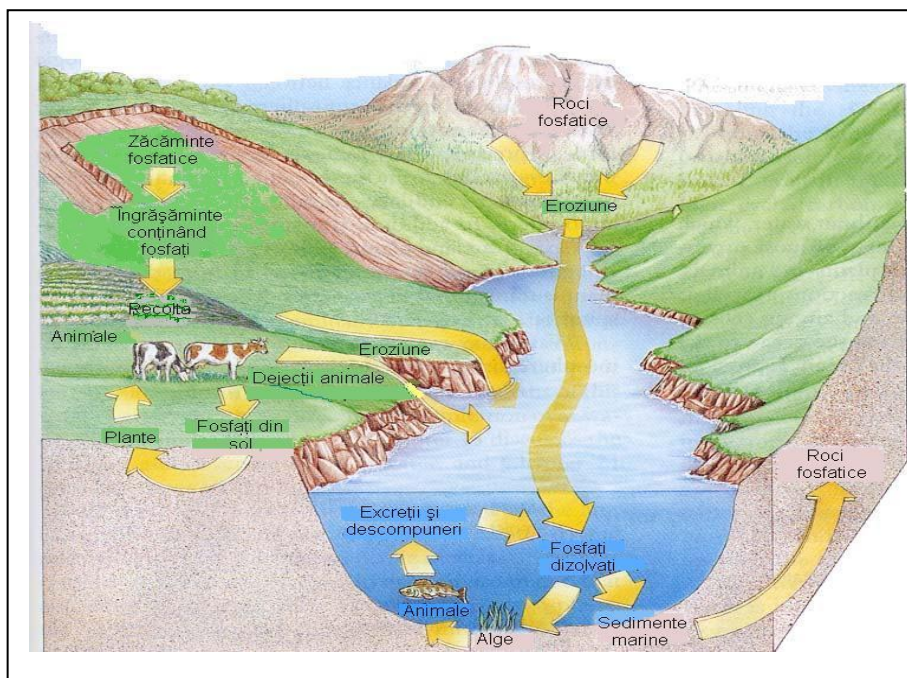


Fig. 5-2. Circuitul fosforului în natură

Ciclul fosforului este larg răspândit, realizând legătura între uscat și mare

pe calea unui ciclu hidrologic. Fosfina ( $\text{PH}_3$ ), forma gazoasă a fosforului, spre exemplu, nu se poate forma în sol deoarece acesta are un potențial redox prea ridicat, de aceea transportul P în atmosferă se face doar sub formă solidă și lichidă.

Ciclul fosforului este similar cu cel al altor câtorva nutrienți minerali. Totuși fosforul este distribuit neuniform în natură, el negăsindu-se sub formă elementară. Fosforul elementar este extrem de reactiv și se poate combina cu oxigenul când este expus la aer. În sistemele naturale, de genul solului și apei, fosforul se găsește ca și fosfat, forma chimică în care fiecare atom de fosfor este înconjurat de patru atomi de oxigen. Ortofosfatul, fosfatul simplu, are formula chimică  $\text{PO}_4^{3-}$ . În apă ortofosfatul există mai mult ca și anion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  în condiții acide și ca anion  $\text{HPO}_4^{2-}$  în condiții alcaline.

Fosfatul este preluat de plantele din sol, utilizat de animalele care consumă plantele și se reîntoarce în sol ca și reziduu organic.

Cei mai mulți fosfați utilizați de către organismele vii sunt încorporați în compuși organici. Când materialul vegetal se reîntoarce în sol, o parte din acești fosfați organici pot fi transformați în fosfați anorganici sau pot fi încorporați în compuși organici mai stabili și devin parte din materia organică a solului. Transformarea fosfaților organici în fosfați anorganici se numește *mineralizare* și e cauzată de activitatea microorganismelor. Activitatea microorganismelor este puternic influențată de temperatura și umiditatea solului. Procesul e mult mai rapid când solul e încălzit și umed, bine desecat. Potențial, fosfatul poate fi pierdut prin eroziunea solului și va ajunge într-o măsură mai mică în apă traversând prin sol.

Fosforul total din apă reprezintă tot fosforul din soluție, indiferent de formele sale; el se referă adesea la forma descrisă în studiile de calitate pentru apă. Fosforul biodisponibil este fosforul care este estimat a fi la îndemâna organismelor de tipul algelor prezente în lacuri sau râuri. De obicei acesta reprezintă un test chimic, menit să măsoare cantitatea de fosfor dizolvat și în particular fosforul care poate fi ușor accesibil. Aceasta este o măsură care reprezintă imediat o îngrijorare pentru calitatea apei.

„Fosforul mondial” sau fosforul înțeles ca și element se folosește ca termen general, cu o formulă chimică particulară. De exemplu, conținutul de fosfor total din sol sau materialul vegetal se exprimă de obicei în procente de fosfor. Totuși, analizele de fertilizanți îl descriu ca și procent de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Forma aceasta,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , este un chemical produs în timpul fertilizării, dar care nu există în oricare sol fertilizat.

P bioaccesibil poate proveni din:

- a). dezagregarea mineralelor primare
- b). remineralizarea fosforului organic
- c). dizolvarea și exploatarea mineralelor secundare.

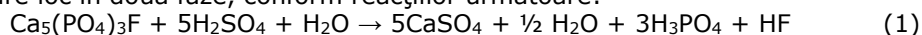
a). Rezervorul principal de fosfor sunt rocile: singurul mineral primar care conține fosfor este *apatita* ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ) a cărei dezagregare prin carbonatare determină eliminarea anionului  $\text{HPO}_4^{2-}$  care poate fi pierdut prin scurgere, blocat în interiorul oxizilor cristalini de Fe și Al, legat de particulele de sol, dar rămâne accesibil doar o parte neînsemnată care va fi preluată de rădăcinile plantelor. [44].



Fig. 5-3. Structura cristalină a apatitei

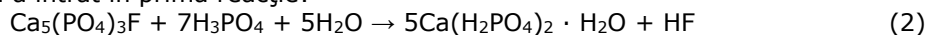
Structura apatitei prezintă o rețea complexă și compactă, cu o cristalizare specifică, hexagonală, în care fluorul este situat în centrul rețelei, ceea ce face ca fosforul conținut în ea să fie foarte greu solubil. Se cunosc două varietăți de apatită: fluorapatită  $2\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  și clorapatita  $2\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ . Ambele varietăți pot avea formă microcristalină sau macrocristalină.

Reacția de transformare a fosfatului terțiar de calciu în fosfat primar de calciu are loc în două faze, conform reacțiilor următoare:

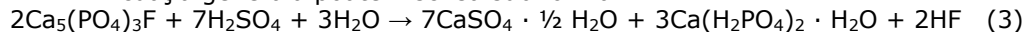


Fluorapatită      acid sulfuric      sulfat de calciu      acid fosforic      acid fluorhidric

Acidul fosforic care se formează reacționează cu fosfatul terțiar de calciu care nu a intrat în prima reacție:



Ecuatia generală poate fi scrisă sub forma:



Fosfatul primar de calciu se formează treptat. La început reacția este rapidă, apoi odată cu formarea  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  viteza de reacție scade, pînă cînd, la suprasaturarea soluției are loc precipitarea. Descompunerea completă a fosfatului terțiar de calciu sau fluorapatitei durează mult timp.

b). Bacteriile pot de asemenea elibera fosfatază, o enzimă extracelulară, care accelerează remineralizarea fosforului organic, dar totodată bacteriile pot reține nutrienții eliberați prin descompunerea materiei organice (imobilizare) dacă apa are un raport C:P ridicat și astfel este redusă cantitatea de fosfor anorganic necesar pentru fitoplancton. În mediul terestru microbii din sol, rădăcinile plantelor și ciupercile din micoriză acționează în același mod pentru a elibera fosforul.

c). Fosforita este o rocă sedimentară produsă pe fundul oceanului din fluoroapatită și alți fosfați minerali de calciu care sunt formați la rîndul lor prin dizolvarea parțială și precipitare a materialului scheletic și a scoicilor care sedimentează pe fundul mării în zonele cu productivități ridicate ale oceanului. Fosforita se formează ca și noduli, prundiș sau conglomerate amestecate cu fosile mari.

Accesibilitatea fosforului depinde de pH: în condiții acide P precipită cu mineralele ce conțin Fe sau Al, în condiții bazice P precipită cu mineralele ce conțin Ca. Accesibilitatea maximă a P este la pH 7, deci în condiții neutre [44]. În apă dulce fosforul adesea limitează producția întrucît concentrația sulfaților este

scăzută și atunci se leagă de minerale particulare cu Fe. În mod contrar, în apa de mare, concentrația sulfatilor este ridicată și fosforul este mult mai accesibil. Creșterea concentrației anionului  $\text{SO}_4^{2-}$  în lacuri, determinată de ploile acide poate pune în mișcare fosforul în soluție, prin intermediul schimbului de anioni sporind producția lacurilor.

Fosforul accesibil în ambele medii, terestru și acvatic, este rapid preluat de plante sau fitoplancton și deplasat de-a lungul lanțurilor trofice prin intermediul ierbivorilor, a animalelor de pradă sau al paraziților.

Fosforul este important în toate celulele, ca și component al acizilor nucleici, formând ambele materiale genetice ale celulelor (ADN și ARN) și moleculele transportoare de energie (ATP și NADP). De asemenea, se găsește în fosfolipide, membrane celulare, oase și dinți. Excrețiile, materia descompusă eliberează fosfați organici care sunt reduși de către bacterii la fosfați anorganici alimentând ciclul fosforului. De exemplu, zooplanctonul poate excreta atât de mult fosfor pe zi cât au stocat în biomasă, din acesta mai mult de 50% este anorganic care este repede preluat de către fitoplancton.

Râurile sunt ușor acide din cauza concentrației mari de dioxid de carbon dizolvat și a materialelor humice, de aceea fosforul este legat de hidroxizii de Fe și este transportat în încărcătura sedimentară. Când râurile se varsă în oceane, la estuare (pH 8), o parte din fosfor este desorbit și devine accesibil sub formă de fosfor dizolvat. Cea mai mare parte a încărcăturii de fosfor a râurilor este legată de particulele care sedimentează pe platforma continentală de aceea fosforul bioaccesibil în oceane este redus.

Conversia fosforului în apa oceanelor este rapidă (câteva zile) aproape 90% din fosforul asimilat este recirculat, dar ciclul fosforului este cuplat strâns așa încât concentrația anionului  $\text{PO}_4^{3-}$  este redusă. Fosforul rămas este remineralizat în adâncul oceanului, iar o mică parte este încorporat în sedimente. Materia organică în apele adânci are un raport C:P foarte mare și acest raport foarte mare sugerează că fosforul este rapid remineralizat în comparație cu carbonul, pe măsură ce adâncimea crește. În sedimentele lipsite de oxigen mai puțin Fe oxidat este accesibil pentru a adsorbi fosforul și mai mult este predispus la difuzie și ridicare spre suprafață [44].

În lacuri, dacă hipolimnionul este anoxic, Fe este în formă redusă și fosforul va fi accesibil. Dacă hipolimnionul este oxigenat Fe se află în formă oxidată și va adsorbi fosforul, ceea ce determină o mai scăzută bioaccesibilitate a fosforului pentru fitoplancton.

## 5.4 Rolul fosforului în viața plantelor

În soluri, deși conțin mai puțin fosfor comparativ cu ceilalți macronutrienți esențiali (N, K), rolul acestui element este deosebit de important, iar procesele chimice în care intervine sunt mult mai complexe. În prezent fosforul este considerat un macronutrient primar, cu rol major în creșterea și dezvoltarea plantelor.

Fosforul este absorbit din mediu sub formă de ioni  $\text{PO}_4^{3-}$ , ajunge în celulă fără a fi redus și intră în compoziția unor compuși organici de mare însemnătate fiziologică. El participă la alcătuirea fosfoproteinelor și fosfolipidelor din protoplasmă și nucleu, fosfolipidelor din grăunciorii de amidon și aleuronă, lecitinelor din citomembrane, a fitinei și a nucleotidelor, cu grupe macroergice de fosfat (ADP,

ATP). Intră în compoziția unor coenzime. El îndeplinește rolul energetic central în reacțiile de sinteză și de oxidare biologică. Participă în fotosinteză, glicoliză, ciclul Krebs, sistemul redox al lanțului respirator, etc.

Fosforul favorizează procesele de nutriție, de creștere, de înflorire și fructificare, depunerea hidraților de carbon în fructe, sfecla de zahăr, tuberculi. Micșorează consumul specific de apă al plantelor. Se acumulează în organele tinere și în semințe. În lipsa lui, plantele rămân mici, rădăcinile sunt lungi și rare, tulpina rigidă, frunzele verde-închis, până la albastru-verde, luând de multe ori o culoare roșie sau purpurie.

Datorită funcțiilor complexe pe care le îndeplinește în plantă, fosforul nu poate fi înlocuit de nici un element nutritiv, găsindu-se în cantități cuprinse între 0,2-1,7% s.u. În plantă se găsește totdeauna în starea sa de oxidare cea mai mare (+5), fiind absorbit sub formă de ioni  $H_2PO_4^-$  și  $HPO_4^{2-}$  și acumulat în vacuolă, de unde trece în citoplasmă pe măsură ce se consumă în diferite procese. Se consideră că în circa 10 minute de la absorbție, 80% din fosforul absorbit este încorporat în compuși organici.

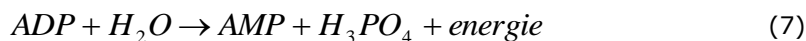
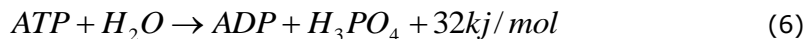
Rolul fosforului în nutriția plantelor constă în următoarele:

- Este prezent într-o multitudine de compuși organici din țesuturile vegetale (acizi nucleici, fosfolipide, fosfoproteide, fitină, compuși macroergici) și este indispensabil vieții pe pământ;
- Compușii în care este prezent asigură fosforului rolul în *transmiterea informației genetice* și ca participant activ în *metabolismul energetic vegetal*.

Fosforul are un rol unic în procesele de transfer de energie, nivelul energetic al compușilor organici crescând prin esterificarea cu acid fosforic. Numeroși esteri ai acidului fosforic, cum ar fi AMP (adenozinmonofosfat), ADP (adenozindifosfat), ATP (adenozintrifosfat), NAD (nicotinamidadenindinucleotid - forma oxidată), NADH (nicotinamidadenindinucleotid - forma redusă), NADP (nicotinamidadenindinucleotidfosfat - forma oxidată) și NADPH (nicotinamidadenindinucleotidfosfat - forma redusă), posedă proprietatea de a înmagazina energia liberă rezultată în procesele metabolice, pe care apoi, prin reacții controlate enzimatic, o transmit proceselor de sinteză care se desfășoară cu aport energetic. Energia rezultată din degradarea aerobă sau anaerobă a glucidelor, precum și energia absorbită în procesul de fotosinteză este înmagazinată în ADP, ATP, CDP (citidindifosfat), CTP (citidintrifosfat), GTP (guanozintrifosfat), GDP (guanozindifosfat), NADP, NADPH, UDP (uridindifosfat), UTP (uridintrifosfat), TDP (timidindifosfat), TTP (timidintrifosfat). Acest proces, în cazul adenzinmonofosfatului decurge astfel:



Energia acumulată va fi apoi eliberată și folosită în diferite procese. Eliberarea energiei se face prin descompunerea fosfaților bogați în energie, prin ruperea legăturilor macroergice. Astfel, prin hidroliza ATP la ADP se eliberează 32 kJ/mol energie:



Procesul de reducere a ATP și apoi a ADP, cu eliberare de energie, are loc sub acțiunea unor enzime denumite ATP-aze și ADP-aze. Energia eliberată este folosită în diverse procese consumatoare de energie, de exemplu: ATP furnizează energia pentru cel mai mare număr de procese în plantă, GTP pentru sinteza celulozei, CTP pentru cea a fosfolipidelor.

ATP-ul furnizează energia necesară ATP-azelor din membranele plasmactice pentru pomparea ionilor  $H^+$  în afara celulei, încărcarea electronegativă a membranei, și absorbția prin acest mecanism a cationilor. Tot ATP-ul este cel care furnizează transportorilor de ioni energia necesară pentru transportul lor prin membranele plasmactice și pentru transportul activ al ionilor în plantă spre locurile de sinteză.

- Dacă rolul fosforului este comparat cu cel al azotului (care este elementul major implicat în sporirea cantitativă a recoltelor), fosforul determină creșterea echilibrată a plantelor, fiind determinant pentru calitatea produselor agroalimentare.

- Tot prin comparație cu azotul (care sporește producția de biomasă), fosforul scurtează perioada de vegetație, grăbește fructificarea și maturarea plantelor.

- Alături de alți nutrienți favorizează formarea nodozităților la leguminoase și sporește productivitatea activității lor.

- Mărește rezistența plantelor la condiții nefavorabile de vegetație (ger, boli, cădere, frângere).

În plus, față de implicarea fosforului în toate aceste procese importante, literatura agronomică notează numeroase exemple de creștere a cerealelor și nutrețurilor dacă este menținută o fertilitate optimă cu fosfor în solurile arabile [147].

Fosforul se distribuie în mod egal în toate celulele. În ceea ce privește cantitatea, acesta este al doilea mineral ca importanță în corp.

Fosfații au mai multe efecte asupra organismelor. Aceste efecte sunt în principal consecințele emisiilor în cantitate mare a fosfaților în mediul înconjurător prin exploatarea miniere și cultura câmpului. În urma tratării apelor, fosfații nu sunt în general îndeajuns eliminați, ei se pot deci răspândi pe o lungă distanță atunci când se găsesc în apele de suprafață. Din cauza emisiei constante a fosfaților în mediul înconjurător de către om și deci din cauza concentrațiilor excesive de fosfor în natură, ciclul fosforului este puternic perturbat.

Creșterea concentrației fosforului în apele de suprafață determină creșterea nivelului organismelor dependente de fosfat, ca de exemplu algele și lintea apei. Aceste organisme utilizează mari cantități de oxigen și împiedică penetrarea luminii prin apă. Apa devine prin urmare mult mai neprielnică pentru celelalte organisme. Acest fenomen este denumit *eutrofizare*.



Tabel 5-3. Sensibilitatea recoltei la cantitatea de nutrient

Aprecierea	Caracteristici	Recomandări
<b>A. Răspunsul (sensibilitatea) recoltei</b>		
<b>Sub optim</b> (foarte scăzut, scăzut, mediu)	Nutrientul este considerat deficitar și probabil va limita creșterea recoltei.	Recomandările se bazează pe sensibilitatea recoltei și, în timp, vor aduce solul la un nivel optim de asigurare cu nutrienți.
<b>Optim</b> (Suficient, adecvat)	Nutrientul este considerat adecvat și nu limitează creșterea recoltei.	Aplicarea anuală de nutrienți este recomandată pentru a menține nivelul optim de nutrienți din sol.
<b>Peste optim</b> (ridicat, foarte ridicat, excesiv)	Nutrientul este considerat mai mult decât adecvat și nu va limita producția.	Nu se recomandă un nou adaos de nutrienți. La nivele foarte ridicate nu este recomandat a se administra nutrienți în plus.
<b>B. Sensibilitatea mediului</b>		
Impact de mediu potențial	Există posibilitatea ca solurile să sufere fenomenul de degradare. Aceasta depinde de câteva caracteristici specifice locului (pantă, hidrologie).	Dacă unii factori de mediu minimizează impactul asupra mediului, adaosul de nutrienți este recomandat pentru ca producția să fie corespunzătoare. Uneori însă sunt necesare acțiuni de ameliorare a impactului asupra mediului, aceasta dacă adaosul de nutrienți nu este în concordanță cu cerințele specifice tipului de sol și culturii respective.

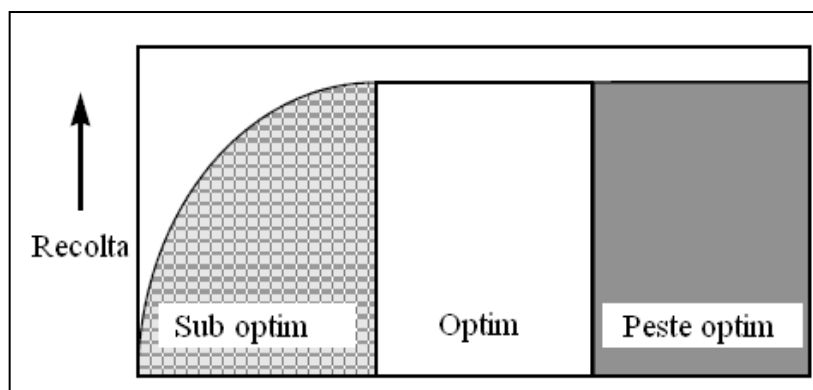


Fig. 5-4. Evoluția recoltei funcție de cantitatea de îngrășămintă aplicată

Este recomandat a se menține un nivel al nutrienților din sol în jurul valorii optime pentru tipul de cultură respectiv, altfel se vor instala fenomene de carență sau exces, cu efecte toxice asupra plantelor.

## 5.5 Tehnici de diagnoză pentru accesibilitatea fosforului

Tehnicile de diagnoză pentru accesibilitatea fosforului din sol se referă la metodele de identificare a deficiențelor de nutriție sau toxicității acestora în sistemul sol-plantă.

**Tabel 5-4. Condițiile de sol care induc deficiențe de nutriție pentru plante**

Nutrient	Condiții care induc deficiența
Azot	Scurgere în exces cauzată de ploii torențiale; conținut scăzut de materie organică
Fosfor	Soluri acide, cu conținut ridicat de materie organică, spălate, soluri calcaroase; grad mare de amendare cu calcar
Potasiu	Soluri nisipoase, organice, spălate și erodate; aplicare intensă de amendamente calcaroase, sistem de cultură intensivă

Atunci când aprovizionarea solului cu nutrienți este la un nivel neadecvat sau când rădăcinile plantelor nu pot absorbi cantitățile necesare din cauza condițiilor nefavorabile din jurul rizosferei, plantele manifestă dereglări de creștere. Acestea pot fi observate și de obicei implică o reducere a creșterii lăstarilor la cereale, decolorarea frunzelor, reducerea dezvoltării rădăcinilor.

*Carența* fosforului în plantă generează o serie de dereglări fiziologice. Scade sinteza ARN, ceea ce se răsfrânge negativ asupra formării proteinelor. Diminuează creșterea vegetativă a plantelor, se dezvoltă slab sistemul radicular și tulpinile. Se obțin nu numai producții scăzute, dar și de calitate inferioară.

*Excesul* de fosfor duce la acumularea acestuia în formă minerală, mai ales în organele vegetative. Are loc maturarea organelor înainte de vreme, și obținerea de recolte scăzute. Se dereglează absorbția zincului, fierului și cuprului în rădăcină.

Aprovizionarea cu fosfor în primele faze de vegetație stimulează înfrățirea la cerealele păioase și creșterea sistemului radicular la rădăcinoase [29]. Conținutul diferitelor organe ale plantelor variază în raport cu specia, vârsta și faza de vegetație. În părțile vegetative cea mai mare cantitate de fosfor se găsește în frunze și apoi în ramurile de rod.

În ceea ce privește necesarul diferitelor specii pentru fosfor, acesta este diferit, și poate fi apreciat astfel [29]:

- Plante cu necesitate mare: grâul, sfecla de zahăr, conopida, fasolea, castraveții, ceapa, morcovii, varza, tomatele, țelina, vinetele, ridichea, spanacul;
- Plante cu necesitate moderată: porumbul, cartoful, mazarea, gulia, păstârnacul, pătrunjelul, prazul, salata, lucerna, dovleacul, capșunile, pepenii, trifoiul;
- Plante cu necesitate scăzută: hrișca, lupinul, ovăzul, secara.

**Tabel 5-5. Simptomele ale deficienței de nutriție la plante**

Nutrient	Simptome
Azot	Cloroză care începe în frunzele bătrâne; la cereale lăstarii sunt reduși; în condiții de câmp, dacă deficiența este severă, întreaga cultură apare îngălbenită și creșterea este oprită.
Fosfor	Creșterea este oprită, frunzele bătrâne sunt purpuriu-portocalii, frunzele tinere sunt verde închis, la cereale lăstarii sunt foarte reduși.
Potasiu	Frunzele bătrâne pot prezenta pe margini, începând cu pețiolul, arsuri.

În figurile 5-5 - 5-10 sunt prezentate simptomele observabile în cazul deficienței de fosfor, potasiu, respectiv azot.



Fig. 5-5. Simptome ale deficienței de fosfor la porumb (*Zea mais*)



Fig. 5-6. Simptome ale deficienței de fosfor la roșii (*Solanum lycopersicum*)



Fig. 5-7. Simptome ale deficienței de potasiu la porumb (*Zea mais*)

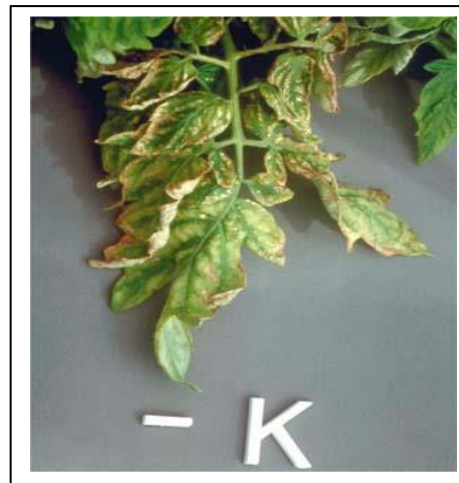


Fig. 5-8. Simptome ale deficienței de potasiu la roșii (*Solanum lycopersicum*)



Fig.5-9. Simptome ale deficienței de azot la porumb (*Zea mais*)

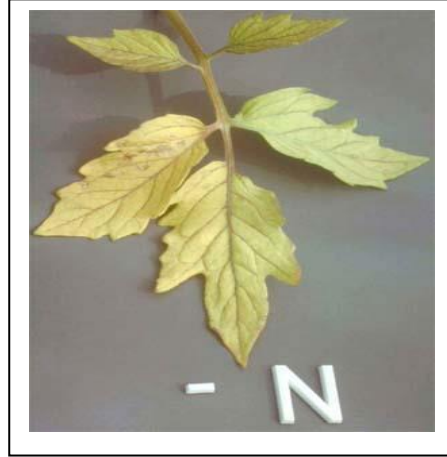


Fig. 5-10. Simptome ale deficienței de azot la roșii (*Solanum lycopersicum*)

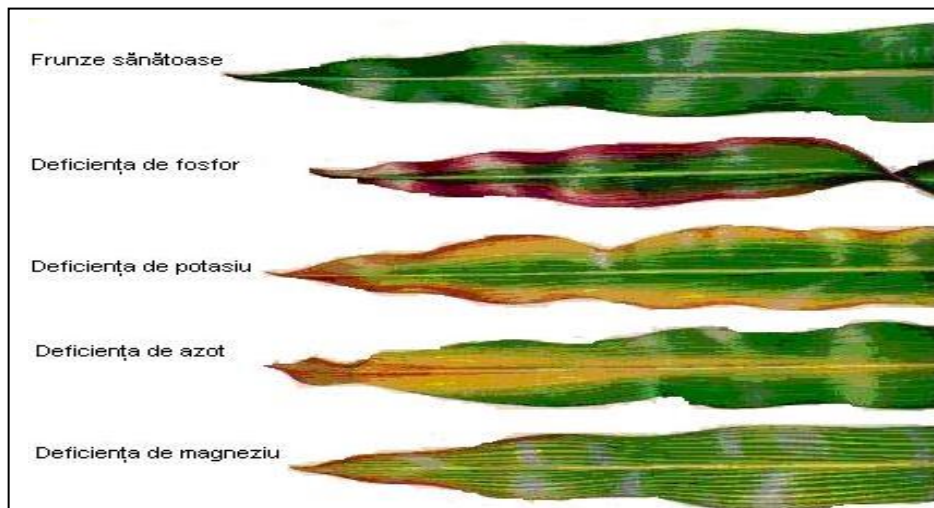


Fig. 5-11. Simptome ale carenței unor elemente nutritive la frunzele de porumb (*Zea mais*)

În mod normal simptomele unei deficiențe de nutriție apar pe o arie mai largă și nu doar la o plantă. Dacă simptomele sunt prezente doar la o plantă, atunci aceasta se poate datora unei îmbolnăviri sau unui atac al insectelor sau este o consecință genetică. Unii nutrienți sunt relativ imobili în plante, alții sunt mai mobili. Fosforul, alături de N, K și Mg sunt nutrienții mobili în sistem. Atunci când un astfel de nutrient prezintă o deficiență pentru nutriția plantelor, simptomele apar mai întâi la frunzele bătrâne ale plantei. În cazul nutrienților imobili aceste simptome apar mai întâi la frunzele tinere sau la cele de deasupra (dispuse la suprafața coronamentului) [56].

## 5.6 Formele fosforului din soluri

În faza solidă a solului, fosforul se găsește în compuși anorganici (diferiți fosfați) și organici (fitină, compuși humici) reținut prin adsorbție specifică (chemosorbție) de către complexul adsorbțiv, sau sub formă solubilă în soluția solului. În toate aceste forme el participă ca anion ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Conținutul total de fosfor din sol variază între 0,01-0,30% și cuprinde:

- *P dizolvat în soluția solului* - reprezentat prin ionii ortofosfat ( $\text{HPO}_4^{2-}$  și  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) care poate varia între 0,01 și 3,0 mg/L.
- *P organic* - reprezintă 30-65% din fosforul total din sol (funcție de tipul de sol) și include esteri fosfatici, acizi nucleici, fosfolipide, ortoesteri.
- *P anorganic* - reprezentat prin minerale primare (care derivă direct din materialul parental) și minerale secundare (formate prin precipitarea fosforului cu Al, Ca, și Fe), P adsorbit pe suprafața mineralelor argilice, a oxihidroxizilor de Fe și Al, a carbonaților de calciu, etc.

Concentrația fosforului din soluția solului este determinată de procesele de mineralizare și imobilizare a fosforului organic, ca și de cele de adsorbție și/sau desorbție și precipitare și/sau dizolvare a fosforului anorganic [56].

Constituenții cu fosfor din sol, în funcție de accesibilitatea lor pentru plante, sunt grupați în trei forme:

- **Fosfații din forme greu mobilizabile (nelabili sau fixați)** - reprezentați de fosfații cu solubilitate redusă, de origine nativă sau „fixați” din îngrășămintele aplicate. Sunt inaccesibili în mod direct plantelor; în timp se mobilizează foarte lent.
- **Fosfații ușor mobilizabili (labili sau activi)** - se găsesc adsorbiți reversibil, mai ales pe sescvioxizi. Sunt potențial accesibili plantelor, fiind în echilibru cu anionii fosfat din soluția solului.
- **Fosfații din soluția solului** ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  și  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) - reprezintă forma direct accesibilă pentru plante a fosforului din sol.

*Fosfații din soluție* au un nivel foarte scăzut și de obicei conțin doar o fracțiune a procentului de fosfor din sol.

Fosforul solubil de obicei este sub formă de ortofosfați, dar mai există și o mică parte de fosfor organic. Plantele pot absorbi doar fosforul sub formă de ortofosfați. Rezerva de fosfor solubil este importantă pentru că de aici plantele pot extrage fosfor și este singura rezervă care are o oarecare mobilitate măsurabilă. Cea mai mare parte a fosforului este preluată de către cultură în timpul sezonului de creștere și probabil este deplasată prin precipitații și mai puțin prin rădăcinile din sol.

*Fosfații activi sau labili* sunt reprezentați de fosforul în fază solidă care este relativ ușor de preluat din soluția solului, din apa ce înconjură particulele de sol. Dacă plantele preiau fosfatul, concentrația fosfaților în soluție descrește și unii fosfați din zăcământul de fosfor activ sunt eliberați. Pentru că zăcământul de fosfor solubil este foarte scăzut, zăcământul de fosfor activ este principala sursă de fosfor accesibil pentru cultură. Accesibilitatea fosfaților activi pentru a reface fosfații solubili din sol este cea care face un sol fertil, cu asigurarea procentului de fosfat. Rezerva de fosfați activi conține fosfat anorganic care este atașat sau adsorbit pe particulele mici de sol, fosfat care reacționează cu elemente ca și calciu sau aluminiu pentru a forma solide solubile și fosfor organic care este ușor mineralizat. Ionii fosfat adsorbiți sunt reținuți în situl activ de la suprafața particulelor de sol.

Cantitatea de fosfat adsorbită de către sol crește cu creșterea cantității de fosfat din soluție și invers.

Particulele de sol cu nivel scăzut de fosfor adsorbit care sunt erodate de apă cu un nivel relativ înalt de fosfor dizolvat pot adsorbi fosfatul din apă și vice versa.

*Fosfații fixați sau nelabili* conțin compuși cu fosfați anorganici care sunt foarte insolubili și compuși organici rezistenți la mineralizarea de către microorganismele din sol. Fosfatul din această rezervă poate rămâne în sol pentru mulți ani, fără să fie accesibil pentru plante, iar impactul asupra fertilității solului este foarte scăzut. Compușii cu fosfați anorganici din această rezervă de fosfat fixat au o structură cristalină și sunt mai puțin solubili decât aceiași compuși considerați a fi într-un depozit de fosfor activ. În sol poate exista o slabă conversie între depozitul de fosfor fixat și cel de fosfor activ.

## 5.7 Transformările fosforului în soluri

În figura 5-12 sunt prezentate principalele procese la care participă constituenții cu fosfor din sol.

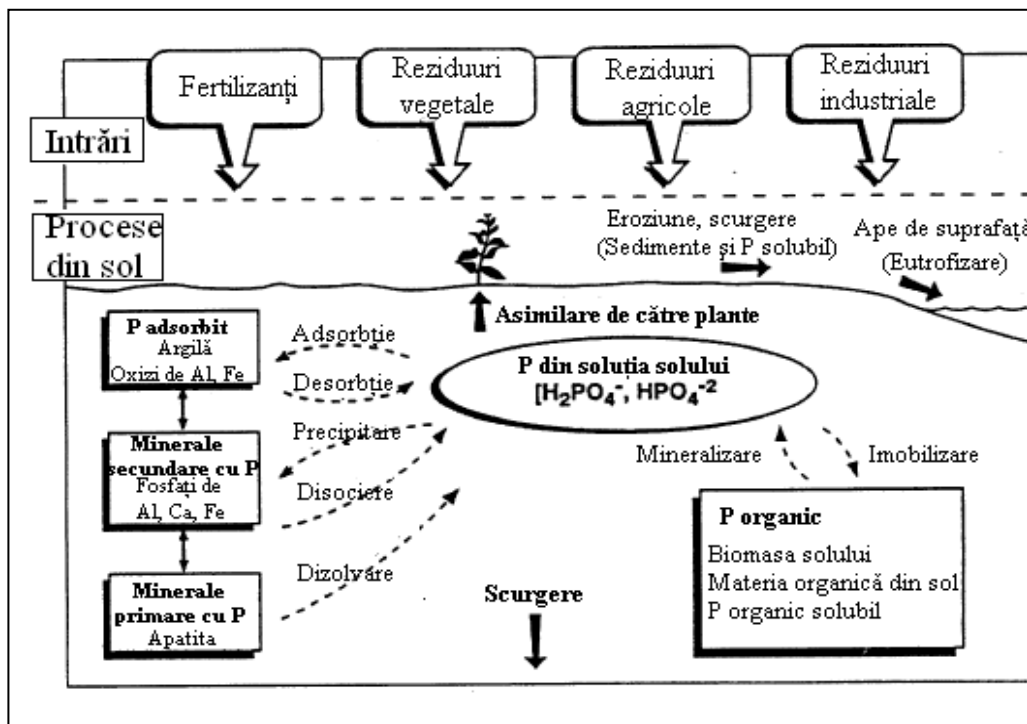


Fig. 5-12. Procese în care sunt implicați compușii cu fosfor

După cum spuneam, concentrația fosforului din soluția solului este determinată de procesele de mineralizare și imobilizare a fosforului organic, ca și de cele de adsorbție și/sau desorbție și precipitare și/sau dizolvare a fosforului anorganic.

*Mineralizarea* reprezintă eliberarea fosforului organic în soluție, iar *imobilizarea* reprezintă conversia fosforului din soluție în fosfor organic. Factorii care influențează mineralizarea sau imobilizarea fosforului includ cantitatea de fosfor organic, raportul C:P și N:P din materia organică, temperatura, umiditatea, aerarea, pH-ul, gradul de fertilizare, etc.

*Adsorbția* reprezintă legarea chimică a fosforului de suprafața mineralelor, iar *desorbția* reprezintă eliberarea fosforului de pe aceste suprafețe. Suprafețele încărcate pozitiv (la suprafață) de genul argilei și a mineralelor cu Fe, Al, Ca atrag ionii ortofosfat din soluție, care sunt adsorbiți pe suprafață la schimb cu ionii OH<sup>-</sup> și grupările OH<sub>2</sub>.

Când fosforul este legat printr-o legătură metal-O-P, el este considerat mobil și poate fi rapid desorbit de pe suprafața mineralelor ajungând în soluție. Dacă se formează două legături metal-O-P, care determină o structură sub formă de inel cu șase membrii, desorbția este mai dificilă și fosforul este considerat imobil.

Reacțiile de precipitare și dizolvare sunt controlate de solubilitatea mineralelor secundare cu fosfor dintre care cele mai cunoscute sunt Al-P, Fe-P, Ca-P. Solubilitatea mineralelor reprezintă concentrația ionilor constituenți care poate fi menținută la echilibru.

Atunci când concentrația ionilor din soluție este mai mare decât cea care poate fi suportată de produsul de solubilitate chimică a mineralelor, fosforul din soluție va precipita cu cationii metalici și se vor forma minerale cu fosfor [56].

Atunci când concentrația ionilor din soluție este mai scăzută decât produsul de solubilitate chimică a mineralelor, mineralele cu fosfor se vor dizolva și fosforul va fi eliberat în soluție. Proprietățile fizice și chimice ale solului (natura și cantitatea mineralelor din sol, pH-ul, efectul cationilor și al anionilor, gradul de saturație al solului, potențialul de oxido-reducere) influențează reacțiile de adsorbție și/sau desorbție a fosforului, ca și pe cele de precipitare sau dizolvare.

### 5.7.1 Fosforul anorganic

Pentru nutriția plantelor prezintă interes mai ales sărurile acidului fosforic. Formele anorganice ale fosforului reprezintă 50-70% din fosforul total [29]. Fluorapatita este considerată forma din care derivă majoritatea compușilor minerali ai fosforului din sol. Acest mineral este rezistent la dezagregare, prin alterarea sa o parte a fosforului este transformat în compuși cu calciu, magneziu, fier, aluminiu, care au o solubilitate diferită, din care o parte sunt preluați de plante și microorganisme și transformați apoi în compuși organici.

Cu cât bazicitatea fosfaților anorganici crește, cu atât solubilitatea acestora este mai mică, micșorându-se totodată și accesibilitatea lor pentru plantă.

În afară de acești compuși anorganici cu fosfor, în sol se mai găsesc diferite minerale care intră în alcătuirea rocilor eruptive, cum sunt mai ales clorapatita și hidroxilapatita.

- Mineralele cu fosfor precipitat

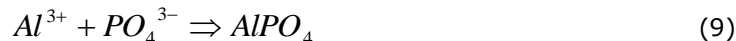
În solurile neutre și calcaroase fosforul anorganic din soluția solului precipită ca *fosfat de calciu*, după reacția (8). Pe aceste tipuri de sol, diferiții compuși ai fosforului tind să se transforme în compuși tot mai stabili, de genul fluorapatitei și hidroxilapatitei. Fosfații primari, secundari și terțiari de calciu trec în aceste forme mai stabile. Solubilitatea compușilor fosforului cu calciu crește pe

măsură ce reacția mediului devine mai acidă.

Cantitatea și mărimea particulelor de carbonat de calciu va determina o precipitare diferită a fosfatului de calciu.



În solurile acide fosforul anorganic din soluția solului precipită ca *fosfați de aluminiu și fier*, conform reacției (9).



Regimul fosforului din sol este determinat deci, în mare măsură, de prezența a două grupe de copuși: cu calciu și cu sescvioxizi ( $Fe_2$ ), ca și a sărurilor cu calciu, fier și magneziu.

- Fosforul adsorbit

În solurile neutre și calcaroase fosforul anorganic din soluția solului se adsoarbe pe suprafața *argilei* și a *oxidului de calciu*.

În solurile acide fosforul anorganic din soluția solului se adsoarbe pe suprafața *oxizilor de aluminiu și fier* și pe suprafața *argilei*.

La pH între 6 și 6,5 fosforul este adsorbit cel mai puțin.

#### **Izotermele de adsorbție a fosforului**

Izotermele de adsorbție a fosforului sunt utilizate pentru a cuantifica procesele de sorbție a P de către sol și sedimente. De obicei se determină prin mixarea unei cantități de sol sau sedimente cu o soluție care conține o concentrație cunoscută de fosfor. Soluția solului este stabilizată prin agitare timp de 24 ore la temperatură constantă [32]. Diferența între cantitatea de P adsorbită și cea regăsită în soluție, pentru fiecare concentrație în parte, este considerată ca fiind fosforul adsorbit de sol sau sedimente [32].

Trei dintre izotermele de adsorbție a fosforului sunt des folosite în modelele Langmuir, Freundlich și Tempkin. Modelul Langmuir are avantajul că furnizează mai multe informații despre parametrii de adsorbție ai fosforului, comparativ cu modelul Freundlich, acestea două fiind cele mai cunoscute.

#### **Modelul Langmuir**

Valoarea maximă de adsorbție a fosforului ( $S_{max}$ ) și energia de legătură ( $k$ ) pot fi determinate folosind ecuația (10) [32].

$$\frac{C}{S} = \frac{1}{kS_{max}} + \frac{C}{S_{max}} \quad (10)$$

Unde:  $C$  este concentrația fosforului în soluție (mg/l)

$S$  este cantitatea de P adsorbit (mg/kg)

$S_{max}$  este valoarea maximă de adsorbție a P

$k$  este constanta energiei de legătură (l/mg).



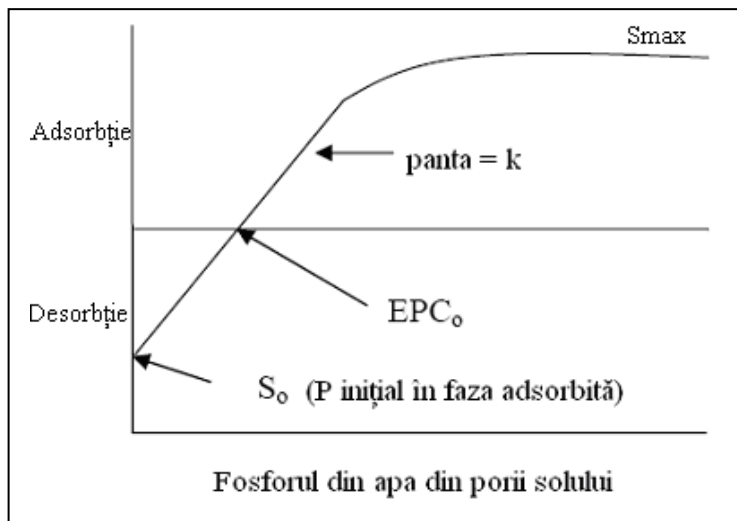


Fig. 5-13. Curba evoluției fosforului adsorbit

$S_{max}$  =capacitatea maximă de adsorbție a fosforului;

$EPC_0$  =concentrația P la echilibru, când adsorbția egalizează desorbția

$k$  =energia de legătură;

$S_0$  = P inițial prezent în faza adsorbită

$EPC_0$  reprezintă un parametru al izotermelor de adsorbție și poate fi definită drept concentrația P din soluție la care acesta nu este nici adsorbit, nici desorbit de către sol [32].

Creșterea valorii  $EPC_0$  reflectă creșterea încărcăturii (rezervei) de P. Concentrațiile soluției solului mai mari decât  $EPC_0$  sugerează că solul va adsorbi P, concentrațiile soluției solului mai scăzute decât valoarea  $EPC_0$  sugerează că solul poate desorbi P.

**Modelul Freundlich** este descris ca fiind de formă liniară, ca în ecuația (11) [32].

$$\log S = \log K + n \log C \quad [11]$$

Unde:  $S$  reprezintă cantitatea de P adsorbită (mg/kg)

$K$  reprezintă constanta de adsorbție (mg/kg)

$n$  este o constantă

$C$  reprezintă concentrația P din soluție (mg/l)

### 5.7.2 Fosforul organic

Fosforul organic reprezintă între 30 și 65% din fosforul total din sol, iar conținutul de fosfor din materia organică variază între 1 și 3% (Natural Resources Conservation Service Soil Conservationist & Water Quality Specialist).

Compușii organici ai fosforului din sol sunt mai complecși și sunt asemănători celor din plante și microorganisme. Predomină sub formă de

nucleotide și nucleoside (acid adenilic, guanilic, etc) și în proporție mai redusă sub forma fitinei.

Cantitatea de fosfor organic este în strânsă legătură cu conținutul de materie organică a solului. Din această cauză se află în cantitatea cea mai mare în orizonturile A, bogate în humus, scăzând apoi pe profil, cu adâncimea. Deoarece s-a constatat că unele soluri deși au un conținut ridicat de fosfor organic, sunt sărace în fosfor asimilabil, s-a dedus că această formă a fosforului nu are rol principal în nutriția plantelor. Acest fapt a fost explicat astfel: formele organice de fosfor (fitină, acizi nucleici) trec în compuși cu calciu și fier mai greu solubili, iar pe de altă parte mineralizarea acizilor nucleici se face mai greu în sol. Această mineralizare este și mai lentă în cazul solurilor acide [29].

### 5.7.3 Fosforul din soluția solului

Concentrația medie a fosforului din soluția solului este de aproximativ 0,05 ppm, dar variază funcție de tipul de sol.

Concentrația fosforului din soluție necesară celor mai multe plante variază între 0,01 și 0,3 ppm și depinde de specificul recoltei și nivelul de producție.

Concentrația fosforului din soluție este „controlată” de către solubilitatea mineralelor ce conțin fosfor. Totodată concentrația fosforului din soluție depinde de valoarea pH-ului solului: accesibilitatea maximă a fosforului în majoritatea solurilor este la pH între 5,5 și 6,5.

Concentrația fosforului din sol este în mare parte influențată de aportul adus prin aplicarea îngrășămintelor care conțin fosfor.

Agricultura modernă presupune aplicarea de fertilizanți pentru a spori producția. Tocmai inaccesibilitatea la informațiile despre statutul nutrienților din sol și biodisponibilitatea acestora determină aplicarea fertilizanților în exces față de necesitățile culturilor. Îngrășămintele și gunoiul de grajd sunt utilizate de obicei pentru a suplini rolul nutrienților, pentru a spori calitatea solurilor. Îngrășămintele conțin cantități variabile de nutrienți, aplicarea practică a acestora poate cauza un deficit în ceea ce privește unii nutrienți și excesul altora [121].

Mobilitatea și bioaccesibilitatea fosforului în sol este determinată de specificitatea fosforului. Aceasta este controlată de reacțiile de suprafață cu mineralele conținând calciu și magneziu în solurile neutre și bazice, cu mineralele conținând aluminiu și fier în solurile foarte acide și cu materia organică a solului. În cele mai multe soluri, reacțiile de suprafață predominante au loc cu hidroxizii de aluminiu și fier conținuți în învelișul mineral al particulelor. Chiar în solurile bazice importanța hidroxizilor de aluminiu și fier conținuți în alte tipuri de minerale ale solului are rol în controlul specificității fosforului [51].

S-au identificat două reacții, bazate pe adsorbția fosforului, cu oxizii și hidroxizii de aluminiu și fier, care diferă în ceea ce privește timpul de reacție în care au loc și stabilitatea produșilor formați. Adsorbția inițială pare a fi un schimb rapid de ligand între suprafața grupelor cu fosfatul și se formează complecși cu suprafață inelară sferică. Numeroși cercetători au evidențiat structura spectroscopică a acestor complecși [77]. [78], [97], [98], [99], [114], [115], [162]], [163].

Mai puține informații sunt despre reacția de adsorbție lentă, care poate continua câteva luni. Pentru aceasta au fost propuse două mecanisme.

Un mecanism propus implică difuzia lentă a fosfatului în microporii sau prin învelișul metalic de fosfat [174], [175], [176] și adsorbția pe suprafața internă. Alterarea înceată de la suprafață în prezența fosfatului și formarea unui precipitat

de suprafață a fost propusă ca un alt mecanism posibil. Ambele mecanisme explică creșterea ireversibilă a adsorbției fosfatului în timp. Observații spectroscopice [7], [77], [78], [86], [87], [88], ca și observațiile rezultate în urma titrărilor potențiometrice [83] sunt în favoarea ipotezei de formare a precipitatului la suprafață. Recent, Arai și Sparks [3] au considerat această ipoteză ca fiind nerezolvată arătând clar, prin folosirea XANES (P X - ray Absorption Near Edge Spectroscopy) că nu se formează o fază de fosfat metalic în timpul adsorbției fosfatului în sol.

În acest fel, mecanismul lent de reacție implicat în fixarea fosfatului pe mineralele cu aluminiu și fier din sol și structura produșilor formați, care afectează accesibilitatea fosforului, este încă evaziv.

Reacțiile fosforului din sol sunt afectate într-o măsură mai mare de anionii dizolvați, cationii și materia organică din soluția solului. Acizii organici cu masă moleculară mică sunt recunoscuți a concura cu fosfatul în reacțiile de suprafață cu mineralele conținând fier și aluminiu, în acest fel scăzând cantitatea de fosfat solubil în apă [1], [41], [180], [181], [182], [74], [111], [112], [161]. Lipsesc încă informațiile despre interacțiunea dintre acizii organici și fosfați la suprafața mineralului și schimbările de specificitate a fosfatului în prezența acizilor organici.

Fosfatul, din fertilizanți și îngrășăminte, inițial este foarte solubil și accesibil. Cei mai mulți fertilizanți pe bază de fosfor sunt fabricați prin tratarea rocilor fosfatice cu acid care să le facă mai solubile.

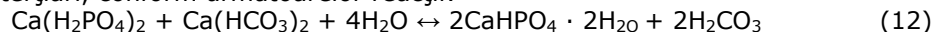
Îngrășămintele conțin fosfați insolubili, fosfați organici și compuși cu fosfat anorganic care sunt foarte accesibili. Când fertilizanții sau îngrășămintele vin în contact cu solul au loc reacții diferite care fac fosfatul mai puțin solubil și mai puțin accesibil. Viteza și desfășurarea acestor reacții depinde de condițiile din sol: pH, conținut de umiditate, temperatură, mineralele prezente deja în sol.

Când o particulă de fertilizant vine în contact cu solul, umezeala din sol va dizolva acea particulă. Prin dizolvarea fertilizantului crește nivelul fosfatului solubil din soluția solului aflată în jurul particulei și permite fosfatului dizolvat să se miște pe distanțe mici. Mișcarea este încetă, dar poate fi amplificată cu ajutorul apei de irigație care circulă prin sol. Dacă ionii de fosfat din soluție migrează încet în altă direcție de la particula de fertilizant, cea mai mare parte a fosfatului va reacționa cu mineralele din sol. În general ionii de fosfat reacționează adsorbându-se pe particulele de sol, combinându-se cu elementele din sol de tipul calciului, magneziului, aluminiului, fierului și formând compuși care sunt solizi. Fosfatul adsorbit și solidul nou format sunt relativ accesibili pentru necesitățile unei recolte.

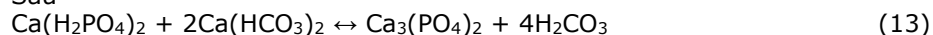
Reacțiile au loc treptat, fosfatul adsorbit și compușii cu fosfor ușor dizolvabili formează compuși mai insolubili ceea ce determină fixarea fosfatului și inaccesibilitatea acestuia. În timp aceasta are drept consecință scăderea conținutului de fosfor din sol. Mecanismul de interschimbare a fosfaților este complex și implică o serie de compuși.

În solurile alcaline cationul dominant este calciul (ion pozitiv), care va reacționa cu fosfatul. O secvență generală de reacție în solurile alcaline este formarea fosfatului calcic dihidratat, a fosfatului octocalcic și a hidroxiapatitei. Formarea fiecărui produs duce la o scădere a solubilității și accesibilității fosfatului.

Îngrășămintele fosfatice ușor solubile  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , în soluri neutre, saturate cu baze și mai ales cu calciu, se transformă în fosfați secundari de calciu,  $\text{CaHPO}_4$  și fosfați terțiari, conform următoarelor reacții:

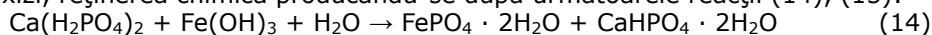


Sau



În solurile acide (mai ales în cazul celor cu  $\text{pH} \leq 5,5$ ) ionul dominant e cel de aluminiu și acesta va reacționa cu fosfatul. În cazul acestor soluri primul produs format va fi fosfatul amorf de aluminiu și fier, precum și unii fosfați de calciu. Fosfații amorfii de aluminiu și fier se transformă treptat în compuși cu structură cristalină asemănătoare variscitului (un fosfat de aluminiu) și strengitului (un fosfat de fier). Fiecare din aceste reacții va sfârși prin formarea de compuși ai fosforului foarte insolubili, care în general sunt inaccesibili pentru plante. Reacțiile care reduc accesibilitatea fosforului decurg în același sens cu pH-ul solului, dar pot fi foarte pronunțate la solurile alcaline ( $\text{pH} > 7,3$ ) și în solurile acide ( $\text{pH} < 5,5$ ). Menținerea pH-ului solului între 6 și 7 va determina cea mai mare eficiență în folosirea fosfatului.

Pe solurile cu reacție acidă, compușii cu fier, aluminiu și mangan sunt mult mai mobili, iar precipitarea ionilor fosforici are loc sub formă de fosfați de sescvioxizi, reținerea chimică producându-se după următoarele reacții (14), (15):



sau

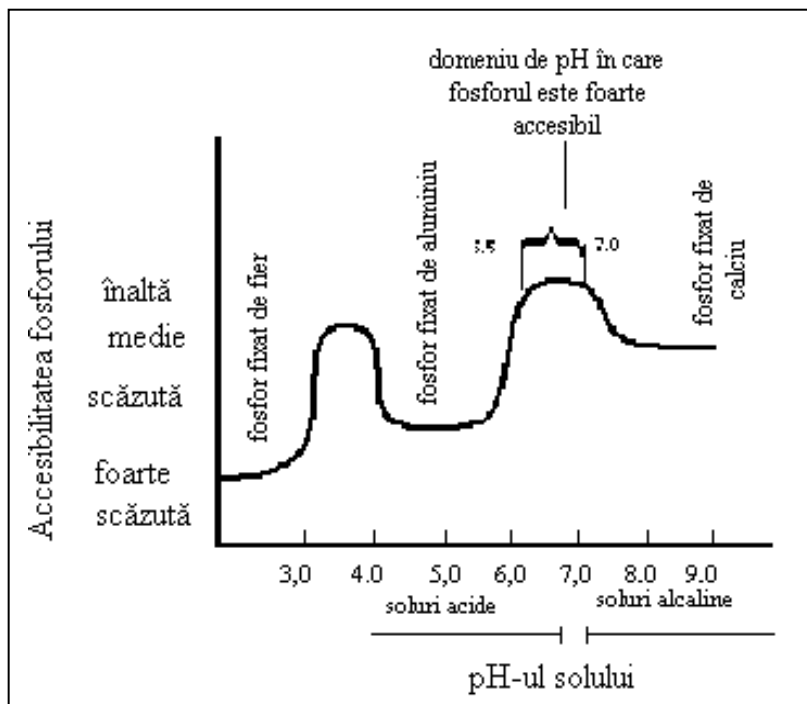
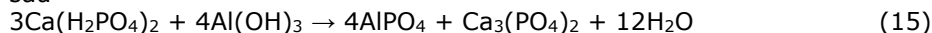


Fig. 5-14. Accesibilitatea fosforului influențată de pH-ul solului

Adăusul de fosfor prin fertilizare la cantitatea de fosfor activ va determina creșterea cantității de fosfor fixat. Consumul rezervei de fosfor activ prin intermediul asimilării de către culturi poate face ca unele forme de fosfor fixat să devină lent active. Conversia fosforului accesibil în fosfor fixat este una din motivele utilizării scăzute a fertilizanților cu fosfor. Cei mai mulți fertilizanți cu fosfor aplicați pe sol nu sunt utilizați de către culturi în primul sezon. Continuarea aplicării

fosforului mai mult decât necesită cultura duce la creșterea fertilizării solului, dar tot mai mult fosfor devine formă fixată și inaccesibilă.

Textura fină și medie a solului are capacitate mare de a reține fosfații prin adsorbție și precipitare. De obicei se pune întrebarea cât de mulți fosfați pot fi reținuți în sol, mai ales când vorbim de o încărcătură mare cu fosfor? O textură fină a solului determină reținerea unei mai mari cantități de fosfor, în timp ce o textură grosieră poate reține în general mai puțini fosfați datorită caracterului inert al particulelor de nisip, comparativ cu particulele de argilă. În plus, straturile aflate sub primul orizont în cazul multor soluri au o capacitate mai mare de a reține fosfații față de stratul de la suprafața solului. Totuși, un aspect important al capacității solului de reținere a fosfaților este că un sol nu poate reține o cantitate crescută de fosfați în fază solidă fără să crească nivelul fosfaților din soluția solului. Creșterea cantității de fosfat din soluție poate duce la pierderea fosfaților prin apa de la suprafața solului sau prin spălarea solului. Solurile cu nivel foarte crescut de fosfați în general nu fac rău culturilor, dar pot determina deplasarea fosfaților din sol în apă.

Literatura de specialitate reclamă același efect pentru nitrații din sol, azotul pierdut de pe terenurile agricole prin apa scursă reprezentând 5-20% din pierderile totale de azot. Totodată se cunoaște că azotul sub formă de cation amoniu ( $\text{NH}_4^+$ ) este reținut de complexul adsorbativ al solului, fiind mai greu spălat comparativ cu ionul nitrat.

Nitrații au un grad ridicat de solubilitate, astfel că prezența unor concentrații ridicate ale acestora poate avea un impact negativ asupra mediului prin posibilele pierderi ale azotului nitric prin spălare din sol în apele de suprafață și în cele freactice. Acest proces are loc de regulă, în ultima decadă a toamnei sau prima decadă a iernii când solul nu este acoperit de vegetație sau cantități reduse de nutrienți sunt translocate în plante. De asemenea cantitățile de precipitații sunt mai ridicate în această perioadă, apa infiltrată în sol antrenând scurgerea nitraților și migrarea acestora din profilul de sol în sistemele acvatiche.

Comparativ, nitrații prezintă solubilitate mai ridicată decât fosfații ajunși în profilul de sol. Pierderile mai mici de fosfați față de nitrați sunt datorate faptului că fosfații se fixează în sol și migrează mai greu.

Transformarea în sol a îngrășămintelor cu azot, cu trecerea azotului dintr-o formă chimică într-alta, se poate solda de cele mai multe ori cu pierderi de azot mineral asimilabil și cu modificări de reacție a solului de natură să reducă eficiența acestor îngrășăminte. Ele pot fi antrenate în sol prin următoarele procese fizice și chimice:

- procese care schimbă forma chimică a azotului (nitrificarea ionului de amoniu);
- procese care schimbă atât forma chimică cât și starea de agregare a azotului din îngrășămintele (hidroliza enzimatică a ureei, reducerea nitraților până la oxizi inferiori și azot molecular);
- procese prin care formele minerale asimilabile de azot sunt îndepărtate din stratul arat al solurilor fără a putea fi utilizate de plante (volatilizarea amoniacului, levigarea nitraților în profunzimea solului).

Datorită stabilității reduse a compușilor solubili cu azot în sol, o parte însemnată a azotului aplicat în exces față de nevoile plantelor nu poate fi asimilat de plante și este expus pierderii din sol, pe care îl poluează. Riscul de poluare este legat, în principal, de compușii de oxidare ai azotului. Când nu sunt aplicați ca săruri ale acidului azotic, nitrații și nitriții rezultă prin oxidarea biologică a formei

cationice relativ imobilă  $\text{NH}_4^+$  într-o formă anionică mai mobilă  $\text{NO}_3^-$ , respectiv trecerea compușilor cu azot din formele reduse ale azotului în formele oxidate, proces cunoscut în literatura de specialitate sub numele de **proces de nitrificare**. Acest proces este mediat de către microorganismele specializate chemotrofe din genurile *Nitrosomonas* și *Nitrobacter*.

Nitrații și nitriții având sarcină negativă nu pot fi adsorbiți de complexul coloidal al solului și rămân în soluția solului de unde, o parte sunt absorbiți sau metabolizați în plantele superioare sau în biomasa microorganismelor, iar o altă parte sunt antrenate cu apa în profunzimea solului prin **procesul de levigare (spălare)** [70].

Pierderi însemnate de azot pot avea loc și prin **procesul de volatilizare** a amoniacului din îngrășămintele cu azot amoniacal aplicate la suprafață sau pe solurile nisipoase, sau prin hidroliza enzimatică a îngrășămintelor care conțin azot amidic, precum și pierderi sub formă de oxizi inferiori ai azotului ( $\text{NO}$  și  $\text{N}_2\text{O}$ ) și chiar azot molecular în procesul de reducere a nitraților cunoscut sub numele de **proces de denitrificare**.

Aceste procese și îndeosebi cel de levigare (spălare) se petrec în toate solurile din țara noastră și sub toate culturile și sunt mai accentuate pe solurile nisipoase, cu deosebire pe cele irigate.

Fosfații prezintă solubilitate mult mai redusă, acumulându-se în fracțiunea minerală coloidală a solului în care sunt reversibil adsorbiți. Cantitatea de fosfați solubilizați de către apa din sol este în mare parte absorbită de către rădăcinile plantelor, cantitatea antrenată prin mișcarea apei în straturile mai profunde ale solului este mult mai redusă.

Ținând cont de toate aceste aspecte, se poate aprecia că:

- riscul de poluare a apelor subterane cu fosfați este limitat, cu excepția situației în care îngrășămintele de acest tip sunt utilizate necorespunzător pe soluri nisipoase, foarte permeabile, care permit trecerea particulelor de îngrășămintă fără să le adsoarbă;
- riscul de poluare a apelor de suprafață cu fosfați este ridicat, putând fi asociat cu procesele erozionale de scurgere care provoacă transportul și acumularea particulelor de sol încărcate cu fosfați în apele de suprafață.
- riscul de poluare cu nitrați este mare datorită solubilității lor ridicate în apa din sol și ușurinței cu care sunt transportați în adâncime, în apele de percolare;

## 5.8 Managementul nutrienților

Managementul nutrienților din sol este important atât din motive economice, cât și din considerente de protecția mediului. Nutrienții sunt esențiali pentru creșterea optimă a plantelor și pentru obținerea unor culturi optime, aceasta dacă nu sunt aplicați în exces față de cât este necesar pentru plante. Dacă sunt aplicate cantități în exces, mai întâi de azot și apoi de fosfor, aceștia se scurg din profilul de sol și ajung în corpurile de apă învecinate. Dacă se produce acest lucru, rezultatul este o creștere accelerată a plantelor din apă, proces cunoscut sub numele de *eutrofizare*.

Potențialul de pierdere a nutrienților este ridicat mai ales în solurile în care nivelul acestora este mai mare decât potențialul de utilizare de către plante sau decât poate stoca solul.

În ultimii ani, a fost promovat conceptul de management al nutrienților ca o practică menită să prevină aplicarea improprie a nutrienților pe sol. O mare problemă a planului de management al nutrienților o reprezintă maximizarea profitabilității producției agricole și prevenirea persistenței excesului de nutrienți pe sol, astfel încât să se reducă potențialul de pierdere a nutrienților din sol în apă [56].

### **Planul de management al nutrienților**

În mod normal trebuie să existe câteva procese specifice care să fie urmate pentru a pune bazele unui plan de management al nutrienților. Este important ca un astfel de plan să fie întocmit de specialiști care să înțeleagă atât știința solului, cât și pe cea a culturilor. Un astfel de plan de management se divizează în câțiva pași. Aceștia includ:

1. Realizarea unei hărți a operațiilor
2. Determinarea necesității nutrienților pentru cultură sau plante
3. Determinarea balanței nutrienților
4. Planul de acțiune
5. Respectarea înregistrărilor

#### 1) Realizarea unei hărți a operațiilor

Realizarea unei hărți a operațiilor include următorii pași:

- Identificarea proprietăților (însușirilor) limită;
- Identificarea câmpurilor de legătură;
- Localizarea oricăror arii sensibile la încărcarea cu nutrienți, cum sunt apele de suprafață sau izvoarele;
- Direcția de scurgere a fiecărui curent;
- Identificarea fiecărui tip de sol unde s-au aplicat nutrienți;
- Dacă există, localizarea animalelor;
- Localizarea rezervelor de nutrienți (îngrășăminte chimice sau naturale);
- Localizarea străzilor, așezărilor umane, sau locurilor publice.

Această hartă detaliată este importantă pentru înțelegerea schemei operațiilor, ea poate fi folosită ca și ghid pentru aplicarea nutrienților în locuri cu încărcături critice ale acestora, cum sunt zonele vecine apelor de suprafață [56].

#### 2) Determinarea necesității nutrienților pentru cultură sau plante

Identificarea tipului de nutrienți include:

- Stabilirea rotației culturilor;
- Stabilirea necesităților de nutrienți pentru cultură/plante;
- Testarea solului/sau analize de plante;
- Influența nutrienților datorită aplicării dejectiilor de animale.

#### 3) Determinarea balanței nutrienților

Este un pas necesar doar dacă în zonă există animale care să producă dejectii. În primul rând se stabilește dacă trebuie realizată o balanță pentru managementul azotului sau al fosforului. Este foarte important ca indexul pentru fosfor să fie precis, adaptat condițiilor exacte din zona respectivă. Trebuie evaluate toate aspectele care pot determina o potențială pierdere a fosforului (eroziunea solului, distanța față de apă, gradul de încărcare cu fosfor a solurilor, drenajul, etc.)

#### 4) Planul de acțiune

Acest plan de acțiune este necesar în locurile unde se colectează, se transportă, se manevrează îngrășăminte chimice sau naturale.

#### 5) Respectarea înregistrărilor

Menținerea detaliilor este o parte importantă pentru utilitatea unui plan de management al nutrienților. În dezvoltarea unui plan ulterior se folosesc detaliile consemnate în ultimul plan de acest fel. Astfel se dorește evitarea pierderii unor detalii importante care ar putea avea o influență asupra managementului nutrienților.

### 5.9 Adaosul de fosfor în sol

Agricultura modernă presupune aplicarea de fertilizanți pentru a spori producția. Tocmai inaccesibilitatea la informațiile despre statutul nutrienților din sol și biodisponibilitatea acestora determină aplicarea fertilizanților în exces față de necesitățile culturilor. Îngrășămintele și gunoiul de grajd sunt utilizate de obicei pentru a suplini rolul nutrienților de a spori calitatea solurilor. Îngrășămintele conțin cantități variabile de nutrienți, aplicarea practică a acestora poate cauza un deficit în ceea ce privește unii nutrienți și excesul altora. În special aceasta este problema cu dejecțiile de pasăre care au un raport P:N ridicat, datorat îmbogățirii în fosfor.

Dacă adaosul de fosfor se menține constant mai ridicat față de necesarul impus de cultură, concentrația fosforului din sol va crește. Cu cât este mai mare concentrația fosforului mobil din sol, cu atât solul va favoriza creșterea plantelor.

În sol, peste 50% din fosforul total se află legat de compușii organici, restul fiind legat de compușii anorganici. Fosforul legat de compușii anorganici este prezent parțial în mineralele native ale materialului parental (în solurile nealterate) și uneori în compuși rezultați din alterarea mineralelor native.

Mineralele fosfatice care conțin cea mai mare parte a fosforului anorganic din sol sunt cele din grupa apatitei și anume:

- Hidroxilapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$
- Fluorapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
- Carbonatoapatita –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Clorapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ .

Toate aceste minerale fosfatice au o solubilitate redusă și provin din sol, fie din materialul parental, fie în urma unor procese de transformare. Uneori pot ajunge în sol odată cu administrarea de îngrășăminte provenind din materialul primar fosforitic utilizat la fabricarea acestora.

Fosfații cei mai obișnuiți de Ca, Al, Fe, rezultați în sol în urma transformării îngrășămintelor sunt:

- Fosfatul monocalcic anhidru –  $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2$
- Fosfatul monocalcic hidratat –  $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Fosfatul dicalcic anhidru (monetit) –  $\text{CaHPO}_4$
- Fosfatul dicalcic hidratat (brushit) –  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Fosfatul tricalcic –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$
- Fosfatul octocalcic –  $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$
- Variscitul –  $\text{AlPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Wavelitul –  $\text{Al}_3(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Vivianitul –  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
- Strengitul –  $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .



Solubilitatea acestora este foarte diferită, fiind influențată de pH-ul soluției.

Compușii fosfatici sub formă ionică se găsesc adsorbiți de către unii componenți organici și anorganici ai solului. Caracterul amfoter al oxizilor, oxihidroxizilor și hidroxizilor de Al și Fe conferă acestor compuși posibilitatea de a lega protoni sub punctul izoelectric, formând grupări  $\text{OH}_2$ . Acest proces se intensifică pe măsura scăderii pH-ului și are loc încărcarea cu sarcină pozitivă, ceea ce atrage legarea unei cantități echivalente de anioni. Capacitatea de adsorbție a oxizilor liberi pentru ionul fosfat este mai mare la cei de Al față de oxizii de Fe, dar se reduce odată cu pH-ul corespunzător punctului lor izoelectric.

Mineralele argiloase pot, de asemenea, să adsoarbă ioni fosfatici la suprafețele laterale ale stratelor octaedrice, sau prin oxizii liberi de Al și Fe prezenți sub formă de pelicule pe suprafața granulelor sau în spațiul interlamelar al unor rețele.

### 5.10 Fertilizarea cu fosfor – rezultate pozitive asupra producției de cereale, de plante tehnice și asupra pajiștilor

Fertilitatea solului este una din problemele cheie pentru orice sistem de agricultură, inclusiv pentru agricultura durabilă. Ea este determinată preponderent de influența a trei factori: rotația culturilor, sistemul de lucrare și fertilizarea. Soluționarea cu succes a problemei restabilirii și menținerii fertilității solului poate fi realizată doar prin îmbinarea rațională a sistemelor de fertilizare și lucrare a solului.

Problemele sporirii fertilității solului trebuie privite atât prin prisma cerințelor actuale de majorare a productivității culturilor agricole, de îmbunătățire a calității recoltei și de majorare a productivității muncii în agricultură, cât și în contextul crizei de energie, resurselor naturale limitate și necesitatea protecției mediului înconjurător.

Rezultatele numeroaselor cercetări au demonstrat că asigurarea fertilității solului numai pe baza resturilor vegetale în agricultură este practic imposibilă, iar folosirea intensivă a îngrășămintelor minerale în agricultura de rând cu sporirea productivității solului exercită o serie de fenomene negative: înrăutățirea proprietăților solului, poluarea mediului înconjurător și producției agricole, impactul negativ asupra sănătății oamenilor și animalelor, etc.

Conform codului bunelor practici agricole, pentru ca o cultură să producă la un nivel cantitativ și calitativ corespunzător potențialului ei, în condiții favorabile de mediu, trebuie să aibă la dispoziție, pe toată perioada de vegetație, o serie de nutrienți minerali (azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, sulf, fier, mangan, cupru, zinc, bor, molibden și clor), în cantități și proporții adecvate.

În acest context, un sol cu fertilitate și productivitate naturală bună se poate deprecia prin sărăcirea în unul sau mai mulți nutrienți sau prin degradarea unor proprietăți sau poate fi distrus în totalitate prin fenomene de eroziune. Totodată, un sol cu fertilitate naturală scăzută poate deveni productiv prin corectarea factorilor limitativi care împiedică creșterea și dezvoltarea normală a plantelor (aciditatea, excesul sau deficitul de nutrienți).

Pentru tema de față interes major prezintă efectele pozitive, cantitative și calitative, ale fertilității cu fosfor asupra producțiilor agricole, dar și asupra protecției mediului.

Studiile de specialitate au arătat că speciile cu perioadă lungă de vegetație,

cele cu sistem pivotant, și mai ales culturile perene valorifică bine fosforul din îngrășămintele mai puțin solubile ca și pe cele din rezerva solului.

În general, gramineele folosesc mai slab fosforul din sol și din îngrășămintele greu solubile decât leguminoasele, de aceea ele răspund mai bine la fertilizarea cu fosfor ușor solubil.

Dintre culturile furajere, leguminoasele, în special lucerna și trifoiul, dau sporuri mari de recoltă pe solurile slab aprovizionate cu fosfor în urma aplicării îngrășămintelor cu fosfor. La amestecurile furajere de graminee și leguminoase, fosforul este necesar pentru menținerea leguminoaselor în covorul vegetal, care altfel dispar. Plantele care folosesc eficient fosforul din rocile fosfatice măcinate sunt: trifoiul, lupinul, muștarul, rapița și varza, în timp ce, cele mai multe cereale sunt mai puțin eficiente.

Aplicarea îngrășămintelor reprezintă un factor principal de sporire a producției cerealelor de toamnă. Problema utilizării îngrășămintelor cu azot și fosfor la grâu și orz se impune pe toate tipurile de sol din țara noastră, ținând cont de starea de aprovizionare a solurilor în aceste elemente nutritive. Nivelul producțiilor obținute fără aplicarea îngrășămintelor este de regulă scăzut și nu acoperă în multe cazuri cheltuielile efectuate cu amplasarea și întreținerea acestor culturi.

Astfel, pe baza datelor experimentale rezultate din activitatea centrului de cercetare de la Fundulea, pe un sol dintre cele mai fertile soluri din țara noastră, producția medie obținută la grâul cultivat după porumb, în situația neirigată, este sub 2000 kg boabe/ha fără îngrășămintă și depășește 5000 kg boabe/ha atunci când se aplică îngrășămintă.

Așadar, îngrășămintele pot contribui la dublarea sau chiar triplarea producției la cerealele păioase. În multe cazuri, din motive mai mult sau mai puțin obiective nu se aplică îngrășămintă, fapt care duce la obținerea unor producții mici și a unor rezultate economice nesatisfăcătoare.

Tinând cont de condițiile pedoclimatice din țara noastră și de eficiența economică, dozele de îngrășămintă la cerealele păioase sunt cuprinse, în general, între 60-140 kg N; 40-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0-60 kg K<sub>2</sub>O/ha.

Azotul având o solubilitate și o mobilitate mare în sol și existând pericolul levigării acestuia pe profilul solului se aplică în funcție de cerințele plantelor. Aplicarea îngrășămintelor cu azot, este de preferat a se face de două ori, o dată toamna, într-o cantitate mai redusă și a doua oară în perioada iarnă – primăvară. Aplicarea unor doze mari de azot în toamnă, pe lângă faptul că poate să ducă la pierderi prin levigare, influențează negativ și rezistența la cădere a plantelor. Pe solurile fertile, sau în cazul când planta premergătoare a fost o leguminoasă, se poate renunța la aplicarea de toamnă a azotului.

Îngrășămintele cu azot, fosfor și potasiu se asigură din îngrășămintă complexe cu N, P, K sau simple (azotatul de amoniu, ureea, nitrocalcarul, sarea potasică, superfosfatul simplu, superfosfatul concentrat etc.)

Conținutul de fosfor mobil este nativ slab reprezentat în zona Culoarului Bistra. Lipsa îngrășămintelor cu fosfor a determinat o reducere sistematică, în timp, a rezervelor de fosfor.

Din păcate, chiar și la nivel național, majoritatea suprafețelor însămânțate n-au fost fertilizate. Situația este mai gravă acolo unde nu s-au aplicat îngrășămintă cu fosfor, care trebuiau încorporate în sol înainte de semănat. Cerealele de toamnă intră în iarnă, în majoritatea cazurilor, înfrățite și chiar cele semănate târziu au posibilitate de a se dezvolta normal în cazul unor condiții favorabile ale unei toamne lungi și ale unei ierni blânde, fapt ce va influența pozitiv densitatea plantelor și impune măsuri speciale privind fertilizarea.

În același timp, fertilizarea complexă minerală, influențează pozitiv rezervele biodisponibile ale fosforului, condiții în care acest indicator, în valori absolute, își dublează și chiar își triplează conținutul. Aplicarea fertilizării organo-minerale este soluția cea mai bună în determinarea conținutului de fosfați mobili. În aceste variante se obțin cele mai mari conținuturi de fosfor, având în vedere că prezența îngrășămintelor organice alături de cele minerale determină o „protecție” a fosfaților față de fenomenul imobilizării fosfaților, respectiv al retrogradării.

#### 5.10.1 Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra culturii de grâu

Fosforul influențează pozitiv înrădăcinarea, înfrățirea, rezistența plantelor la iernare, rezistența la cădere și precocitatea. De asemenea, mărește eficiența azotului și asigură pe unele soluri, sporuri de producție, chiar dacă se aplică singur. Fosforul mărește rezistența la boli și contrabalansează acțiunea negativă a excesului de azot.

În forma ușor solubilă, fosforul este necesar în primul rând plantelor tinere, cu sistemul radicular slab dezvoltat. În primele faze de vegetație, grâul absoarbe foarte repede fosforul din îngrășămintele. Mai târziu crește și capacitatea plantelor de a folosi fosforul din rezervele solului. Insuficiența în fosfor încetinește creșterea plantelor la grâu, reduce masa de rădăcini și întârzie maturitatea. Dozele mari de fosfor determină creșterea conținutului de  $P_2O_5$  și a amidonului în bobul de grâu și reducerea conținutului de proteină.

Așa cum am precizat la secțiunea referitoare la eficiența îngrășămintelor, sporurile obținute de pe urma aplicării unui kg îngrășămintă substanță activă sunt în medie de 10-15 kg boabe, putând depăși 25 kg boabe, în anumite condiții [189]. Având în vedere că, un kg de îngrășămintă (inclusiv aplicarea) costă cât circa 4 kg boabe reiese clar eficiența economică ridicată a aplicării îngrășămintelor la cerealele păioase. Cerealele de toamnă valorifică foarte bine atât îngrășămintele organice, cât și cele minerale pe toate tipurile de sol [189].

Pe solurile mai sărace, recolta obținută la cerealele de toamnă, fără îngrășămintă, nu depășește, în unele cazuri, 1,3 t producție de boabe/ha, a căror valoare nu acoperă cheltuielile făcute pentru procurarea materialului semincer, la lucrarea solului, semănat, erbicidat, recoltat și celelalte lucrări tehnologice. Pe solurile mai fertile, recoltele obținute la culturile de grâu și orz nefertilizate sunt proaste atât cantitativ, cât și calitativ, fiind în limita rentabilității acestor culturi.

**Tabel 5-6. Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor aplicate singure și în combinație asupra producției de grâu de toamnă [190]**

Doza de P \ Doza de N	0	40	80	120	160
0	3128	3127	3164	3276	3333
30	3406	4397	4476	4592	4609
60	3758	5171	5452	5673	5718
90	4457	5514	5894	6248	6559
120	4568	6075	5935	6406	6351
<b>Media P (kg/ha)</b>	3863	4857	4984	5239	5314
<b>%</b>	100	126	129	136	138
<b>Diferența</b>	0	994	1121	1376	1451

<b>Media N (kg/ha)</b>	3206	4296	5154	5734	5867
<b>%</b>	100	134	161	179	183
<b>Diferența</b>	0	1090	1948	2528	2661

Cercetările privind influența îngrășămintelor chimice asupra formării producției de grâu de toamnă evidențiază sporuri de producție la aplicarea combinată N 90 P 80 de 2766 kg/ha boabe, când se obțin 5894 kg/ha boabe.

### 5.10.2 Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra culturii de porumb

Insuficiența fosforului se manifestă printr-o slabă dezvoltare a sistemului radicular și printr-o creștere încetinită a plantelor tinere. Primele frunze au creștere redusă, rămân înguste și primesc o culoare verde - albastruie, cu nuanță violaceu - purpurie, cu intensitate mai mare spre vârful și marginea limbului.

Porumbul, în faza de plante tinere, are capacitatea redusă pentru valorificarea compușilor de fosfor din sol, motiv pentru care, în această fază, trebuie să fie bine aprovizionat cu fosfor ușor solubil din îngrășămintele. Pe măsură ce înaintează în vegetație, semnele de carență în fosfor se reduc, datorită creșterii capacității plantelor pentru valorificarea fosforului din sol și din îngrășămintele. Semnele de carență se mențin în cazul unui deficit puternic în nutriția cu fosfor. Plantele crescute la insuficiență de fosfor rămân cu tulpini subțiri, știuleți mici, neuniformi, de pe care pot lipsi rânduri întregi de boabe. Carența în fosfor întârzie vegetația porumbului, fapt ce se pune în evidență prin întârzierea înspicatulului și apariția mătășii.

**Tabel 5-7. Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor aplicate singure și în combinație asupra producției de porumb pentru boabe [190]**

Doza de P \ Doza de N	0	40	80	120	160
<b>0</b>	6193	6519	9583	6585	6588
<b>50</b>	6790	7348	7522	7515	7521
<b>100</b>	7386	7948	8137	8002	7994
<b>150</b>	7550	8315	8334	8352	8326
<b>200</b>	7369	8263	8461	8610	8585
<b>Media P (kg/ha)</b>	7057	7679	7807	7813	7803
<b>%</b>	100	109	111	111	111
<b>Diferența</b>	0	622	750	756	746
<b>Media N (kg/ha)</b>	6494	7339	7893	8175	8258
<b>%</b>	100	113	122	126	127
<b>Diferența</b>	0	845	1399	1681	1764

Media P = Producția medie (kg/ha) la aplicarea singulară a îngrășămintelor cu P

Media N = Producția medie (kg/ha) la aplicarea singulară a îngrășămintelor cu N

Se constată că pentru cultura porumbului, aplicarea cea mai potrivită, mai ales din punct de vedere economic, este cea combinată, cu doza N 100-150 P 80, ce aduce sporuri de 1944 - 2141 kg/ha.

### 5.10.3 Rezultatele fertilizării cu fosfor asupra pajiștilor

Cercetarea științifică din țara noastră a acumulat un volum mare de date privind fertilizarea cu îngrășăminte cu azot, fosfor și potasiu, în cadrul căreia s-a studiat efectul dozelor și al raportului dintre ele asupra producției și calității pajiștilor. De asemenea s-au făcut cercetări privind efectul îngrășămintelor cu P și K în funcție de periodicitatea aplicării. Reacția pajiștilor permanente și temporare din România la aplicarea îngrășămintelor chimice cu azot, fosfor și potasiu este influențată direct de tipul pajiștei, de condițiile pedoclimatice și în mod indirect de altitudine. În comparație cu administrarea separată a azotului, prin aplicarea împreună cu îngrășămintele cu fosfor și potasiu crește efectul dozelor de azot asupra producției de substanță uscată.

Una din cauzele producțiilor scăzute ale pajiștii este sărăcirea solului în elemente nutritive, care sunt extrase cu fiecare recoltă, fără a fi înlocuite. Există suprafețe foarte mari pe care nu au fost aplicate îngrășăminte de zeci de ani. De aceea, cea mai importantă măsură de îmbunătățire a producției pajiștilor este aplicarea îngrășămintelor.

Fosforul, fiind un element important pentru nutriția plantelor prin rolul său fundamental în reacțiile enzimatică, participă la cea mai mare parte a activităților biochimice complexe din interiorul plantei. Pajiștile situate pe solurile slab aprovizionate cu fosfor, mai ales cele acide și calcaroase, nu asigură un furaj cu un conținut corespunzător de fosfor. Se estimează că 0,2% P în substanța uscată este conținutul sub care nu trebuie să coboare un furaj pentru a asigura cerințele nutriționale și sănătatea animalelor.

Conform cercetărilor lui Journet și Demarquilly, (1979), se știe că fertilizarea cu azot reprezintă motorul intensificării producției furajere, prin creșterea vitezei de regenerare a vegetației, ceea ce va spori productivitatea și va reduce perioada necesară pentru a aștepta o nouă maturitate de recoltare [148].

Astfel după Lemaire (1982), timpul de producție pentru o biomasă de 2 tone substanță uscată este redus cu un interval între 14 și 18 zile în cazul fertilizării de 50-100 kg azot comparativ cu o pajiște nefertilizată.

Este binecunoscut faptul că aplicarea îngrășămintelor cu fosfor determină creșterea eficienței îngrășămintelor cu azot. De exemplu, aplicarea îngrășămintelor cu azot sporește cu 21% producția, dacă este aplicat singular, și cu 45% în cazul aplicării combinate cu fosfor, așa cum reiese din tabelul următor [148].

**Tabel 5-8. Influența fertilizării asupra familiilor botanice (%) și a substanței uscate**

Tratament	Gramine	Leguminoase	Composite	Labiatae	Cariophilaceae	SU g/m <sup>2</sup>
	% (nr.specii)					
Martor	63,9	20,7	1,7	3,1	0,5	292,6
N	81,4	8,7	3,1	2,3	1,4	379
P	39	35,4	1,1	3,6	0,5	431
N+P	49,2	24,8	2,3	3,3	0,3	459

Îmbunătățirea calitativă cea mai concludentă a vegetației este obținută la o doză de fertilizare medie (N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>0</sub>), nejustificându-se astfel aplicarea de doze

mari de îngrășăminte pentru creșterea calității producției.

O explicație pentru această afirmație este influența negativă pe care o au dozele ridicate de îngrășăminte azotate asupra dezvoltării speciilor din familia Leguminoase, creșterea dozelor de fertilizare cu azot conducând la acidifierea solului și implicit prin apariția de condiții nefavorabile de dezvoltare pentru bacteriile fixatoare de azot implicate în procesele de interacțiune interspecifică de genul simbiozei.

Pe de altă parte creșterea dozei de îngrășăminte cu fosfor influențează pozitiv dezvoltarea leguminoaselor și indirect creșterea calității producției prin creșterea ponderii procentuale a leguminoaselor.

În sprijinul acestor afirmații este și obținerea valorii maxime a calității vegetației utile la o doză de fertilizare medie cu azot și ridicată pentru fosfor și potasiu ( $N_{100}P_{100}K_{50}$ ) [190].

În ceea ce privește exportul elementelor de nutriție, decisive sunt particularitățile biologice ale culturilor agricole. Din experimente în câmp s-a stabilit că azot mai mult exportă lucerna de anul 1 (260 kg/ha), fosfor – porumbul (78 kg/ha), iar potasiu – lucerna de anul 2 (229 kg/ha) [189]. Valori minime ale exportului de azot și fosfor s-au relevat la cultivarea tomatelor, iar de potasiu – la cultivarea mazării, conform tabelului.

**Tabel 5-9. Cantitatea de elemente nutritive înstrăinate, kg /ha [45]**

Azot		Fosfor		Potasiu	
Cultura	Export	Cultura	Export	Cultura	Export
Lucernă - 1	260	Porumb	78	Lucernă - 2	229
Lucernă - 2	242	Grâu	56	Lucernă - 1	223
Porumb siloz	222	Lucernă - 2	54	Porumb	211
Grâu	109	Lucernă - 1	53	Tomate	144
Mazăre	94	Mazăre	31	Grâu	84
Tomate	86	Tomate	28	Mazăre	73

Cel mai înalt export sumar al elementelor nutritive s-a înregistrat la cultivarea lucernei și a porumbului – respectiv 525-536 și 511 kg/ha. Tomatele și grâul înstrăinau câte 249-258, iar mazărea – numai 198 kg/ha. Ponderele azotului în exportul sumar al elementelor de nutriție era maximă la culturile fabacee, a fosforului – la grâu, iar a potasiului – la tomate [190].

## 5.11 Interacțiunea fosforului cu alte elemente de nutriție

### **Interacțiunea N/P**

Este deosebit de importantă în asigurarea și obținerea unor producții superioare cantitativ și calitativ. S-a dovedit că sporurile de producție obținute atunci când s-a folosit varianta NP le depășesc pe cele obținute prin aplicarea separată a celor două elemente. Acest efect este datorat influenței pe care îngrășămintele cu azot o au asupra unei mai bune valorificări a fosforului din sol.

### **Interacțiunea P/Al**

S-a dovedit că întotdeauna toxicitatea ionilor de  $Al^{3+}$  pe solurile acide, la plantele de cultură, se asociază cu carența de P. De asemenea este dovedit că

fosforul aplicat reduce fitotoxicitatea aluminiului. Fenomenul este explicat prin blocarea ionilor de aluminiu cu formare de  $AlPO_4$  în rădăcinile plantelor și blocarea translocării lor spre alte organe ale plantei mai sensibile la acumulări excesive ale acestor ioni. Amendarea cu  $CaCO_3$ , fertilizarea organică și cea cu superfosfați atenuează efectele toxicității aluminiului [147].

**Interacțiunea P/Fe**

Este similară cu interacțiunea P-Al deoarece fosforul acumulat poate atenua efectul acumulărilor mari de fier. Totuși, acumulările mari de P pot declanșa carența de Fe (fapt dovedit la fosfatarea excesivă a viței de vie, când apare cloroza ferică).

**Interacțiunea P/Ca**

Este evidentă mai ales pe solurile carbonatice și alcaline unde acumulările excesive de săruri și carbonați induc carența de P.

**Interacțiunea P/Zn**

La nivelul plantelor, fosfatarea solurilor perturbă absorbția și translocarea zincului spre alte organe vegetative.

**Interacțiunea P/Mo**

Are un caracter pozitiv deoarece creșterea concentrației de fosfor în țesuturile plantelor determină o absorbție și o translocare mai bună a molibdenului de către plante.

## 6. METODE DE DETERMINARE A FOSFORULUI DIN SOL

În mod curent în cazul cercetării agrochimice a solurilor agricole se determină fosfații mobili, reprezentați de ionii monofosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) și difosfat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) care de obicei sunt reținuți pe suprafața particulelor de sol în asocieri cu sescvioxizii, cu alte minerale care intră în componența argilei ori cu ionii de calciu și magneziu. Astfel, fosfații mobili vin în contact cu soluția solului și determină concentrația în ioni fosfatici a acesteia.

Multe forme de fosfor organic prezente în sol sunt încă neidentificate [166]. Dintre formele de fosfor organic identificate multe sunt mono sau diesteri ai ortofosfaților. Cei trei esteri predominanți sunt inozitolfosfatul, fosfolipidele și acizii nucleici.

Majoritatea fosforului din sol se află sub formă legată, ca minerale primare și secundare care stabilizează fosforul organic din sol, care va deveni accesibil doar prin dizolvare sau mineralizare. Un grup mai restrâns de compuși cu fosfor din sol includ forme labile care conțin fosfor sorbit pe suprafața oxizilor, hidroxizilor și a particulelor de argilă și unii compuși cu fosfor organic. Cea mai mică categorie include fosfor dizolvat în soluția solului, reprezentat mai ales de ionii  $\text{HPO}_4^{2-}$  și  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  la un pH între 4 și 10.

În timpul evoluției solului, fosforul din apatită este alterat și transformat prin precipitarea de către alte minerale secundare sau prin preluarea de către plante sau microorganisme în alți compuși organici sau anorganici cu fosfor. În solurile acide, mineralele secundare cu fosfor formate conțin fosfați de Al și Fe, de tipul variscitului și al strengitului [156]. În solurile neutre și alcaline se găsesc diferite tipuri de fosfați de Ca.

### 6.1 Analizele de sol

Într-un sens larg al cuvântului, analizele de sol presupun măsurători chimice sau fizice care se fac având drept material solul. Obiectivul principal este cel de a măsura nivelul nutrienților din sol și necesitatea recomandării de amendamente pentru a obține o agricultură profitabilă.

Analiza solurilor presupune prelevarea probelor de sol, pregătirea acestora pentru analize, efectuarea de analize chimice sau fizice, interpretarea rezultatelor și în final recomandările în ceea ce privește amendarea sau fertilizarea cu diferiți nutrienți.

În cele ce urmează sunt date câteva recomandări de care trebuie ținut cont atunci când se efectuează analize de sol:

- 1) Probele de sol trebuie să fie reprezentative pentru aria de interes. Recomandarea este de a se lua minim o probă complexă de sol la 12-15 ha, atunci când se dorește evaluarea necesității de amendamente sau fertilizări. O probă de sol reprezentativă este compusă din 15-20 subprobe (prelevări) dintr-un câmp uniform care nu prezintă variații majore de pantă sau drenaj.
- 2) Adâncimea de recoltare a probelor pentru nutrienții mobili este de circa 60 cm, iar pentru cei imobili este de circa 15-20 cm.



- 3) Pentru extracția diferiților nutrienți sunt specifice anumite metode. De ex pentru fosfor sunt mai multe metode: Mehlich (0,05 mol/l HCl+0,025 mol/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Bray (0,03 mol/l NH<sub>4</sub>F + 0,025 mol/l HCl), Olsen (0,5 mol/l NaHCO<sub>3</sub>, a pH 8,5), Egner-Riehm-Domingo (cu acetat-lactat de amoniu la pH 3,75) etc.
- 4) Se recomandă teste de evaluare a valorilor optime pentru macro și micronutrienții din sol, aceste valori fiind diferite de la sol la sol, de la cultură la cultură și de la extracție la extracție. În general aceste valori sunt mai mari de 10 mg P/kg, mai mari de 50 mg K/kg și mai mari de 600 mg Ca/kg, mai mari de 120 mg Mg/kg, mai mari de 12 mg S/kg, dacă se dorește o producție satisfăcătoare pe cele mai multe tipuri de soluri și culturi.  
Pentru micronutrienți valorile critice sunt: 2,5-5 mg/kg Fe, 4-8 mg/kg Mn, 0,8-3 mg/kg Zn, 0,1-2 mg/kg B, 0,5-2 mg/kg Cu, 0,2-0,5 mg/kg Mo.
- 5) Trebuie stabilită valoarea pH-ului, care pentru solurile agricole este între 4 – 9. Este dificil a se preciza care este valoarea optimă a pH-ului pentru diferite specii de plante.
- 6) Încercările de a stabili necesarul de nutrienți în vederea unei fertilizări raționale reprezintă cea mai importantă parte din întregul proces de diagnostic a dereglărilor de nutriție întrucât interpretarea depinde de tipul de sol, plantă, climat, etc.

În ceea ce privește analiza solurilor pentru determinarea fosfaților, aceasta se poate efectua prin diverse metode, conform STAS-urilor în vigoare:

STAS 7184/19-82. Determinarea fosforului extractibil în acetat – lactat de amoniu

SR ISO 11263: 1998. Calitatea solurilor. Determinarea spectrofotometrică a fosforului în soluție de bicarbonat de sodiu.

Fosforul, respectiv fosfații din ape se testează conform următoarelor STAS-uri:

STAS 10064-75 Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea fosfaților

STAS 3265-86 Apa potabilă. Determinarea fosfaților.

STAS SR EN ISO 6878:2005 care înlocuiește SR EN 1189:2000 privind determinarea fosforului din apă prin metoda cu molibdat de amoniu.

Determinările efectuate pentru caracterizarea analitică a solurilor s-au efectuat prin următoarele metode:

- **Analiza granulometrică:** separarea fracțiunilor granulometrice s-a făcut prin pipetare (fracțiunile cu diametru sub 0,02 mm) sau cernere (fracțiunile cu diametru peste 0,02 mm) după un tratament prealabil pentru dispersia fracțiunilor. Acest tratament de dispersie a fost efectuat cu:
  - hexametafosfat de potasiu (10%) în cazul probelor fără carbonați și cu materie organică sub 5%.
  - Apă oxigenată (6%) și soluție de hexametafosfat de potasiu (10%) în cazul probelor de sol fără carbonați și cu materie organică peste 5%.
  - Acid clorhidric 2N și apoi soluție de hidroxid de sodiu 1N, la fierbere în cazul probelor de sol care conțineau carbonați.

Rezultatele au fost exprimate în procente față de materialul rămas după pretratament.

- **Compoziția mineralogică a fracțiunii argiloase** (sub 0,001 mm): s-a realizat prin difracție de raze X pe probe orientate, saturate în calciu și gliconat.
- **Densitatea (D)**: prin metoda picnometrului.
- **pH-ul**: potențiomtric, cu electrod de sticlă.
- **Carbonat de calciu total**: cu metoda Scheibler.
- **Humus**: oxidarea materiei organice cu bicromat de potasiu, în mediu de acid sulfuric, apoi dozarea excesului de oxidant cu sare Mohr (metoda Schollenberger).
- **Azot total**: dezagregare cu acid sulfuric la 350°C, în prezența catalizatorilor de sulfat de potasiu și sulfat de cupru (metoda Kjeldahl).
- **Fosfor mobil**: extracție cu acetat lactat de amoniu la pH 3,75 (metoda Egner – Riehm – Domingo). Dozarea fosforului s-a făcut colorimetric, cu albastru de molibden, clorură stanoasă și acid ascorbic (metoda Nikolov).
- **Potasiu mobil**: extracție Egner – Riehm – Domingo și dozare prin fotometrie în flacără.
- **Cationii bazici (S<sub>B</sub>)**: extracție după metoda Schollenberger – Cernescu. Dozare prin fotometrie în flacără (Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) și spectrofotometrie de absorbție atomică (Mg<sup>2+</sup>).
- **Aciditatea totală de schimb (S<sub>H</sub>)**: percolare cu acetat de potasiu, la pH 8,3.
- **Capacitatea totală de schimb cationic (T)**: însumarea S<sub>B</sub> și S<sub>H</sub>.
- **Gradul de saturație în baze (V)**: prin calcul ( $V\% = [S_B/T] \cdot 100$ ).
- **Aluminiu schimbabil Al<sup>3+</sup>**: percolare cu soluție de acid clorhidric 1N (metoda Coleman).

## 6.2 Metode de determinare a fosforului mobil (accesibil)

În cele ce urmează se prezintă cele mai importante aspecte, conform **STAS 7184/82, privind determinarea fosforului extractibil în acetat – lactat de amoniu**, întrucât în țările Europei de Vest aceasta este metoda cea mai utilizată pentru determinarea fosforului din sol [118].

### Domeniu de aplicare:

- Metodă de determinare a P extractibil în soluție de acetat – lactat de amoniu la pH = 3,75 (metoda Egner – Riehm – Domingo), considerat convențional o măsură a P accesibil (mobil).
- P accesibil nutriției plantelor se află în formă de ioni ortofosfat (monovalent H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> sau bivalent HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, funcție de pH-ul solului) în soluția de sol și în faza solidă a solului (ca ioni adsorbiți sau în combinații chimice, predominant cu ionii Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>).

### Luarea și pregătirea probelor

Proba recoltată conform STAS 7184/1-75 se usucă la aer. Se sfărâmă agregatele structurale ale solului cu un pistil și se extrag cu o pensetă resturile vegetale nedescompuse. Se trece solul prin sita de 2 mm și se omogenizează.

Principiul metodei

Anionul fosfat considerat convențional accesibil plantelor este adus în soluție prin reacții de desorbție și solubilizare, prin dizolvare și complexare, reacții ce au loc la interacțiunea soluției de acetat-lactat de amoniu (pH 3,75) cu constituenții solului ce rețin adsorbiv anionul fosfat sau îl conțin ca anion în combinații chimice cu ionii  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ . Anionul fosfat extras se determină colorimetric ca albastru de molibden, prin reducerea complexului fosfomolibdenic cu acid ascorbic.

Reactivi

• **Acid lactic, soluție:** într-un balon cotat de 2000  $\text{cm}^3$  se diluează acid lactic ( $d=1,21$ ) cu 1000  $\text{cm}^3$  apă distilată și se omogenizează. Se acoperă balonul cu o sticlă de ceas, se ține în etuvă la 95°C timp de 48 h și constituie soluția I.

După răcire se omogenizează din nou și se determină normalitatea soluției I astfel: 10  $\text{cm}^3$  (măsurați cu pipeta) din soluția I se diluează cu apă distilată la semn într-un balon de 100  $\text{cm}^3$  și se omogenizează (soluția II). Se ia cu pipeta 10  $\text{cm}^3$  din soluția II și se titrează cu soluție 0,1 N NaOH, față de fenolftaleină ca indicator. Se calculează normalitatea soluției I de acid lactic ( $n_A$ ) care trebuie să fie  $\approx 3$ , cu formula:

$$n_A = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot n \cdot f}{V_{\text{acid}}} \quad (1)$$

unde  $V_{\text{acid}}$  = volumul soluției de acid lactic I, conținut în 10  $\text{cm}^3$  sol. acid lactic II

f = factorul soluției de NaOH, 0,1N

- Acid acetic glacial
- Amoniac
- Soluție acetat-lactat de amoniu
- Reactiv AL
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%
- Molibdat de amoniu 5%  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$
- Acid ascorbic sol 10%
- Soluții etalon de fosfor:

**Sol. etalon A:** conținând 100  $\mu\text{g}$  P/  $\text{cm}^3$ . Se cântăresc 0,4393 g dihidrogenortofosfat de potasiu ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) în prealabil uscat în etuvă timp de 1 h la 105°C și se dizolvă în apă distilată într-un balon cotat de 1000  $\text{cm}^3$ . După stabilizarea soluției se introduc în balonul cotat 25  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  7N. După răcire, volumul soluției se aduce la semn cu  $\text{H}_2\text{O}$  dist. și se omogenizează. Soluția se trece într-o sticlă, sticlă în a cărei compoziție nu trebuie să existe arsen. Sol etalon A se poate păstra până la un an.

**Sol. etalon B:** conținând 10  $\mu\text{g}$  P/  $\text{cm}^3$ . 100  $\text{cm}^3$  sol. A se diluează cu  $\text{H}_2\text{O}$  dist. la 1000  $\text{cm}^3$  în balon cotat și se omogenizează.

Trasarea curbei de etalonare

Curba de etalonare cuprinde domeniul 3-80  $\mu\text{g}$  P/100  $\text{cm}^3$ .

În baloane de 100  $\text{cm}^3$  se introduc 10  $\text{cm}^3$  reactiv AL și câte 8  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Cu o microbiuretă de 1-2  $\text{cm}^3$  se măsoară 0,0; 0,30; 0,50; 1,0; și 2,0  $\text{cm}^3$  soluție etalon B, iar cu o biuretă de 10  $\text{cm}^3$ : 3,0; 4,0; 5,0; și 8,0  $\text{cm}^3$  sol etalon B și se introduc separat în baloanele cotate. Soluția se diluează cu  $\text{H}_2\text{O}$  dist. până la 60  $\text{cm}^3$ . Apoi se dozează P.

Se trasează curba de etalonare: pe abscisă se pun conținuturile de P ale

soluțiilor etalon folosite ( $\mu\text{g P}$ ), pe ordonată - valoarea extincției corespunzătoare.

#### Mod de lucru

**Extracția:** se cântăresc (precizie  $\pm 0,01$  g) 5 g probă de sol trecută prin sita de 2 mm și se transferă cantitativ într-un flacon uscat de 250 cm<sup>3</sup>, cu dop. Se adaugă cu pipeta 100 cm<sup>3</sup> reactiv AL.

Flaconul închis se fixează într-un agitator rotator și se agită 2 h cu 15 rot/min, la  $t=20\pm 1^\circ\text{C}$ . Concomitent se lucrează și o probă martor (pentru controlul purității reactivilor). După agitare, suspensia de sol se filtrează prin hârtie de filtru, uscată, într-un vas uscat.

Dacă filtratul nu e limpede, se refiltrează. Vasul în care s-a colectat filtratul se închide etanș până la dozarea P, care e indicat a se efectua în maxim 24 h.

**Dozarea:** într-un balon cotat de 100 cm<sup>3</sup> se introduc 8 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se introduc apoi 10 cm<sup>3</sup> (măsurați cu pipeta) din extractul de sol. Se adaugă apă dist. Până la 60-70 cm<sup>3</sup>. Apoi se introduc 2 cm<sup>3</sup> sol. de acid ascorbic. Volumul soluției din balon se aduce la semn cu apă dist. și se omogenizează.

Proba se fotometrează după 18 h (culoarea e stabilă 18-24 h) la spectrofotometru, la  $\lambda=830$  nm sau la fotocolorimetru cu filtru transparent în acest domeniu (filtru roșu) față de proba martor, care nu conține anionul fosfat dar conține toți reactivii folosiți pentru colorare.

Se citește pe curba de etalonare conținutul de P corespunzător extincției obținute.

#### Calculul și exprimarea rezultatelor

Conținutul de p extractibil (cu AL), raportat la solul uscat la aer, se exprimă în ppm, astfel:

$$P = \frac{c \cdot r}{m} \quad (\text{ppm}) \quad (2)$$

Unde: c = conținutul de P în proba colorimetrată, stabilit din curba de etalonare ( $\mu\text{g}$ )

r = raportul dintre volumul soluției folosite la extracție și volumul extractului luat cu pipeta pentru dozarea fosforului

m = masa probei de sol luată în lucru (g)

**Obs.:** în decursul colorării probei, se compară vizual intensitatea culorii acesteia cu intensitatea culorii etaloanelor. Dacă proba e mai intens colorată decât soluția etalon care conține 80  $\mu\text{g P}/100$  cm<sup>3</sup>, se repetă determinarea, luându-se cu pipeta un volum mai mic decât 10 cm<sup>3</sup> și completându-se cu reactiv AL până la 10 cm<sup>3</sup>.

### 6.3 Metode de determinare a fosforului total

Fosforul fiind conținut în sol în cea mai mare parte în compuși de solubilitate redusă, organici și minerali, în vederea determinării conținutului total de fosfor, proba de sol se dezagregă în scopul oxidării materiei organice și solubilizării fosfaților pentru a avea în soluție anionul ortofosfat.

STAS-ul 7184/14-79 "Soluri. Determinarea fosforului total" prevede în acest scop dezagregarea solului cu amestec de 5+1 acid percloric și sulfuric și eliminarea silicei (metodă aplicabilă la toate solurile) sau cu amestec de 1+10 acid percloric și sulfuric.

În cadrul acestei secțiuni voi prezenta metoda de dezagregare a solului cu amestec de acid percloric și sulfuric. Dozarea anionului fosfat din soluție se va face colorimetric, ca albastru de molibden.

Principiul metodei:

Acidul percloric oxidează materia organică din sol eliberând astfel anionul  $\text{PO}_4^{3-}$  din compușii organici. În aceste condiții de aciditate se solubilizează și fosfații minerali greu solubili și se asigură totodată insolubilizarea silicei care se elimină prin filtrare. Reziduul obținut după dezagregare se reia în mediu acid cu concentrație controlată, asigurându-se trecerea în soluție a fosforului ca anion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Mod de lucru

Proba de sol din care urmează să se determine conținutul total de fosfor se extrage din solul trecut prin sita de 2 mm. Proba se mojarază fin și se trece prin sita de 0,1 mm sau 0,2 mm. Se cântăresc 0,5-1,0 g sol și se introduc într-un pahar Berzelius uscat, de 100-150 ml. Dacă proba conține peste 10% humus se tratează cu 10 ml acid azotic, se acoperă paharul cu o sticlă de ceas și se ține astfel pe baia de apă până se termină degajarea de vapori bruni. Se ridică sticla de ceas care se spală în pahar cu un volum minim de apă distilată. Se evaporă conținutul paharului la sec. Probele de sol cu un conținut sub 10% humus nu necesită acest tratament (în general solurile cu folosință agricolă).

Se umectează proba cu 2-3 ml apă distilată și se tratează cu 1 ml acid sulfuric și în continuare cu 5 ml acid percloric. Se acoperă paharul Berzelius cu o sticlă de ceas și se face digestia probei la temperatura de 150°C (pe baie electrică cu nisip). Dezagregarea este completă când reziduul din pahar are culoarea albă sau albă-cenușie (după aproximativ 1-2 ore de dezagregare). Probele cu un conținut ridicat de materie organică necesită o a doua tratare cu amestecul de acizi care se adaugă numai după ce proba s-a răcit la temperatura camerei. Când reziduul din pahar s-a albit, se ridică sticla de ceas și se spală cu apă distilată în paharul respectiv.

Se evaporă la sec conținutul paharului (temperatură de circa 360°C). Proba dezagregată adusă la sec, după răcire, se reia cu 20 ml apă (măsurată cu cilindrul gradat) și cu 1 ml acid sulfuric (măsurat cu pipeta). Se aduce proba la fierbere pentru a se produce dizolvarea sărurilor și se menține 1-2 minute fierberea sub agitare ușoară, cu o baghetă de sticlă, evitând pierderile prin stropire. Se filtrează apoi conținutul paharului prin hârtie de filtru cu porozitate fină într-un balon de 100 ml. Se spală reziduul din pahar cu apă distilată fierbinte și apoi filtrul, până se colectează în balonul cotat circa 85-95 ml. După răcire, la temperatura camerei, se aduce balonul cotat la semn cu apă distilată și se omogenizează.

Din proba astfel obținută se poate determina conținutul total în anioni fosfat și în  $\text{Mn}^{2+}$ , soluția sulfurică fiind adecvată metodelor frecvente de dozare a acestor ioni.

Dozarea anionului fosfat ca „albastru de molibden”

Anionul fosfat adus în soluție după modul de lucru descris anterior se determină ca albastru de molibden, obținut prin reducerea complexului fosfomolibdenic cu acid ascorbic (după metoda Murphy-Riley, 1962) sau cu amestec de reducători (acid ascorbic și clorură stanoasă - după metoda Nikolov, 1976).

Anionul fosfat, în mediu acid, formează cu acidul molibdenic un heteropolicomplex, acidul fosfor-molibdenic,  $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$  care în concentrații

scăzute dă soluții incolore sau slab gălbui, iar în concentrații ridicate în fosfor se formează un precipitat galben. În soluții cu concentrații scăzute în fosfor în prezența unui reducător se obține o colorație albastră caracteristică, "albastru de molibden" produsă de reducerea parțială de la  $\text{Mo}^{6+}$  la  $\text{Mo}^{4+}$ , fie a ionilor molibdat însuși (la concentrații scăzute în acid), fie a molibdenului din complexul fosfomolibdenic.

Curba de absorbție a albastrului de molibden prezintă două maxime, unul la lungimea de undă de 660 nm și unul la 830 nm, coeficientul de extincție E al maximumului de la 660 nm fiind cu o treime mai redus ca sensibilitate decât maximumul de la 830 nm.

Există un domeniu optim de concentrații pentru aciditatea din sistem (între 0,4-2,0 N), pentru ionii de molibdat și reducător, care necesită să fie respectat întocmai în cadrul fiecărei metode de dozare.

Albastrul de molibden, obținut în absența fosforului, scade ca intensitate până la zero, la concentrații în acid cuprinse între 0,35-0,6 N, depinzând de concentrația în molibdat și reducător. Ca atare, în cadrul fiecărei metode de dozare a fosforului ca albastru de molibden este necesar să se asigure o concentrație în acid care să nu permită reducerea reactivului, a molibdenului din molibdat. Intensitatea culorii complexului redus este proporțională cu concentrația în fosfor în domeniul de concentrații 5-100  $\mu\text{g P}/100\text{ ml}$ , respectiv 0,05-1,0 ppm P.

În condițiile metodelor de dozare propuse, interferă ionii  $\text{As}^{5+}$  (arseniat) și ortosilicic. În soluri,  $\text{As}^{5+}$  se află în cantități extrem de reduse în raport cu anionul fosfat și nu afectează dozarea P, iar acidul silicic este insolubilizat în condițiile de dezagregare a probei de sol.

Varianta de dozare după Nikolov (1976) prezintă avantajul unui consum redus de reactivi, stabilizării mai rapide a culorii, pretându-se la automatizarea dozării. Varianta de dozare după Murphy-Riley (1962) este avantajoasă pentru determinări în serie mare, probele colorate citindu-se la spectrofotometru a doua zi.

#### Varianta prin reducere cu amestec de clorură stanoasă și acid ascorbic

##### Aparatura și materiale:

- Spectrofotometru
- Balanță analitică
- Biuretă
- Pipete gradate
- Baloane cotate de 50, 100, 1000 ml.

##### Reactivi:

- Soluții etalon A și B – la fel ca cele de la dozarea fosforului mobil
- Molibdat de amoniu în soluție de acid sulfuric (6,7 N): se dizolvă 16,67 g molibdat de amoniu  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  într-un pahar Berzelius în 200 ml apă distilată, încălzită la 50°C.

Într-un balon cotat de 1000 ml ce conține aproximativ 500 ml apă distilată se introduc (măsurați cu biureta) 187,6 ml acid sulfuric  $d=1,84$ . După ce ajung la temperatura camerei, soluțiile se amestecă în balonul cotat cu apă distilată și se omogenizează. Soluția poate fi păstrată până la o lună.

- Amestecul de reducători (clorură stanoasă și acid ascorbic): se dizolvă 0,075 g clorură stanoasă  $(\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O})$  într-un pahar de 50 ml, cu 0,5 ml acid clorhidric  $d=1,19$ . Se încălzește ușor până la dizolvare. Se cântăresc 0,75 g

acid ascorbic și se dizolvă în apă distilată, într-un balon cotat de 100 ml (volumul de dizolvare să nu depășească aprox. 40 ml). Soluția de clorură stanoasă se trece cu apă distilată, în balonul cotat ce conține soluția de acid ascorbic. Se aduce balonul cotat la semn și se omogenizează. Soluția se poate utiliza după 15 minute de la preparare. Soluția se prepară zilnic, pentru fiecare serie de determinări.

#### Trasarea curbei de etalonare:

Curba de etalonare se construiește în domeniul de concentrații de 3-90 micrograme P în 100 ml. Se recomandă concentrațiile 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 μg P în 100 ml [160].

Se măsoară în baloane cotate de 100 ml, volumul corespunzător din soluția etalon B pentru a avea concentrația necesară. Se diluează probele la 60 ml. Se aduc la pH = 3,0 față de indicator, folosindu-se soluția 2,0N de acid sulfuric. Se adaugă 6 ml soluție molibdat de amoniu în acid sulfuric și se agită ușor. Se adaugă 4 ml soluție amestec de reducători. Se aduce balonul cotat la semn cu apă distilată și se omogenizează. Culoarea prezintă stabilitate după 6 minute, timp de 8 ore, interval în care se determină extincția. Se determină intensitatea culorii la lungimea de undă de 715 nm.

$$P_{total, \%} = \frac{a \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot m \cdot 1000000} = \frac{a \cdot V_1}{V_2 \cdot m \cdot 10000} \quad g/100gsol \quad (3)$$

În care:  $a$  = conținutul în P al probei colorimetrată, citit pe curba de etalonare (μg P/100 ml)

$V_1$  = volumul la care s-a adus proba dezagregată, în ml

$m$  = cantitatea de probă folosită la dezagregare, în g

100 = factor pentru exprimarea rezultatelor la 100 g sol

$V_2$  = volumul soluției luat din  $V_1$  pentru dozarea p, în ml.

1/1000000 = factor pentru transformarea microgramelor în grame

$$P_2O_5 \% = P \% \cdot 2,2905 \quad (4)$$

#### Determinarea fracțiunii mobile

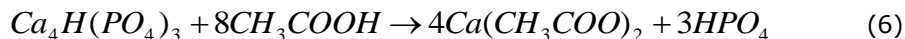
Anionul fosfat considerat convențional accesibil plantelor este adus în soluție prin reacții de desorbție și solubilizare, prin dizolvare și complexare, reacții ce au loc la interacțiunea soluției de acetat-lactat de amoniu (pH 3,75) cu constituenții solului ce rețin adsorbativ anionul fosfat sau îl conțin ca anion în combinații chimice cu ionii  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ . Anionul fosfat extras se determină colorimetric ca albastru de molibden, prin reducerea complexului fosfomolibdenic cu acid ascorbic sau în amestec de reducători.

Fosfații considerați ușor accesibili plantelor sunt cei care se extrag din sol cu o soluție de acetat - lactat de amoniu tamponată de pH = 3,7, denumită soluție AL

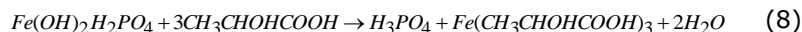
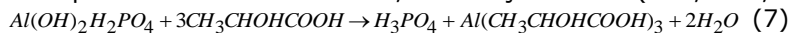
Fosfații în sol se găsesc sub formă de fosfați primari ușor solubili și sub formă de fosfați secundari, terțiari, fosfați octocalcici, fosfați adsorbiți la suprafața sesquioxizilor de fier și aluminiu, sau argilă, care sunt greu solubili.

În solurile neutre și alcaline, fosfații sunt solubili cu precădere de către acidul acetic, care intră în compoziția soluției AL:

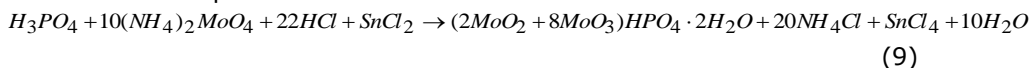




În solurile slab acide și în cele acide, unde o mare parte din fosfați se află reținuți la suprafața sescvioxizilor intervine mai puternic acidul lactic, care are o acțiune de complexare slabă a aluminiului, fierului și calciului ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ):



Acidul fosforic eliberat, tratat cu molibdat de amoniu în mediu acid formează fosfomolibdatul de amoniu. În prezența unui reducător puternic ( $SnCl_2$ ) formează un compus redus de culoare albastră:



Intensitatea culorii albastre depinde de concentrația soluției în  $H_3PO_4$ . Cunoșcând cantitatea de fosfați sub formă ușor accesibilă, putem aprecia capacitatea solului de a aproviziona plantele cu fosfor și necesarul de îngrășămintă cu fosfor.

#### 6.4 Metode de determinare a formelor și grupelor de fosfați din sol

Chimia fosforului din sol este complicată: fosforul anorganic poate reacționa cu calciul, fierul, aluminiul și formează fosfați, în timp ce fosforul organic poate fi în diferite forme cu rezistență variată la degradarea microbiană.

Fosforul organic din sol (Po) este format din inozitol fosfați, fosfolipide, acizi nucleici, fosfoproteine, dar și o serie de compuși neidentificați până acum.

Pentru analiza fracțiunilor organice de fosfor din sol s-au folosit de-a lungul timpului de către cercetători diverse metode, una uzuală fiind extracția cu reactanți acizi sau alcalini care să separe fracțiuni diferite funcție de tipul și tăria interacțiilor fizico-chimice cu celelalte componente ale solului. Cei mai uzuali reactanți folosiți sunt bicarbonatul de sodiu 0,5 M  $NaHCO_3$ , HCl de diferite concentrații și soluții de hidroxid de sodiu.

Schema de fracționare a fosfaților implică o secvență de reacții de separare a fosfaților în fracțiuni mobile, moderat mobile și imobile.

##### Fracționarea fosfaților anorganici

Procedurile de fracționare a fosfaților anorganici se bazează pe solubilitatea diferențiată a diversilor fosfați în extractanți diferiți. De exemplu, clorura de amoniu ( $NH_4Cl$ ) este folosită ca prim reactant, pentru a desface legăturile slabe în care este implicat fosforul, urmând ca apoi să fie separați compușii cu legături Al-P de cei cu legături Fe-P folosind fluorură de amoniu ( $NH_4F$ ) și apoi sunt desfăcute legăturile Fe-P folosind hidroxid de sodiu (NaOH).

Agentul reducător al legăturilor în care este implicat fosforul solubil este CDB (citrat de sodiu-ditionit de sodiu-bicarbonat de sodiu).

Legăturile Ca-P sunt solubilizate cu acid sulfuric ( $H_2SO_4$ ) sau acid clorhidric (HCl) întrucât acestea sunt insolubile în CDB. Deoarece în solurile calcaroase,  $NH_4F$  reacționează cu carbonații de calciu formând  $CaF_2$ , care va precipita fosforul solubil și va reduce eficiența  $NH_4F$  de a extrage fosforul, această procedură de extracție cu  $NH_4F$  nu este folosită în cazul solurilor calcaroase

Cantitatea de fosfor din fiecare fracțiune se poate calcula cu formula:



$$P(\text{mg/kg}) = [\text{conc. în } P(\text{mg/L}) \cdot \text{vol. extractant}(L) / \text{masa sol}(kg)] \quad (10)$$

#### Fracționarea fosfaților organici

Fosforul organic atât din solurile calcaroase, cât și din cele necalcaroase, poate fi divizat în rezerve ușor mobilizabile, moderat mobilizabile și imobile.

Rezerva ușor mobilizabilă de P poate fi extrasă cu o soluție de carbonat acid de sodiu ( $\text{NaHCO}_3$ ), la pH 8,5. În acest caz fosforul extras este compus atât din partea organică, cât și pe cea anorganică ce sunt adsorbite în coloizii din sol.

Rezerva cu mobilitate moderată poate fi extrasă folosind o soluție de acid clorhidric (HCl) 1,0M, urmată de o tratare cu hidroxid de sodiu (NaOH) 0,5M. Extractul de NaOH este acidificat cu HCl concentrat pentru separarea fracțiunii imobile (fracțiunea acizilor humici) de cea moderat mobilizabilă (fracțiunea acizilor fulvici).

Fracțiunea imobilă este determinată prin calcinarea rezidului format la extracția cu NaOH, la 550°C, timp de 1h, urmată de dizolvarea în acid sulfuric 1,0M.

În toate cazurile concentrația fosforului din extracte se determină colorimetric prin metoda fosfomolibdatului. Extractanții acizi sau alcalini mai întâi se neutralizează. Fosforul organic din extractanți se determină prin diferență între fosforul total și cel anorganic.

Cantitatea de fosfor din fiecare fracțiune se poate calcula la fel ca și în cazul fracțiunii anorganice, cu formula:

$$P(\text{mg/kg}) = [\text{conc. în } P(\text{mg/L}) \cdot \text{vol. extract}(L) / \text{masa sol}(kg)] \quad (11)$$

## 6.5 Metode de determinare a fosforului organic

Trebuie subliniat că schema de fracționare a fosfaților organici din sol este realizată pentru a fi cât mai operativă. Este însă dificil de identificat, pentru fiecare pas în parte, cantitatea exactă de fosfor organic conținută. Mai mult, hidroliza cu HCl 1M sau NaOH 0,5M a unor compuși ce conțin fosfor organic, sorbția fosforului mobil și eterogenitatea particulelor de sol din probe pot limita acuratețea procedurii de fracționare [118].

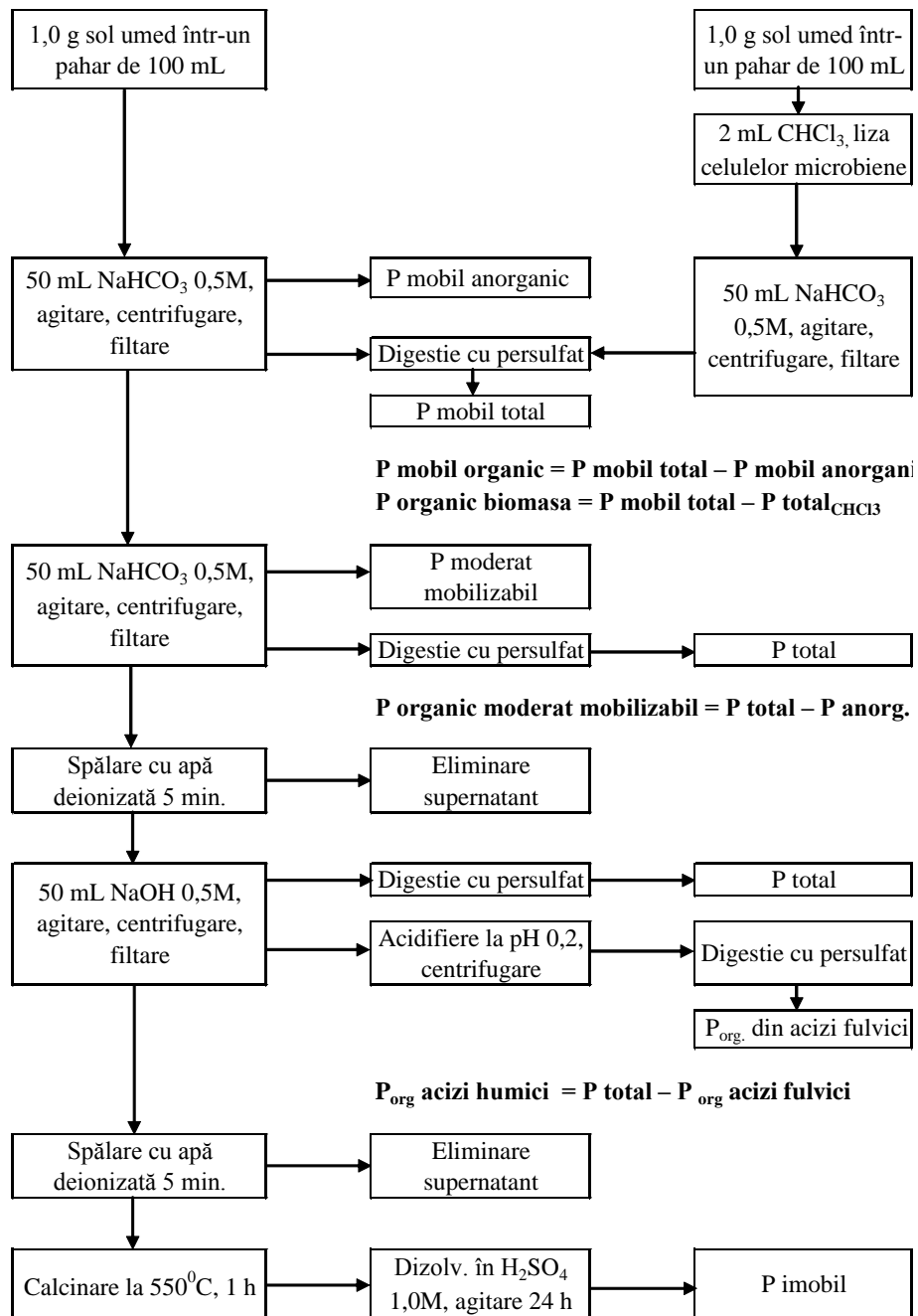


Fig. 6-1. Schema de fracționare a fosfaților organici din sol

## 6.6 Metode de determinare a fosforului anorganic

Schema de fracționare a fosfaților anorganici în solurile calcaroase și necalcaroase este redată în figura următoare:

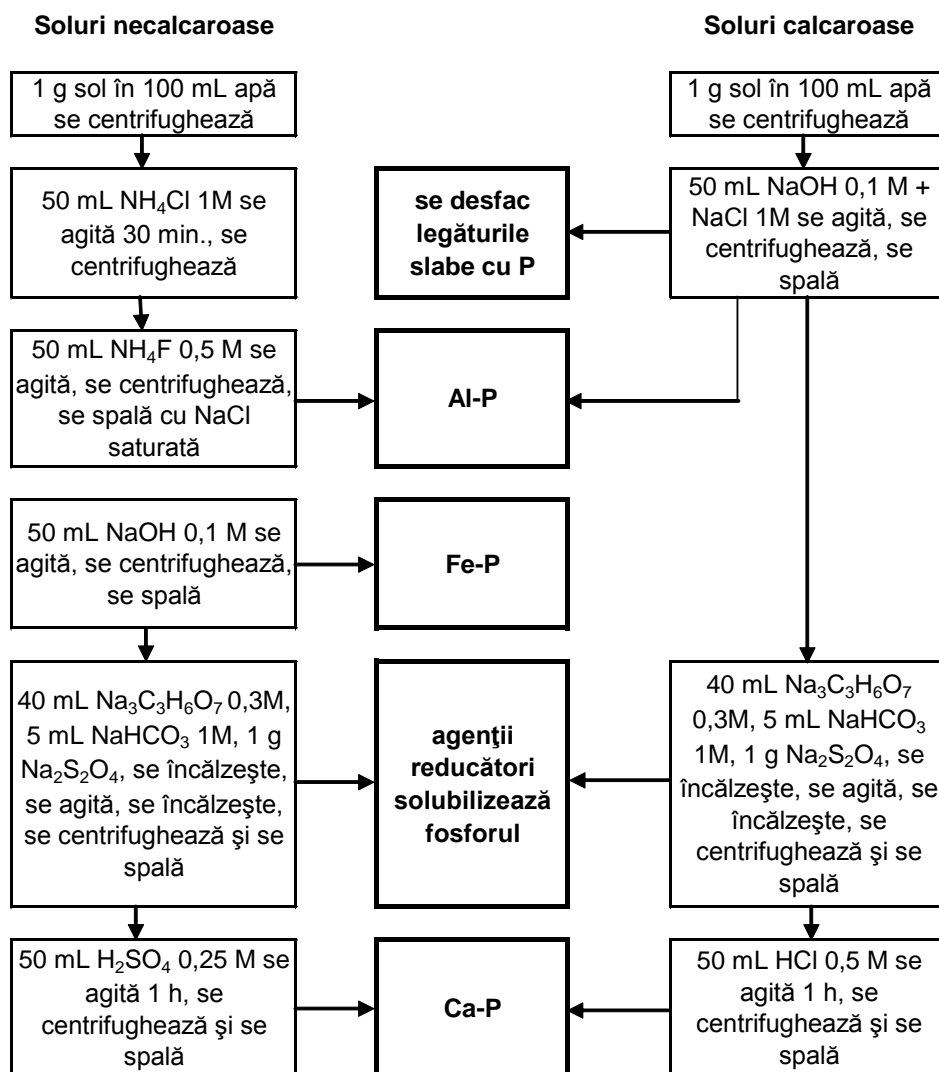


Fig. 6-2. Schema de fracționare a fosfaților anorganici din sol

## 7. RETENȚIA ȘI MOBILITATEA FOSFORULUI ÎN SOLURILE ȘI APELE BAZINULUI HIDROGRAFIC BISTRA

### 7.1 Pierderile de P din sol

#### 7.1.1 Fenomene de retenție a P

Formele fosforului din sol, textura solului, tipul de sol, materia organică, condițiile de vegetație și capacitatea de adsorbție a solului afectează randamentul de extracție al fosforului. Metodele de extracție cele mai folosite utilizează soluri umede și neglijează reacțiile complexe de oxido-reducere care au loc în timpul efectuării testelor pe probele de lucru. De aceea este necesară aplicarea unor metode asemănătoare pentru a testa condițiile solului, pentru înțelegerea proceselor care se desfășoară în mediul natural.

S-a observat că în solurile umede fosforul extras a fost mai puțin decât în solurile saturate când s-au folosit pentru extracție metode cu clorură de calciu. În timpul proceselor de uscare a aerului, moartea microorganismelor cauzează punerea în libertate a fosforului adsorbit și o creștere a nivelului fosforului detectabil. Deshidratarea solului arată o creștere a adsorbției fosforului. Reumectarea solului, în timpul extracției, expune noi suprafețe nereacționate și are loc adsorbția fosforului.

Folosind aceeași tehnică, McDowell și Sharpley au arătat că la o concentrație de 0,01M  $\text{CaCl}_2$  s-au obținut estimări sigure ale conținutului de fosfor reactiv dizolvat în apa de suprafață și subterană [152].

Înțelegerea mobilității și a diferențelor de concentrație a fosforului în timpul schimbărilor de mediu este esențială mai ales în zonele unde agricultura este predominantă și resursele de apă sunt extrem de valoroase. Fosforul, împreună cu agenții microbieni patogeni proveniți din apa de la agricultură și apele reziduale descărcate, acționează ca o sursă primară de poluare.

Multe forme de fosfor organic prezente în sol sunt încă neidentificate [166]. Dintre formele de fosfor organic identificate multe sunt mono sau diesteri ai ortofosfaților. Cei trei esteri predominanți sunt inozitolfosfatul, fosfolipidele și acizii nucleici. Majoritatea fosforului din sol se află sub formă legată, ca minerale primare și secundare care stabilizează fosforul organic din sol, care va deveni accesibil doar prin dizolvare sau mineralizare. Un grup mai restrâns de compuși cu fosfor din sol includ forme labile care conțin fosfor sorbit pe suprafața oxizilor, hidroxizilor și a particulelor de argilă și unii compuși cu fosfor organic. Cea mai mică categorie include fosforul dizolvat în soluția solului, reprezentat mai ales de ionii  $\text{HPO}_4^{2-}$  și  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  la un pH între 4 și 10.

În timpul evoluției solului, fosforul din apatită este alterat și transformat prin precipitarea de către alte minerale secundare sau prin preluarea de către plante sau microorganisme în alți compuși organici sau anorganici cu fosfor. În solurile acide, mineralele secundare cu fosfor formate conțin fosfați de Al și Fe, de tipul variscitului și al strengitului [156]. În solurile neutre și alcaline se găsesc

diferite tipuri de fosfați de Ca.

Experimental este necesar a se determina schimbul de fosfor care are loc între soluția solului și sedimente și relația care îl determină. Dacă concentrația de echilibru a fosforului din sedimente este mai mare decât cea din curentul de apă, are loc o desorbție netă până ce concentrația de echilibru a fosforului în sol este aceeași cu cea a fosforului dizolvat în apă. Inversul este valabil dacă concentrația de echilibru a fosforului în sol este mai scăzută decât concentrația din apă. Deci, funcție de condiții, sedimentele depuse pe fundul apei pot funcționa ca o locație de stocare sau ca o sursă de fosfor.

Fosforul este întrucâtva un element poluant, cu toate că este un element esențial, ce are o solubilitate scăzută și nu este el însuși toxic, dar poate avea efecte negative asupra calității apei chiar și la concentrații scăzute. Aceasta este cauza pentru care fosforul se pierde din sol și este transportat în apele curgătoare și lacuri. Unele proprietăți chimice au importante implicații asupra potențialului de pierdere a fosforului în apele de suprafață:

- Fosforul din sol este de cele mai multe ori asociat cu particulele de sol. Când particulele de sol ajung în apa râurilor sau lacurilor, fosforul va ajunge în acele sedimente. Odată sedimentele ajunse în apă ele servesc drept material sau sunt o sursă de fosfor în soluție. Astfel ele reprezintă o sursă potențială de fosfor care poate fi pusă în libertate.

- Cele mai multe soluri au o capacitate mare de reținere a fosforului. Chiar adaosuri mari de fosfor pot fi reținute de către soluri dacă se asigură un contact adecvat cu solul.

- Creșterea cantității de fosfat din soluri duce la o creștere a nivelului de fosfat în soluția solului. Aceasta în general duce la o creștere mică, dar importantă a cantității de fosfat în apa care va traversa prin sol.

- Fosfatul din sol este asociat mai mult cu particulele fine, decât cu cele groșiere. Când are loc eroziunea solului sunt mișcate mai multe particule fine decât groșiere, cauzând o îmbogățire în fosfor a materialului erodat.

### 7.1.2 Mecanisme de stabilizare (retenție) a fosforului în sol

Eutrofizarea este recunoscută ca fiind o problemă majoră a resurselor de apă din întreaga lume. Îmbogățirea în nutrienți cauzează creșterea nedorită a algelor și a plantelor din apă, descompunerea biomasei moarte, și scăderea conținutului de oxigen. Deși acest fenomen are loc în mod natural, ca proces al apelor de suprafață, eutrofizarea poate fi accelerată prin acumularea de nutrienți din apele reziduale sau, mai mult în zonele rurale, prin practicarea agriculturii (Sharpley și colab., 1999). Dintre cei mai mulți nutrienți (azot, carbon, fosfor), fosforul este considerat a fi nutrientul limitativ pentru eutrofizarea ce are loc în apele curgătoare.

Una din măsurile de reducere a contaminării apelor cu fosfor datorată aplicării de îngrășământ este folosirea amendamentelor chimice de genul sărurilor de aluminiu, calciu, fier. Acestea s-a arătat că reduc nivelul fosforului extras din ape [93], [153]. Oxidul/hidroxidul de calciu, sulfatul de fier și aluminiu ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ) reduc de asemenea solubilitatea fosforului [93]. Cu toate acestea, efectul pe termen lung al amendamentelor chimice asupra stabilității, punerii în libertate și specificității fosforului și asupra toxicității și accesibilității aluminiului, este puțin înțeleasă.

Mobilitatea și bioaccesibilitatea fosforului în sol și sistemele înrudite de genul îngrășămintelor este determinată de specificitatea fosforului. Aceasta este controlată de reacțiile de suprafață cu mineralele conținând calciu și magneziu în solurile neutre și bazice, cu mineralele conținând aluminiu și fier în solurile foarte acide și cu materia organică a solului. În cele mai multe soluri, reacțiile de suprafață predominante au loc cu hidroxizii de aluminiu și fier conținuți în învelișul mineral al particulelor. Chiar și în solurile bazice hidroxizii de aluminiu și fier conținuți în alte tipuri de minerale ale solului au rol în controlul specificității fosforului [51].

S-au identificat două reacții, bazate pe adsorbția fosforului, cu oxizii și hidroxizii de aluminiu și fier, care diferă în ceea ce privește timpul de reacție în care au loc și stabilitatea produșilor formați. Adsorbția inițială pare a fi un schimb rapid de ligand între suprafața grupelor cu fosfatul și se formează complecși cu suprafață inelară sferică. Numeroși cercetători au evidențiat structura spectroscopică a acestor complecși [77], [78], [97], [98], [99], [114], [115].

Mai puține informații sunt despre reacția de adsorbție lentă, care poate continua câteva luni. Pentru aceasta au fost propuse două mecanisme.

Un mecanism propus implică difuzia lentă a fosfatului în microporii sau prin învelișul metalic de fosfat [174], [175], [1176] și adsorbția pe suprafața internă. Alterarea înceată de la suprafață în prezența fosfatului și formarea unui precipitat de suprafață a fost propusă ca un alt mecanism posibil. Ambele mecanisme explică creșterea ireversibilă a adsorbției fosfatului în timp. Observații spectroscopice [7], [[78], [86], ca și observațiile rezultate în urma titrărilor potențimetrice [83] sunt în favoarea ipotezei de formare a precipitatului la suprafață. Recent, Arai și Sparks [3] au considerat această ipoteză ca fiind nerezolvată arătând clar, prin folosirea XANES (P X – Ray Absorption Near Edge Spectroscopy) că nu se formează o fază de fosfat metalic în timpul adsorbției fosfatului în sol.

În acest fel, mecanismul lent de reacție implicat în fixarea fosfatului pe mineralele cu aluminiu și fier din sol și structura produșilor formați, care afectează accesibilitatea fosforului, este încă evaziv.

Reacțiile fosforului din sol și sistemele înrudite, de genul îngrășămintelor, sunt afectate într-o măsură mai mare de anionii dizolvați, cationii și materia organică din soluția solului. Acizii organici cu masă moleculară mică sunt recunoscuți a concura cu fosfatul în reacțiile de suprafață cu mineralele conținând fier și aluminiu, în acest fel scăzând cantitatea de fosfat solubil în apă [1], [74]. Lipsesc încă informațiile despre interacțiunea dintre acizii organici și fosfați la suprafața mineralului și schimbările de specificitate a fosfatului în prezența acizilor organici.

**Tabel 7-1. Influența raportului C:P asupra proceselor de mobilizare și/sau imobilizare**

Raportul C:P	% de P din reziduuri	Mineralizare / imobilizare
< 200	> 0,3	Mineralizare netă a P organic
200-300	0,2-0,3	Nici un câștig sau pierdere a P anorganic
> 300	< 0,2	Imobilizare netă a P anorganic

**Fosforul anorganic** – din soluție poate fi:

- absorbit de către plante;
- imobilizat de către microorganismele;
- adsorbit pe suprafața mineralelor;

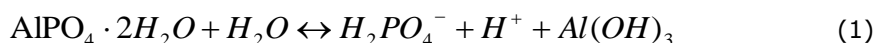
- precipitat ca și compuși secundari cu fosfor.

Reacțiile de adsorbție și precipitare se referă la fixarea fosforului, și reprezintă de fapt o secvență continuă de reacții de precipitare și adsorbție.

În solurile acide, fosforul anorganic precipită ca minerale cu legături Fe-P sau Al-P și/sau este adsorbit pe suprafața oxizilor de Fe sau Al [27]

În solurile neutre sau cu pH ridicat, fosforul anorganic precipită ca și minerale cu legături Ca-P și/sau este adsorbit pe suprafața argilei sau a carbonatului de calciu. Reacțiile de adsorbție sunt dominante în condițiile în care concentrația fosforului este redusă, în timp ce reacțiile de precipitare au loc atunci când nivelul fosforului din soluție este mai mare decât produsul de solubilitate a mineralului.

Nu în ultimul rând, concentrația fosforului din soluție este controlată de solubilitatea mineralelor ce conțin fosfor anorganic. De exemplu, scăderea concentrației ionului  $H_2PO_4^-$  în urma asimilării de către plante, determină dizolvarea variscitului ( $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ ) pentru a echilibra concentrația acestui ion, conform reacției:



Accesibilitatea fosforului pentru plante este influențată de o serie de factori (tabel 7-2). Fixarea fosforului este puternic influențată de către pH-ul solului, accesibilitatea maximă fiind la pH 6,5. La valori scăzute ale pH-ului are loc fixarea mai mult prin adsorbție pe suprafața oxizilor de Fe sau Al și precipitarea ca și  $AlPO_4$  sau  $FePO_4$ . Pe măsura creșterii pH-ului, scade concentrația ionilor de Fe și Al, reducând posibilitatea de adsorbție sau precipitare a fosforului. La  $pH > 7$ , mineralele ce conțin legături Ca-P precipită și fosforul este adsorbit pe suprafața carbonatului de calciu, cauzând scăderea concentrației de fosfor din soluție. În consecință, adsorbția minimă a fosforului este la pH 6,0-6,5.

În solurile cu potențial mare de fixare a fosforului (de ex. cele cu conținut mare de argilă), concentrația fosforului din soluție scade rapid după ce are loc fertilizarea solului. La o capacitate redusă de fixare a fosforului, concentrația fosforului din soluție poate fi ridicată câteva luni sau ani, funcție de metoda sau nivelul de aplicare. La o capacitate ridicată de fixare a fosforului, îngrășămintele conținând fosfor pot fi aplicate în cantități mai mici, dar mai frecvent.

**Tabel 7-2. Factori care afectează fixarea fosforului în sol**

Factor	Acțiune
Mineralele din sol	Oxizii de Fe sau Al pot adsorbi cantități mari de fosfor din soluția solului. Adsorbția fosforului crește odată cu creșterea conținutului de argilă.
Textura solului	Creșterea conținutului de argilă determină creșterea adsorbției fosforului
pH-ul solului	Adsorbția fosforului pe suprafața oxizilor de Fe sau Al scade odată cu creșterea pH-ului
Materia organică din sol	Materia organică poate "înveli" mineralele, reducând adsorbția fosforului
Temperatura solului	Adsorbția fosforului crește pe măsură ce crește temperatura

Cele mai importante două procese prin care P este translocat din terenurile agricole în apa de scurgere sunt *dizolvarea* și *eroziunea*. Prin dizolvarea fosforului dintr-o arie redusă de la suprafața solului sau din materialul vegetal, acesta este imediat accesibil pentru a fi preluat de către biota acvatică. Eroziunea datorată

scurgerii de suprafață determină migrarea fosforului sub formă particulară, însă doar o mică parte a acestuia poate fi accesibil biotei acvatice.

Deși în general este considerat un mecanism mai puțin important decât scurgerea de suprafață, spălarea fosforului prin curentul superficial lateral de subsuprafață, poate contribui la dizolvarea fosforului în apă. Acest mecanism devine mai important în solurile cu acumulări mari de fosfor care depășesc capacitatea de sorbție la suprafața solului, conducând la scăderea migrației fosforului.

Pierderea fosforului din sol în apa de suprafață este afectată de o serie de practici de management. Totuși, concentrația fosforului din sol corelată cu bioaccesibilitatea acestuia este determinantă pentru stabilirea unui echilibru între fertilizarea adecvată cu fosfor și pierderile de fosfor. În acest sens, analizele de sol reprezintă cel mai bun instrument accesibil pentru a se putea asigura un nivel adecvat al fosforului din sol [56].

Rămâne de rezolvat compromisul care apare datorită neconcordanței între necesarul de fosfor al unor culturi, pentru a putea discuta de o recoltă de calitate (de ex. la cereale) și necesarul de îngrășăminte care se aplică având în vedere pierderile potențiale de fosfor care ar determina o poluare gravă a resurselor de apă.

De exemplu, aplicarea îngrășămintelor contribuie direct la sporirea producției de grâu. Pentru 1000 kg boabe, plus producția de paie corespunzătoare, grâul extrage din sol 20-25 kg azot, 10-15 kg fosfor, 14-27 kg potasiu. Cea mai mare parte a substanțelor nutritive sunt consumate de la începutul alungirii tulpinii până la coacerea în lapte. Astfel, pentru o recoltă de 6000 kg/ha (boabe+paie) grâul are nevoie de aproximativ 150 kg azot, 75 kg fosfor, 150 kg potasiu, 45 kg calciu, precum și diferite cantități de microelemente [189].

Insuficiența fosforului se pune în evidență prin frunze care rămân mici și au un aspect albăstrui și purpuriu. Câteodată frunzele se îngălbenesc. În condiții de insuficiență a fosforului semințele nu se pot forma.

Problema utilizării îngrășămintelor cu azot și fosfor la grâu și orz se impune pe toate tipurile de sol din țara noastră, ținând cont de starea de aprovizionare a solurilor în aceste elemente nutritive.

Nivelul producțiilor obținute fără aplicarea îngrășămintelor este de regulă scăzut și nu acoperă în multe cazuri cheltuielile efectuate cu amplasarea și întreținerea acestor culturi.

Îngrășămintele pot contribui la dublarea sau chiar triplarea producției la cerealele păioase.

În multe cazuri, din motive mai mult sau mai puțin obiective nu se aplică îngrășăminte, fapt care duce la obținerea unor producții mici și a unor rezultate economice nesatisfăcătoare.

Sporurile obținute de pe urma aplicării unui kg îngrășământ substanță activă sunt în medie de 10-15 kg boabe, putând depăși 25 kg boabe, în anumite condiții.

Având în vedere că, un kg de îngrășământ (inclusiv aplicarea) costă cât circa 4 kg boabe reiese clar eficiența economică ridicată a aplicării îngrășămintelor la cerealele păioase.

Cerealele de toamnă valorifică foarte bine atât îngrășămintele organice, cât și cele minerale pe toate tipurile de sol.

O atenție deosebită în cazul cerealelor de toamnă trebuie acordată îngrășămintelor cu fosfor, care datorită solubilității mai reduse în apă și a mobilității scăzute în sol, trebuie încorporate înainte de semănat, de preferat sub arătură



[48].

Aplicarea îngrășămintelor cu fosfor după semănat, fără a fi încorporate, duce la o valorificare redusă a acestora și se practică atunci când nu a fost posibil să se aplice brazda înainte, aplicarea făcându-se sub formă de îngrășămintele complexe, care au o solubilitate mai mare în apă, comparativ cu îngrășămintele simple cu fosfor.

În cazul folosirii îngrășămintelor la cerealele păioase, o atenție deosebită trebuie acordată uniformității aplicării și raportului dintre elementele nutritive.

Neuniformitatea aplicării îngrășămintelor cu azot și fosfor sau aplicarea unilaterală a îngrășămintelor cu azot, pe solurile slab asigurate cu fosfor poate să ducă la dezechilibre între nitrați și fosfați în sol și plantă, ce se manifestă printr-o înfrățire slabă a plantelor, întârziere în creștere, ofilirea frunzelor sau arsuri pe frunzele tinere.

Folosirea unilaterală a îngrășămintelor cu azot și, în special a celor cu un potențial ridicat de acidifiere poate avea ca rezultat o eficacitate redusă sau chiar un efect negativ pe solurile acide [48].

De aceea se preferă aplicarea unor doze mai mici, dar echilibrate, de azot și fosfor, care contribuie la obținerea unei eficiențe ridicate a aplicării îngrășămintelor.

## 7.2 Retenția fosforului de către compușii anorganici ai solului

Retenția fosfatului este un fenomen semnalat în jurul anilor 1850 de către Waz și reprezintă trecerea fosfatului solubil din îngrășămintele convenționale în forme cu solubilitate redusă, deci o imobilizare (fixare) a unei cantități mari de fosfat, fapt ce duce la reducerea disponibilității acestui anion pentru plante.

Datorită acestui fenomen, doar 55-60% din îngrășămintele cu P reprezintă partea utilizată de plante, cealaltă parte fiind convertită la forme indisponibile, care variază funcție de compoziția și pH-ul solului. De-a lungul anilor acest aspect a fost tratat de o serie de cercetători: Wild (1950), Olsen (1953), Hemwall (1957), Sample (1980).

Încă de la început, cele două mecanisme care explică retenția fosforului sunt reprezentate de reacțiile de precipitare și adsorbție. Ulterior au fost descrise mecanisme mai subtile, ca adsorbția fizică, chemosorbția, schimbul anionic, precipitarea la suprafață, dar acestea nu sunt decât cazuri speciale ale celor două tipuri de reacții menționate.

Compușii anorganici implicați în fixarea fosforului sunt carbonații și constituenții fracțiunii fine (oxizi liberi de Al și Fe, minerale argiloase).

În cele mai multe soluri, conținutul de fosfor în orizontul de la suprafață este mai mare decât în subsol datorită adsorbției fosforului, activității biologice mai mari și acumulării materiei organice la nivelul stratului de la suprafață. Totuși, conținutul de fosfor din sol variază și funcție de materialul parental, textură și alți factori implicați (cantitatea și tipul de compus cu fosfor aplicat, cultura solului). Toți acești factori influențează cantitatea implicită de fosfor organic și anorganic.

Odată cu aplicarea fosforului, conținutul de fosfor accesibil din sol crește ca o funcție a proprietăților fizice și chimice ale solului. Frațiunea de fosfor, rămasă ca fosfor accesibil pentru plante descrește funcție de conținutul de argilă, carbon organic, Fe, Al și  $\text{CaCO}_3$  [151], [152]. Cu creșterea gradului de alterare al solului se observă o descreștere a accesibilității fosforului.

Procentele și nivelele de transformare a fosforului organic și anorganic în

soluri sunt modificate datorită condițiilor aerobe și anaerobe intermitente. În condiții aerobe solubilitatea fosforului, asociată cu compuși amorf și sesvioxizi de Al și Fe, poate crește, dar fosforul asociat cu oxizi cristalini de Al și Fe este desorbit doar în condiții prelungite de îmbibare cu apă. Complecșii Al-P nu sunt afectați de reacțiile de oxido-reducere determinate de condițiile aerobo-anaerobe, pH-ul și cantitatea de materie organică putând să influențeze solubilitatea acestor forme de fosfor. Cu toate acestea specificitatea fierului tinde să domine dinamica solubilității fosforului în multe soluri cu exces de umiditate. Oxihidroxizii ferici de la suprafața zonei îmbibate cu apă pot îndeplini funcția de a se cufunda după fosfor în stratul de aluviuni sau în solurile anaerobe. În acest fel, grosimea acestui strat, care este dependentă de cerințele speciilor pentru oxigen, va avea o importanță mare determinând mobilitatea fosforului, asociată cu complecșii cu fier.

Adsorbția fosforului de către sol se petrece rapid și din cauza energiei mari de legătură dintre sol și fosfor, adsorbția tinde să domine desorbția. Dacă se atinge un nivel critic scăzut de fosfor în sol, are loc desorbția fosforului, dar cu o viteză prea mică pentru a satisface necesitățile recoltei. Nivelul critic al fosforului din soluția solului este determinat de conținutul și activitatea compușilor cu Fe, Al, Ca, ce adsorb fosforul. Odată ce se atinge un nivel excesiv de fosfor în sol, potențialul de pierdere a acestuia în scurgerile de suprafață și în apa de drenaj este mai mare decât orice beneficiu adus de aplicarea ulterioară a fosforului.

Condițiile specifice solurilor inundabile influențează dinamica fosforului, măbind accesibilitatea sa, care este atribuită: reducerii fosfatului feric la fosfat feros, hidrolizei anionilor organici, deplasării fosforului din fosfații de aluminiu și fier de către agenții de chelatare produși prin descompunerea anaerobă a materiei organice, eliberării fosforului din materia organică, eliberării fosforului în solurile calcaroase și deplasarea oxidului hidratat de fier care recuperează fosfații datorită reducerii fierului. Accesibilitatea redusă a fosforului este asociată cu creșterea adsorbției fosforului datorată creșterii activității oxidului de fier.

### 7.2.1 Influența aluminiului și a fierului

Adsorbția fosforului de către Al și Fe din sol a fost identificată de foarte mult timp. Bass și Sieling (1950) [119] au stabilit o reducere a capacității de fixare a fosfatului atunci când Fe și Al au fost extrași din sol cu acid citric. Hemwall (1957) [119] concluzionează că gradul de adsorbție a P de către sol depinde de posibilitatea cu care argila eliberează Al solubil în soluția solului.

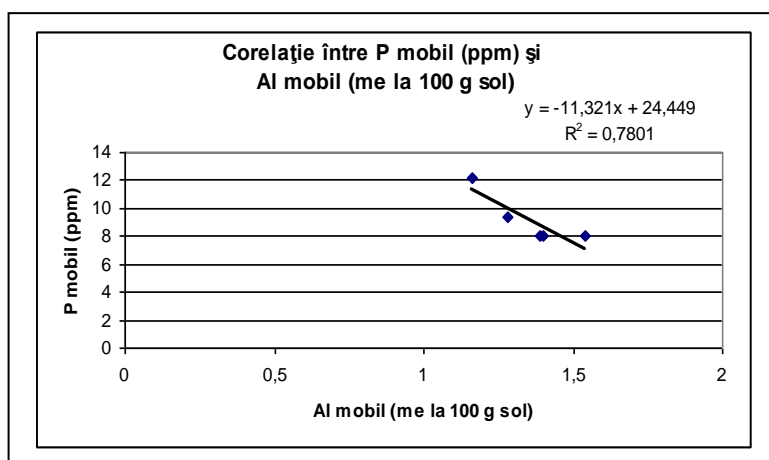


Fig. 7-1. Corelație între P mobil și Al mobil într-un luvosol albic de la Glimboca

Adsorbția P de către rețeaua disociată a Al este înceată, în timp ce adsorbția P de către Al schimbabil este rapidă [54].

De asemenea s-a semnalat o corelație semnificativă între suprafața oxizilor de fier și adsorbția P. Capacitatea de adsorbție a P este mai mare în cazul goetitului decât în cazul hematitului.

Low și Black (1950) [119], au semnalat că adaosul de P poate determina extragerea Al din caolinit și poate descompune argila. Russel și Low (1954), [119] subliniază că descompunerea caolinitului și adsorbția P pot fi ambele reduse de către un agent de complexare al aluminiului din soluția de fosfat care reacționează cu caolinitul. De asemenea au semnalat că la extragerea oxalatului din argilă înainte de adăugarea P are loc o scădere a adsorbției P.

Alvarado și Buol (1985), [119] au comparat retenția P cu extracția Al prin folosirea oxalatului acid de amoniu descrisă de McKeague și Day (1966). Autorii au găsit o relație semnificativă între P reținut și Al extras cu oxalat.

Mulți cercetători au semnalat că Al și Fe extras cu oxalat acid de amoniu sunt asociați pozitiv cu P adsorbit în sol [119]. Alte cercetări au demonstrat că oxizii cristalini de Fe sunt relativ inactivi în a adsorbi fosforul. Parfitt (1989), a stabilit că hematitul și goetitul nu prezintă reacții de adsorbție virtuală pentru P spre deosebire de ferihidrați și alofane. Aceste diferențe au fost atribuite incapacității fosforului de a penetra suprafața hematitului și a goetitului. În plus, același autor precizează că adsorbția P depinde de suprafața specifică a sorbentului. Aceste diferențe au fost observate parțial în cazul oxalatului de Fe în prezența căruia P este reținut, iar în prezența ditionitului de Fe, P nu este reținut. Speciile de oxizi amorfi de Fe adsorb aproape de 1000 de ori mai mult P pe unitatea de masă decât aluminosilicații cristalini (de ex. caolinitul, illitul) și carbonații de calciu.

Oxizii, oxihidroxizii și hidroxizii de Al și Fe sunt prezenți în sol sub diverse forme: faze individualizate, pelicule la suprafața altor minerale, compuși amorfi în spațiul intermicelar al mineralelor argiloase.

Cu toate că fenomenul de retenție a fosforului a fost semnalat de aproape 150 de ani, nici chiar ultimele cercetări nu au elucidat complet mecanismul fin al retenției, acesta rămânând încă un subiect controversat.

Figura 7-2 redă adsorbția bidimensională a fosforului pe suprafața oxidului de aluminiu pe o particulă de sol.

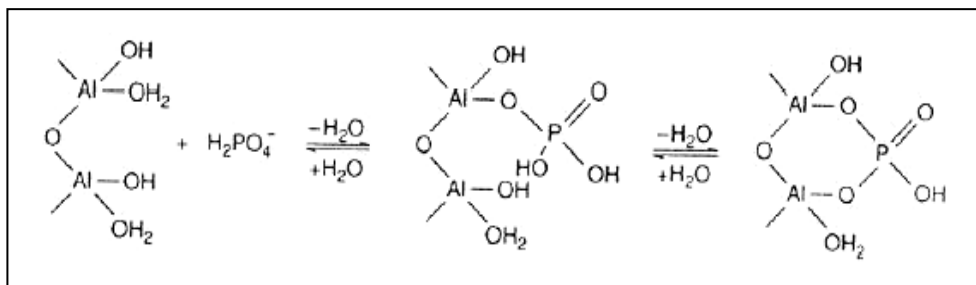


Fig. 7-2. Mecanismul de adsorbție a fosfaților pe suprafața oxidului de aluminiu

În pasul inițial fosforul labil este legat de un ion de aluminiu formând legătura Al-O-P. În continuare se formează o structură sub formă de inel, cu doi ioni de aluminiu; în acest moment fosforul este mai dificil de desorbit de la suprafață. Are loc procesul de maturizare, care face fosforul mai puțin accesibil. La o concentrație mare de fosfor, sau pentru o perioadă mare de timp, se formează o nouă fază solidă, ca urmare a precipitării care poate avea loc în timpul sorbției [173]. Sorbția fosforului constă într-o secvență continuă de procese de adsorbție rapidă, reversibilă și un proces de precipitare lentă, ireversibilă [173]. Diferența între cele două procese este greu de distins.

Cercetările lui Bache (1964) asupra sorbției fosforului de către oxizii hidratați de Al și Fe au dus la stabilirea a trei stadii de adsorbție, care se manifestă la diferite concentrații ale soluției de fosfați:

- Chemosorbția;
- Precipitarea unei faze fosfatice separate;
- Sorbția cu nivel redus de energie a fosforului pe precipitate.

Ulterior, prin cercetări similare s-a stabilit că regiunile în care are loc adsorbția P sunt legate de afinitatea P pentru trei locuri de reacție diferite din punct de vedere energetic. Primele două au fost atribuite grupelor OH<sup>-</sup> asociate atomilor de Al situați în zonele marginale ale cristalelor, care pot fi substituiți prin schimb de către anionul fosfat, a treia regiune fiind reprezentată de zonele cu cristalinitate redusă a suprafeței mineralului, acolo putând pătrunde fosforul [94]

Alți cercetători au propus pentru adsorbția P de către oxizii hidratați de Al și Fe un mecanism în care fosfatul înlocuiește nu doar grupele hidroxil, ci și moleculele de apă. Punctul de plecare în susținerea acestui mecanism îl reprezintă configurația octaedrică pe care o pot avea oxizii hidratați de Al și Fe în zonele marginale ale cristalelor. În această ipoteză, în condiții de sarcină 0, la un singur atom de Al sau Fe pot fi coordonate atât molecule de apă, cât și grupe hidroxil, suprafața zonelor marginale conținând legături de tipul (figura 7-3):

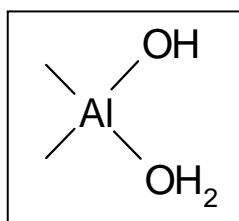


Fig. 7-3. Tipuri de legături formate în timpul adsorbției fosforului pe suprafața oxizilor de Fe și Al

Restul atomilor coordinați de atomul metalic sunt reprezentați de atomii de oxigen din interiorul cristalului. La creșterea pH-ului, hidrogenul din moleculele de apă disociază, ceea ce determină creșterea sarcinii negative a suprafeței. De asemenea, la scăderea pH-ului proporția de molecule de apă crește, ceea ce determină creșterea sarcinii pozitive a suprafeței, așa cum descrie Rajan și colab.(1974) [86].

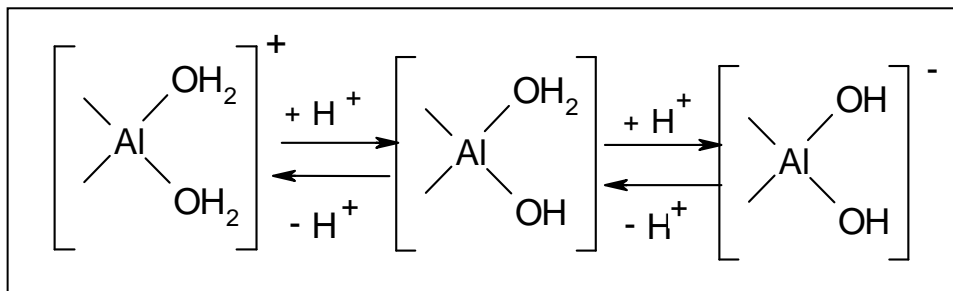


Fig. 7-4. Sarcina suprafeței oxizilor de Al în timpul adsorbției fosforului

În urma unui proces de schimb cu grupele  $\text{OH}_2$  și  $\text{OH}^-$ , ionul fosfat poate fi coordinat la cationul metalic prin adsorbție specifică. În acest caz, anionii captează protonii situați pe suprafața oxizilor, la valori ale pH-ului sub punctul izoelectric sau pe cei proveniți din disocierea acidului însuși, atunci când sarcina oxizilor este negativă.

Rajan și colaboratorii au arătat că, la concentrații reduse fosforul a substituit prin schimb mai ales grupele  $\text{OH}_2$ , dar, o dată cu creșterea concentrației și adsorbției fosforului, schimbul a afectat predominant grupele  $\text{OH}^-$ . La adsorbție maximă, fosforul a schimbat în principal grupele  $\text{OH}^-$ . Peste acest maxim adsorbția continuă, ceea ce se explică prin disocierea unei grupări  $\text{OH}^-$  legată de doi ioni de Al.

Cercetările lui Parfit și colab (1975), cu ajutorul spectroscopiei în infraroșu, au indicat că P este adsorbit specific pe suprafața oxidului de Fe, prin înlocuirea a doi ioni  $\text{OH}^-$  adiacenți zonei de suprafață. Doi atomi de oxigen ai ionului fosfat se leagă cu doi ioni de Fe, formând un complex de suprafață binuclear,  $\text{Fe}-\text{O}-(\text{P}=\text{O})-\text{O}-\text{Fe}$ .

În cazul adsorbției specifice, anionul fosfat pătrunde în sfera de coordinare a atomilor de Fe și Al, substituind liganzii  $\text{OH}^-$  și  $\text{OH}_2$ , legătura cu atomii de Fe și Al fiind asigurată de una sau două punți de O, conform reacției (2):

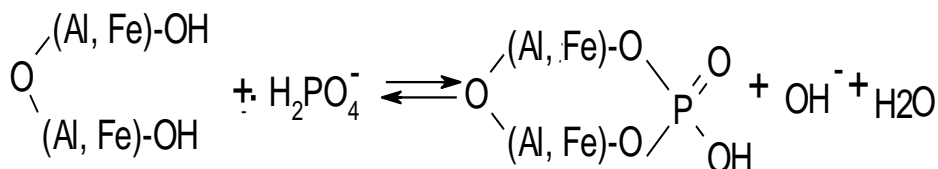
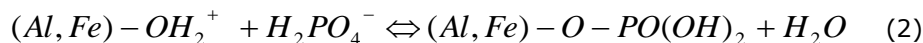


Fig. 7-5. Pătrunderea anionului fosfat în sfera de coordinare a atomilor de Fe și Al

În sol acest tip de adsorbție se limitează la suprafețele minerale unde

atomii de O sunt parțial coordinați (suprafețele oxizilor liberi, suprafețele marginale laterale ale mineralelor argiloase) în care are loc ruperea unor legături ca Si-O-Si sau Si-O-Al.

Cei mai mulți cercetători care au studiat problema adsorbției fosforului au precizat faptul că la concentrații reduse fosforul a fost reținut de oxizii hidratați printr-o reacție de sorbție, iar la concentrații ridicate intervine precipitarea [23].

Unii cercetători au menționat prezența unor precipitate formate în urma interacțiunii oxizilor hidratați de Al și Fe cu soluții de concentrații ridicate de P [51].

De asemenea, chimia fosforului din sol și sedimente este puternic influențată de potențialul redox. În condiții oxidative, oxizii și hidroxizii de fier și mangan prezintă importante sit-uri pentru adsorbția fosforului. În plus, se pot forma minerale ce conțin fosfați ferici și manganici (strengit  $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , fosfat trivalent de mangan  $\text{MnPO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ ). În condiții reductoare aceste minerale sunt instabile, are loc dizolvarea și eliberarea fosforului solubil în soluția solului [118].

### 7.2.2 Influența mineralelor argiloase și a suprafeței de contact

Coleman (1944) a fost primul cercetător care a menționat că fixarea fosforului de către mineralele argiloase se datorează conținutului în aluminiu al acestora.

Ulterior această mențiune a fost susținută și de alți cercetători. Ei susțin că ionii de Al implicați în procesul de fixare a P pot proveni din pozițiile de schimb sau chiar din rețea. S-a demonstrat că interacțiunea soluțiilor fosfatice cu mineralele argiloase de tip caolinitic are ca rezultat o disociere a cationilor de aluminiu și a anionilor de siliciu din rețea.

Cercetările efectuate asupra fixării fosforului de către mineralele argiloase au indicat existența a două tipuri de reacții: cea inițială, rapidă și o a doua relativ lentă. Prima reacție a fost atribuită unui proces de schimb al ionilor  $\text{OH}^-$  de pe suprafața mineralelor argiloase cu ionii fosfat din soluție, în timp ce reacția lentă a fost atribuită unei pătrunderi treptate a P în rețeaua mineralelor, cu înlocuirea ionilor  $\text{OH}^-$  interni și ulterior descompunerii rețelei cu formarea unui precipitat de fosfat de Al și Fe [54].

Haseman și colab.(1950), citați de aceeași sursă, consideră că cele două stadii aparțin aceluiași tip de reacție, a fosfatului cu ionii de Al și Fe disponibili în zonele superficiale (reacția rapidă) sau eliberați în timpul descompunerii mineralului argilos (reacția lentă) [43].

În timpul stadiului inițial de fixare a P în solurile acide se pot forma minerale de tip palmerit, dacă există o cantitate suficientă de K,  $\text{NH}_4$ , Na în soluție. În absența acestora, sau în condițiile unei concentrații reduse vor rezulta minerale de tipul variscitului și strengitului. Solubilitatea acestor minerale este relativ redusă, fiind considerate surse slabe de fosfor în comparație cu produșii inițiali amorfii de la care derivă prin cristalizare și deshidratare.

Cercetările au demonstrat că argilele sau mineralele argiloase saturate cu cationi bivalenți ( $\text{Ca}^{2+}$ ), adsorb cantități mai mari de P decât cele saturate în cationi monovalenți.

Fenomenul de adsorbție a fosfatului pe mineralele argiloase este influențat de o serie de factori, mai importanți fiind pH-ul și natura peliculelor existente pe suprafețele acestor minerale.

Adsorbția ionilor pe particulele solului și precipitarea unor compuși fosfatici în sol constituie cele două căi principale prin care componenții mineralogici ai

fracțiunii argiloase exercită o influență negativă asupra mobilității ionilor de fosfat în sol și deci asupra accesibilității lor pentru plante. Pe lângă alți factori, diversitatea chimică și mineralogică a acestor compuși anorganici face ca fenomenul de retenție a ionilor fosfat de către sol să difere considerabil de la un tip de sol la altul.

Olsen și Watanable (1957) [119] folosind izotermele Langmuir pentru a determina capacitatea de adsorbție a fosforului la câteva soluri acide și alcaline, au găsit o corelație directă între această capacitate și suprafața de contact în cazul solurilor acide.

Acești autori au relatat că solurile acide au reținut mai mult P pe unitatea de suprafață și cu o energie de legătură mai mare decât solurile alcaline utilizate în experiment.

Alți autori au raportat corelații pozitive între fosforul adsorbit și argilă sau suprafața de contact [119].

Aceștia au relatat, de asemenea, că oxizii liberi de fier și aluminiu se asociază cu P. Corelațiile semnificative între adsorbția P și argilă se datorează prezenței speciilor de oxizi amorfi de Fe și Al în fracțiunea de argilă [120].

Câțiva cercetători au stabilit că reacția de adsorbție a fosforului pe suprafața argilei constă din două etape. Prima etapă este una rapidă, completă după doar 24 de ore, următoarea este lentă și continuă pe o perioadă de câteva săptămâni. A doua etapă este semnificativă în condiții acide deoarece implică disocierea aluminiului de pe suprafața rețelei de argilă și se formează cristale de  $AlPO_4$ . Pe de altă parte, la pH mai mare de 7, reacția de adsorbție este esențială și completă în timp de 24 de ore [35].

### 7.2.3 Influența compușilor carbonatici

Efectele calciului extractibil și a carbonatului de calciu asupra adsorbției P au fost îndelung cercetate. Unii cercetători au stabilit că adsorbția P crește în solurile acide. Ei atribuie această capacitate de adsorbție crescută pe seama formării compușilor insolubili Ca-P.

S-a demonstrat că prin creșterea concentrației de Ca se reduce concentrația P din soluție în timp ce scăderea concentrației de Ca din soluție determină creșterea concentrației de P în soluția solului. Aceste schimbări sunt determinate de valoarea produsului de solubilitate a fosfaților de calciu.

Fitter și Sutton (1975), [119], au determinat că în solurile neutre și calcaroase conținutul de calciu schimbabil este corelat cu exponentul activității de adsorbție generat de ecuația Freundlich. În solurile acide acest exponent este corelat cu conținutul de Al schimbabil. Calciul schimbabil permite deci o asociere chimică între P și Ca. Această asociere reprezintă un mecanism important de retenție a P.

Freeman și Rowell (1981), [119] folosind microscopia electronică au evaluat efectul concentrației fosforului asupra calcitului. La concentrații scăzute de P (<5 mg P/l) nu au fost observate distorsiuni ale suprafeței calcitului care să indice o ușoară retenție a fosforului. Crescând concentrația de P, suprafața calcitului a prezentat formațiuni Ca-P evidente. Se pare că această acoperire incompletă se datorează împiedicării sterice a moleculelor de P și forțelor de repulsie dintre P adsorbit pe suprafața activă a carbonatului și P din soluție.

Analizele privind retenția și mobilitatea P în solurile calcaroase au arătat că atât adsorbția cât și precipitarea au loc, dar nu este ușor să se distingă între cele

două mecanisme. Produsele principale al acestor reacții sunt fosfatul dicalcic ( $\text{CaHPO}_4$ ) și fosfatul octocalcic ( $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{OH})_2$ ) [120], care se pot interconverti după ce se formează.

Conversia hidrolitică a fosfatului dicalcic în fosfat octocalcic are loc mai ales dacă formarea fosfatului dicalcic este urmată de o tranziție amorf-cristalină în fază solidă. De asemenea are loc un proces ciclic în care fosfatul octocalcic îl reformează pe cel dicalcic, cu formare de hidroxiapatită ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ).

Reacțiile de adsorbție ale fosfatului pe hidroxizii de fier și aluminiu sunt foarte mult afectate de cationii de calciu în solurile acide și în cele calcaroase. Rietra și colaboratorii [123] au descris un efect sinergic al calciului și fosfatului asupra goetitului. Ei au observat că mai mult fosfat este adsorbit în prezența calciului decât în absența lui și mai mult calciu este adsorbit în prezența fosfatului. Acest efect se explică prin reducerea sarcinii pozitive de la suprafață datorită adsorbției fosfatului și deci e o mai slabă repulsie pentru ionii pozitivi de calciu. Totuși, suprafața catalizează precipitarea fosfatului de calciu chiar înaintea saturării, dar formarea complexilor ternari de suprafață nu poate fi eliminată. Informațiile de la nivel molecular pentru o înțelegere completă a acestui mecanism de sorbție sinergică încă lipsesc.

În solurile calcaroase fosfatul poate fi sorbit la suprafața  $\text{CaCO}_3$  sau poate fi precipitat diferit pe suprafața mineralelor [10]. Capacitatea de sorbție a fosforului este finită și variază funcție de conținutul de argilă din sol, tipul de argilă, conținutul de materie organică, concentrația ionilor de Al, Fe, Ca interschimbabili și de pH-ul solului. Când conținutul de argilă crește, capacitatea de sorbție a fosforului crește. Solurile nisipoase au cea mai scăzută capacitate de sorbție.

### 7.3 Retenția fosforului de către compușii organici ai solului

Au fost determinate asocieri între materia organică și adsorbția fosforului de către o serie de autori. Aceștia au sugerat că o asociere și stabilizare a oxizilor liberi de Al și Fe cu materia organică poate fi mecanismul care controlează creșterea adsorbției fosforului.

Materialul humic, resturi ale biotei terestre, nu reprezintă o sursă importantă de P, dar au un efect de mobilizare a P în subteran.

Constanta de afinitate și capacitatea de adsorbție a solurilor pentru P se reduce prin aplicarea de amendamente organice, mai ales îngrășăminte. Aceasta se datorează competiției pentru locul de fixare a P de către acizii organici și/sau complexul de componente ce conțin Al sau Fe extractibil. Ultimele, cel puțin parțial, sunt puse pe seama sulfatilor și a fluorurilor conținute de îngrășăminte, ambele fiind agenți de complexare pentru Al și Fe.

Concentrația ridicată de acizi organici poate forma legături complexe cu fosforul și limitează nivelul de fosfor sorbit. Fosforul sorbit în sol nu e neapărat singura formă de fosfor din sol. Natura materialului parental al solului și gradul său de alterare determină un conținut nativ de fosfor în sol. Nivelul normal al fosforului total din soluri este de 100-3000 mgP/kg [39]. Cea mai importantă sursă de fosfor din sol este mineralul primar numit *apatită* [156].

Rolul acizilor organici în scăderea adsorbției fosforului nu poate fi atribuit doar pe seama formării chelaților de fier și aluminiu [180]. Un mecanism adițional poate fi considerat cel al eliberării fosfatului, sulfatului, fluorului și calciului datorită descompunerii reziduale. Sulfatii și fluorul formează complecși cu fierul și aluminiul.



Calciul poate forma compuși solubili cu fosforul din soluția solului prevenind adsorbția fosforului. Grupările carboxilice (COOH) ale acizilor organici reacționează puternic cu site-urile de adsorbție a fosforului făcând aceste site-uri mai puțin accesibile pentru fosfor [58].

#### 7.4 Influența umidității asupra mobilității ionilor fosfat

Umiditatea influențează procesele de desorbție (dizolvare) și de difuziune a fosforului în sol și implicit nutriția plantelor cu acest element, prin trei mecanisme fizico-chimice concrete. *Primul* dintre acestea este legat de *rolul apei ca solvent* al fosfaților minerali mobilizabili, de la suprafața particulelor de sol. Din cauza faptului că în sol permanent acești fosfați mobilizabili au o solubilitate finită, cantitatea de fosfor solubilizată variază proporțional cu apa utilă din sol (diferența dintre capacitatea pentru apă a solului și coeficientul de ofilire).

*Celelalte două mecanisme* care influențează nutriția cu fosfor datorită umidității din sol se bazează pe *difuzia ionilor* de fosfat în sol. Într-un mediu heterogen polifazic, așa cum este solul, alături de faza apoasă prin care ionii difuzează relativ ușor se găsește și o fază solidă cu o anumită dispunere, prin a cărei substanță ionii difuzează mai mult sau mai puțin, coeficienții de difuziune având o expresie mai complexă decât în cazul soluțiilor apoase diluate [8], de tipul:

$$D_s = D_a \cdot v \cdot f \cdot \frac{I}{Q} + r_c \quad (3)$$

În care:  $D_s$  = coeficientul de difuziune a ionului  $H_2PO_4^-$  în sol ( $cm^2/sec$ )

$D_a$  = coeficientul de difuziune a ionului  $H_2PO_4^-$  în apă ( $= 8,9 \cdot 10^{-6} cm^2/sec$ , la  $25^\circ C$ )

$v$  = conținutul volumetric de apă în sol (câte părți din volumul solului este ocupat de apă)

$f$  = factorul de impedanță a parcursului de difuziune a ionilor în sol, dependent de așezarea matricială a părții solide și de fracția volumetrică a apei din sol

$I$  = concentrația ionului  $H_2PO_4^-$  în faza lichidă a solului ( $g\ ion/cm^3$ )

$Q$  = conținutul de ion fosfat difuzibil în faza solidă a solului ( $g\ ion/cm^3$ )

$r_c$  = constantă care înglobează efectele specifice ale însușirilor generale ale solului asupra chimismului ionului fosfat în faza solidă a solului. În cazul ionului  $H_2PO_4^-$  aflat în soluri cu textură mijlocie constanta  $r$  este atât de mică încât poate fi neglijată.

Din formulă este important de reținut că la fiecare stare de umezeală a solului coeficientul de difuziune a ionului monofosfat depinde direct proporțional de raportul  $I/Q$  dintre concentrația acestuia în soluție și conținutul formelor mobile, difuzibile, ale substanțelor care generează acest ion în sol. La fiecare stare de umezire, coeficientul de difuziune este proporțional cu mobilitatea în sol a substanței sau ionului în cauză. Rezultă că umiditatea influențează difuzia fosforului în sol atât direct prin conținutul volumetric de apă, cât și mijlocit de factorul de impedanță  $f$  și de raportul  $I/Q$  pe care îl modifică [8].

Fluxul de ioni fosfat exprimat în  $mPO_4/cm^2 \cdot sec$ , perpendicular pe direcția de difuziune va fi egal cu produsul dintre coeficientul de difuziune și gradientul de concentrație:

$$Fl_{H_2PO_4^-} = -D_s \frac{\Delta P}{\Delta d} = -\frac{mPO_4}{cm^2 \cdot sec} \quad (4)$$

Influența pozitivă a umidității și a temperaturii asupra nutriției cu fosfor a culturilor de câmp se constată atunci când umezirea solului este inferioară capacității pentru apă. Umezirea excesivă a solului, peste capacitatea sa pentru apă, duce la înrăutățirea nutriției cu fosfor datorită proceselor de reducere care afectează modul de asociere cu cationii din sol. Asocierea ionilor de fosfat cu formele reduse de fier și de mangan care apar în solurile excesiv umezite, rezultă într-o desorbție (solubilizare) redusă a fosforului în soluția solului, în timp ce diminuarea absorbției acestor ioni în rădăcinile insuficient asigurate cu oxigen nu mai întreține gradientul de concentrație necesar pentru stimularea difuziei fosforului în sol [9].

Creșterea mobilității fosfaților în prezența umidității se poate explica prin creșterea difuziei și dizolvării ionilor fosfat datorită apei ca solvent al fosfaților minerali de la suprafața particulelor de sol. Lipsa umidității și uscăciunea reduc fluxul difuzibil al anionilor de fosfat, iar excesul de apă datorat predominanței proceselor de reducere ionică afectează nivelul asocierii cationilor cu fosfații așa încât atât în solurile slab umezite, cât și în cele excesiv umezite, desorbția și solubilizarea fosforului în soluția solului sunt extrem de reduse [147]. De acest mediu extrem al stărilor de umiditate depinde nutriția cu fosfor a culturilor.

Procentul și nivelul de transformare a fosforului organic și anorganic în solurile umede sunt modificate datorită condițiilor aerobe și anaerobe intermitente. În condiții aerobe solubilitatea fosforului, asociată cu compuși amorfi și sescvioxizi de Al și Fe, poate crește, dar fosforul asociat cu oxizi cristalini de Al și Fe este desorbit doar în condiții prelungite de îmbibare cu apă. Complecșii Al-P nu sunt afectați de reacțiile de oxido-reducere determinate de condițiile aerobo-anaerobe, pH-ul și cantitatea de materie organică putând să influențeze solubilitatea acestor forme de fosfor. Cu toate acestea specificitatea ferului tinde să domine dinamica solubilității fosforului în multe soluri umede.

## 7.5 Influența temperaturii asupra mobilității ionilor fosfat

Mecanismele prin care temperatura influențează desorbția și difuzia ionilor fosfat în sol și nutriția cu fosfor a plantelor sunt multiple. Ecuația Stokes-Einstein descrie o parte din factorii care intervin în exprimarea acestei dependențe și anume exprimă coeficientul de difuziune a ionului fosfat funcție de temperatură, vâscozitatea mediului de difuziune și raza ionului hidratat (ecuația (5)):

$$D_a = \frac{K \cdot T}{6\pi \cdot r \cdot \eta} \quad cm^2/sec \quad (5)$$

În care  $K$  = constanta lui Boltzman (=  $1,38 \cdot 10^{-16}$  ergi/°K)

$T$  = temperatura (grade Kelvin)

$r$  = raza ionului hidratat în  $cm^{-8}$

$\eta$  = vâscozitatea mediului de difuziune în poise (1 poise = g/sec·cm)

Din această relație reiese că temperatura influențează mărimea coeficientului de difuziune a ionilor în apă, datorită modificării vâscozității, care

scade odată cu creșterea temperaturii.

Din expresia matematică a modificării energiei libere standard,  $\Delta F^0$  în procesul desorbției ionilor  $H_2PO_4^-$  de pe coloizi este:

$$\Delta F^0 = RT \ln a_{H_2PO_4^-} \quad (6)$$

În care  $R$  = constanta universală a gazelor (1,986 cal/ $^0K \cdot mol$ )

$T$  = temperatura în scara absolută

$\ln a_{H_2PO_4^-}$  = logaritmul natural al activității ionului monofosfat

→ se poate deduce că:

$$-\ln \frac{\Delta F^0}{2.3RT} = pa_{H_2PO_4^-} \quad (7)$$

Micșorând logaritmul negativ al activității ionului  $H_2PO_4^-$  la creșterea temperaturii însemnând, de fapt, creșterea activității acestui ion în soluția solului, are loc intensificarea mobilității (dată de raportul I/Q), iar în final și a coeficientului  $D_s$  de difuziune a ionului  $H_2PO_4^-$  în sol.

Umiditatea și temperatura solului au o influență pozitivă asupra nutriției cu fosfor a culturilor. Când aceste însușiri ale solului sunt la niveluri superioare celor optime pentru specia și fenofaza culturii, absorbția și metabolizarea fosforului și celorlalte elemente nutritive în plante intră în declin datorită unor procese fizice, chimice și biologice care se intensifică în aceste condiții [8].

Prin creșterea temperaturii din sol se mărește fluiditatea soluției solului, capacitatea acesteia de a desorbi și acumula fosfați de pe particulele de sol, se modifică energia reacției, tendința de eliberare a anionilor fosfatici de pe coloizi este mai mare, crește implicit activitatea anionului monofosfat în soluția solului, condiții ce favorizează mobilitatea, accesibilitatea și chiar absorbția fosforului de către plante [147].

Desorbția de pe coloizi, difuzia din soluția micelară în cea intermicelară și absorbția ionilor de fosfat în plante se intercondiționează reciproc.

În domeniul de valori inferioare celei optime pentru cultură și fenofază, influența pozitivă a temperaturii asupra nutriției cu fosfor a culturilor se exercită prin intermediul coeficientului de difuziune care variază proporțional cu temperatura solului și invers proporțional cu vâscozitatea apei, care se micșorează pe măsură ce crește temperatura dar și prin procesul desorbției ionilor de fosfat de pe coloizi, proces a cărui intensitate crește odată cu temperatura [8].

Mobilizarea fosforului în sol depinde de o serie de procese:

- Deplasarea spre dreapta a echilibrului în reacțiile de desorbție a ionilor fosfat din sol prin îndepărtarea acestora din soluția solului și legarea lor în compuși organo-fosforici;
- Solubilizarea directă a fosfaților asociați în sol cu aluminiu, fierul și calciu de către acizii organici ajunși în sol prin rădăcini;
- Efectul de protonare a coloizilor din solurile saturate cu baze de către dioxidul de carbon din respirația rădăcinilor;
- Activitatea enzimelor fosfatazice care acționează asupra compușilor minerali și organici ai fosforului din sol.

## 7.6 Mobilitatea fosforului în sol

În ceea ce privește mobilitatea fosforului din soluri, au loc două mecanisme

diferite care se pot desfășura simultan sau la o distanță scurtă în timp.

Mai întâi fosforul legat de particule sau agregatele din sedimente trebuie mobilizat prin transformarea sa în fosfați dizolvați (fosfați primari) din apa interstițială.

Al doilea proces este cel de transport al fosfaților dizolvați.

Cele mai importante procese de mobilizare a fosfaților sunt: desorbția, dizolvarea, mecanismul de schimb a ligandului și hidroliza enzimatică. Toate aceste procese sunt influențate de o serie de factori, dintre care cei mai importanți sunt potențialul redox, pH-ul și temperatura.

Mecanismul esențial de transport este difuziunea, turbulența indusă de vânt, bioturbiditatea și convecția gazelor. Dizolvarea controlată redox și difuziunea sunt considerate ca fiind mecanismele dominante de eliberare a fosforului.

**Tabel 7-3. Efectele principalilor indicatori de mediu asupra mobilității fosforului**

Indicatori de mediu	Efectul asupra mobilității fosforului
Potențialul redox	Legătura Fe-P este ruptă la potențiale sub 200 mV când Fe (III) este redus la Fe (II).
pH	O creștere a pH-ului determină scăderea capacității de legare a P de compușii cu Fe și Al, în primul rând datorită reacției de schimb de ligand când ionii hidroxid înlocuiesc fosfatul. Formarea calcitului și a apatitei la pH ridicat determină creșterea capacității de legătură a P pentru Ca.
Temperatura	Creșterea temperaturii are în primul rând efecte indirecte datorită creșterii activității bacteriene, care determină creșterea consumului de oxigen și scăderea potențialului redox și a valorii pH-ului. În consecință crește producția de enzime care determină fixarea fosfatului și a agenților de chelare.
Criteriul echilibrului	Afectează adsorbția – desorbția și disocierea precipitatelor.
Agenții de chelare	Înlocuiesc fosfații din săruri cu calciu, fier și aluminiu. Agenții de chelare pot fi produși de către bacterii și alge sau pot provenii din poluanți.

**Tabel 7-4. Exemple teoretice despre cum pot factorii de sol să afecteze transferul și mobilitatea fosforului [53]**

Factor	Efect	Risc
Nivelul ridicat de P	Potențial de transfer al P ridicat	Crescut
Nivelul ridicat de Ca, Al sau Fe	Precipitare a P, cu șanse slabe de transfer în soluția solului.	Scăzut
Teren saturat cu apă – condiții pentru procese de reducere	P precipită cu Fe și precipitatul este mobilizat în soluție	Ridicat
Nivel ridicat de materie organică	P este imobilizat	Scăzut
Adaosul de oxid de calciu determină creșterea pH-ului	Pentru pH > 6, P este adsorbit de oxizii de Fe și Al; La pH < 5, P este adsorbit de Fe și	Scăzut; Ridicat (pH între 5-6)

	oxizii de Fe, dar efectul pH-ului nu este așa ușor de descris	
Conținut ridicat de argilă	Drenajul vertical insuficient, șansa ridicată de alunecare a terenului; Capacitate ridicată de sorbție a P	Ridicat Scăzut

## 7.7 Starea de asigurare cu fosfor a solurilor

Zestrea de fosfor în stratul arat al solurilor depinde de conținutul de fosfor din roca mamă pe care a evoluat solul, de tipul, durata și particularitățile de desfășurare a proceselor pedogenetice, vechimea și modul de folosință agricolă, sistemul de agricultură și de aplicare a îngrășămintelor. Datorită mării complexități a condițiilor în care s-au format și au evoluat solurile noastre, este dificilă stabilirea unor reguli de incidență a conținutului total actual de fosfor în stratul arat al solurilor.

Totuși, analizând o serie de alți factori care intervin în stabilirea *conținutului total de fosfor în stratul arat*, se poate aprecia că acesta:

- Scade în următoarea ordine a tipurilor genetice de sol: cernoziom tipic > cernoziom cambic > preluvosol roșcat > luvosoluri > luvosoluri albice [8].
- Scade odată cu reducerea conținutului de argilă [8].
- Crește în următoarea ordine a rocilor parentale: pietrișuri cuarțitice < nisipuri < calcare < marne calcaroase < argile < loess – și în cazul rocilor sedimentare în ordinea: riolit < granit < andezit < sienit < diorit < bazalt [8].
- Crește prin aplicarea rațională a îngrășămintelor.
- Scade odată cu intensificarea și durata de acțiune a eroziunii de suprafață.

În procesul de solificare are loc o îmbogățire în fosfor a orizontului de bioacumulare pe seama orizonturilor subiacente și a rocii mamă.

Conținutul de fosfor din fosfații minerali reprezintă 35-75% din fosforul total al solurilor. Această rezervă a fosfaților minerali este repartizată în fosfați ocluzi (P-Al, P-Fe) în proporție de 10-20% și fosfați neocluzi (P-Al, P-Fe, P-Ca) în proporție de 25-50% din totalul cantitativ al acestora [147]. Fosfații minerali mobilizabili (neocluzi) care vin în contact cu soluția solului (datorită poziției lor la suprafața particulelor și agregatelor structurale) pot să alimenteze această soluție prin desorbție, dizolvare și difuziune cu ioni fosfat.

### 7.7.1 Repartiția fosforului în solurile din Banat

După Gh. Ianoș, din punct de vedere litogenetic, solurile din Banat s-au format pe loessuri în partea de nord-vest, pe materiale fluvio - lacustre intercalate cu depozite loessice în partea centrală, pe depozite fluviatile în lunci și pe diferite alte materiale provenite din dezagregarea și alterarea rocilor metamorfice și a celor eruptive, în zona estică.

Conținutul total de fosfor în solurile din Banat variază [65] în raport cu tipul de sol, reacție, textură și adâncime, situându-se în medie între 0,03 și 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> în stratul arabil și între 0,02 și 0,16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sub acesta, până la aproximativ 80 cm.

La nivelul anului 1975 O. Dejeu întocmește o cartogramă a stării de aprovizionare a solurilor din Banat, în funcție de cifra lui Riehm (figura 7-6).

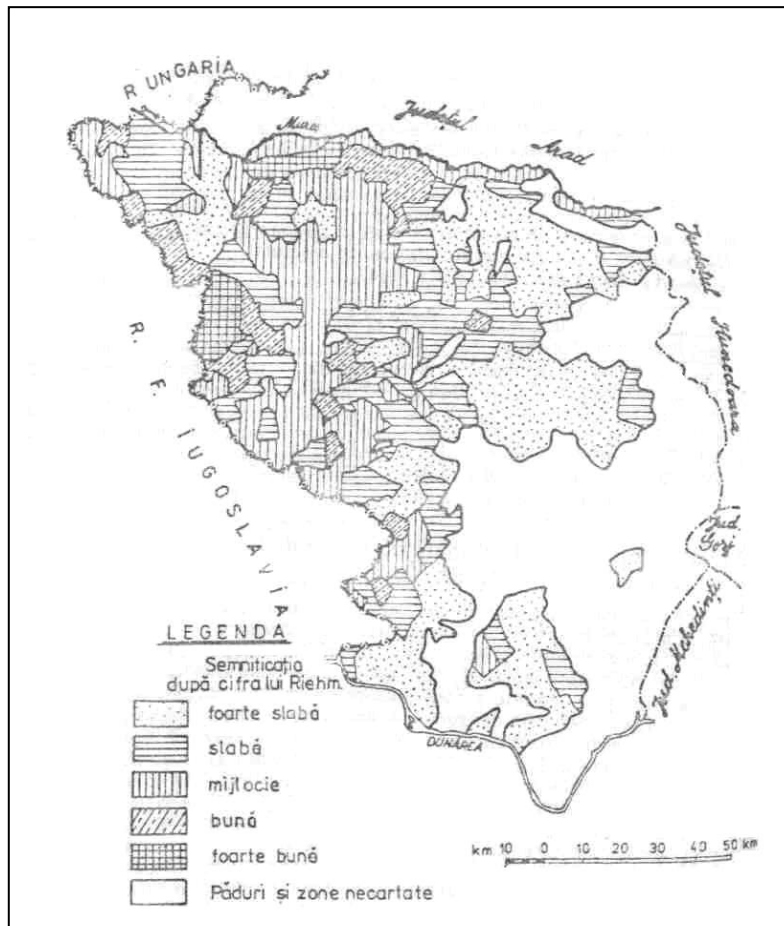


Fig. 7-6. Starea de aprovizionare cu fosfor a solurilor din Banat (1975)  
adaptat după O. Dejeu, preluat de Ianoș

Prima cartare agrochimică a solurilor din Banat [67] evalua solurile agricole din Banat cu un nivel redus de aprovizionare cu fosfor mobil la circa 150.000 ha.

Ianoș estimează că rezerva totală de fosfor pe adâncimea 0-20 cm variază între 5,75 t/ha (pe cernoziomuri) și 0,86 t/ha (pe luvosoluri), iar pe adâncimea de 0-100 cm, de la 25 t/ha (pe cernoziomuri) la 3t/ha (pe luvosoluri).

În mod curent în cazul cercetării agrochimice a solurilor agricole se determină fosfații mobili, reprezentați de ionii monofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) și difosfat ( $HPO_4^{2-}$ ) care de obicei sunt reținuți pe suprafața particulelor de sol în asociere cu sescvioxizii, cu alte minerale care intră în componența argilei ori cu ionii de calciu și magneziu. Astfel, fosfații mobili vin în contact cu soluția solului și determină concentrații în ioni fosfatici a acesteia.

Dacă ne raportăm la nivelul anului 1993, când Gh. Ianoș studia problema repartiției fosforului mobil în solurile agricole ale Banatului, acesta preciza că din 846.060 ha cercetate, 290.174 ha (34,3%) reprezintă terenuri cu o stare de aprovizionare a solurilor cu fosfor în primii 20 cm, slabă și foarte slabă și 297.508 ha

(35,2%), cu o stare de asigurare a solurilor cu fosfor, bună și foarte bună. Restul de 30,5% din suprafață, respectiv 258.378 ha reprezintă soluri cu o stare de asigurare cu fosfor mijlocie.

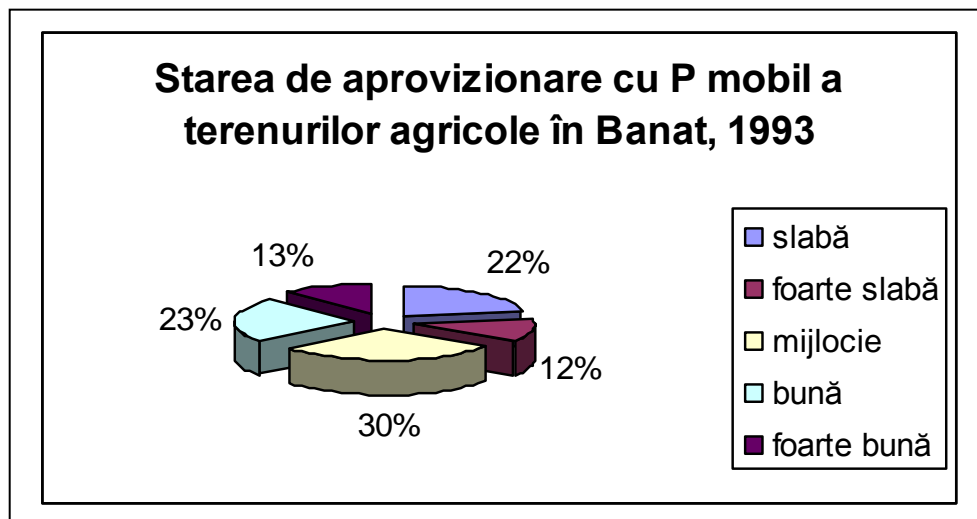


Fig. 7-7. Starea de aprovizionare cu fosfor mobil a terenurilor agricole din Banat

Pe folosințe, tot la nivelul anului 1993, starea de aprovizionare cu fosfor mobil este următoarea:

- Terenurile cu folosință arabilă cu aprovizionare mijlocie, bună și foarte bună sunt mai extinse cu 1-3% în defavoarea celor slabe și foarte slabe;
- Terenurile cu pășuni și fânețe prezintă o aprovizionare foarte redusă și redusă;
- Livezile prezintă o aprovizionare foarte bună într-un procent ușor mai mare;

Citându-l pe Gh. Ianoș se poate spune că unele recolte nesatisfăcătoare și fluctuante de la an la an ce se obțin sunt legate atât de ponderea mare (1/3) a solurilor insuficient aprovizionate cu fosfor cât și de dispoziția foarte mozaicată a acestor areale.

Tot Ianoș și colab, întocmește o cartogramă a fosforului în Banat, precizând că "din suprapunerea intervențiilor fertilizante, foarte eterogene ca timp și cantitate, peste un nivel fosfatic eterogen genetic, rezultă o situație foarte variată a stării de aprovizionare cu fosfor", prezentată în figura 7-8.

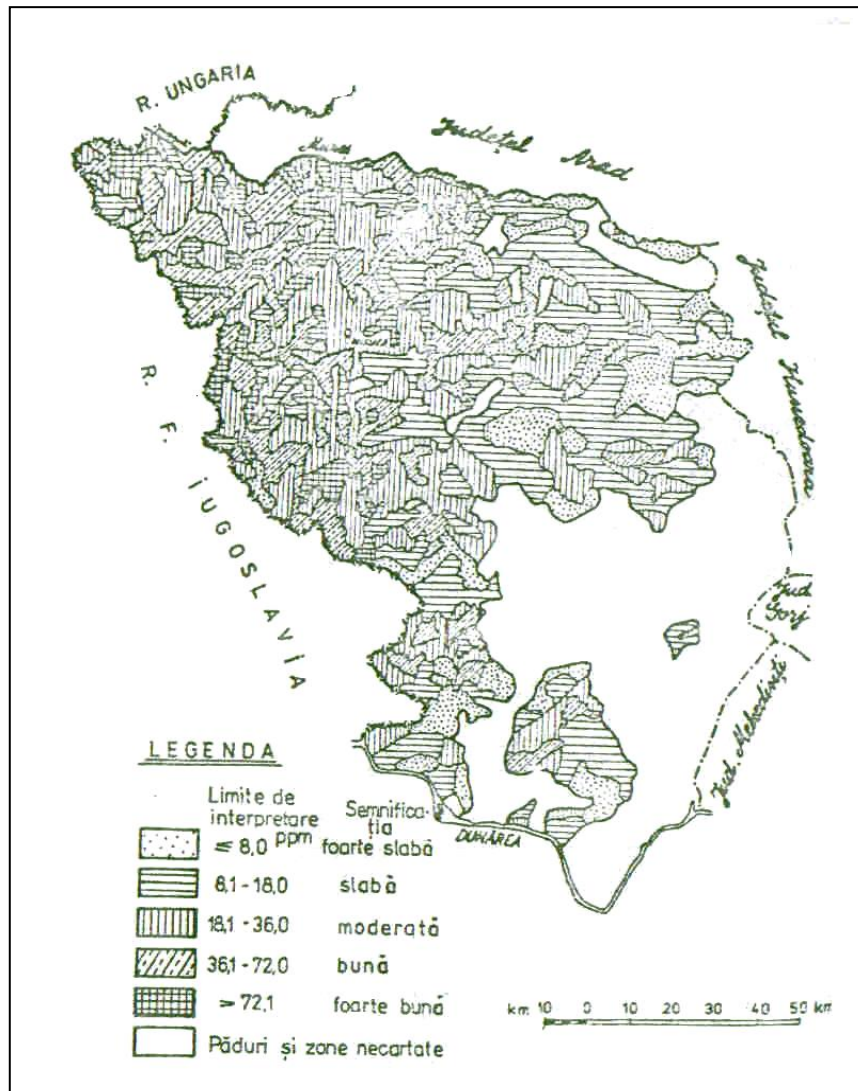


Fig. 7-8. Starea de aprovizionare cu fosfor a solurilor din Banat (1993) după Gh. Ianoș

Din analiza figurii referitoare la starea de aprovizionare cu P prezentată anterior se poate observa, așa cum am subliniat, că predomină starea de aprovizionare cu fosfor a solurilor agricole slabă, foarte slabă (sub 18 ppm) și medie (18,1-36,0), așa cum reiese și din graficul alăturat.



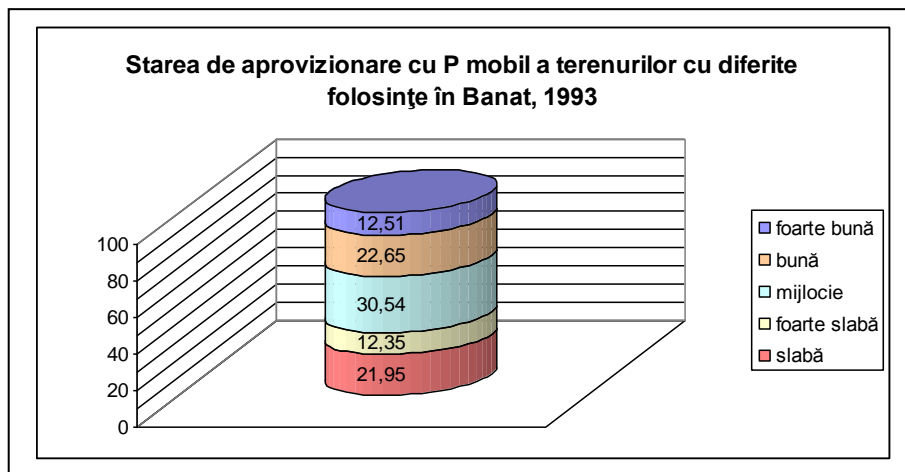


Fig. 7-9. Starea de aprovizionare cu fosfor mobil a terenurilor din Banat

De asemenea, analizând figura 7-8 se observă că zona vestică și centrală a Banatului prezintă arealele cu cele mai ridicate niveluri de aprovizionare cu fosfor. Pe lângă o fertilizare mai intensă aplicată aici, aceste soluri au prezentat și un regim fosfatic nativ mai sporit, bazat pe conținuturile mai mari de fosfor în rocile pe care s-au format. Se știe că vestul Banatului, ca și partea centrală a Europei de care se leagă, a funcționat ca o vastă arie depresionară ce a fost acoperită încă din terțiar de un extins domeniu marin [67].

I. B. Ruhin (1966) citat de Ianoș explică formarea depozitelor fosfatice din zonele maritime sau lagunare de adâncime prin acumulări de plancton în zonele pelagice. Fosforul conținut în plancton trece astfel în soluție, mai ales datorită conținutului mare de dioxid de carbon. Spre sfârșitul pontianului și până în pliocen, când a scăzut nivelul apelor Lacului Panonic, și totodată a scăzut concentrația de dioxid de carbon, precipitau pe fundul bazinului lacustru anumite cantități de săruri oxigenate de fosfor a căror solubilitate este determinată în întregime de cantitatea de  $\text{CO}_2$  dizolvat.

La începutul cuaternarului, prin depunerea prafurilor loessice peste partea centrală și de vest a Banatului, s-au creat condițiile de fixare a fosforului prin intermediul punților realizate de cationii de calciu între anionii fosforici și complexele coloidale argilo-humice.

Toate acestea determină niveluri de aprovizionare cu fosfați mobili mai mari în câmpie, cu tendințe de scădere a lor înspre zonele piemontane și montane. Aceasta este una din cauzele datorită căreia nivelul fosforului în solurile perimetrului Bistra este redus.

Se știe că solubilitatea îngrășămintelor fosfatice este influențată de tipul de climat (mai ales cantitatea de precipitații) și nivelul freatic. Ridicarea fertilității fosfatice trebuie să reprezinte o măsură de prim ordin pentru că trebuie avută în vedere scăderea anuală a conținutului de fosfor ca urmare a extragerii lui de către recolte.

### 7.7.2 Starea de încărcare cu fosfor mobil a solurilor din bazinul Bistra, județul Caraș-Severin

Studii ample cu privire la repartitia fosforului în solurile bazinului hidrografic Bistra nu s-au realizat, de aceea consider de interes această temă. Totuși, din datele înregistrate pentru județul Caraș-Severin, situația calității solurilor agricole privind asigurarea cu P mobil, situația este următoarea (tabel 7-5):

**Tabel 7-5. Situația calității solurilor agricole privind asigurarea cu P mobil pentru solurile din județul Caraș-Severin**

		TOTAL	Foarte slabă și slabă	Mijlocie	Bună	Foarte bună
			Sub 18,0 ppm	18,1-36,0 ppm	36,1-72,0 ppm	Peste 72,0 ppm
Caraș - Severin	Ha	399.620	250.162	80.324	44.358	24.776
	%	100	62,6	20,1	11,1	6,2

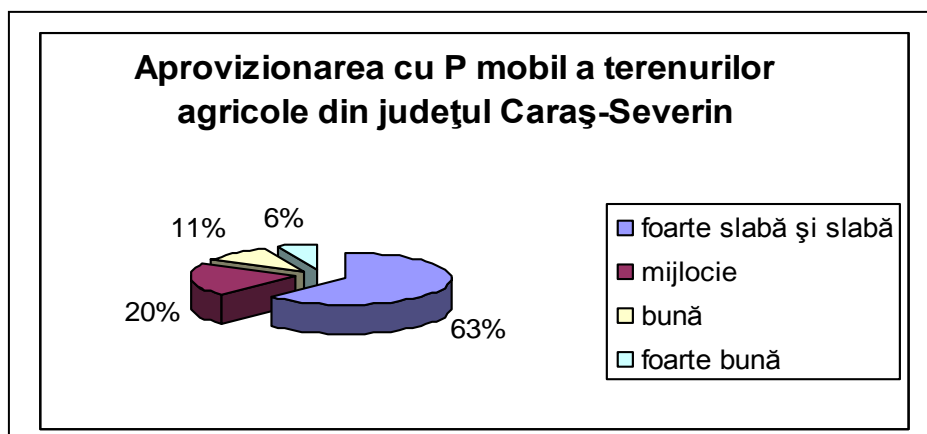


Fig. 7-10. Starea de aprovizionare cu fosfor mobil a terenurilor agricole din județul Caraș-Severin

În cele ce urmează este prezentată starea reală de încărcare cu fosfor mobil a unor tipuri de soluri întâlnite în perimetrul bazinului hidrografic Bistra, date înregistrate la Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice Timișoara, pe parcursul anilor 1988-1994.

**Tabel 7-6. Conținutul de fosfor mobil în solurile slab acide (ppm)**

Eutricambosol			
Orizont	Ao	AB	Bv
Profil 1	42,6	48,6	9,9

Profil 2	13,4	15,5	77,5
Profil 3	141,0	107,7	42,0
Profil 4	189,0	231,2	37,2
Profil 5	34,4	27,2	32,2
Aluviosol			
Orizont	Ao	AC	C
Profil 1	51,9	17,1	23,7
Profil 2	173,0	41,8	20,0
Profil 3	69,7	26,4	13,9
Profil 4	61,8	58,4	30,5
Profil 5	44,8	15,8	27,1

**Tabel 7-7. Conținutul de fosfor mobil în solurile moderat acide (ppm)**

Luvosol tipic			
Orizont	Ao	EI	Bt
Profil 1	4,7	6,7	4,7
Profil 2	6,0	5,4	3,5
Profil 3	8,0	4,1	6,7
Profil 4	8,0	4,7	3,0
Profil 5	8,4	6,1	6,7

**Tabel 7-8. Conținutul de fosfor mobil în solurile moderat acide (ppm) (continuare)**

Luvosol albic			
Orizont	Ao	Ea	Bt
Profil 1	5,4	4,1	6,7
Profil 2	4,1	3,5	3,9
Profil 3	5,4	4,1	6,7
Profil 4	12,2	8,0	8,0
Profil 5	4,1	3,5	2,9

**Tabel 7-9. Conținutul de fosfor mobil în solurile puternic acide (ppm)**

Districambosol			
Orizont	Ao	AB	Bv
Profil 1	4,0	7,3	7,3
Profil 2	3,7	3,5	3,5
Profil 3	3,5	2,9	3,5
Profil 4	4,1	2,9	3,5
Profil 5	3,1	2,5	3,1

Se poate observa din analiza tabelelor 7-6, 7-7, 7-8, 7-9 că în solurile din Bazinul Bistra situația aprovizionării cu fosfor mobil este foarte slabă, cele mai mici scăzute cantități de fosfor se găsesc în solurile puternic acide, date ce coincid cu literatura de specialitate. Aici fosfații suferă fenomenul de imobilizare, datorită reacțiilor determinate de prezența ionilor de Al și Fe.

Aprovizionarea cu fosfor mobil a solurilor din regiunea de vest este

influențată negativ de o serie de procese de degradare a solurilor din zonă. [141].

Sinteza cartărilor agrochimice referitoare la aprovizionarea cu fosfor mobil a solurilor din vestul României arată o pondere mare a nivelelor de asigurare sub optimă (30-35 ppm P<sub>AL</sub>) cu fosfor.

În contextul unei exploatare normale a solurilor, fără aplicare de îngrășăminte fosfatice sau organice, are loc o scădere a conținutului de fosfați mobili în stratul arat. Aceasta se realizează prin consumul de fosfor pentru formarea recoltelor și printr-o evoluție termodinamică, ca urmare a unor procese fizice și chimice complexe care determină scăderea energiei libere a fosfaților.

Scăderea conținutului de fosfați mobili prin adsorbția fosforului în plante și prin stabilizarea formațiunilor de fosfați la suprafața particulelor de sol este compensată în parte prin procesele biochimice de mobilizare, alimentate energetic de substanțele organice care rămân în sol ca resturi vegetative [67].

Din analiza datelor ce au rezultat din următoarele cartări agrochimice se observă o reducere continuă a suprafețelor cu soluri slab și foarte slab aprovizionate cu P în favoarea celor bine și foarte bine aprovizionate. Mozaicarea mare a stărilor de aprovizionare cu fosfor mobil la nivelul ultimului ciclu agrochimic (figura 7-8), cât și asocierea unor regimuri fosfatice foarte ridicate alături de altele foarte scăzute confirmă că nu peste tot îngrășămintele cu fosfor au fost administrate în decursul anilor corect. Mai mult, an de an au fost fertilizate terenuri deja bine aprovizionate cu fosfor și au fost neglijate, perioade îndelungate, terenurile cu o asigurare slabă în fosfor mobil.

Din datele referitoare la evoluția stării fosfatice a solurilor cât și din analiza situației actuale privind starea de asigurare cu fosfor mobil se poate spune că efectul îngrășămintelor cu fosfor aplicate în trecut este limitat în timp. Se constată că în sol nu se pot crea rezerve mari, cu durabilitate lungă de fosfor mobil. Pentru a asigura un nivel de fosfatere optim plantelor este necesară aplicarea de îngrășăminte solubile, dar trebuie ținut cont de textură, reacția solului și de alți factori.

### 7.7.3 Prognoza modificării stării de aprovizionare cu fosfor mobil a solurilor agricole ale Banatului

Conținutul de fosfați mobili în stratul arat se poate modifica atât în sensul creșterii, cât și în cel al diminuării. În ambele sensuri modificările sunt determinate de vegetația cultivată, de condițiile climatice și tehnica agricolă utilizată.

Modificarea în *sens pozitiv* este determinată de:

- Aplicarea îngrășămintelor chimice sau organice;
- Aportul de energie chimică prin substanțele organice secretate de rădăcini ca și prin resturile vegetale care rămân în soluri de la plantele cultivate;
- Translocarea fosforului din orizonturile inferioare ale profilului de sol în stratul arat prin intermediul rădăcinilor plantelor.

Modificările în *sens negativ* sunt determinate de:

- Absorbția fosfaților în plante;
- Migrarea fosfaților în profilul solului;
- Evoluția fosfaților spre forme mai stabile;
- Exportul de fosfor prin recolte.

## 7.8 Fosforul și calitatea apelor de suprafață

Ecosistemul acvatic este considerat ca o unitate de mediu în care este întreținută o comunitate biologică datorită prezenței luminii solare, precum și ciclurilor de substanțe necesare vieții. În ciclul rocilor și a mediului viu, apa este considerată ca reactiv chimic, solvent și mijloc de transport. În fața pericolului care amenință apele precum și ecosistemele, se încearcă să se arate că apele, la fel ca și atmosfera, sunt foarte sensibile la poluarea produsă de om.

În tabelul periodic prescurtat, prezentat în figura 7-11 se dau concentrațiile reprezentative în apa de mare și în apa de râu (în mol/l ca  $-\log M$ ), precum și cele mai importante specii chimice prezente în apă. Speciile din paranteze sunt cele dominante în apa de mare.

Fosforul este prezent sub forma anionilor monofosfat și a fosfaților de magneziu.

H 4.5 H <sub>2</sub> O -1.74 -1.74								He 8.8
Li 6.3 Li <sup>+</sup> 4.6	Be 9.2 BeOH <sup>+</sup> (?)	B 7.0 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , B(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> 3.39	C 4.9 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 2.64 3.0	N 6.3 N <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> 1.97	O 4.5 H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> -1.74 -1.74	F 5.7 F <sup>-</sup> , MgF <sup>+</sup> 4.17 5.3		Ne 8.15
Na 7.7 Na <sup>+</sup> 0.33 3.57	Mg 7 Mg <sup>2+</sup> ; (MgSO <sub>4</sub> ) 1.27 3.77	Al 2 Al(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> 7.1	Si 3.8 H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> 4.15 3.8	P 4 HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; (MgPO <sub>4</sub> ) 5.3	S 6.9 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (NaSO <sub>4</sub> ) 1.55 3.92	Cl 7.9 Cl <sup>-</sup> 0.26 3.66		Ar 6.96
K 6.7 K <sup>+</sup> 1.99 4.23	Ca 5.9 Ca <sup>2+</sup> ; (CaSO <sub>4</sub> ) 1.99 3.42			As 7.5 HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 7.5	Se 4 SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 8.6	Br 8 Br <sup>-</sup> 3.08		Kr 8.6
	Sr 6.6 Sr <sup>2+</sup> 6.6					I 6 I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 6		
	Ba 4.5 Ba <sup>2+</sup> 6.8							

Timp de staționare în ocean  $\log(a)$   
 Specii predominante  
 Concentrația în apa de mare  $-\log M$   
 Concentrația în apa de râu  $-\log M$

Fig. 7-11. Specii chimice prezente în apă

### 7.8.1 Limitarea descărcărilor de P în apă

Fosforul poate pătrunde în apă prin precipitații sau sedimente sau poate fi antrenat prin sedimentare și scurgere. Ceilalți nutrienți importanți, azotul și carbonul au căi de pătrundere mult mai complexe. Azotul de exemplu, poate

pătrunde sub formă gazoasă ( $N_2$ ), iar carbonul difuzează în masa apei în cantitate suficientă pentru realizarea fotosintezei. Diferențele între fosfor, azot și carbon manifestate în metabolismul lacurilor fac ca fosforul să fie alegerea obiectivă pentru controlul eutrofizării. Reducerea cantității de fosfor intrată în masa apei va determina reducerea biomasei algale comparativ cu aceeași reducere a cantității de azot. Mai mult decât atât, reducerea cantității de azot pătrunsă în apă, fără o reducere proporțională a cantității de fosfor, determină un raport N/P scăzut, care favorizează fixarea azotului în detrimentul algelor, dar fără nici o reducere a biomasei de alge.

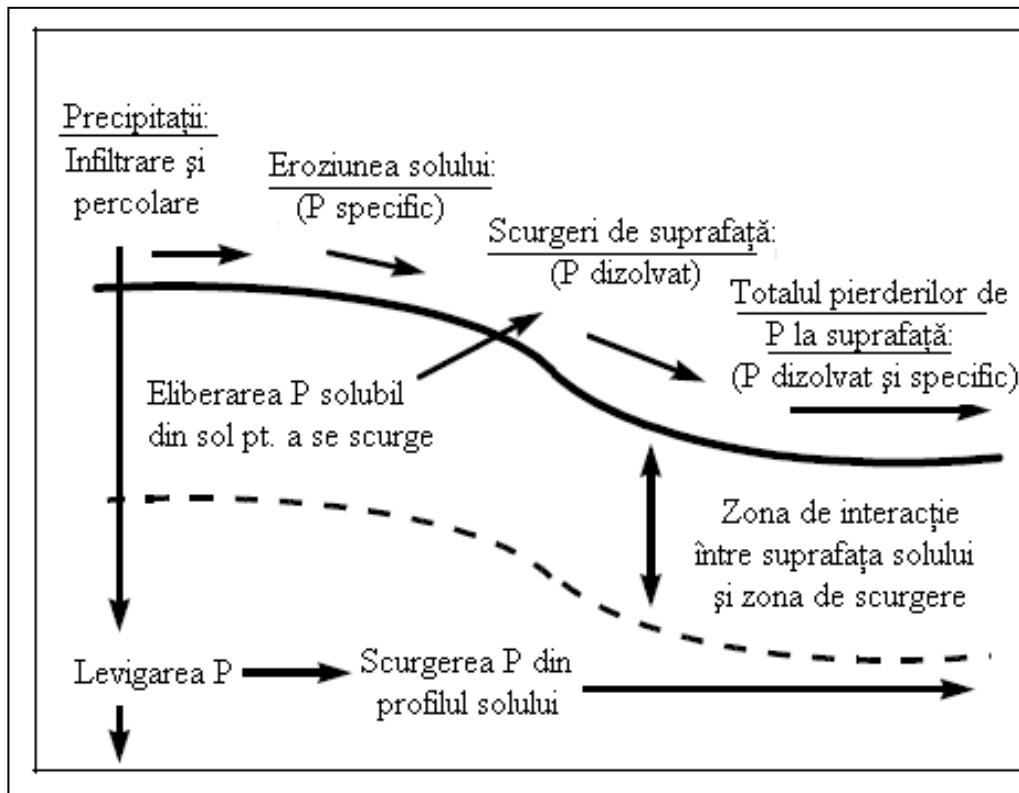


Fig. 7-12. Procese de transformare a fosforului

Sedimentele prezintă un rol esențial în depozitarea, respectiv imobilizarea unor specii chimice, dar și în reintroducerea acestora în circuitul acvatic, funcție de o serie de condiții, cum sunt pH-ul, potențialul redox, etc.

Sedimentele se constituie din materiale insolubile solide transportate de apă, de natură minerală sau organică, rezultate din eroziunea albiei majore și a terenului adiacent de către ape sau ca atare sub formă de precipitații și din substanțele produse de metabolism în mediu acvatic, detritus vegetal și animal, precum și precipitate anorganice rezultate din reacții chimice.

Când există condiții potrivite pentru dezvoltare la interfața apă - sedimente, substanțele conținute în sedimente, inclusiv nutrienții sunt eliberați în masa apei.

Odată cu înaintarea în adâncime, are loc consumarea oxigenului, mai ales în lacurile eutrofizate. Pe măsură ce acceptorii de electroni se consumă, scade potențialul redox. Acesta are tendința să scadă cu creșterea adâncimii. Odată ce se atinge potențialul redox al perechii Fe(III)-Fe(II) (aprox. 120mv, după Kortmann și Rich) se acumulează atât fier feros solubil, cât și fosfați solubili. Dacă potențialul redox continuă să scadă, sulfații se reduc la hidrogen sulfurat (aprox. -75 mV, după Kortmann și Rich) [143], care poate converti fierul și pot reduce permanent capacitatea de legătură a fosfaților prin interacția cu fierul feros și producerea de FeS. Dacă FeS precipită pentru a forma pirită ( $\text{FeS}_2$ ), fierul feros ( $\text{Fe}^{2+}$ ) nu mai este capabil să oxideze fierul feric ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

Relațiile dintre sulf, fier și capacitatea de legătură a fosforului ridică întrebări despre impactul potențial al creșterii cantității de sulfați determinată de aplicarea algicidelor (sulfat de cupru, de ex.), de tratamentele cu aluminiu (sulfat de aluminiu, de ex.) și ploile acide ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Fierul feros ( $\text{Fe}^{2+}$ ) este reoxidat, atunci când întâlnește oxigen, la fier feric ( $\text{Fe}^{3+}$ ) care formează legături cu ortofosfații.

Transportul fosforului în apa curgătoare poate avea loc sub formă dizolvată sau ca forme particulare. Formele particulare includ fosforul adsorbit de către particulele de sol și materia organică erodată în timpul scurgerii apelor și constituie cea mai mare parte a fosforului transportat din ținuturile cultivate (75-90%). Scurgerile de pe versanții din zonele împădurite transportă sedimente puține și conțin, în general, formele dizolvate de fosfor. În timp ce formele dizolvate sunt, în cea mai mare parte accesibile imediat pentru absorbția biologică [21], [22], formele particulare de fosfor se dovedesc a fi surse de fosfor pe termen lung pentru biota acvatică. Împreună, fosforul dizolvat și formele particulare bioaccesibile constituie conținutul de fosfor bioaccesibil din apa scursă. Fosforul bioaccesibil poate fi estimat folosind hârtie de filtru impregnată cu oxid de fier pentru a adsorbi fosforul din probele de apă sau sedimente [151].

Transportul formelor dizolvate de fosfor este inițiat de către desorbția acestuia, dizolvarea și extragerea fosforului din sol și materialul vegetal. Aceste procese au loc ca o consecință a interacțiilor dintre precipitații și stratul subțire de la suprafața solului (1 până la 5 cm) înainte ca terenul să se erodeze. Deși această adâncime este greu de apreciat în câmp, este de așteptat ca ea să aibă o mare dinamică, datorată variațiilor de intensitate ale precipitațiilor, adâncimii de lucrare a solului și covorului vegetativ.

Sursele de fosfor sub formă particulară depind de stratul de sol erodat, iar procesele care determină eroziunea solului controlează transportul acestor forme de fosfor. În general, conținutul și reactivitatea fosforului din particulele erodate este mai mare decât în cazul solului neerodat, datorită transportului preferențial al materialului argilos cu dimensiuni mai mici de 2 micrometri.

Conținutul de fosfor din apa care percolează prin profilul de sol este în general scăzut datorită adsorbției fosforului de către straturile de subsol care au un deficit de fosfor. Excepțiile se pot petrece în solurile cu conținut organic mare sau în cele turboase, unde materia organică poate accelera mișcarea descendentă a fosforului împreună cu acizii organici, Fe și Al. În mod similar, fosforul este mai susceptibil la deplasarea prin soluri nisipoase care au capacitate scăzută de adsorbție a fosforului și în solurile care sunt saturate cu apă unde are loc conversia Fe (III) în Fe (II) și mineralizarea fosforului organic. Interacția posibilă între aceste procese contribuie la retenția ineficientă a fosforului. Capacitatea scăzută de adsorbție a fosforului la suprafața solului și lipsa percolării fosforului dizolvat spre subsolul cu capacitate mare de sorbție, datorită nivelului ridicat al apei freactice, contribuie la existența unor concentrații ridicate de fosfor dizolvat în apa de drenare

de la bazinele acvifere.

Transformările care au loc între formele de fosfor dizolvat și alte forme de fosfor particular, care au loc în timpul transportului prin curentul de apă, pot afecta ambele forme și accesibilitatea fosforului. Aceste transformări sunt accentuate de către transportul selectiv al materialelor fine, care au capacitate mare de sorbție sau de desorbție a fosforului și astfel devin importante pentru determinarea bioaccesibilității fosforului transportat. În plus, fosforul poate fi absorbit de către biota acvatică, iar formele particulare pot fi depozitate sau erodate din albia majoră a cursului de apă, odată cu schimbarea cursului. Direcția și conținutul de fosfor schimbat între formele de fosfor dizolvate și cele particulare va depinde de concentrația relativă din cursul de apă, sedimentele care intră în contact și de viteza cursului de apă.

### 7.8.2 Concentrația critică de P din apele de suprafață. Fenomenul de eutrofizare

**Eutrofizarea** se definește ca îmbogățirea apei cu substanțe nutritive pentru plante - în primul rând azot și fosfor (cei alți zeci de compuși necesari dezvoltării fiind foarte rar limitanți) - conducând la o creștere puternică a algelor și macrofitelor („înflorire”) care apoi mor, cu consecințe grave: scăderea calității apei (culoare, gust, miros, tulburare, scăderea conținutului de oxigen, creșterea concentrației de fier, mangan, bioxid de carbon, amoniu, metan, hidrogen sulfurat etc.); corodarea conductelor; afectarea funcțiunilor recreative (turbiditate crescută a apei și miros ce o fac neatractivă, afectarea înotătorilor prin dermatite și conjunctivite de contact cu apa alcalină, risc crescut de diverse boli (ex. risc boli diareice la înghițirea apei încărcate cu toxine algale); afectarea pisciculturii (mortalitate piscicolă, dezvoltarea speciilor nedorite); alte consecințe diverse: înfundarea filtrelor, țevilor etc.

Unele boli apar mai des odată cu eutrofizarea deoarece ea determină creșterea macrofitelor (plante de apă) ce favorizează creșterea unor organisme ce sunt gazde ale paraziților. De asemenea, înmulțirea algelor albastre duce la producere de toxine ce pot otrăvi animalele care se adapă și crește și concentrația nitraților ce pot produce methemoglobinemie. Uneori plantele acvatice crescute exploziv și excesiv pot bloca navigația pe râuri și lacuri

Eutrofizarea se produce mai rar în râuri și e mai puțin gravă ca cea pe lacuri. În multe zone se produce și pe cale naturală, dar de regulă lent. De aceea, cel mai corect ca poluare de origine antropică, ar trebui să vorbim de *eutrofizare accelerată*. Ea a devenit o mare problemă în țările dezvoltate, unde se ajunsese ca în 1985, 65% din lacuri să se considere eutrofe (numai 12% în Canada, 28% Africa de Sud, dar 70% în SUA!). Suedia avea deja în 1990 la 80% din stațiile de epurare și treaptă terțiară pentru eliminarea fosforului.

Măsurile de combatere a efectelor eutrofizării sunt de două tipuri: externe și interne.

*Măsurile externe vizează:*

- reducerea aportului de azot și fosfor, prin: reducerea utilizării lor ca fertilizatori agricoli sau în alt scop în zonă; epurarea lor din apele uzate; canalizare inelară în jurul lacurilor ca să nu mai existe deloc deversări;
- sedimentarea și precipitarea directă a substanțelor nutritive în efluent;
- înlocuirea fosfaților din detergenți;



- reîmpăduriri, reducerea zootehniei intensive etc.

Unde prevenirea nu a avut succes trebuie luate *măsuri interne*, în lacul în cauză, instituită o "terapie intensivă", constând în manipulare fizică, chimică și biologică.

Dintre metodele de manipulare *fizică* amintim:

- *aerarea hipolimnetică* (furtun cu aer comprimat la fundul lacului, uneori continuu timp de ani în șir!);
- destratificare (asigurarea amestecului apei de fund cu cea de suprafață);
- eliminarea apei hipolimnice (pomparea afară din lac a apei din adâncime);
- modificarea regimului de șiroire.

Din metodele *chimice* amintim:

- precipitarea nutrienților in situ;
- dragarea mълului anoxic de pe fundul lacului sau inactivarea lui.

Dintre manipulările *biologice* amintim:

- cosirea și extragerea vegetației (macrofite) și algelor;
- aplicarea de substanțe toxice - ierbicide, algicide, pesticide;
- manipulări directe ale echilibrului ecologic și lanțului trofic prin introducerea de specii alohtone etc.

### 7.8.3 Influența condițiilor aerobe / anaerobe asupra mobilității fosfaților în apă

Este binecunoscut că sedimentele din lacurile ce prezintă condiții aerobe rețin fosfor mai eficient decât sedimentele din lacurile anaerobe. Bazându-se pe aceste observații a fost elaborat conceptul cuplării ciclului fierului cu cel al fosforului. În concordanță cu acest concept, în condiții aerobe și la pH neutru fierul precipită ca și fier trivalent care are o capacitate mare de coprecipitare și adsorbție a fosforului. În condiții anaerobe disocierea reductivă a fierului trivalent rezultă în paralel cu dizolvarea în prealabil a legăturii fosfat. Recent, s-a descoperit că bacteriile benctonice pot substitui această dependență redox de fixare și eliberare a fosforului.

În prezența oxigenului, unele bacterii facultativ aerobe depozitează fosforul ca și polifosfați în celule, dar îl eliberează ca și ortofosfați în condiții anaerobe.

La prima vedere, acest concept tradițional al biochimiei fosforului din sedimentele acvatice sugerează o rată de eliberare a fosforului foarte scăzută și din acest motiv concentrația fosforului din apă este foarte scăzută stipulând că în permanență sunt menținute condiții aerobe la suprafața sedimentelor. Totuși, experimental, menținerea condițiilor aerobe la nivelul hipolimnionului nu afectează ciclul fosforului la interfața sediment-apă, astfel încât condițiile aerobe nu sunt suficiente pentru a putea fi eliberat fosforul din sedimente [40].

Einsele (1936), [40] a fost primul cercetător care a descris relația dintre fier și ciclul fosforului. În esență ionul  $Fe^{2+}$  și fosfații se acumulează simultan în hipolimnionul anaerob în perioada de stagnare. Când pătrunde oxigenul, precipită fosfatul feric. Acest fosfat feric este de fapt oxihidoxidul Fe (III) care coprecipită fosfatul. Coeficientul stoichiometric minim al raportului Fe:P este 2. În acest fel,

dacă în condiții anaerobe raportul 
$$\frac{Fe^{2+}}{HPO_4^{2-} + H_2PO_4^-} \geq 2$$
, Fe ca și fosfații

precipită aproape în totalitate după ce o cantitate suficientă de oxigen este

introdusă pentru a oxida și precipita tot fierul.

Dacă raportul  $\frac{Fe^{2+}}{HPO_4^{2-} + H_2PO_4^-} < 2$  rămân fosfați în exces în soluție.

Experimentele clasice de laborator efectuate pe sisteme apă-sedimente privind fierul și ciclul fosforului au evidențiat că sedimentarea materiei organice a fost oprită dacă au fost menținute în permanență condiții aerobe. În aceste condiții hidroxizii ferici formați captează fosforul.

Așa cum se poate observa în schema următoare (figura 7-13), condițiile din lacurile reale diferă de experimentele din laboratoare pentru că suprafața aerobă a sedimentelor poate fi realizată doar din materiale sedimentabile. Cu toate acestea în condiții anaerobe precipitatul de fosfat feric din aceste sedimente va fi redus. Contrar situației la suprafața sedimentelor anaerobe, ionii  $Fe^{2+}$  și  $HPO_4^{2-}/H_2PO_4^-$  nu pot fi diluați rapid. Concentrația maximă formată în apa interstițială determină difuzia fosforului și a  $Fe(II)$  în sedimentele din partea inferioară și superioară.

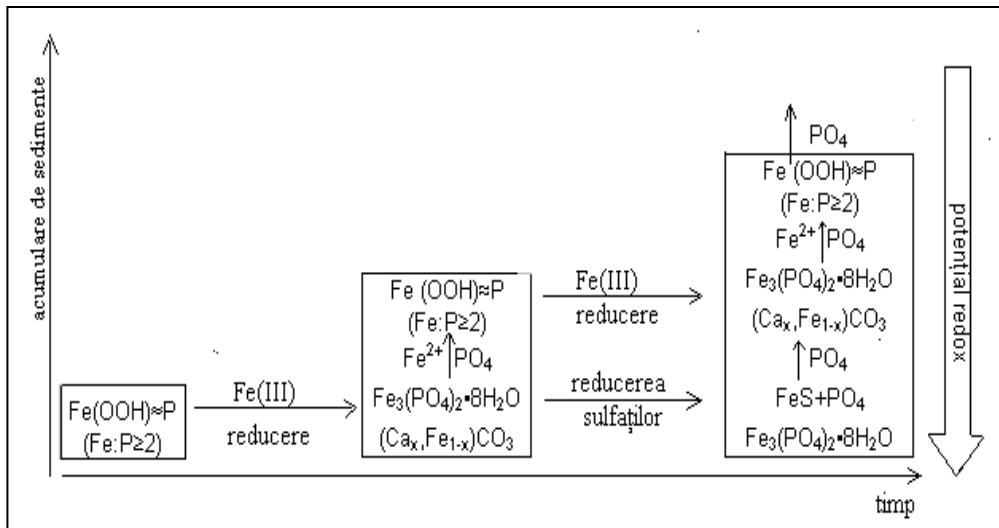
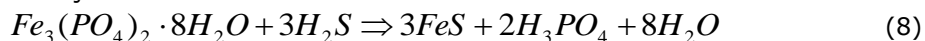


Fig. 7-13. Conceptul dinamic al retenției fosforului dependent de potențialul redox

În zona de producere a ionilor  $Fe^{2+}$  și  $HPO_4^{2-}/H_2PO_4^-$  produsul de solubilitate al fosfatului feros poate fi depășit, determinând precipitarea vivianitului ( $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ). Dacă potențialul redox scade în continuare și are loc o reducere a sulfatului, o parte a ionilor  $Fe^{2+}$  acumulat în apa interstițială precipită ca și  $FeS$ . Din cauza concentrației mai scăzute a ionilor  $Fe^{2+}$  și a concentrației mai mari de ioni  $PO_4^{3-}$ , reducerea sulfatilor are loc concomitent cu dizolvarea vivianitului (ecuația (8)). Ca și rezultat, concentrația mai mare de fosfați în apa interstițială implică un eflux de fosfați din sedimente.



În condiții naturale această reacție este ireversibilă din cauza difuziei  $PO_4^{3-}$  dizolvat spre suprafața sedimentelor, în timp ce fierul rămâne blocat în sedimentele anaerobe ca și  $FeS$  care se poate converti în pirită ( $FeS_2$ ) [40].  $FeS$  și  $FeS_2$  reprezintă capcana finală pentru fierul din sedimentele sulfite pentru că la produsul de solubilitate scăzut, concentrația de echilibru a  $Fe^{2+}$  este prea mică

pentru a permite scăderea gradientului de concentrație din sediment și de aici dizolvarea considerabilă și oxidarea Fe (II) la Fe (III), cu limitarea gradului de oxidare a piritei. În consecință fierul este permanent în mișcare ca și partener în sistemul Fe-P-S. Deoarece nu doar hidrogenul sulfurat reduce oxihidroxidul feric (Fe (III)), dar și  $Fe^{2+}$  precipită ca și FeS, scade accesibilitatea fierului de a lega fosforul sub forma unor compuși ferici sau feroși.

Deoarece în lacurile eutrofizate formarea materialelor bentonice nu este completă în interiorul stratului sedimentar aerob, fosfații sunt recirculați din materia organică rămasă și sunt eliberați din precipitatele de fosfați ferici dizolvați mai întâi ca și fosfat feros solid (vivianit), iar pe de altă parte Fe(II) poate precipita în condiții bazice ca și specii  $(Ca_x, Fe_{1-x})CO_3$ . În consecință potențialul redox scade permițând reducerea sulfatului, ulterior FeS va precipita ca și minerale conținând Fe(II).

Dacă are loc reducerea sulfatilor, reacția are loc preferențial cu hidrogenul sulfurat formând FeS și acid carbonic, conform reacției (9) și nu conduce la dizolvarea fosfaților.



Concentrațiile diferite în substanțe nutritive în funcție de adâncimea apei în mări și lacuri au drept cauză faptul că elementele C, N, P sunt în același timp asimilate prin fotosinteză și eliberate ulterior prin respirație. Substanțele nutritive sunt consumate la suprafața apei în procesul de fotosinteză și puse în libertate la adâncime în urma descompunerii substanței organice moarte.

S-a evidențiat faptul că în primele straturi de sedimente (1-3 cm) concentrația de fosfor este net superioară față de cea determinată în faza apoasă. Ecuația care corespunde echilibrului de repartiție a fosforului între cele două faze este dată de relația (10):

$$\frac{\text{fosfat}_{\text{sedimente}}}{\text{fosfat}_{\text{apa}}} = k \quad (10)$$

În consecință, sedimentele joacă rolul de rezervoare pentru nutrienți.

În figura 7-14 se prezintă circulația și repartiția fosforului prin reacții fizico-chimice și biochimice. Cifrele și valorile din dreptul săgeților corespund concentrației de fosfor ( $\mu\text{g/l}$ ). În condiții aerobe se observă că în sedimente concentrația este de circa 25 000 ori mai mare decât în faza apoasă.

Fazele principale care intervin în procesul de acumulare a fosforului și azotului în sedimente sunt următoarele:

- Intrare nutrienți în sistem (lac) ca urmare a evacuărilor directe (ape menajere) sau difuze (scurgeri de pe terenuri agricole la care s-au administrat nutrienți);
- Asimilarea fosforului și azotului prin procesul de fotosinteză (stratul superior din lac) și dezvoltarea fitoplanctonului;
- Faza de creștere a dezvoltării biomasei și formarea detrisului;
- Depunerea detrisului în sedimente și acumularea N, P din acestea de către sedimente;
- Resolubilizarea P și N din sedimente (condiții anaerobe) și intrarea în circuit a acestora.

Se observă că pentru circa 2  $\mu\text{g P/l}$  în faza apoasă reacțiile chimice în sedimente au o pondere foarte mică (0,2  $\mu\text{g P/l}$ ) spre deosebire de cele biochimice. Fitoplanctonul acumulează circa 60  $\mu\text{g P/l}$ , iar detrisul circa 700  $\mu\text{g P/l}$ .

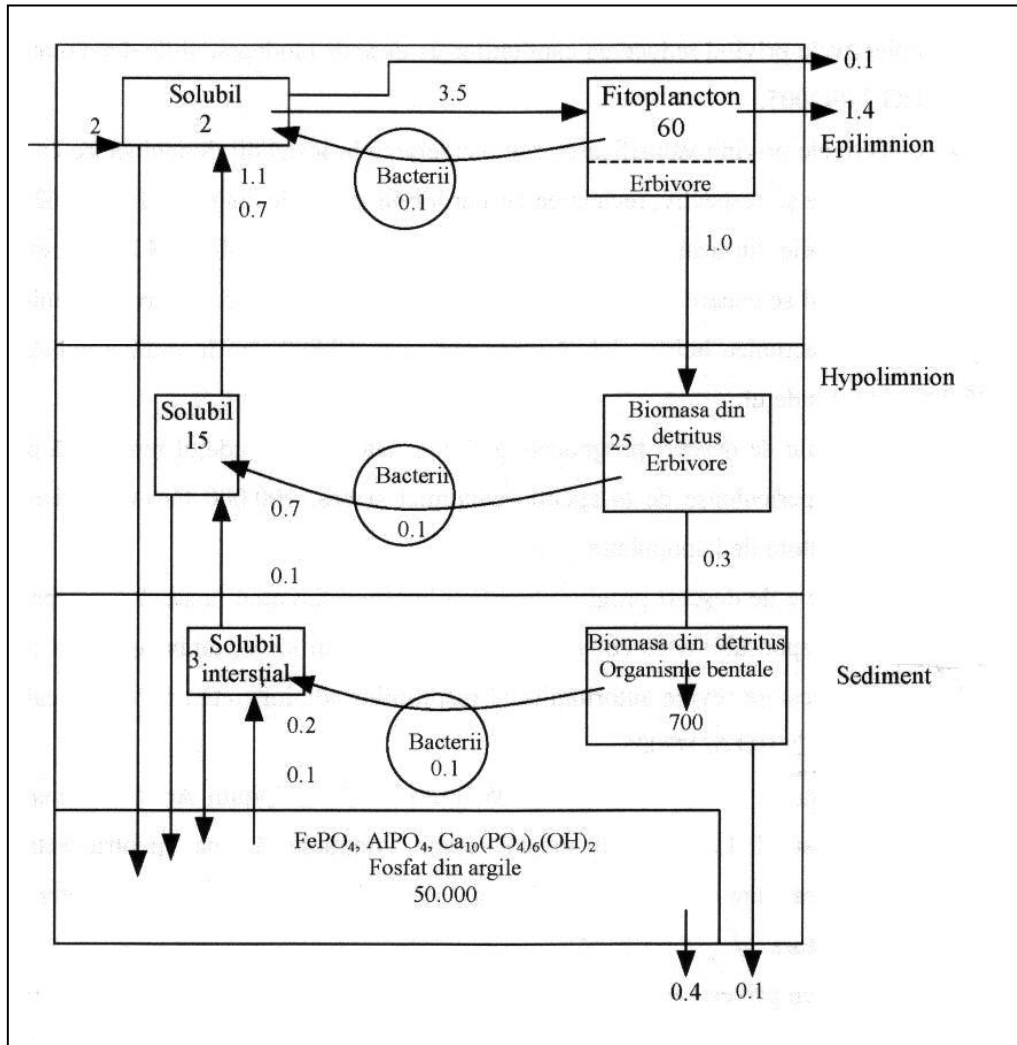
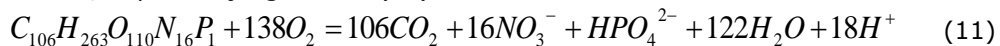


Fig. 7-14. Modelul simplificat al stării staționare într-un ecosistem acvatic în care sunt prezentate fazele de transferare limnologică a fosforului

Reacțiile de oxido-reducere de la interfața sedimente – apă joacă un rol esențial în dimensionarea proprietăților de stocare a nutrienților în sedimente. Ca rezultat al aportului de material organic din detritus la nivelul sedimentelor au loc o serie de reacții biochimice pentru transformarea substratului organic, respectiv a clorofilei, după reacția generală (11):



Consumul mare de oxigen necesar oxidării substratului organic nu poate fi asigurat prin respirație aerobă ci numai anaerobă. Prezența sinoptică a celor două tipuri de respirație (I) aerobă la sintetizarea clorofilei în epilimnion și (II) anaerobă, de oxidare a acestora în sedimente.

Fosfații sunt reținuți la suprafața sedimentelor de  $CaCO_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $FeO(OH)$  și

$\text{Fe}(\text{OH})_3$  conducând la precipitarea sub formă de  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$  și  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sau la reținerea prin adsorbție când se formează fosfați bazici de  $\text{Fe}(\text{III})$  sau  $\text{Al}(\text{III})$ . Oxizii de fier joacă un rol important în fixarea fosforului în sedimente, atât prin reacții de precipitare, dar mai ales prin adsorbție, datorită suprafeței specifice ridicate a acestuia (200-400  $\text{m}^2/\text{g}$ ). Astfel, 80 mg P sunt reținute de 1 g de fier sub formă de oxid.

În condiții anaerobe (mediu reducător), speciile chimice predominante sunt  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Mn}(\text{II})$ ,  $\text{Fe}(\text{II})$ , fosforul fiind reintrodus prin resolubilizarea în fază apoasă. În același timp, pentru unele metale grele deplasarea echilibrului chimic de la  $\text{S}^{2-}$  la  $\text{SH}^-$  și  $\text{H}_2\text{S}$  conduce și la solubilizarea unor sulfuri ale metalelor grele. Efectul este mult mai complex, prin faptul că transformarea  $\text{Fe}^{3+}$  în  $\text{Fe}^{2+}$  conduce și la modificarea peliculei de  $\text{FeO}(\text{OH})$ , cu capacitate de adsorbție ridicată, având drept consecință diminuarea proprietăților de retenție și a altor poluanți.

## 7.9 Modelarea calității apei și pierderile de P

Modele de simulare a calității apei ca EPIC, FHANTM, GLEAMS, AGNPS, SWAT sau ANSWERS au fost elaborate pentru a stabili pierderile de P din arealele agricole în condiții variate de sol, hidrologie sau management. Cu toate că unele modele sunt destul de complexe, ele țin cont de multe date de intrare care sunt necunoscute sau dificil de măsurat. De asemenea, sunt limitate la condițiile de sol, hidrologie și practicile de management care au fost simulate [56].

Accesibilitatea P depinde de concentrația fosforului din soluție și de abilitatea fracției de P din sol de a realimenta sau a echilibra soluția de fosfor. Dacă fosforul din soluție scade odată cu preluarea sa de către plante, pentru a furniza din nou fosfor pot avea loc unul din următoarele procese: se dizolvă fosforul din minerale, se desoarbe fosforul adsorbit pe suprafața mineralelor sau are loc mineralizarea fosforului organic. Menținerea unei cantități adecvate de fosfor în soluție depinde de reacțiile de desorbție și dizolvare care pot realimenta cu fosfor soluția solului.

**Fosforul organic** – aproximativ 50% din fosforul total din soluri este sub formă organică, existând mai ales ca și inozitolfosfați, fosfolipide și acizi nucleici. Mineralizarea fosforului reprezintă degradarea microbiană a fosforului organic din reziduurile vegetale sau animale sau din materia organică a solului pentru a elibera ionii  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  sau  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Raportul C/P sau conținutul de P din reziduurile descompuse, echilibrează procesele de mineralizare sau imobilizare a fosfaților [57].

În tabelul următor este prezentată dependența proceselor de mobilizare/imobilizare a fosforului de raportul C/P

**Tabel 7-10. Influența raportului C:P asupra proceselor de mobilizare și/sau imobilizare**

Raportul C:P	% de P din reziduuri	Mineralizare / imobilizare a P
< 200	> 0,3	Mineralizare netă a P organic
200-300	0,2-0,3	Nici un câștig sau pierdere a P anorganic
> 300	< 0,2	Imobilizare netă a P anorganic

**Fosforul anorganic** – fosforul anorganic din soluție poate fi:

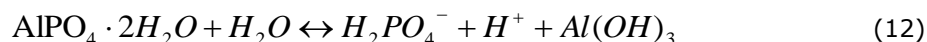
- absorbit de către plante;
- imobilizat de către microorganisme;
- adsorbit pe suprafața mineralelor;
- precipitat ca și compuși secundari cu fosfor.

Reacțiile de adsorbție și precipitare se referă la fixarea fosforului, și reprezintă de fapt o secvență continuă de reacții de precipitare și adsorbție.

În solurile acide, fosforul anorganic precipită ca minerale cu legături Fe-P sau Al-P și/sau este adsorbit pe suprafața oxizilor de Fe sau Al [27].

În solurile neutre sau cu pH ridicat, fosforul anorganic precipită ca și minerale cu legături Ca-P și/sau este adsorbit pe suprafața argilei sau a carbonatului de calciu. Reacțiile de adsorbție sunt dominante în condițiile în care concentrația fosforului este redusă, în timp ce reacțiile de precipitare au loc atunci când nivelul fosforului din soluție este mai mare decât produsul de solubilitate a mineralului.

Nu în ultimul rând, concentrația fosforului din soluție este controlată de solubilitatea mineralelor ce conțin fosfor anorganic. De exemplu, scăderea concentrației ionului  $H_2PO_4^-$  în urma asimilării de către plante, determină dizolvarea variscitului ( $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ ) pentru a echilibra concentrația acestui ion, conform reacției (12):



Accesibilitatea fosforului pentru plante este influențată de o serie de factori (tabel 7-11). Fixarea fosforului este puternic influențată de către pH-ul solului, accesibilitatea maximă fiind la pH 6,5. La valori scăzute ale pH-ului are loc fixarea mai mult prin adsorbție pe suprafața oxizilor de Fe sau Al și precipitarea ca și  $AlPO_4$  sau  $FePO_4$ . Pe măsura creșterii pH-ului, scade concentrația ionilor de Fe și Al, reducând posibilitatea de adsorbție sau precipitare a fosforului. La  $pH > 7$ , mineralele ce conțin legături Ca-P precipită și fosforul este adsorbit pe suprafața carbonatului de calciu, cauzând scăderea concentrației de fosfor din soluție. În consecință, adsorbția minimă a fosforului este la pH 6,0-6,5.

**Tabel 7-11. Factori care afectează fixarea fosforului în sol**

Factor	Acțiune
Mineralele din sol	Oxizii de Fe sau Al pot adsorbi cantități mari de fosfor din soluția solului. Adsorbția fosforului crește odată cu creșterea conținutului de argilă.
Textura solului	Creșterea conținutului de argilă determină creșterea adsorbției fosforului
pH-ul solului	Adsorbția fosforului pe suprafața oxizilor de Fe sau Al scade odată cu creșterea pH-ului
Materia organică din sol	Materia organică poate "înveli" mineralele, reducând adsorbția fosforului
Temperatura solului	Adsorbția fosforului crește pe măsură ce crește temperatura

## 7.10 Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol

Eutrofizarea poate fi cauzată de îmbogățirea apelor cu nutrienți. Mișcarea nutrienților prin scurgere și eroziune din surse agricole reprezintă o preocupare pentru managementul resurselor de apă. Mișcarea fosforului prin scurgere din ținuturile agricole în apa de suprafață poate accelera fenomenul de eutrofizare. Rezultatul final al condițiilor eutrofice și dezvoltarea excesivă a plantelor în apă determină consumul de oxigen din apă. În general fosforul este nutrientul limitativ pentru ape și orice creștere a concentrației de P determină o sporire a vegetației acvatice.

### 7.10.1 Factorii care determină migrarea fosforului

- Principalii factori care determină migrarea fosforului pot fi separați în:
- Transportul fosforului: mecanismul prin care fosforul migrează în profil transversal prin sol. Acestea includ: precipitații, irigații, eroziune, scurgeri.
  - Surse de fosfor: conținutul de fosfor din sol, formele de fosfor aplicate.
  - Factori care țin de managementul fosforului: metode de aplicare, concordanța cu tipul de sol și de cultură [116].

### 7.10.2 Migrarea fosforului

Migrarea fosforului prin scurgere are loc sub formă particulară și sub formă dizolvată.

Fosforul "particular" este atașat de sedimentele minerale și organice care sunt antrenate prin scurgere.

Fosforul dizolvat este cel din soluția solului.

În general, fosforul particular reprezintă cea mai mare parte din fosforul transportat prin scurgere în zonele cultivate (75-90%).

Fosforul dizolvat reprezintă o parte din fosforul total antrenat prin scurgere.

În ceea ce privește impactul acestora asupra fenomenului de eutrofizare, fosforul particular este mai puțin accesibil spre a fi preluat de către plante și alge decât fosforul dizolvat din cauza formei chimice sub care se găsește în compușii minerali (cu fier, aluminiu, calciu) și organici. Accesibilitatea fosforului particular pentru plante și alge este variabilă, între 10 și 90 % din fosforul total, și poate constitui o sursă de fosfor pe termen lung [56].

Metoda prin care fosforul, în ambele forme - particulară și dizolvată - migrează în profilul de sol este simplificată în descrierea următoare. Materialul erozional este transportat prin scurgere. În timpul detașării și mișcării sedimentelor prin scurgere, fracțiunea argiloasă din materialul sursă este erodată preferențial. Conținutul de fosfor și reactivitatea fosforului din material erodat sunt în general mai mari decât în solul sursă din care au fost dislocate. Sedimentele antrenate prin scurgere pot adsorbi rapid fosforul dizolvat în apa de scurgere [75].

Din cauza scurgerii din profilul de sol spre corpurile de apă se observă o diluție progresivă a fosforului datorită adaosului de apă și a reducerii cantității de sedimente translocate pe seama depunerii sedimentelor. Fosforul poate deveni mai

## 2.16 Retenția și mobilitatea fosforului

accesibil prin procese de sorbție și resorbție și prin transportul preferențial al materialului argilic sub forma sedimentelor [56].

Migrarea fosforului dizolvat începe cu resorbția, dizolvarea și extracția sa din sol, plante și materialul organic. Aceste procese au loc atunci când apa din precipitații și cea din scurgere interacționează în stratul de sol de la suprafață. O parte a apei se infiltrează în sol și percolează prin profil unde are loc desorbția fosforului pentru că în straturile mai profunde concentrația fosforului este mai scăzută. O concentrație mai ridicată a fosforului dizolvat poate fi așteptată în apa ce percolează prin solurile cu conținut organic ridicat, cele cu textură grosieră, cele cu un conținut ridicat de oxigen în formă redusă, cele îmbibate cu apă. De asemenea, accesibilitatea și migrarea fosforului este influențată de pH-ul solului.

Interacția între formele particulare și cele dizolvate de fosfor este foarte dinamică și mecanismul de transport este complex. Totuși, sunt dificil de prevăzut transformările și soarta finală a fosforului în timpul migrării prin profilul de sol [56].

### 7.10.3 Conceptul Phosphorus Assessment Tool

Scopul acestor instrumente de investigare a migrării fosforului este cel de a evidenția riscul potențial de pierdere a fosforului din profilul de sol în masa apelor. Prin metoda de investigare se identifică locurile unde riscul de migrare a fosforului poate fi relativ mare față de cel din alte locuri. Analizând parametrii utilizați în investigare este evident că aceștia pot influența precizia determinărilor.

În prima versiune, indicatorii pentru fosfor (Phosphorus Index) sunt reprezentați de o matrice de 8x5 care utilizează un număr limitat de caracteristici pentru managementul fosforului. Acești indicatori vor fi folosiți ca și instrumente pentru a înțelege contribuția fiecărui parametru asupra riscului migrării fosforului și pot constitui o metodă pentru descoperirea unui ghid al fosforului in situ, pentru a înțelege impactul său asupra calității apelor.

Indicatorii pentru fosfor (tabelul 7-12) folosesc parametrii care pot avea influență asupra disponibilității, retenției, managementului și migrării fosforului. Aceștia includ gradul de eroziune (în tone/ha/an), clasa de scurgere, testele de biodisponibilitate a fosforului din sol, nivelul de aplicare a fertilizanților (în kg fosfați accesibili/ha), metodele de aplicare a fertilizanților, rate de aplicare a fosforului organic (în kg fosfați accesibili/ha) și metodele de aplicare a fosfaților organici. Câmpurile de date specifice pentru cele 8 caracteristici selectate de această versiune sunt accesibile. Sunt necesare câteva teste analitice pentru sol și materialul organic care să determine clasa (nivelul) de precizie. Aceste analize ale solului și materialului organic sunt considerate esențiale, ca bază pentru această evaluare [116].

**Tabel 7-12. Indexul P pentru a evalua vulnerabilitatea unui site**

Caracteristica site-ului (aprecierea)	Rata de pierdere a fosforului (valoarea)				
	NUL (0)	SCĂZUT (1)	MEDIU (2)	RIDICAT (4)	FOARTE RIDICAT (8)
Eroziunea solului (1,5)	Neglijabilă	<10 tone/ha	10-20 tone/ha	20-30 tone/ha	>30 tone/ha
Eroziunea prin irigare (1,5)	Nu există	Factorul Tailwater: QS<6	QS>10 pentru solurile rezistente la	QS>10 pentru solurile erodabile	QS>6 pentru solurile



7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 217

		solurile foarte erodabile QS < 10 pentru celelalte soluri	eroziune		foarte erodabile
Clasa de scurgere (0,5)	Neglijabilă	Foarte scăzută sau scăzută	Medie	Ridicată	Foarte ridicată
Teste pentru P din sol (1,0)	Nu există	Scăzut	Mediu	Ridicat	Excesiv
Rata de aplicare a fertilizanților cu fosfor (0,75)	Nu se aplică	1-15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	16-45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	46-75 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	> 76 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha
Metodele de aplicare a fertilizanților (0,5)	Nu se aplică	Aplicare mecanizată mai adânc de 5 cm	Încorporat imediat înainte de recoltă	Încorporare la mai mult de 3 luni înainte de recoltă sau la suprafață la mai puțin de 3 luni înainte de recoltă	Aplicare la suprafață cu mai mult de 3 luni înainte de recoltă.
Rata de aplicare a P organic (1,0)	Nu se aplică	1-15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	16-30 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	30-45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	> 45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha
Metodele de aplicare a P organic (1,0).	Nu se aplică	Aplicare mai adânc de 5 cm	Încorporare imediat înainte de recoltă	Încorporare la mai mult de 3 luni înainte de recoltă sau la suprafață la mai puțin de 3 luni înainte de recoltă	Aplicare la suprafață de nutreț verde sau cu mai mult de 3 luni înainte de recoltă.

**Tabel 7-13. Determinarea vulnerabilității site-ului funcție de aprecierea totală**

Valoarea totală a aprecierilor	Vulnerabilitatea site-ului
< 10	Scăzută
10-18	Medie
19-36	Ridicată
>36	Foarte ridicată

Matricea pe care se bazează această evaluare este de tipul 8x5, cu 8 indicatori și 5 niveluri de interpretare [116].

Cele 8 caracteristici sunt:

- Eroziunea solului;
- Eroziunea prin irigare;
- Clasa de scurgere;
- Teste pentru sol;
- Rata de aplicare a fertilizanților cu fosfor;
- Metodele de aplicare a fertilizanților;
- Rata de aplicare a P organic;

- Metodele de aplicare a P organic.
- Cele 5 categorii de valori (niveluri de interpretare) sunt:
- Nul;
  - Scăzut;
  - Mediu;
  - Ridicat;
  - Foarte ridicat.

Definiția celor 8 caracteristici este:

#### EROZIUNEA SOLULUI

Eroziunea solului este definită ca și pierdere a solului de-a lungul pantei sau în zone neprotejate cauzată de procese determinate de acțiunea apei sau vântului. Eroziunea solului este estimată folosind modele de predicție a eroziunii (USLE or RUSLE pentru eroziunea datorată apei și WEQ pentru eroziunea eoliană). Eroziunea determină de irigații este calculată prin alte metode. Valoarea categoriilor este estimată în tone sol pierdut/ha/an. Aceste modele de predicție a pierderii solului nu includ transportul sedimentelor și încărcătura din apă. Aceste modele de predicție sunt folosite în acest index pentru a indica migrarea solului, incluzând potențialul de migrare din sedimente și migrarea fosforului datorată pantei până la corpul de apă [116].

#### EROZIUNEA PRIN IRIGARE

Potențialul de pierdere a fosforului rezultat din irigarea în brazdă care induce eroziunea, este considerat prin includerea unui sistem de clasare bazat pe susceptibilitatea la desprindere a particulelor datorită rezistenței hidraulice și vitezei de scurgere a apei în brazdă. Susceptibilitatea la desprindere este dată printr-un sistem de ierarhizare a erodabilității solului bazată pe irigarea în brazdă (tabel 7-14.). Aceste clase au la bază o încercare inițială la o treaptă relativă, bazată pe proprietăți intrinseci stabile și statice ale solului (de ex. textură, mineralogie, conținut de argilă). Acestea prezintă variații în timp ale erodabilității relative. Aceste schimbări de erodabilitate manifestă consecință în proprietățile solului sau în rezultatul managementului. Introducerea vitezei de scurgere în formula de scurgere (Q) este dată de planul de irigare și se exprimă în litri/min. Panta brazei (S) este dată în procente [171].

**Tabel 7-14. Eroziunea prin irigare în brazdă**

<b>I. Valoarea QS</b>
Q = viteza fluxului de apă introdus în brazdă (în litri/min)
S = panta brazei (în procente %)
Ex: pentru 5 litri viteza fluxului și 2 % pantă:
$QS = 5 \times 2\% = 10$
<b>II. Eroziunea relativă a solului determinată de irigarea în brazdă</b>
Se folosesc criteriile locale pentru determinarea erodabilității relative a solurilor în cauză. Dacă nu există criteriile locale, se folosesc următoarele ghidări
<b>A. solurile foarte erodabile</b> – sunt solurile în care textura de la suprafață este aluvionară sau lutoasă cu < 15 % argilă nemontmorilonitică, sau argilă nisipoasă fină și foarte fină cu < 15 % argilă nemontmorilonitică, sau nisip lutos fin și foarte fin.
<b>B. Solurile rezistente la eroziune</b> – sunt solurile care prezintă următoarele

caracteristici în primii 5 cm de la suprafață: argilă aluvionară (lutoasă), argilă, textură nisipoasă, structură slabă sau masivă, mineralogie eterogenă sau montmorilonitică.

Alte soluri care au structură medie sau macrogranulară (cu agregate naturale > 10 mm) și foarte compactă clasa de rezistență la rupturi în stadiu umed (de ex. care necesită cel puțin o forță puternică între degetul mare și cel arătător ca să cauzeze ruperea agregatelor umede din sol)

**C. Solurile erodabile** – solurile care nu au în stratul de la suprafață nici unul dintre criteriile anterioare.

#### CLASA DE SCURGERE

Clasa de scurgere poate fi determinată din date de examinare a solului. Ghidul de determinare a clasei de scurgere se bazează pe conductivitatea hidraulică a solurilor saturate ( $K_{sat}$ ) și pe procentul pantei locului [170]. Un tabel simplificat folosește clasele de permeabilitate a solului (tabel 7-15). Rezultatul folosirii matricei funcție de clasele de permeabilitate a solului și pantă furnizează categoriile de valori: NEGLIJABIL, FOARTE SCĂZUT, SCĂZUT, MEDIU, RIDICAT și FOARTE RIDICAT.

**Tabel 7-15. Clasa de scurgere de suprafață**

	Clasa de permeabilitate pentru sol*				
	Foarte rapid	Moderat rapid și rapid	Moderat încet și moderat	Încet	Foarte încet
Panta (%)	Clasa de scurgere***				
Conav**	N	N	N	N	N
< 1	N	N	N	S	M
1-5	N	FS	S	M	R
5-10	FS	S	M	R	FR
10-20	FS	S	M	R	FR
>20	S	M	R	FR	FR

\*Clasa de permeabilitate a ultimului strat permeabil până în primul metru din profilul de sol.

Clasele de permeabilitate a solului în cm/oră:

Foarte încet (< 0,15 cm/h)

Încet (0,15-0,50 cm/h)

Moderat încet (0,50-1,50 cm/h)

Moderat (1,50-5,00 cm/h)

Moderat rapid (5,00-15,00 cm/h)

Rapid (15,00-50,00 cm/h)

Foarte rapid (> 50,00 cm/h).

\*\*Zonă în care foarte puțină apă trece din terenurile învecinate

\*\*\*Clasa de scurgere: N = neglijabil, FS = foarte scăzut, S = scăzut, M = mediu, R = ridicat, FR = foarte ridicat

O altă metodă de a determina clasa de scurgere folosește metoda NRCS pe baza numărului curbei (CN). Factorii principali care determină numărul curbei sunt cei determinați de caracteristicile hidrologice ale solului. Metoda numărului curbei de scurgere conform NRCS este detaliată în National Engineering Handbook numărul 4 din 1985. În tabelul 7-16 este prezentată o matrice sugestivă.

**Tabel 7-16. Clase de scurgere de suprafață, determinate prin relația între numărul curbei și panta terenului. Adaptare după [171]**

	Numărul curbei de scurgere				
	< 50	50-60	60-70	70-80	> 80
Panta (%)	Clasa de surgere*				
<1	N	N	N	N	M
1-2	N	N	FS	S	M
2-4	N	N	S	M	R
4-8	N	FS	M	R	FR
8-16	FS	S	M	FR	FR
> 16	FS	S	R	FR	FR

Clasa de surgere\*: N = neglijabil, FS = foarte scăzut, S = scăzut, M = mediu, R= ridicat, FR = foarte ridicat

#### TESTE pentru FOSFORUL DIN SOL

Este necesară examinarea mai multor probe de sol pentru estimarea nivelului de fosfor accesibil în stratul de la suprafața solului. Cei care utilizează indexul de fosfor trebuie să determine nivelul fosforului din sol pentru fiecare categorie de valori (SCĂZUT, MEDIU, RIDICAT și EXCESIV). Aceste categorii de valori pentru fosfor variază cu metodele de testare a solului și cu regiunea în care se fac cercetările. Prin testele pentru fosforul accesibil din sol nu se evidențiază și nivelul fosforului total din stratul de la suprafața solului. Oferă totuși un indicator al cantității de fosfor total care poate fi prezent datorită relației generale între formele de fosfor (fosfor organic, adsorbit și fosfor labil) și fosforul din soluție accesibil pentru a fi preluat de recoltă.

#### RATA DE APLICARE A FERTILIZANȚILOR CU FOSFOR

Rata de aplicare a fertilizanților cu fosfor reprezintă cantitatea, în kg/ha, de fertilizanți cu fosfor ( $P_2O_5$ ) care este aplicată pe sol. Acești fertilizanți cu fosfor nu includ fosfații din surse organice (care se regăsesc în sursele de fosfor organic).

#### METODELE DE APLICARE A FERTILIZANȚILOR CU FOSFOR

Maniera în care fertilizanții cu fosfor sunt aplicați pe suprafața solului și durata de timp în care ei rămân expuși la suprafața solului până apar efectele determinate de utilizarea lor de către recoltă au un efect potențial de migrare a fosforului. Categoriile de valori care determină creșterea severității, de la SCĂZUT la FOARTE RIDICAT, reprezintă de fapt timpul de expunere la suprafață între aplicarea fertilizanților, încorporarea și utilizarea de către recoltă.

#### RATA DE APLICARE A FOSFORULUI ORGANIC

Rata de aplicare a fosforului organic reprezintă cantitatea, în kg/ha, de fosfat potențial ( $P_2O_5$ ) care este conținută în îngrășămintele naturale și aplicată pe sol. De aceea este necesar a se realiza analize asupra materialului organic pentru a determina conținutul potențial de fosfați din îngrășămintele naturale. Conținutul de fosfați determinați prin analize este considerat în general a fi complet disponibil pentru plante. Sursa de fosfați organici nu include fosfații din fertilizanți (care se regăsesc în sursele de fertilizanți aplicați).

## METODELE DE APLICARE A FOSFORULUI ORGANIC

La fel ca și în cazul aplicării fertilizanților cu fosfor, și cantitatea de fosfor organic care se aplică pe sol, ca și timpul cât acești fosfați rămân expuși pe sol, determină un efect asupra migrării fosforului.

## METODOLOGIA DE REALIZARE A UNEI INVESTIGĂRI

Caracteristicile site-ului au fost desemnate printr-o apreciere bazată pe raționamentul conform căruia unele caracteristici particulare ale site-ului sunt mai pronunțate decât altele în ceea ce privește permiterea migrării fosforului în sit. Există o bază științifică pentru a concluziona că aceste diferențe relative există, totuși factorii absoluți dați pentru apreciere se bazează pe raționamente profesionale. Caracteristicile de apreciere a site-ului sunt:

- **Eroziunea solului (1,5)**
- **Eroziunea prin irigare (1,5)**
- **Clasa de scurgere (0,5)**
- **Teste pentru P din sol (1,0)**
- **Rata de aplicare a fertilizanților cu fosfor (0,75)**
- **Metodele de aplicare a fertilizanților (0,5)**
- **Rata de aplicare a P organic (1,0)**
- **Metodele de aplicare a P organic (1,0).**

Categoria de valori se generează folosind logaritmul în baza 2. Cu cât e mai mare aprecierea, cu atât e mai mare valoarea. Cu cât e mai mare valoarea, cu atât este mai mare posibilitatea migrării fosforului.

Clasificarea valorilor este următoarea:

- **Nul = 0**
- **Scăzut = 1**
- **Mediu = 2**
- **Ridicat = 4**
- **Foarte ridicat = 8.**

Pentru a face o interpretare a indexului pentru fosfor se alege o valoare pentru fiecare caracteristică a site-ului, folosind aprecierile NUL, SCĂZUT, MEDIU, RIDICAT, FOARTE RIDICAT. Se multiplică factorul de apreciere a caracteristicii site-ului cu valoarea aprecierii pentru a stabili valoarea pentru fiecare caracteristică. Se continuă cu nivelul (aprecierea) și factorul pentru fiecare caracteristică a indexului. Se adună valorile aprecierilor celor 8 caracteristici și se compară totalul cu harta de vulnerabilitate.

În continuare se dă o descriere a vulnerabilității pentru a estima interpretarea indexului.

**SCĂZUT** – Acest site prezintă un potențial scăzut de migrare a fosforului. Dacă practicile agricole sunt menținute la nivelul actual, probabilitatea unui impact negativ asupra resurselor apelor de suprafață privind pierderea fosforului din acest site va fi scăzută.

**MEDIU** - Acest site prezintă un potențial mediu de migrare a fosforului. Probabilitatea unui efect advers asupra resurselor apelor de suprafață este mai mare decât cea în cazul unui site cu vulnerabilitate scăzută. Sunt necesare unele acțiuni de remediere pentru a minimiza probabilitatea migrării fosforului.

**RIDICAT** - Acest site prezintă un potențial ridicat de migrare a fosforului. Există o probabilitate ridicată de a se manifesta un efect advers asupra resurselor de apă de suprafață în lipsa unor măsuri de remediere. Sunt necesare conservarea solului și apei, la fel ca și a practicilor de management al fosforului pentru a reduce riscul migrării fosforului și posibila degradare a calității apei.

FOARTE RIDICAT - Acest site prezintă un potențial foarte ridicat de migrare a fosforului. Probabilitatea unui efect advers asupra resurselor apelor de suprafață este foarte ridicată. Sunt necesare acțiuni de remediere pentru a reduce pierderea de fosfor (migrarea acestuia). Trebuie pus în aplicare un plan de reducere a degradării calității apei care să includă toate practicile necesare pentru conservarea calității solurilor și apelor, la care se adaugă un plan de management al fosforului.

Un exemplu în care se utilizează indexul pentru fosfor:

Eroziunea solului (aprecierea = 1,5) este 1,8 to/ha/an (=SCĂZUTĂ, valoarea = 1)  
 $1,5 \times 1 = 1,5$   
 Eroziunea prin irigare (aprecierea = 1,5) nu este prezentă (= NUL, valoarea = 0)  
 $1,5 \times 0 = 0$   
 Clasa de scurgere (aprecierea = 0,5) (= SCĂZUTĂ, valoarea = 1)  $0,5 \times 1 = 0,5$   
 P din sol (aprecierea = 1,0) este 37 kg/ha P (= SCĂZUT, valoarea = 1)  $1,0 \times 1 = 1,0$   
 Rata de aplicare a fertilizanților cu P (aprecierea = 0,75) este 11 kg/ha (=SCĂZUT, valoarea = 1)  $0,75 \times 1 = 0,75$   
 Metoda de aplicare a fertilizanților cu P (aprecierea = 0,5) aplicare la suprafață (=F RIDICAT, valoarea = 8)  $0,5 \times 8 = 4,0$   
 Rata de aplicare a P organic (aprecierea = 1,0) este 45 kg/ha (=MEDIU, valoarea = 2)  $1,0 \times 2 = 2,0$   
 Metoda de aplicare a P organic (aprecierea = 1,0) aplicare la suprafață cu o lună înainte de plantare (=RIDICAT, valoarea = 4)  $1,0 \times 4 = 4,0$   
 Suma tuturor aprecierilor este 13,75, vulnerabilitatea site-ului la migrarea fosforului este MEDIE.

Indexul pentru P este un instrument de evaluare care poate fi folosit de proiectanți și utilizatori ai terenurilor pentru a evalua riscurile care există în ceea ce privește spălarea fosforului din profilul de sol în corpurile de apă. De asemenea, poate fi folosit pentru a identifica parametrii critici ai solului, topografia, care pot influența migrarea fosforului. Utilizând acești parametrii indexul poate ajuta la alegerea alternativelor de management care pot reduce semnificativ impactul potențial și astfel sunt reduse riscurile.

Acest index poate fi adaptat la condițiile locale, utilizând parametrii specifici site-ului de interes.

#### Alternative pentru folosirea indexului pentru fosfor

Utilizând aceleași caracteristici ale site-ului, dar o ecuație mult mai complexă, a fost descrisă o altă cale de a investiga migrarea fosforului.

Ipotezele de bază folosite în această metodă alternativă sunt următoarele:

1. Dacă eroziune solului și scurgerea sunt ambele aproape de zero, atunci vulnerabilitatea site-ului la migrarea fosforului este scăzută.

2. Dacă rata de aplicare a P este aproape zero și nivelul de P din sol este scăzut, atunci vulnerabilitatea site-ului la pierderea P este scăzută.

Utilizând aceste două ipoteze și alți parametrii cheie deja identificați, ecuația de bază trebuie modificată pentru a duce la rezultatul așteptat. Există multe alternative posibile ale ecuației de bază, în cele ce urmează fiind prezentată una dintre acestea:

$$P \text{ index} = \{ (ES) \times (C1) + [(CR) \times (C2)] \} \times [(rata \text{ de aplicare } P_{org.}) + (rata \text{ fertil. cu P}) \times (AM) \times (C3) + (test \text{ P}) \times (C4)]$$

Unde: ES = eroziunea solului

C1 = coeficientul de apreciere a eroziunii, care crește dacă este

folosită apa de irigații

*CR* = clasa de eroziune

*C2* = coeficientul de apreciere a scurgerii

*rata de aplicare P org.* = rata de aplicare a fosforului organic

*rata fertil. cu P* = rata de aplicare a fertilizanților cu P

*AM* = metoda de aplicare

*C3* = coeficientul de apreciere a metodelor de aplicare

*Test P* = nivelul P din sol

*C4* = coeficientul de apreciere a nivelului de P din sol.

#### 7.10.4 Descrierea modelului dinamic de calcul al efectului fosforului din sol asupra accesibilității fosforului pentru culturile arabile

În majoritatea solurilor din lume se constată o deficiență a cantității de fosfat, cu precădere în țările sărace unde procesul de fertilizare este neadecvat. Pe de altă parte, în anumite țări bogate, nivelul de fosfați din sol este cu mult mai ridicat decât ar fi necesar recoltelor și de aceea se poluează mediul înconjurător.

Dependența recoltelor de nivelul de fosfați din sol este concretizată prin interacțiunea dintre sol și procesul de creștere al plantelor, o mare parte dintre acestea fiind studiate în detaliu. O cale de a pune în practică aceste informații este de a realiza un model predictiv în care procesele cheie sunt reprezentate prin ecuații care pot fi recalculat pentru fiecare interval din perioada de creștere a plantelor.

Modelele pentru răspunsul recoltelor la cantitatea de fosfați au fost revizuite de Amijee et al (1991) [2], Rengel (1993) [122], Claassen și Steingrobe (1999) [21], Tinker și Nye (2000) [165]. Oricum, în timp ce o mare atenție a fost acordată modului în care caracteristicile solului afectează accesibilitatea fosforului, aspectul legat de evoluția plantelor a fost în mare parte neglijat. Din acest motiv, dependența dintre greutatea uscată a plantelor, compoziția acestora și caracteristicile solului nu a beneficiat de atâta atenție. O altă deficiență a modelelor este că, uneori se iau în considerare variații enorme ale concentrațiilor de fosfați rezultate din aplicațiile de fosfați din fertilizanți. Aceaste determină ca în sistemul radicular al plantelor să existe zone cu un conținut ridicat de fosfați și alte zone cu conținuturi scăzute de fosfați.

În ceea ce privește importanța modelării fosforului, cea mai mare atenție a fost acordată modelului lui Barber – Cushman [4] care calcula rapiditatea creșterii plantelor în soluri fertilizate cu fosfor. Acest model se baza pe ecuația de difuziune/scurgere a masei de fosfați prin sol în cazul rădăcinilor cilindrice. Diferența finită a acestei ecuații este rezolvată prin procedura Crank – Nickolson cu îndeplinirea condițiilor limită care presupun o corelație între fosforul asimilat în rădăcini și concentrația de fosfor de la suprafața acestora prin ecuația Michaelis – Menten. Creșterea rădăcinii e simulată folosind relația predeterminată dintre raportul de creștere a rădăcinii și perioada de timp. Au fost raportate corelații bune între cantitatea de fosfor determinată prin simulare și cea măsurată în special în cazul experimentelor de laborator [6], [72], în timp ce acest argument e mai puțin susținut de unele experimente pe teren [154], [89].

Inconvenientul fundamental al acestui tip de model este că nu permite introducerea de elemente care variază în timp [179]. De exemplu, conținutul de apă al solului și modelul de creștere al rădăcinilor rămâne constant nefiind afectat de starea vremii și de creșterea plantelor. Aceste limitări restricționează sever utilitatea acestui model.

Modele mai simple sunt modelele statice, incluzând și pe cel al lui van Noordwijk et al (1990) [172] care a făcut unele estimări privind fosforul ce poate fi extras din sol la o capacitatea maximă de câmp, în condițiile unor culturi diferite. Modelul este bazat pe un concept de stare staționară pentru mai multe procese și deci nu permite a se ține seama de factori precum schimbarea zilnică a vremii în timpul creșterii plantelor.

Un alt model mult utilizat a fost adoptat fără a avea limitările mai sus



amintite. Acesta a fost utilizat în cea mai mare măsură pentru modelarea creșterii plantelor [164] și în modelarea nutriției cu azot a plantelor [47], [157]. Aceste modele au permis ca viteza și statutul variabilelor implicate să fie actualizate zilnic sau la intervale scurte de timp ca răspuns la schimbarea condițiilor climatice și la dezvoltarea culturilor. Avantajul acestor modele este că ele pot fi încorporate cu ușurință în cadrul altor modele.

Ulterior s-a încercat găsirea unui model dinamic care să țină cont de importanța fosforului pentru creștere plantelor. Se dorea stabilirea unor corelații între greutatea plantelor și concentrația fosforului din plante, mai exact despre accesibilitatea fosforului care să determine creșterea cantității de fosfor din sol, obiective care nu au mai fost abordate până la acest model.

Un model de acest tip este cel stabilit de Greenwood și Karpinets [48], care ținea cont de cantitatea de potasiu din sol. Acesta includea algoritmi privind dependența între cerința plantelor pentru potasiu și compoziția acestora, față de accesibilitatea potasiului din sol. Cerința plantelor pentru fosfor este mult mai redusă față de cea pentru potasiu, iar procesele de adsorbție și de fixare a fosforului sunt mult diferite față de cele similare pentru potasiu. În plus, transportul fosforului prin sol este mult mai lent decât cel al potasiului.

În timp ce în cazul modelării potasiului putem considera cu o aproximare rezonabilă că potasiul este distribuit în mod uniform în sol, este greu de crezut că o presupunere similară poate fi aplicată în cazul modelelor pentru fosfor. De aceea, intenția a fost a se utiliza modelul făcut pentru potasiu ca punct de plecare pentru modelarea în cazul fosforului, și în particular, se va ține cont de accesibilitatea fosforului în zonele îmbogățite în fertilizanți, și separat de accesibilitatea acestui nutrient în regiunile nefertilizate.

Modelul simulează efectele fosforului din sol și ale fertilizanților granulari cu fosfor, asupra creșterii zilnice a culturii, asupra concentrației fosforului din plantă și asupra economiei de fosfor din sol. Se consideră că îngrășământul este aplicat imediat după însămânțare, în timp ce fosforul din sol este rezultatul net al interacțiunii între tipul de sol și evoluția solului. Toți ceilalți nutrienți – incluzând N și K se consideră a fi în cantități suficiente pentru o dezvoltare maximă a plantelor. Modelul constă în ecuații care reprezintă cele mai importante procese și necesită introducerea de date a căror valori să fie sigure și ușor de obținut.

Solul este considerat ca fiind un sistem omogen cu toate rădăcinile plantelor situate în primii 30 cm. Această aproximare este făcută deoarece aproape toate rădăcinile (inclusiv absorbția fosforului) sunt situate în acel spațiu. Fosforul este considerat mobil (extras în soluție de  $\text{NaHCO}_3$ , 0,5M), fosfor din soluția solului și fosfor imobil, care include toate celelalte forme de fosfor. Transportul fosforului în sol se face prin difuzie și se consideră că nu au loc scurgeri deloc dincolo de spațiul marcat.

O diagramă simplificată în care sunt redate procesele la care participă fosforul și ecuațiile care stau la baza acestor procese, în cazul unei culturi aflată în creștere pe un sol nefertilizat este redată în figura următoare.

Principalele procese din sol se găsesc în partea stângă a diagramei iar cele de creștere a plantei în partea dreaptă. Oricum, modelul este mult mai complex decât ceea ce arată diagrama.

Modelul consideră existența a trei regiuni delimitate la nivelul solului:

- una este reprezentată de solul îmbogățit cu fertilizanți încă de la început (fertilizant de start),
- a doua este reprezentată de solul îmbogățit cu fertilizant granule,

- a treia regiune este reprezentată de solul neîm bogățit în fosfor.
- Pe fiecare regiune a solului procesul este tratat în mod separat.
- Creșterea zilnică în lungime a rădăcinilor este împărțită în segmente alocate uneia sau mai multor regiuni dintre cele trei. În jurul fiecărei rădăcini se detectează o zonă de sol sărăcită în fosfor care crește în timp, pe parcursul perioadei de creștere a plantelor.

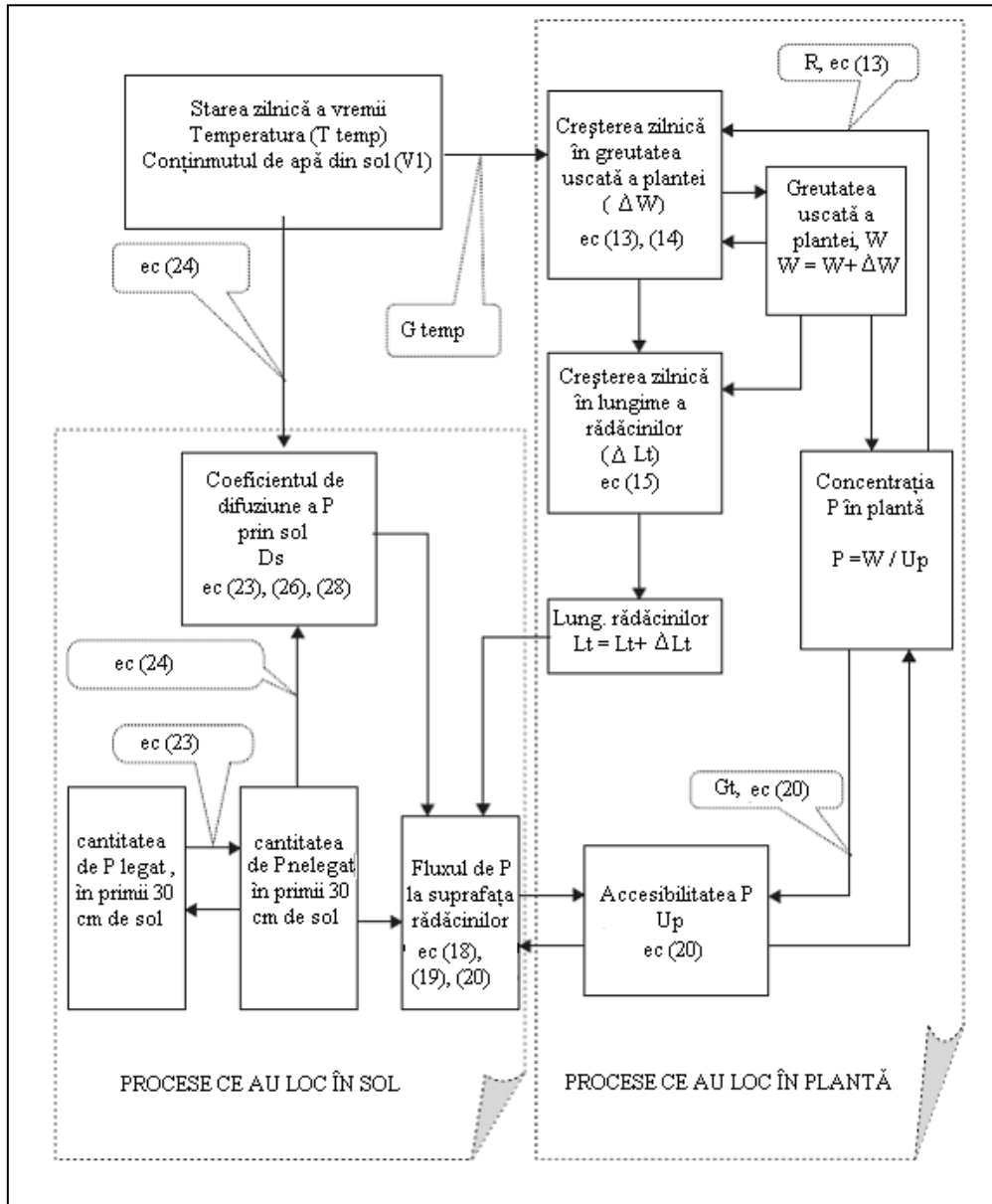


Fig. 7-15. Shema simplificată ce stă la baza modelului

Procesele ce au loc în sol, redată în partea din stânga diagramei se recalculează pentru fiecare zonă de creștere în fiecare zi pe durata creșterii plantelor. De asemenea se recalculează pentru zonele de sol sărăcite în fosfor care în general sunt localizate între zonele de sol ce conțin fosfor extractibil și neextractibil. Suma cantității totale de fosfor care poate fi transportat la fiecare dintre segmentele rădăcinii dă ca rezultat cantitatea maximă de fosfor accesibil. Această valoare este ajustată, depinzând de procentul de fosfor din plantă, astfel obținându-se cantitatea de fosfor care poate fi accesibilă exact.

Toate calculele de mai sus sunt ajustate în funcție de cantitatea zilnică de precipitații, de temperatură și de evaporația apei pe o suprafață plană. Pentru fiecare zi se calculează următoarele:

1) Creșterea în greutate uscată și noua valoare totală a greutății uscate a plantei (calculate din % de fosfor din plantă, greutatea uscată a plantei și temperatura aerului).

2) Creșterea lungimii rădăcinilor și lungimea totală a rădăcinilor (calculată din creșterea în greutate a plantei și greutatea totală a plantei) și partiționarea rădăcinii în segmente care ajung în regiunile de sol care au adaos de fertilizant încă de la început, adaos de fertilizant granular, sau în regiunile de sol nefertilizate.

3) Accesibilitatea fosforului calculată din difuzia P spre fiecare segment al rădăcinii și procentul de fosfor al plantei.

4) Conținutul volumetric mediu al apei din sol, valorile coeficienților de sinouitate, coeficienții de difuziune a fosforului pentru întreaga cantitate de sol și pentru fiecare zonă sărăcită în fosfor, din jurul fiecărui segment de rădăcină.

5) Volumul zonelor sărăcite în fosfor din jurul fiecărui segment de rădăcină, modificările cantității de fosfor din soluție, a cantității de fosfor mobil și imobil în fiecare din zonele solului.

#### Ecuțiile ce stau la baza modelului

Cele mai importante ecuații ce stau la baza modelului sunt descrise în continuare. Simboluri și valorile implicite sunt rezumate în tabelele 7-17 și 7-18.

Creșterea zilnică în greutatea uscată a plantei este calculată prin ecuația:

$$\Delta W = \frac{G_{wt} G_{temp}(d) R(d) W(d)}{W_{0,5} + W(d)} \quad (13)$$

În care  $W$  = greutatea uscată a plantei, excluzând rădăcinile fibroase, t/ha

$W_{0,5}$  = constantă, t/ha

$G_{wt}$  = coeficient de creștere

$G_{temp}(d)$  = coeficient de corecție pentru influența temperaturii aerului asupra creșterii plantelor

$R(d)$  = factor de reducere a procentului de fosfor

$(d)$  = indică dependența variabilelor de fiecare zi, funcție de data de 1 ianuarie.

Integrând această ecuație, cu  $G_{temp}(d)$  și  $R(d)$  ambele considerate 1, se obțin rezultatele pentru  $W$ , în condițiile experimentelor de câmp corespunzătoare sezonului de creștere în Europa vestică [48].

$G_{temp}(d) = 1$

$G_{temp}(d) = (A_{temp} - 7)/(12 - 7)$

$G_{temp}(d) = 0,01$

unde  $A_{temp}$  reprezintă valoarea medie zilnică a temperaturii aerului.

pentru  $12 < A_{temp} \leq 30^{\circ}\text{C}$

pentru  $7 < A_{temp} \leq 12^{\circ}\text{C}$

pentru  $A_{temp} \leq 7^{\circ}\text{C}$

**Tabel 7-17. Definirea simbolurilor și valorile implicite**

Simbol	Definiție	Valoarea implicită
$A_{gfert}$	Greutatea fertilizantului granular cu P încorporat în sol înainte de însămânțare	0,05 t/ha
$A_{stfert}$	Greutatea îngrășământului natural cu P încorporat în sol înainte de însămânțare	0,01 t/ha
$a$	Raza rădăcinii	0,008 cm
$B_d$	Densitatea de umplere (număr de rădăcini pe unitatea de volum)	1,4 g/cm <sup>3</sup>
$D_w$	Coeficientul de difuziune al P în apă, la 25 ° C	1,02 cm <sup>2</sup> /d
$G_{afr}$	Coeficient folosit în ecuația Freundlich	51,7
$G_{bfr}$	Coeficient folosit în ecuația Freundlich	0,505
$G_p$	Parametru care exprimă efectul concentrației fosforului față de greutatea uscată a plantei asupra accesibilității fosforului pentru rădăcini	0,6
$K_{cn}$	Coeficient de scădere a concentrației P în plantă, odată cu creșterea în masă a plantelor	0,0209 t/ha
$K_{extrw}$	Constanta de viteză pentru conversia P extractibil în P neextractibil	$6,37 \times 10^{-4} \times d^{-1}$
$K_{nextw}$	Constanta de viteză pentru conversia P neextractibil în P extractibil	$3,32 \times 10^{-5} \times d^{-1}$
$P_{hit(0)}$	Parametru folosit pentru a exprima efectul procentului de P funcție de greutatea uscată a plantei asupra vitezei de creștere, valoare pentru $W=0$	0,04%
$P_{extrw}$	Concentrația P-ului extractibil în primii 30 de cm de sol exprimat pe unitate de masă a solului	18 μg/g
$P_{nextw}$	Concentrația P-ului neextractibil în primii 30 de cm de sol	1190 μg/g
$P_{max(0)}$	Procentul minim de P din greutatea uscată a plantei pentru o viteză maximă de creștere, când $W=0$	0,6%
$P_{min}$	Procentul minim de P din greutatea uscată a plantei	0,1%
$P_{opt(0)}$	Parametru pentru a exprima efectul procentului de P funcție de materia uscată a plantei, la o anumită viteză de accesibilitate a fosforului, când $W=0$	0,3%
$P_{seed}$	Procentul de P din sămânța	0,8%
$R_{grno}$	Raza granulei de fertilizant cu P	1,7mm
$S_{def}$	Deficitul umezelii solului la 1 Ianuarie	0 mm
$T_h$	Timpul de la însămânțare la recoltare	160 zile
$T_s$	Data însămânțării, în zile, de la 1 Ianuarie	114 zile
$V_{fe}$	Volumul de apă conținut la capacitatea de câmp	0,26
$V_{lsens}$	Volumul de apă conținut folosit în analiza de sensibilitate	0,2
$V_{soil}$	Volumul de sol până la adâncimea de 30 cm	$3 \times 10^3 \text{ m}^3$
$V_{st}$	Volumul de sol îmbogățit de fertilizant natural	24 m <sup>3</sup>
$W_{max}$	Materia uscată a plantelor la recoltare	10,0 t/ha
$W_o$	Greutatea uscată a sămânței	5,64 kg/ha
$W_{0,5}$	Constanta de legătură între viteza de creștere și W	1,0 t/ha

	(greutatea uscată a plantei, excluzând rădăcinile fibroase)	
--	---	--

**Tabel 7-18. Definirea simbolurilor fără valori implicite**

Simbol	Definiție	Unitate
(d)	Indică faptul că variabila depinde de ziua după 1 Ianuarie	d
$D_{root}$	Adâncimea solului care conține 90 % rădăcini	cm
$D_1$	Coeficientul de difuziune a fosforului prin apă după corecția de temperatură	cm <sup>2</sup> /d
$D_s$	Coeficientul de difuziune a fosforului prin sol	cm <sup>2</sup> /d
$F_p$	Fluxul de P la suprafața rădăcinii	μg cm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>
$F_{tort}$	Coeficient de torsiune luat în calcul la stabilirea coeficientului de difuziune a fosforului prin sol	adimensional
$G_f$	Creșterea efectivă a accesibilității P pentru plante, exprimată ca fracție a valorii maxime	adimensional
$G_{temp}$	Corectează viteza de creștere zilnică funcție de media temperaturii aerului	adimensional
$G_{wt}$	Coeficient pentru viteza de creștere	t ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
$L_t$	Lungimea totală a rădăcinii	km m <sup>-2</sup>
$\Delta L_{dpl}$	Lungimea segmentului de rădăcină	cm
$\eta$	Vâscozitatea apei	cP
$P_{grth}$	Concentrația P din materia uscată a plantei în fiecare zi din perioada creșterii	%
$P_1$	Concentrația fosforului din soluția solului	μg/cm <sup>3</sup>
$P_{extrv}$	Concentrația P extractibil din sol, exprimată pe unitatea de volum a solului, de ex. $P_{extrv} = B_d \cdot P_{extrw}$	μg/cm <sup>3</sup>
$P_{extrvo}$	$P_{extrv}$ în regiunea de sol neafectată de absorbția radiculară	μg/cm <sup>3</sup>
R	Factor de reducere a creșterii culturii pentru un procent de P la valoarea sub-optimală	adimensional
$R_{grn}$	Raza zonei îmbogățite din jurul fertilizantului granular	mm
$T_{df}$	Timpul de creștere a unei rădăcini pentru o lungime dată	d
$T_g$	Timpul de încorporare a granulelor de fertilizant în sol	d
$T_{temp}$	temperatura	°C
$U_p$	Asimilarea fosforului de către recoltă	kg/ha
$V_{dpl}$	Volumul zonei epuizate în fosfați, din jurul fiecărui segment de rădăcină	cm <sup>-3</sup>
$V_1$	Volumul de apă conținut de sol într-o anumită zi	cm <sup>-3</sup>
W	Greutatea uscată a plantei	t/ha

Aceste relații sunt bazate pe experimentele făcute pe culturi de legume experimente desfășurate în Ucraina, dar sunt similare cu cele rezultate din măsurătorile făcute pe conopidă. Acestea pot, totuși, să varieze depinzând de cultivator și mediu.

$$R(d) = \min \left\{ 1, \left[ \frac{1 + (P_{hlf}'(W)/P_{max}'(W))}{1 + (P_{hlf}'(W)/P_{grth}'(d))} \right] \right\} \quad (14)$$

Unde

$$P_{\text{hlf}}'(W) = P_{\text{hlf}}(0)(1 - K_{\text{cn}} W)$$

$$P_{\text{grth}}' = P_{\text{grth}} - P_{\text{min}}$$

$$P_{\text{max}}'(W) = P_{\text{max}}(0)(1 - K_{\text{cn}} W) - P_{\text{min}}$$

Unde

$P_{\text{grth}}$  este % de P în plantă la momentul  $t$  (zile),

$P_{\text{min}}$  este % minim de P care se poate regăsi în plantă,

$P_{\text{max}}$  este cel mai scăzut % de fosfor din plantă la care viteza de creștere este maximă;

$P_{\text{hlf}}$  este coeficientul care definește sensibilitatea lui  $R(d)$  (factorului de reducere a procentului de fosfor) funcție de procentul de P din plantă.

Zeroul din paranteze indică valoarea parametrilor când  $W$  (greutatea uscată a plantei) este zero; aceasta descrește linear odată cu creșterea în greutatea uscată a plantei; coeficientul pentru această descreștere este dată de  $K_{\text{cn}}$ . Dovada acestei descreșteri a fost prevăzută de Belanger și Richards (1999) și alți cercetători. Ecuația (14) derivă prin modificarea ecuației Michaelis-Menten pentru a garanta că  $R(d) = 1$  când  $P_{\text{grth}}'(d)$  ajunge  $P_{\text{max}}'(W)$ ; de asemenea nu permite ca  $R(d)$  să crească cu creșterea mai departe a lui  $P_{\text{grth}}'(d)$  peste  $P_{\text{max}}'(W)$ .

Creșterea zilnică a rădăcinii este calculată astfel:

$$\Delta L_t = A_1 [e^{(A_1 \ln W(d) + B_1)}] \Delta W(d) / W(d) \quad (15)$$

unde  $W$  este greutatea plantei în t/ha,

$L_t$  este lungimea rădăcinii în km/m<sup>2</sup>

$A_1$  și  $B_1$  sunt coeficienți.

Ecuațiile sunt derivate prin diferențiere:

$$\ln L_t = A_1 \ln W + B_1 \quad (16)$$

Pentru recoltele de vegetale nonleguminoase cultivate pe soluri nisipoase argiloase,

$$A_1 = 1,07 \quad B_1 = 1,81 \quad \text{pentru } \ln W \leq -3$$

$$A_1 = 0,82 \quad B_1 = 1,06 \quad \text{pentru } \ln W > -3$$

Ecuația [16], cu valorile parametrilor  $A_1$  și  $B_1$  indicate, se corelează pozitiv cu datele experimentale pentru o gamă largă de culturi [46], [26], [11].

Este de asemenea evident că creșterea rădăcinilor poate fi similară pentru o gamă largă de condiții ale solului [159].

Creșterea rădăcinilor conform modelului nu este intensificată de cantitatea de fosfor din plantă sau de deficitul de apă al plantei.

#### Partiționarea rădăcinilor

Toată absorbția fosforului de către rădăcini se consideră că are loc în primii 30 cm din partea superioară a profilului de sol. Prin creștere, o parte din rădăcini intră în zone ale solului îmbogățite cu fertilizator granular. Această porțiune, care este mică, egalează volumul ocupat de regiunile de sol îmbogățite cu fertilizant granular, volum calculat din volumul total de sol până la o adâncime de 30 cm. Restul sistemului radicular inițial ajunge în regiunea de sol îmbogățită cu fertilizant natural care ocupă 0,8% din totalul volumului de sol. Totuși, creșterea rădăcinilor în această regiune fără fertilizant granular încetează când volumul zonelor sărăcite în

fertilizanți, calculate folosind ecuația 9, depășește volumul regiunii fertilizate.

Când granulele de fertilizant cu fosfor ajung în sol, apa din sol se îndreaptă în direcția acestora și aceste granule se dizolvă. Fertilizantul cu P trece atunci la în soluție la o viteză care depinde de umiditatea solului. Pe baza lucrării lui Lawton și Vomocil [79], Lehr et al [82], Burns et al., [16] a fost dedus că:

$$R_{grn} = \min \{ 3,33R_{grno} + 7,0, 1\{3,33R_{grno} + 13,3[V_1(V_1 - 0,166)T_g]^{0,5}\} \} \quad (17)$$

Unde  $R_{grn}$  este raza zonei din jurul granulelor de fertilizant (mm)

$R_{grno}$  este raza granulelor de fertilizant (mm)

$V_1$  este conținutul de apă

$T_g$  este timpul (în zile) de la încorporarea granulelor în sol.

Gradul la care această ecuație depinde de tipul de sol este incert.

Din relațiile amintite s-a demonstrat că acea proporție din lungimea totală a rădăcinilor care este cuprinsă în zonele îmbogățite în fosfați din jurul granulelor de fertilizant este proporțională cu raportul dintre volumul acestor zone și volumul total de sol, până la o adâncime de 30 cm. S-a presupus că această fracțiune este egală cu fracțiunea de rădăcină care absoarbe P din zonele îmbogățite în fosfați. Constanta de proporționalitate a fost considerată a fi una, după cum indică dovezile experimentale că proliferarea rădăcinilor în solul îmbogățit în fosfați este în general scăzută, mai puțin în cazul în care se manifestă o deficiență acută de fosfați în mediul rădăcinii [19], [14]. Reacțiile chimice în interiorul zonelor îmbogățite în fosfați sunt asemănătoare celor descrise în majoritatea tipurilor de sol; efectele valorilor foarte scăzute ale pH-ului din centrul granulelor este ignorat.

#### Asimilarea fosforului de către plante

Asimilarea P prin rădăcini este determinată în primul rând prin calcularea cantității maxime de P care poate fi transportată la rădăcini; această cantitate este apoi modificată funcție de concentrația fosforului în plantă ( $P_{grth}$ ), rezultând valoarea fosforului ce poate fi asimilat.

Transportul fosforului se presupune a fi exclusiv prin difuzie, iar contribuția fluxului de fosfați este în general neglijabilă [73]. În fiecare zi un segment de rădăcină este format în una sau două regiuni ale solului. De asemenea pentru fiecare zi, de la formare până la sfârșitul sezonului de creștere, cantitatea maximă de P care poate difuza la fiecare dintre aceste segmente se poate calcula separat. Calculul este similar cu cel prin care se calculează formarea segmentelor de rădăcină, fără să țină seama de locul în care segmentele de rădăcină au fost formate (respectiv în zone îmbogățite în fosfați sau în zone fără fosfați).

Pentru claritatea modelului, următoarea descriere va fi pentru segmentele de rădăcină formate în zonele de sol care nu sunt fertilizate. Se consideră că potențialul rădăcinilor de a absoarbi fosfații și raza acestora nu variază de-a lungul lungimii rădăcinii ([22]. Concentrația fosforului din soluția de la suprafața rădăcinii se consideră a fi zero, ele putând absorbi fosfor de la concentrații foarte joase comparativ cu cele din soluția solului. În practică s-a convenit a se lucra cu valori ale fosforului care poate extras din sol (fosfați mobili), dar aceste valori sunt transformate în fosfați din soluție, pe baza coeficientului de difuzie, descris pe baza ecuației 24.

Se consideră că fiecare segment nou de rădăcină care se formează este cilindric, de rază  $a$ , cu menținerea concentrației fosforului din soluția de la suprafața rădăcinii la zero, iar rădăcinile se formează în sol omogen, indiferent cât se extind. În aceste condiții, fluxul de fosfați de la suprafața rădăcinilor se calculează cu formula:

$$F_p = D_s P_{extrvo} \{ (\pi G_{tpy})^{-0,5} + 0,5 - 0,25(G_{tpy} / \pi)^{0,5} + 0,125 G_{tpy} \} / \alpha \text{ pentru } G_{tpy} \leq 3 \quad (18)$$

$$F_p = 2D_s P_{extrvo} \{ [\ln(4G_{tpy}) - 2\gamma]^{-1} - \gamma / [\ln(4G_{tpy}) - 2\gamma]^2 \} / \alpha \text{ pentru } G_{tpy} > 3 \quad (19)$$

Unde:  $D_s$  este coeficientul de difuziune a fosforului prin sol, calculat conform ec. (24)

$G_{tpy}$  este un coeficient adimensional definit prin relația

$$G_{tpy} = D_s T_{df} / \alpha^2$$

în care:  $T_{df}$  reprezintă timpul de la formare până la începutul creșterii în lungime a rădăcinilor  
 $\gamma = 0,5772$  (constanta Euler)

$P_{extrvo}$  reprezintă concentrația fosforului mobil (extractibil) din sol, în  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , în acele regiuni ale solului neafectate de absorbția radiculară, la momentul formării segmentelor de rădăcină. Acest parametru depinde de timp din cauza interschimbărilor între diversele forme de fosfați mobili și imobili, conform ecuației 11. În acest timp zonele de sol sărăcite în fosfor, calculate conform ecuației (21), sunt independente una de alta. Dacă totuși, creșterea rădăcinilor are loc pe o perioadă mai lungă de timp, volumul total al zonei de difuziune poate ocupa întregul volum de sol accesibil pentru rădăcini. Dacă se întâmplă acest lucru,  $P_{extrvo}$ , pentru fiecare segment nou format reprezintă media concentrațiilor din întregul volum de sol.

În concordanță cu ecuațiile 6 și 7 fluxul de fosfor întâi scade foarte brusc, apoi tot mai încet, în timp., rezultatele obținute în simulări fiind sensibil egale cu cele obținute în urma integrării ecuațiilor. Pentru integrarea precisă este necesar a dispune de valorile medii ale calculelor, valori medii ale termenilor din paranteze pentru fiecare interval de timp care este ales pentru a fi integrat. Acesta se realizează prin integrarea lui  $B$  contra lui  $G_{tpy}$  (folosind un pas de 0,01d) corespunzător unei ecuații empirice, prin care se determină zona în care curba corespunde valorii  $G_{tpy}$  de la început la sfârșitul intervalului de integrare, și împărțindu-l la diferența între cele două valori. Cu aceste modificări, fluxul se calculează cu ecuațiile 6 și 7, cu valoarea lui  $D_s$  calculată ca medie pe întregul segment de rădăcină. Suma fluxurilor pe fiecare segment de rădăcină reprezintă valoarea maximă ce poate fi absorbită. Valoarea curentă a fosforului absorbit este mai mică decât valoarea maximă datorită conținutului de fosfor deja existent în plantă, cel puțin până la un nivel critic cert, putând reprima absorbția radiculară a fosforului [33], [34], [84].

Dacă  $G_f$  reprezintă raportul între creșterea curentă a absorbției fosforului funcție de valoarea maxim posibilă, atunci:

$$G_f(d) = \min(1, e^{-2,7x}) \quad (20)$$

$$\text{Unde } x = (P_{grth}(d) / P_{opt}(W)) - G_p$$

$$P_{opt}(W) = P_{opt}(0)(1 - K_{cn} W)$$

în care:  $P_{grth}(d)$  reprezintă procentul de fosfor din masa uscată a plantei  
 $P_{opt}(W)$  și  $G_p$  sunt coeficienți care definesc reprimarea absorbției fosforului funcție de procentul de fosfor deja existent în plantă

$P_{opt}(0)$  reprezintă valoare acestui parametru când  $W=0$

$K_{cn}$  corectează descreșterea lui  $P_{opt}$  odată cu creșterea lui  $W$ .

Atunci când procentul de fosfor din plantă este sub nivelul limită, absorbția



fosforului nu este afectată de această valoare, aceasta fiind apoi limitată de cantitatea de fosfor care poate difuza prin rădăcini.

#### Zonele sărăcite în fosfor

Creșterea zilnică în volum a zonelor sărăcite în fosfor ( $\Delta V_{dpl}$ ) din jurul segmentelor de rădăcină, ( $\Delta L_{dpl}$ ), se calculează cu formula:

$$(\Delta V_{dpl}) = 4\pi\Delta L_{dpl}D_S(d)T_{df} \quad (21)$$

În care:  $D_S$  reprezintă coeficientul de difuziune prin sol ( $\text{cm}^2/\text{d}$ )

$T_{df}$  reprezintă timpul de la formare până la începutul creșterii în lungime a rădăcinilor

Ecuția se derivează considerând că lărgirea zonelor din care se absoarbe fosforul, de la suprafața rădăcinilor, este dată de termenul  $(4D_{st})^{0,5}$  [165]. Acest termen poate fi dedus, în condiții de sol omogen, în care raza zonei sărăcite în fosfați este egală cu media aritmetică a moleculelor dislocuite, care difuzează în două direcții de la punctul de start.

#### Conținutul volumetric de apă din sol

Valoarea medie a conținutului volumetric al apei din sol,  $V_1$ , este actualizat pentru fiecare zi de simulare. Acesta se calculează funcție de deficitul de umiditate a solului, de conținutului volumetric al apei din sol la capacitatea de câmp și de adâncimea solului până la care apa este pierdută prin evapotranspirație. Pentru calcularea deficitului de umiditate al solului, sunt necesare datele de intrare pentru precipitațiile zilnice, evapotranspirație zilnică și eventual irigație, dacă este cazul. Apa difuzează rapid prin sol, în contrast cu fosfații, doar câteva rădăcini care penetrează în adâncime pot absorbi o mare cantitate de apă.

Adâncimea solului care conține 90% din rădăcinile plantelor neleguminoase, ( $D_{root}(d)$ ), crescute pe un sol argilo-lutos, se determină cu relația:

$$D_{root}(d) = 17,6 + 8,53W(d) \quad (22)$$

În care  $W$  se exprimă în t/ha din materia uscată a plantei.

În model se consideră că apa este extrasă până la o adâncime de  $D_{root}(d)+10$  cm și în fiecare zi, conținutul de apă din sol a fost același pe această adâncime.

#### Interschimbările între formele de fosfați mobili (extractibili) și imobili (neextractibili)

Echilibrul între fosfații din soluție și cei imobili este considerat a fi instantaneu. Totuși cea mai mare parte a fosforului din sol se află sub alte forme, care includ minerale care sunt includ fosfați neextractibili. De aceea interschimbările între diferitele forme de fosfați se realizează lent și acestea se recalculează în fiecare zi, pentru fiecare regiune și pentru fiecare zonă în parte, conform relației:

$$d(P_{extr})/dt = [K_{nextr}P_{nextrw} - K_{extr}P_{extrw}]B_d \quad (23)$$

În care:  $P_{extr}$  și  $P_{nextrw}$  reprezintă concentrația fosforului mobil și imobil

$K_{nextr}$  și  $K_{extr}$  sunt coeficienții de viteză

$B_d$  reprezintă densitatea solului

Această ecuație reprezintă de fapt ecuația Barrow (1983) a modelului de difuziune a stării solide pentru absorbția și desorbția fosfaților prin sol, în formă simplificată.

Coeficientul de difuziune

Coeficientul de difuziune,  $D_S(d)$  al fosforului în sol, spre suprafața rădăcinii se calculează, pentru fiecare zi, cu relația:

$$D_S(d) = D_1(d)V_1(d)F_{tort}(d)dP_1(d) / dP_{extrv}(d) \quad (24)$$

În care:  $P_1(d)$  reprezintă concentrația fosforului din soluția solului

$P_{extrv}(d)$  reprezintă concentrația fosforului extractibil

$D_1(d)$  reprezintă coeficientul de difuziune al fosforului în apă, ajustat funcție de temperatură. La 25°C,  $D_1 = D_w = 1,02 \text{ cm}^2/\text{d}$ .  $D_1$  este direct proporțional cu temperatura absolută și invers proporțional cu vâscozitatea. Vâscozitatea,  $\eta$ , exprimată în cP, se calculează astfel:

$$\eta = 0,000602(T_{temp})^2 - 0,049485(T_{temp}) + 1,742 \quad (25)$$

Se consideră că temperatura solului este aceeași cu cea a aerului.

$F_{tort}(d)$  este factorul de torsiune care caracterizează transportul fosforului prin sol, calculat la  $V_1(d)$  (conținutul volumetric al apei din sol).

$$F_{tort}(d) = 1,61(V_1(d) - 0,1) \quad \text{pentru } V_1(d) > 0,1 \quad (26)$$

$$F_{tort}(d) = 0,0001 \quad \text{pentru } V_1(d) \leq 0,1$$

Aceste valori sunt valabile pentru solurile cu textură lutoasă și argiloasă.

Puterea de tamponare, reciproca căreia este necesară pentru a calcula coeficientul de difuziune, totdeauna se presupune a fi cea corespunzătoare regiunilor nefertilizate ale solului și se calculează cu relația:

$$dP_{extrv} / dP_1 = G_{arf} G_{bfr} (P_{extrv} / G_{afr})^{(G_{bfr}-1) / G_{bfr}} \quad (27)$$

În care:  $P_{extrv}$  reprezintă concentrația fosforului mobil (extractibil) din solă

$P_1$  reprezintă concentrația fosforului din soluția solului

$G_{arf}$  și  $G_{bfr}$  sunt coeficienți caracteristici solului

Ecuatia 15 reprezintă de fapt derivata izotermei lui Freundlich:

$$P_{extrv} = G_{arf} P_1^{G_{bfr}} \quad (28)$$

care de fapt reprezintă o foarte bună reprezentare a absorbției fosfaților la nivelul tuturor solurilor.

Pentru rularea modelului sunt necesare următoarele date:

- Caracteristicile vremii: cantitatea de precipitații, cea de irigații (dacă este cazul), evapotranspirația, temperatura medie a aerului pentru fiecare zi.
- Caracteristicile solului: densitatea, conținutul volumetric de apă la capacitatea de câmp, deficitul de umiditate al solului, fosforul extractabil din sol, constantele de viteză ce caracterizează reacțiile de schimb între formele de fosfați mobili și imobili.
- Caracteristicile fertilizanților cu fosfor: cantitatea de fertilizant încorporată în sol, timpul de încorporare, raza medie a granulelor de fertilizant, cantitatea de fertilizant de pornire și volumul de sol ocupat de în momentul injectării.
- Caracteristicile culturii: specia de cultură, data plantării și cea a recoltării, greutatea uscată a plantei la momentul inițial ( $W_0$ ), calculată ca și produs între numărul de plante și greutatea uscată a sămânței, procentul de fosfor din sămânță ( $P_{seed}$ ), greutatea uscată maximă a plantelor la recoltare,  $W_{max}$ .

#### Concluzii referitoare la model

Coeficienții de viteză ( $K_{extr}$  și  $K_{nextr}$ ), care influențează reacțiile de schimb între fosfații mobili și cei imobili, sunt singurele date de intrare necesare pentru rularea modelului care nu sunt ușor de obținut. Totuși, la o analiză atentă, variațiile considerabile în ceea ce le privește valoarea au avut un efect redus asupra perioadei de creștere când cantitatea de fosfor mobil a avut o valoare foarte scăzută. Astfel, prin rularea modelului doar cu valori aproximative pentru acești coeficienți, în general se obțin estimări bune ale răspunsului la fosfați. Se observă deci că funcționarea modelului poate fi realizată doar cu date de intrare ușor de determinat.

Importanța conținutului de apă din sol este implicită în toate modelele bazate pe difuziune.

Când creșterea plantelor nu este limitată de cantitatea de fosfor, modelul calculează că greutatea uscată a plantelor crește inițial aproape exponențial și apoi liniar în timp. În consecință, viteza de creștere a greutateii materiei uscate este inițial aproape constantă. Concentrația fosforului din plantă necesară creșterii optime a acesteia oricum descrește odată cu creșterea masei plantei.

Efectul clar este acela că viteza de absorbție a fosforului necesară pentru a menține creșterea maximă a plantelor întâi crește brusc în timp, ajunge la maxim, și apoi scade încet. Între timp, lungimea totală a rădăcinii capabilă de a absorbi fosforul din sol crește în toată perioada de creștere. Astfel, așa cum a sugerat Scaife (1994), capacitatea rădăcinilor de a suplimenta cu fosfor cantitatea necesară pentru cererea recoltei va crește pe parcursul fazei liniare de creștere. Răspunsul recoltei ar trebui să atingă un maxim și apoi să scadă pe măsură ce planta crește, cum este de așteptat conform modelului și cum s-a descoperit experimental.

Recoltele sunt mai vulnerabile la deficiența în fosfor în stadiile timpurii ale creșterii. O oprire temporară a dezvoltării în acel moment ar periclita recolta finală chiar dacă a fost suficient fosfor în plantă pentru a mai rămâne și pe perioada creșterii. Doar dacă planta ar putea compensa, de exemplu prin întârzierea maturării, recolta finală ar putea să nu fie afectată.

Îngrășământul de start, amortizează deficiența în fosfor în cele mai timpurii faze de creștere și astfel nu mai este oprită dezvoltarea plantelor, ceea ce sporește considerabil recolta finală. Semănarea prin împrăștiere și îngrășământul granular încorporat chiar înainte de semănare nu este benefic pentru amortizarea deficienței în fosfați în fazele timpurii ale creșterii deoarece doar o mică proporție din totalul lungimii rădăcinii interceptează zonele îmbogățite în fosfați și sunt capabile să îl absoarbă. Creșterea nivelului total al fosforului extractibil din sol este mai bună deoarece îmbunătățește resursa de fosfor pentru întreg sistemul radicular. Indicația că fosforul mobil poate avea tendința de a trece către un nivel de echilibru caracteristic solului (ecuația (23)) sugerează că dacă este aplicat mai mult fosfor prin fertilizare decât este necesar, mult din el va fi irosit. Acesta va fi transformat, într-un ritm ce depinde de sol, în fosfați imobili, care sunt inaccesibili plantelor. Ideal ar fi ca solul să se mențină la nivelul de echilibru prin aplicarea de îngrășământ natural sau de fertilizant. Pentru a dezvolta ulterior această model este nevoie să separăm niște mijloace mai rapide de determinare a relațiilor dintre fosfații mobili și cei imobili și coeficienții de viteză care caracterizează reacțiile de schimb între aceste forme de fosfați. Pe lângă asta, este necesară etalonarea parametrilor ce caracterizează recoltele pentru diferite specii, acesta fiind subiectul altor modele.

#### RULAREA PROGRAMULUI

Exemplu de rulare a programului PHOSMOD, fiind luat în studiu cazul unei culturi de cartof, pe sol argilo-lutos. În acest exemplu, cartofii au fost însămânțați la data de 23 aprilie, considerând ca vor fi relotați la 30 septembrie. Simularea s-a făcut la data de 10 iulie.

Se consideră că recolta va fi de 10 t/ha, capacitatea de câmp este constantă pe primii 100 cm ai solului, deficitul de umiditate fiind de 10 mm, la data de 1 ianuarie 2008.

Cultura este privită ca și cum ar crește cu toate rădăcinile într-un singur strat de sol, de 0-30 cm de la suprafața solului. Solul este considerat a fi uniform, iar rădăcinile și apa sunt uniform distribuite prin sol. Conținutul de apă este actualizat zilnic, depinzând de deficitul de umiditate a solului, tipul de sol, potențialul de evaporare de la suprafața solului, gradul de acoperire a solului cu culturi și de masa plantelor.

Cultura nu este irigată, iar datele referitoare la cantitatea de precipitații sunt valorile medii înregistrate.

Simularea s-a făcut pentru situația în care pe sol nu se aplică fertilizanți, respectiv se aplică o cantitate de fertilizanți cu fosfor de 25, 50, 75 și 100 kg/ha.

Rezultatele sunt următoarele:

**Caracteristicile culturii**

Crop:

Date of planting:

Date of harvest:

Date when simulation ceases:

Max dry weight of total plant at harvest (t/ha) (0.01 ~ 25):

Barrier to rooting depth (cm) (1 ~ 200):

**Caracteristicile solului**

Soil Type:

Clay content (%) (10 ~ 50):

Soil bulk density (g/cm3) (0.9 ~ 1.9):

Field capacity in 0-30cm soil layer (cm3/cm (0.15 ~ 0.5):

Field capacity in 30-60cm soil lay (cm3/cm3) (0.15 ~ 0.5):

Field capacity in 60-90cm soil lay (cm3/cm3) (0.15 ~ 0.5):

Date when soil moisture deficit known (MU: be earlier than any other input dates):

Soil moisture deficit (mm) (0 ~ 200):

**Datele despre vreme**

	Precipitații (mm)	Irigația (mm)
Ian	<input type="text" value="43,4"/>	<input type="text" value="0"/>
Feb	<input type="text" value="24,5"/>	<input type="text" value="0"/>
Mar	<input type="text" value="26,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Apr	<input type="text" value="57,2"/>	<input type="text" value="0"/>

Mai	<input type="text" value="73,7"/>	<input type="text" value="0"/>
Iun	<input type="text" value="120,9"/>	<input type="text" value="0"/>
Iul	<input type="text" value="51,6"/>	<input type="text" value="0"/>
Aug	<input type="text" value="45,3"/>	<input type="text" value="0"/>
Sep	<input type="text" value="51,2"/>	<input type="text" value="0"/>
Oct	<input type="text" value="30,3"/>	<input type="text" value="0"/>
Nov	<input type="text" value="40,8"/>	<input type="text" value="0"/>
Dec	<input type="text" value="19,7"/>	<input type="text" value="0"/>

Initial bicarbonate extractable P (mg/kg soil) (10 ~ 300)	<input type="text" value="20"/>
Amount of P fertiliser (kg/ha) ( 0 ~ 300)	<input type="text" value="100"/>
Conversion rate of extractable P into non-extractable soil P (1/d)	<input type="text" value="0.000637"/>
Conversion rate of non extractable P into extractable soil P (1/d)	<input type="text" value="0.0000322"/>

### Datele de ieșire

Vineri, 11 iul 2008 11:12:32 AM

Rezultatele simulării modelului pentru nivelul fosforului aplicat = 0,00kg/ha

Day	DW	%P
-	t/ha'	-
114	0.50	0.80
146	1.78	0.47
178	3.58	0.40
210	5.33	0.40

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 239

242	7.36	0.39
274	9.56	0.35

Rezultatele simulării modelului pentru nivelul fosforului aplicat = 25,00kg/ha

Day	DW	%P
-	t/ha'	-
114	0.50	0.80
146	1.79	0.51
178	3.59	0.40
210	5.34	0.40
242	7.35	0.35
274	9.50	0.30

Rezultatele simulării modelului pentru nivelul fosforului aplicat = 50,00kg/ha

Day	DW	%P
-	t/ha'	-
114	0.50	0.80
146	1.79	0.51
178	3.60	0.40
210	5.35	0.40
242	7.37	0.36
274	9.53	0.32

Rezultatele simulării modelului pentru nivelul fosforului aplicat = 75,00kg/ha

Day	DW	%P
-	t/ha'	-
114	0.50	0.80
146	1.80	0.51
178	3.60	0.40
210	5.35	0.40
242	7.38	0.37
274	9.55	0.33

Rezultatele simulării modelului pentru nivelul fosforului aplicat = 100,00kg/ha

Day	DW	%P
-	t/ha'	-
114	0.50	0.80
146	1.80	0.51
178	3.60	0.40
210	5.35	0.40
242	7.38	0.38
274	9.57	0.33

Date	SMD_90cm (mm)	Soil moisture
1	10.00	0.45
2	1.10	0.46

240 Retenția și mobilitatea fosforului

---

3	1.10	0.46
4	1.10	0.46
5	0.10	0.46
6	0.10	0.46
7	0.00	0.46
8	0.00	0.46
9	0.00	0.46
10	0.00	0.46
11	0.00	0.46
12	0.00	0.46
13	0.00	0.46
14	0.00	0.46
15	0.00	0.46
16	0.00	0.46
17	0.00	0.46
18	0.00	0.46
19	0.00	0.46
20	0.00	0.46
21	0.00	0.46
22	0.00	0.46
23	0.00	0.46
24	0.00	0.46
25	0.00	0.46
26	0.00	0.46
27	0.00	0.46
28	0.00	0.46
29	0.00	0.46
30	0.00	0.46
31	0.00	0.46
32	0.00	0.46
33	0.00	0.46
34	0.00	0.46
35	0.00	0.46
36	0.00	0.46
37	0.00	0.46
38	0.00	0.46
39	0.00	0.46
40	0.00	0.46
41	0.00	0.46
42	0.00	0.46
43	0.00	0.46
44	0.00	0.46
45	0.00	0.46
46	0.00	0.46
47	0.00	0.46
48	0.00	0.46
49	0.00	0.46
50	0.00	0.46
51	0.00	0.46
52	0.00	0.46
53	0.00	0.46



---

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 241

54	0.00	0.46
55	0.00	0.46
56	0.00	0.46
57	0.00	0.46
58	0.00	0.46
59	0.00	0.46
60	0.00	0.46
61	0.00	0.46
62	0.00	0.46
63	0.00	0.46
64	0.00	0.46
65	0.00	0.46
66	0.00	0.46
67	0.00	0.46
68	0.00	0.46
69	0.00	0.46
70	0.00	0.46
71	0.00	0.46
72	0.00	0.46
73	0.00	0.46
74	0.00	0.46
75	0.00	0.46
76	1.10	0.46
77	1.63	0.46
78	0.00	0.46
79	1.20	0.46
80	2.33	0.46
81	3.49	0.46
82	4.58	0.45
83	5.60	0.45
84	6.67	0.45
85	6.67	0.45
86	7.67	0.45
87	8.71	0.45
88	0.00	0.46
89	1.50	0.46
90	3.10	0.46
91	3.41	0.46
92	4.91	0.45
93	0.00	0.46
94	1.70	0.46
95	0.00	0.46
96	1.80	0.46
97	3.70	0.46
98	5.28	0.45
99	6.86	0.45
100	8.45	0.45
101	6.45	0.45
102	8.06	0.45
103	0.96	0.46
104	3.06	0.46

242 Retenția și mobilitatea fosforului

---

105	5.08	0.45
106	6.97	0.45
107	8.86	0.45
108	10.62	0.45
109	7.02	0.45
110	9.00	0.45
111	6.20	0.45
112	7.53	0.45
113	9.58	0.45

P fertiliser (kg-P/ha) = 0,00

DOY	Dry weight (t/ha)	Uptake (kg/ha)	Crop %P (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Soil water content in 90cm
114	0.5000	4.0000	0.8000	0.4358
115	0.5271	4.0000	0.7589	0.4335
116	0.5555	4.0000	0.7200	0.4311
117	0.5850	4.0000	0.6837	0.4288
118	0.6155	4.0000	0.6499	0.4264
119	0.6468	4.0200	0.6215	0.4288
120	0.6792	4.0493	0.5962	0.4494
121	0.7125	4.0877	0.5737	0.4494
122	0.7467	4.1348	0.5537	0.4461
123	0.7817	4.1925	0.5363	0.4471
124	0.8175	4.2613	0.5212	0.4451
125	0.8541	4.3433	0.5085	0.4494
126	0.8914	4.4350	0.4975	0.4459
127	0.9294	4.5372	0.4882	0.4424
128	0.9682	4.6505	0.4803	0.4390
129	1.0077	4.7738	0.4737	0.4355
130	1.0479	4.9067	0.4682	0.4321
131	1.0889	5.0470	0.4635	0.4288
132	1.1305	5.1989	0.4599	0.4280
133	1.1727	5.3586	0.4569	0.4246
134	1.2157	5.5255	0.4545	0.4210
135	1.2593	5.7035	0.4529	0.4219
136	1.3036	5.8888	0.4517	0.4197
137	1.3485	6.0820	0.4510	0.4160
138	1.3940	6.2867	0.4510	0.4150
139	1.4402	6.4975	0.4512	0.4110
140	1.4870	6.7175	0.4518	0.4069
141	1.5343	6.9551	0.4533	0.4132
142	1.5823	7.1984	0.4549	0.4089
143	1.6309	7.4572	0.4573	0.4128
144	1.6800	7.7239	0.4598	0.4115
145	1.7297	8.0002	0.4625	0.4136
146	1.7800	8.2797	0.4651	0.4099
147	1.8308	8.5607	0.4676	0.4054
148	1.8822	8.8435	0.4698	0.4026
149	1.9341	9.1293	0.4720	0.3979
150	1.9865	9.4135	0.4739	0.3933

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 243

151	2.0395	9.7211	0.4767	0.4044
152	2.0929	10.0281	0.4792	0.4005
153	2.1467	10.2554	0.4777	0.4136
154	2.2011	10.4376	0.4742	0.4087
155	2.2558	10.6074	0.4702	0.4038
156	2.3109	10.7726	0.4662	0.3989
157	2.3664	10.9349	0.4621	0.3939
158	2.4222	11.0949	0.4581	0.3894
159	2.4783	11.2526	0.4540	0.4032
160	2.5347	11.4079	0.4501	0.4027
161	2.5914	11.5610	0.4461	0.3976
162	2.6484	11.7117	0.4422	0.3924
163	2.7057	11.8602	0.4383	0.3872
164	2.7632	12.0064	0.4345	0.3818
165	2.8210	12.1504	0.4307	0.3964
166	2.8790	12.2921	0.4270	0.3910
167	2.9373	12.4315	0.4232	0.4325
168	2.9957	12.5687	0.4196	0.4270
169	3.0545	12.7038	0.4159	0.4338
170	3.1134	12.8367	0.4123	0.4290
171	3.1725	12.9674	0.4087	0.4235
172	3.2318	13.0960	0.4052	0.4179
173	3.2907	13.2226	0.4018	0.4202
174	3.3486	13.3742	0.3994	0.4145
175	3.4060	13.5868	0.3989	0.4088
176	3.4630	13.8131	0.3989	0.4062
177	3.5202	14.0414	0.3989	0.4005
178	3.5770	14.2708	0.3990	0.3968
179	3.6334	14.4992	0.3991	0.3910
180	3.6894	14.7262	0.3991	0.3853
181	3.7450	14.9515	0.3992	0.3795
182	3.8007	15.1751	0.3993	0.3736
183	3.8560	15.3988	0.3993	0.3677
184	3.9114	15.6211	0.3994	0.3618
185	3.9664	15.8437	0.3994	0.3559
186	4.0210	16.0649	0.3995	0.3566
187	4.0757	16.2843	0.3995	0.3507
188	4.1299	16.5038	0.3996	0.3500
189	4.1842	16.7218	0.3996	0.3440
190	4.2381	16.9398	0.3997	0.3424
191	4.2921	17.1564	0.3997	0.3366
192	4.3462	17.3730	0.3997	0.3312
193	4.3999	17.5900	0.3998	0.3263
194	4.4536	17.8056	0.3998	0.3215
195	4.5075	18.0212	0.3998	0.3171
196	4.5615	18.2372	0.3998	0.3150
197	4.6156	18.4536	0.3998	0.3109
198	4.6692	18.6704	0.3999	0.3143
199	4.7229	18.8858	0.3999	0.3101
200	4.7767	19.1011	0.3999	0.3061
201	4.8306	19.3167	0.3999	0.3031

---

202	4.8846	19.5328	0.3999	0.2995
203	4.9394	19.7492	0.3998	0.2961
204	4.9942	19.9680	0.3998	0.2965
205	5.0492	20.1877	0.3998	0.2931
206	5.1043	20.4079	0.3998	0.2928
207	5.1594	20.6285	0.3998	0.2895
208	5.2147	20.8495	0.3998	0.2864
209	5.2700	21.0709	0.3998	0.3019
210	5.3262	21.2927	0.3998	0.2977
211	5.3824	21.5168	0.3998	0.2938
212	5.4387	21.7418	0.3998	0.2964
213	5.4957	21.9673	0.3997	0.2925
214	5.5528	22.1951	0.3997	0.2919
215	5.6101	22.4238	0.3997	0.2881
216	5.6687	22.6530	0.3996	0.2869
217	5.7274	22.8865	0.3996	0.2833
218	5.7869	23.1214	0.3995	0.2798
219	5.8465	23.3589	0.3995	0.2766
220	5.9068	23.5973	0.3995	0.2734
221	5.9672	23.8381	0.3995	0.2704
222	6.0284	24.0799	0.3994	0.2675
223	6.0910	24.3242	0.3993	0.2647
224	6.1536	24.5733	0.3993	0.2620
225	6.2171	24.8239	0.3993	0.2594
226	6.2813	25.0772	0.3992	0.2569
227	6.3456	25.3320	0.3992	0.2544
228	6.4106	25.5790	0.3990	0.2520
229	6.4771	25.8178	0.3986	0.2497
230	6.5443	26.0504	0.3981	0.2475
231	6.6117	26.2772	0.3974	0.2453
232	6.6791	26.4987	0.3967	0.2431
233	6.7466	26.7151	0.3960	0.2410
234	6.8141	26.9330	0.3953	0.2450
235	6.8818	27.1728	0.3949	0.2679
236	6.9494	27.4102	0.3944	0.2692
237	7.0172	27.6399	0.3939	0.2655
238	7.0851	27.8601	0.3932	0.2619
239	7.1530	28.0752	0.3925	0.2585
240	7.2209	28.2832	0.3917	0.2552
241	7.2890	28.4860	0.3908	0.2520
242	7.3571	28.6828	0.3899	0.2489
243	7.4252	28.8763	0.3889	0.2460
244	7.4934	29.0719	0.3880	0.2515
245	7.5617	29.2619	0.3870	0.2484
246	7.6300	29.4478	0.3859	0.2453
247	7.6983	29.6299	0.3849	0.2424
248	7.7667	29.8062	0.3838	0.2395
249	7.8352	29.9794	0.3826	0.2367
250	7.9037	30.1495	0.3815	0.2340
251	7.9722	30.3314	0.3805	0.2526
252	8.0407	30.5135	0.3795	0.2544

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 245

253	8.1093	30.6916	0.3785	0.2509
254	8.1780	30.8638	0.3774	0.2476
255	8.2466	31.0326	0.3763	0.2443
256	8.3153	31.1973	0.3752	0.2411
257	8.3841	31.3580	0.3740	0.2381
258	8.4529	31.5239	0.3729	0.2461
259	8.5217	31.6857	0.3718	0.2429
260	8.5905	31.8497	0.3708	0.2485
261	8.6593	32.0107	0.3697	0.2452
262	8.7282	32.1715	0.3686	0.2490
263	8.7971	32.3284	0.3675	0.2457
264	8.8661	32.4825	0.3664	0.2424
265	8.9350	32.6322	0.3652	0.2394
266	9.0040	32.7796	0.3641	0.2364
267	9.0730	32.9238	0.3629	0.2335
268	9.1421	33.0642	0.3617	0.2306
269	9.2111	33.2028	0.3605	0.2279
270	9.2802	33.3402	0.3593	0.2277
271	9.3493	33.4741	0.3580	0.2250
272	9.4184	33.6064	0.3568	0.2224
273	9.4875	33.7370	0.3556	0.2209
274	9.5566	33.8654	0.3544	0.2185

Date	SMD_90cm (mm)	Soil moisture
1	10.00	0.45
2	1.10	0.46
3	1.10	0.46
4	1.10	0.46
5	0.10	0.46
6	0.10	0.46
7	0.00	0.46
8	0.00	0.46
9	0.00	0.46
10	0.00	0.46
11	0.00	0.46
12	0.00	0.46
13	0.00	0.46
14	0.00	0.46
15	0.00	0.46
16	0.00	0.46
17	0.00	0.46
18	0.00	0.46
19	0.00	0.46
20	0.00	0.46
21	0.00	0.46
22	0.00	0.46
23	0.00	0.46
24	0.00	0.46
25	0.00	0.46
26	0.00	0.46

246 Retenția și mobilitatea fosforului

---

27	0.00	0.46
28	0.00	0.46
29	0.00	0.46
30	0.00	0.46
31	0.00	0.46
32	0.00	0.46
33	0.00	0.46
34	0.00	0.46
35	0.00	0.46
36	0.00	0.46
37	0.00	0.46
38	0.00	0.46
39	0.00	0.46
40	0.00	0.46
41	0.00	0.46
42	0.00	0.46
43	0.00	0.46
44	0.00	0.46
45	0.00	0.46
46	0.00	0.46
47	0.00	0.46
48	0.00	0.46
49	0.00	0.46
50	0.00	0.46
51	0.00	0.46
52	0.00	0.46
53	0.00	0.46
54	0.00	0.46
55	0.00	0.46
56	0.00	0.46
57	0.00	0.46
58	0.00	0.46
59	0.00	0.46
60	0.00	0.46
61	0.00	0.46
62	0.00	0.46
63	0.00	0.46
64	0.00	0.46
65	0.00	0.46
66	0.00	0.46
67	0.00	0.46
68	0.00	0.46
69	0.00	0.46
70	0.00	0.46
71	0.00	0.46
72	0.00	0.46
73	0.00	0.46
74	0.00	0.46
75	0.00	0.46
76	1.10	0.46
77	1.63	0.46

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 247

78	0.00	0.46
79	1.20	0.46
80	2.33	0.46
81	3.49	0.46
82	4.58	0.45
83	5.60	0.45
84	6.67	0.45
85	6.67	0.45
86	7.67	0.45
87	8.71	0.45
88	0.00	0.46
89	1.50	0.46
90	3.10	0.46
91	3.41	0.46
92	4.91	0.45
93	0.00	0.46
94	1.70	0.46
95	0.00	0.46
96	1.80	0.46
97	3.70	0.46
98	5.28	0.45
99	6.86	0.45
100	8.45	0.45
101	6.45	0.45
102	8.06	0.45
103	0.96	0.46
104	3.06	0.46
105	5.08	0.45
106	6.97	0.45
107	8.86	0.45
108	10.62	0.45
109	7.02	0.45
110	9.00	0.45
111	6.20	0.45
112	7.53	0.45
113	9.58	0.45

P fertiliser (kg-P/ha) = 25,00

DOY	Dry weight (t/ha)	P Uptake (kg/ha) <sup>1</sup> (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Crop %P	Soil water content in 90cm
114	0.5000	4.0000	0.8000	0.4358
115	0.5271	4.0000	0.7589	0.4335
116	0.5555	4.0000	0.7200	0.4311
117	0.5850	4.0000	0.6837	0.4288
118	0.6155	4.0000	0.6499	0.4264
119	0.6468	4.0289	0.6228	0.4288
120	0.6792	4.0673	0.5988	0.4494
121	0.7125	4.1180	0.5780	0.4494
122	0.7467	4.1807	0.5599	0.4461
123	0.7818	4.2576	0.5446	0.4471

---

124	0.8176	4.3465	0.5316	0.4451
125	0.8542	4.4526	0.5212	0.4494
126	0.8916	4.5708	0.5126	0.4459
127	0.9298	4.6994	0.5054	0.4424
128	0.9687	4.8417	0.4998	0.4390
129	1.0084	4.9958	0.4954	0.4355
130	1.0488	5.1585	0.4919	0.4321
131	1.0899	5.3297	0.4890	0.4288
132	1.1318	5.5120	0.4870	0.4280
133	1.1744	5.7030	0.4856	0.4246
134	1.2177	5.9019	0.4847	0.4210
135	1.2616	6.1132	0.4846	0.4219
136	1.3063	6.3323	0.4848	0.4197
137	1.3516	6.5593	0.4853	0.4160
138	1.3976	6.7977	0.4864	0.4150
139	1.4442	7.0390	0.4874	0.4110
140	1.4915	7.2891	0.4887	0.4069
141	1.5394	7.5574	0.4909	0.4131
142	1.5879	7.8330	0.4933	0.4089
143	1.6370	8.1221	0.4962	0.4128
144	1.6867	8.4208	0.4993	0.4115
145	1.7369	8.7262	0.5024	0.4136
146	1.7878	9.0313	0.5052	0.4099
147	1.8392	9.2434	0.5026	0.4053
148	1.8912	9.4309	0.4987	0.4026
149	1.9436	9.6049	0.4942	0.3979
150	1.9965	9.7870	0.4902	0.3932
151	2.0498	9.9631	0.4861	0.4043
152	2.1035	10.1362	0.4819	0.4005
153	2.1575	10.3069	0.4777	0.4136
154	2.2120	10.4753	0.4736	0.4087
155	2.2668	10.6415	0.4694	0.4038
156	2.3220	10.8055	0.4653	0.3989
157	2.3776	10.9673	0.4613	0.3939
158	2.4334	11.1267	0.4572	0.3893
159	2.4896	11.2839	0.4532	0.4031
160	2.5460	11.4388	0.4493	0.4027
161	2.6028	11.5914	0.4453	0.3976
162	2.6599	11.7417	0.4414	0.3923
163	2.7172	11.8897	0.4376	0.3871
164	2.7748	12.0355	0.4337	0.3818
165	2.8326	12.1790	0.4300	0.3963
166	2.8907	12.3202	0.4262	0.3910
167	2.9490	12.4592	0.4225	0.4325
168	3.0075	12.5960	0.4188	0.4270
169	3.0663	12.7306	0.4152	0.4338
170	3.1252	12.8631	0.4116	0.4290
171	3.1844	12.9934	0.4080	0.4235
172	3.2437	13.1216	0.4045	0.4179
173	3.3026	13.2477	0.4011	0.4201
174	3.3606	13.4166	0.3992	0.4145



7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 249

175	3.4180	13.6335	0.3989	0.4088
176	3.4751	13.8610	0.3989	0.4061
177	3.5323	14.0897	0.3989	0.4005
178	3.5892	14.3194	0.3990	0.3968
179	3.6456	14.5480	0.3991	0.3910
180	3.7016	14.7751	0.3992	0.3852
181	3.7572	15.0005	0.3992	0.3795
182	3.8130	15.2243	0.3993	0.3736
183	3.8683	15.4481	0.3993	0.3677
184	3.9238	15.6706	0.3994	0.3618
185	3.9789	15.8933	0.3994	0.3559
186	4.0334	16.1147	0.3995	0.3566
187	4.0882	16.3342	0.3995	0.3507
188	4.1424	16.5538	0.3996	0.3500
189	4.1968	16.7719	0.3996	0.3440
190	4.2507	16.9901	0.3997	0.3424
191	4.3047	17.2068	0.3997	0.3365
192	4.3589	17.4236	0.3997	0.3311
193	4.4125	17.6407	0.3998	0.3262
194	4.4663	17.8564	0.3998	0.3214
195	4.5202	18.0721	0.3998	0.3170
196	4.5742	18.2882	0.3998	0.3148
197	4.6284	18.5047	0.3998	0.3108
198	4.6820	18.7216	0.3999	0.3141
199	4.7357	18.9371	0.3999	0.3099
200	4.7895	19.1525	0.3999	0.3060
201	4.8435	19.3683	0.3999	0.3029
202	4.8975	19.5772	0.3997	0.2993
203	4.9523	19.7786	0.3994	0.2959
204	5.0072	19.9781	0.3990	0.2963
205	5.0622	20.1719	0.3985	0.2929
206	5.1172	20.3635	0.3979	0.2926
207	5.1724	20.5500	0.3973	0.2893
208	5.2276	20.7299	0.3965	0.2862
209	5.2830	20.9234	0.3961	0.3017
210	5.3390	21.1095	0.3954	0.2975
211	5.3952	21.2902	0.3946	0.2935
212	5.4514	21.4718	0.3939	0.2962
213	5.5084	21.6471	0.3930	0.2922
214	5.5654	21.8190	0.3920	0.2917
215	5.6225	21.9865	0.3910	0.2879
216	5.6810	22.1500	0.3899	0.2867
217	5.7395	22.3099	0.3887	0.2831
218	5.7988	22.4655	0.3874	0.2796
219	5.8582	22.6166	0.3861	0.2763
220	5.9182	22.7641	0.3846	0.2732
221	5.9783	22.9093	0.3832	0.2702
222	6.0392	23.0515	0.3817	0.2672
223	6.1014	23.1901	0.3801	0.2645
224	6.1637	23.3271	0.3785	0.2618
225	6.2266	23.4619	0.3768	0.2592

## 250 Retenția și mobilitatea fosforului

---

226	6.2903	23.5945	0.3751	0.2566
227	6.3541	23.7259	0.3734	0.2542
228	6.4185	23.8541	0.3716	0.2518
229	6.4843	23.9800	0.3698	0.2495
230	6.5509	24.1044	0.3680	0.2473
231	6.6175	24.2262	0.3661	0.2451
232	6.6841	24.3467	0.3643	0.2429
233	6.7507	24.4649	0.3624	0.2408
234	6.8174	24.5856	0.3606	0.2448
235	6.8841	24.7213	0.3591	0.2677
236	6.9508	24.8572	0.3576	0.2690
237	7.0176	24.9873	0.3561	0.2653
238	7.0844	25.1119	0.3545	0.2617
239	7.1512	25.2347	0.3529	0.2583
240	7.2181	25.3545	0.3513	0.2550
241	7.2850	25.4723	0.3497	0.2518
242	7.3519	25.5874	0.3480	0.2488
243	7.4189	25.7015	0.3464	0.2458
244	7.4858	25.8182	0.3449	0.2514
245	7.5528	25.9322	0.3433	0.2483
246	7.6198	26.0444	0.3418	0.2452
247	7.6868	26.1551	0.3403	0.2423
248	7.7539	26.2630	0.3387	0.2394
249	7.8209	26.3676	0.3371	0.2367
250	7.8880	26.4710	0.3356	0.2340
251	7.9551	26.5831	0.3342	0.2526
252	8.0222	26.6961	0.3328	0.2543
253	8.0893	26.8070	0.3314	0.2509
254	8.1564	26.9148	0.3300	0.2476
255	8.2235	27.0208	0.3286	0.2443
256	8.2907	27.1247	0.3272	0.2412
257	8.3578	27.2265	0.3258	0.2382
258	8.4250	27.3324	0.3244	0.2462
259	8.4921	27.4352	0.3231	0.2430
260	8.5593	27.5400	0.3218	0.2487
261	8.6265	27.6433	0.3204	0.2454
262	8.6937	27.7469	0.3192	0.2491
263	8.7609	27.8483	0.3179	0.2458
264	8.8281	27.9473	0.3166	0.2426
265	8.8953	28.0437	0.3153	0.2396
266	8.9625	28.1389	0.3140	0.2366
267	9.0297	28.2324	0.3127	0.2337
268	9.0969	28.3236	0.3114	0.2309
269	9.1641	28.4139	0.3101	0.2282
270	9.2313	28.5038	0.3088	0.2280
271	9.2985	28.5916	0.3075	0.2253
272	9.3657	28.6788	0.3062	0.2227
273	9.4328	28.7628	0.3049	0.2213
274	9.5000	28.8448	0.3036	0.2188

Date	SMD_90cm (mm)	Soil moisture
1	10.00	0.45
2	1.10	0.46
3	1.10	0.46
4	1.10	0.46
5	0.10	0.46
6	0.10	0.46
7	0.00	0.46
8	0.00	0.46
9	0.00	0.46
10	0.00	0.46
11	0.00	0.46
12	0.00	0.46
13	0.00	0.46
14	0.00	0.46
15	0.00	0.46
16	0.00	0.46
17	0.00	0.46
18	0.00	0.46
19	0.00	0.46
20	0.00	0.46
21	0.00	0.46
22	0.00	0.46
23	0.00	0.46
24	0.00	0.46
25	0.00	0.46
26	0.00	0.46
27	0.00	0.46
28	0.00	0.46
29	0.00	0.46
30	0.00	0.46
31	0.00	0.46
32	0.00	0.46
33	0.00	0.46
34	0.00	0.46
35	0.00	0.46
36	0.00	0.46
37	0.00	0.46
38	0.00	0.46
39	0.00	0.46
40	0.00	0.46
41	0.00	0.46
42	0.00	0.46
43	0.00	0.46
44	0.00	0.46
45	0.00	0.46
46	0.00	0.46
47	0.00	0.46
48	0.00	0.46
49	0.00	0.46

252 Retenția și mobilitatea fosforului

---

50	0.00	0.46
51	0.00	0.46
52	0.00	0.46
53	0.00	0.46
54	0.00	0.46
55	0.00	0.46
56	0.00	0.46
57	0.00	0.46
58	0.00	0.46
59	0.00	0.46
60	0.00	0.46
61	0.00	0.46
62	0.00	0.46
63	0.00	0.46
64	0.00	0.46
65	0.00	0.46
66	0.00	0.46
67	0.00	0.46
68	0.00	0.46
69	0.00	0.46
70	0.00	0.46
71	0.00	0.46
72	0.00	0.46
73	0.00	0.46
74	0.00	0.46
75	0.00	0.46
76	1.10	0.46
77	1.63	0.46
78	0.00	0.46
79	1.20	0.46
80	2.33	0.46
81	3.49	0.46
82	4.58	0.45
83	5.60	0.45
84	6.67	0.45
85	6.67	0.45
86	7.67	0.45
87	8.71	0.45
88	0.00	0.46
89	1.50	0.46
90	3.10	0.46
91	3.41	0.46
92	4.91	0.45
93	0.00	0.46
94	1.70	0.46
95	0.00	0.46
96	1.80	0.46
97	3.70	0.46
98	5.28	0.45
99	6.86	0.45
100	8.45	0.45

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 253

101	6.45	0.45
102	8.06	0.45
103	0.96	0.46
104	3.06	0.46
105	5.08	0.45
106	6.97	0.45
107	8.86	0.45
108	10.62	0.45
109	7.02	0.45
110	9.00	0.45
111	6.20	0.45
112	7.53	0.45
113	9.58	0.45

P fertiliser (kg-P/ha) = 50,00

DOY	Dry weight (t/ha)	P Uptake (kg/ha) <sup>1</sup>	Crop %P	Soil water content in 90cm (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
114	0.5000	4.0000	0.8000	0.4358
115	0.5271	4.0000	0.7589	0.4335
116	0.5555	4.0000	0.7200	0.4311
117	0.5850	4.0000	0.6837	0.4288
118	0.6155	4.0000	0.6499	0.4264
119	0.6468	4.0292	0.6229	0.4288
120	0.6792	4.0770	0.6003	0.4494
121	0.7125	4.1404	0.5811	0.4494
122	0.7467	4.2187	0.5649	0.4461
123	0.7818	4.3141	0.5518	0.4471
124	0.8177	4.4223	0.5408	0.4451
125	0.8543	4.5507	0.5327	0.4494
126	0.8918	4.6929	0.5262	0.4459
127	0.9300	4.8493	0.5214	0.4424
128	0.9691	5.0164	0.5176	0.4390
129	1.0089	5.1963	0.5150	0.4355
130	1.0495	5.3835	0.5130	0.4321
131	1.0908	5.5798	0.5115	0.4288
132	1.1329	5.7907	0.5111	0.4280
133	1.1757	6.0059	0.5108	0.4246
134	1.2193	6.2293	0.5109	0.4210
135	1.2635	6.4659	0.5117	0.4219
136	1.3085	6.7105	0.5129	0.4197
137	1.3541	6.9626	0.5142	0.4160
138	1.4004	7.2259	0.5160	0.4150
139	1.4474	7.4934	0.5177	0.4110
140	1.4950	7.7649	0.5194	0.4069
141	1.5433	8.0553	0.5220	0.4131
142	1.5921	8.3200	0.5226	0.4089

---

143	1.6416	8.5269	0.5194	0.4128
144	1.6917	8.7185	0.5154	0.4114
145	1.7423	8.9054	0.5111	0.4136
146	1.7934	9.0898	0.5069	0.4099
147	1.8449	9.2723	0.5026	0.4053
148	1.8970	9.4529	0.4983	0.4026
149	1.9495	9.6316	0.4941	0.3979
150	2.0024	9.8082	0.4898	0.3932
151	2.0557	9.9828	0.4856	0.4043
152	2.1095	10.1553	0.4814	0.4004
153	2.1636	10.3257	0.4773	0.4136
154	2.2181	10.4939	0.4731	0.4087
155	2.2730	10.6599	0.4690	0.4038
156	2.3282	10.8236	0.4649	0.3989
157	2.3837	10.9851	0.4608	0.3939
158	2.4396	11.1443	0.4568	0.3893
159	2.4958	11.3012	0.4528	0.4031
160	2.5523	11.4559	0.4488	0.4027
161	2.6091	11.6082	0.4449	0.3976
162	2.6662	11.7583	0.4410	0.3923
163	2.7236	11.9061	0.4371	0.3871
164	2.7812	12.0516	0.4333	0.3818
165	2.8390	12.1948	0.4295	0.3963
166	2.8971	12.3358	0.4258	0.3910
167	2.9555	12.4745	0.4221	0.4324
168	3.0140	12.6111	0.4184	0.4270
169	3.0728	12.7455	0.4148	0.4338
170	3.1318	12.8777	0.4112	0.4290
171	3.1910	13.0077	0.4076	0.4234
172	3.2503	13.1357	0.4041	0.4179
173	3.3093	13.2616	0.4007	0.4201
174	3.3672	13.4401	0.3991	0.4144
175	3.4247	13.6594	0.3989	0.4088
176	3.4818	13.8876	0.3989	0.4061
177	3.5390	14.1165	0.3989	0.4004
178	3.5959	14.3463	0.3990	0.3968
179	3.6524	14.5750	0.3991	0.3910
180	3.7084	14.8022	0.3992	0.3852
181	3.7640	15.0277	0.3992	0.3794
182	3.8198	15.2516	0.3993	0.3736
183	3.8752	15.4755	0.3993	0.3677
184	3.9307	15.6981	0.3994	0.3618
185	3.9857	15.9209	0.3994	0.3559
186	4.0403	16.1423	0.3995	0.3566
187	4.0951	16.3619	0.3996	0.3507
188	4.1493	16.5816	0.3996	0.3500
189	4.2038	16.7998	0.3996	0.3440
190	4.2577	17.0180	0.3997	0.3423
191	4.3117	17.2348	0.3997	0.3365
192	4.3659	17.4516	0.3997	0.3311
193	4.4196	17.6688	0.3998	0.3261

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 255

194	4.4734	17.8846	0.3998	0.3214
195	4.5273	18.1003	0.3998	0.3169
196	4.5813	18.3165	0.3998	0.3148
197	4.6355	18.5330	0.3998	0.3107
198	4.6891	18.7500	0.3999	0.3140
199	4.7428	18.9656	0.3999	0.3098
200	4.7967	19.1811	0.3999	0.3059
201	4.8506	19.3969	0.3999	0.3028
202	4.9047	19.6130	0.3999	0.2992
203	4.9595	19.8296	0.3998	0.2958
204	5.0144	20.0486	0.3998	0.2962
205	5.0694	20.2684	0.3998	0.2928
206	5.1245	20.4887	0.3998	0.2925
207	5.1797	20.7095	0.3998	0.2892
208	5.2350	20.9306	0.3998	0.2861
209	5.2904	21.1522	0.3998	0.3015
210	5.3465	21.3741	0.3998	0.2974
211	5.4027	21.5984	0.3998	0.2934
212	5.4591	21.8235	0.3998	0.2961
213	5.5162	22.0395	0.3995	0.2921
214	5.5733	22.2483	0.3992	0.2916
215	5.6306	22.4503	0.3987	0.2878
216	5.6892	22.6464	0.3981	0.2866
217	5.7480	22.8368	0.3973	0.2829
218	5.8074	23.0210	0.3964	0.2794
219	5.8670	23.2008	0.3954	0.2762
220	5.9273	23.3754	0.3944	0.2730
221	5.9876	23.5463	0.3932	0.2700
222	6.0487	23.7128	0.3920	0.2671
223	6.1112	23.8719	0.3906	0.2643
224	6.1737	24.0285	0.3892	0.2616
225	6.2370	24.1819	0.3877	0.2590
226	6.3010	24.3323	0.3862	0.2564
227	6.3650	24.4808	0.3846	0.2540
228	6.4298	24.6266	0.3830	0.2516
229	6.4959	24.7692	0.3813	0.2493
230	6.5628	24.9097	0.3796	0.2471
231	6.6297	25.0481	0.3778	0.2449
232	6.6966	25.1845	0.3761	0.2427
233	6.7636	25.3192	0.3743	0.2406
234	6.8307	25.4561	0.3727	0.2446
235	6.8977	25.6068	0.3712	0.2675
236	6.9648	25.7572	0.3698	0.2687
237	7.0320	25.9037	0.3684	0.2651
238	7.0992	26.0450	0.3669	0.2615
239	7.1664	26.1839	0.3654	0.2581
240	7.2337	26.3190	0.3638	0.2548
241	7.3010	26.4515	0.3623	0.2516
242	7.3683	26.5807	0.3607	0.2486
243	7.4357	26.7083	0.3592	0.2456
244	7.5031	26.8365	0.3577	0.2512

256 Retenția și mobilitatea fosforului

---

245	7.5705	26.9615	0.3561	0.2480
246	7.6379	27.0844	0.3546	0.2450
247	7.7054	27.2053	0.3531	0.2420
248	7.7729	27.3230	0.3515	0.2392
249	7.8404	27.4390	0.3500	0.2364
250	7.9079	27.5534	0.3484	0.2337
251	7.9755	27.6769	0.3470	0.2523
252	8.0430	27.8010	0.3457	0.2541
253	8.1106	27.9226	0.3443	0.2506
254	8.1782	28.0389	0.3428	0.2473
255	8.2458	28.1533	0.3414	0.2440
256	8.3135	28.2651	0.3400	0.2409
257	8.3811	28.3746	0.3386	0.2379
258	8.4488	28.4883	0.3372	0.2459
259	8.5164	28.5993	0.3358	0.2427
260	8.5841	28.7124	0.3345	0.2483
261	8.6518	28.8236	0.3332	0.2450
262	8.7195	28.9351	0.3318	0.2488
263	8.7872	29.0439	0.3305	0.2455
264	8.8549	29.1511	0.3292	0.2423
265	8.9226	29.2553	0.3279	0.2393
266	8.9904	29.3581	0.3266	0.2363
267	9.0581	29.4589	0.3252	0.2334
268	9.1258	29.5571	0.3239	0.2305
269	9.1936	29.6543	0.3226	0.2278
270	9.2613	29.7509	0.3212	0.2277
271	9.3290	29.8452	0.3199	0.2249
272	9.3968	29.9385	0.3186	0.2223
273	9.4645	30.0309	0.3173	0.2209
274	9.5322	30.1207	0.3160	0.2184

Date	SMD_90cm (mm)	Soil moisture
1	10.00	0.45
2	1.10	0.46
3	1.10	0.46
4	1.10	0.46
5	0.10	0.46
6	0.10	0.46
7	0.00	0.46
8	0.00	0.46
9	0.00	0.46
10	0.00	0.46
11	0.00	0.46
12	0.00	0.46
13	0.00	0.46
14	0.00	0.46
15	0.00	0.46
16	0.00	0.46
17	0.00	0.46
18	0.00	0.46



---

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 257

19	0.00	0.46
20	0.00	0.46
21	0.00	0.46
22	0.00	0.46
23	0.00	0.46
24	0.00	0.46
25	0.00	0.46
26	0.00	0.46
27	0.00	0.46
28	0.00	0.46
29	0.00	0.46
30	0.00	0.46
31	0.00	0.46
32	0.00	0.46
33	0.00	0.46
34	0.00	0.46
35	0.00	0.46
36	0.00	0.46
37	0.00	0.46
38	0.00	0.46
39	0.00	0.46
40	0.00	0.46
41	0.00	0.46
42	0.00	0.46
43	0.00	0.46
44	0.00	0.46
45	0.00	0.46
46	0.00	0.46
47	0.00	0.46
48	0.00	0.46
49	0.00	0.46
50	0.00	0.46
51	0.00	0.46
52	0.00	0.46
53	0.00	0.46
54	0.00	0.46
55	0.00	0.46
56	0.00	0.46
57	0.00	0.46
58	0.00	0.46
59	0.00	0.46
60	0.00	0.46
61	0.00	0.46
62	0.00	0.46
63	0.00	0.46
64	0.00	0.46
65	0.00	0.46
66	0.00	0.46
67	0.00	0.46
68	0.00	0.46
69	0.00	0.46

258 Retenția și mobilitatea fosforului

---

70	0.00	0.46
71	0.00	0.46
72	0.00	0.46
73	0.00	0.46
74	0.00	0.46
75	0.00	0.46
76	1.10	0.46
77	1.63	0.46
78	0.00	0.46
79	1.20	0.46
80	2.33	0.46
81	3.49	0.46
82	4.58	0.45
83	5.60	0.45
84	6.67	0.45
85	6.67	0.45
86	7.67	0.45
87	8.71	0.45
88	0.00	0.46
89	1.50	0.46
90	3.10	0.46
91	3.41	0.46
92	4.91	0.45
93	0.00	0.46
94	1.70	0.46
95	0.00	0.46
96	1.80	0.46
97	3.70	0.46
98	5.28	0.45
99	6.86	0.45
100	8.45	0.45
101	6.45	0.45
102	8.06	0.45
103	0.96	0.46
104	3.06	0.46
105	5.08	0.45
106	6.97	0.45
107	8.86	0.45
108	10.62	0.45
109	7.02	0.45
110	9.00	0.45
111	6.20	0.45
112	7.53	0.45
113	9.58	0.45

P fertiliser (kg-P/ha) = 75,00

DOY	Dry weight (t/ha)	P Uptake (kg/ha) <sup>1</sup> (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Crop %P	Soil water content in 90cm
114	0.5000	4.0000	0.8000	0.4358
115	0.5271	4.0000	0.7589	0.4335

## 7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 259

---

116	0.5555	4.0000	0.7200	0.4311
117	0.5850	4.0000	0.6837	0.4288
118	0.6155	4.0000	0.6499	0.4264
119	0.6468	4.0292	0.6229	0.4288
120	0.6792	4.0864	0.6016	0.4494
121	0.7125	4.1623	0.5842	0.4494
122	0.7467	4.2557	0.5699	0.4461
123	0.7818	4.3689	0.5588	0.4471
124	0.8177	4.5006	0.5504	0.4451
125	0.8544	4.6490	0.5441	0.4494
126	0.8919	4.8123	0.5395	0.4459
127	0.9303	4.9908	0.5365	0.4424
128	0.9694	5.1790	0.5342	0.4390
129	1.0094	5.3806	0.5331	0.4355
130	1.0501	5.5943	0.5327	0.4321
131	1.0916	5.8106	0.5323	0.4288
132	1.1339	6.0422	0.5329	0.4280
133	1.1769	6.2824	0.5338	0.4246
134	1.2206	6.5245	0.5345	0.4210
135	1.2651	6.7805	0.5360	0.4219
136	1.3103	7.0444	0.5376	0.4197
137	1.3562	7.3156	0.5394	0.4160
138	1.4028	7.5695	0.5396	0.4149
139	1.4500	7.7775	0.5364	0.4110
140	1.4979	7.9734	0.5323	0.4069
141	1.5464	8.1657	0.5281	0.4131
142	1.5954	8.3562	0.5238	0.4089
143	1.6450	8.5451	0.5195	0.4128
144	1.6951	8.7325	0.5152	0.4114
145	1.7458	8.9183	0.5109	0.4135
146	1.7969	9.1024	0.5066	0.4099
147	1.8485	9.2847	0.5023	0.4053
148	1.9005	9.4652	0.4980	0.4025
149	1.9531	9.6437	0.4938	0.3979
150	2.0060	9.8202	0.4895	0.3932
151	2.0594	9.9947	0.4853	0.4043
152	2.1131	10.1671	0.4811	0.4004
153	2.1673	10.3373	0.4770	0.4135
154	2.2218	10.5053	0.4728	0.4086
155	2.2767	10.6711	0.4687	0.4038
156	2.3320	10.8347	0.4646	0.3989
157	2.3876	10.9961	0.4606	0.3939
158	2.4435	11.1551	0.4565	0.3893
159	2.4997	11.3119	0.4525	0.4031
160	2.5562	11.4664	0.4486	0.4026
161	2.6130	11.6186	0.4446	0.3975
162	2.6701	11.7685	0.4407	0.3923
163	2.7275	11.9161	0.4369	0.3871
164	2.7851	12.0614	0.4331	0.3818
165	2.8430	12.2045	0.4293	0.3963
166	2.9011	12.3453	0.4255	0.3910

---

167	2.9595	12.4839	0.4218	0.4324
168	3.0180	12.6203	0.4182	0.4270
169	3.0768	12.7546	0.4145	0.4338
170	3.1358	12.8866	0.4109	0.4290
171	3.1950	13.0165	0.4074	0.4234
172	3.2544	13.1444	0.4039	0.4179
173	3.3134	13.2701	0.4005	0.4201
174	3.3713	13.4545	0.3991	0.4144
175	3.4288	13.6754	0.3988	0.4088
176	3.4859	13.9039	0.3989	0.4061
177	3.5432	14.1330	0.3989	0.4004
178	3.6000	14.3628	0.3990	0.3968
179	3.6565	14.5916	0.3991	0.3910
180	3.7126	14.8189	0.3992	0.3852
181	3.7682	15.0445	0.3992	0.3794
182	3.8240	15.2683	0.3993	0.3735
183	3.8794	15.4923	0.3994	0.3676
184	3.9349	15.7150	0.3994	0.3618
185	3.9900	15.9378	0.3994	0.3559
186	4.0446	16.1592	0.3995	0.3565
187	4.0993	16.3789	0.3996	0.3506
188	4.1536	16.5986	0.3996	0.3500
189	4.2080	16.8169	0.3996	0.3440
190	4.2620	17.0352	0.3997	0.3423
191	4.3160	17.2520	0.3997	0.3365
192	4.3702	17.4688	0.3997	0.3311
193	4.4239	17.6861	0.3998	0.3261
194	4.4777	17.9019	0.3998	0.3214
195	4.5316	18.1177	0.3998	0.3169
196	4.5857	18.3339	0.3998	0.3147
197	4.6398	18.5505	0.3998	0.3106
198	4.6934	18.7675	0.3999	0.3140
199	4.7472	18.9831	0.3999	0.3098
200	4.8010	19.1986	0.3999	0.3058
201	4.8550	19.4144	0.3999	0.3027
202	4.9091	19.6306	0.3999	0.2991
203	4.9639	19.8473	0.3998	0.2957
204	5.0188	20.0662	0.3998	0.2961
205	5.0738	20.2861	0.3998	0.2927
206	5.1289	20.5065	0.3998	0.2924
207	5.1841	20.7273	0.3998	0.2891
208	5.2394	20.9484	0.3998	0.2860
209	5.2948	21.1700	0.3998	0.3015
210	5.3510	21.3920	0.3998	0.2973
211	5.4072	21.6162	0.3998	0.2933
212	5.4636	21.8414	0.3998	0.2960
213	5.5206	22.0670	0.3997	0.2920
214	5.5778	22.2950	0.3997	0.2915
215	5.6351	22.5239	0.3997	0.2877
216	5.6938	22.7532	0.3996	0.2865
217	5.7525	22.9869	0.3996	0.2828

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 261

218	5.8120	23.2162	0.3995	0.2794
219	5.8716	23.4341	0.3991	0.2761
220	5.9320	23.6442	0.3986	0.2729
221	5.9924	23.8486	0.3980	0.2699
222	6.0536	24.0464	0.3972	0.2670
223	6.1162	24.2374	0.3963	0.2642
224	6.1789	24.4242	0.3953	0.2615
225	6.2423	24.6061	0.3942	0.2589
226	6.3064	24.7835	0.3930	0.2563
227	6.3706	24.9577	0.3918	0.2539
228	6.4356	25.1250	0.3904	0.2515
229	6.5019	25.2878	0.3889	0.2492
230	6.5690	25.4476	0.3874	0.2470
231	6.6361	25.6044	0.3858	0.2448
232	6.7033	25.7586	0.3843	0.2426
233	6.7705	25.9101	0.3827	0.2404
234	6.8378	26.0636	0.3812	0.2445
235	6.9051	26.2340	0.3799	0.2674
236	6.9724	26.4034	0.3787	0.2686
237	7.0398	26.5680	0.3774	0.2649
238	7.1073	26.7263	0.3760	0.2614
239	7.1748	26.8787	0.3746	0.2579
240	7.2423	27.0267	0.3732	0.2547
241	7.3099	27.1714	0.3717	0.2515
242	7.3775	27.3123	0.3702	0.2484
243	7.4452	27.4512	0.3687	0.2455
244	7.5129	27.5923	0.3673	0.2510
245	7.5806	27.7297	0.3658	0.2479
246	7.6483	27.8644	0.3643	0.2448
247	7.7161	27.9967	0.3628	0.2419
248	7.7839	28.1252	0.3613	0.2390
249	7.8517	28.2516	0.3598	0.2362
250	7.9196	28.3760	0.3583	0.2335
251	7.9875	28.5098	0.3569	0.2521
252	8.0554	28.6440	0.3556	0.2539
253	8.1233	28.7754	0.3542	0.2504
254	8.1912	28.9025	0.3528	0.2471
255	8.2592	29.0253	0.3514	0.2439
256	8.3272	29.1452	0.3500	0.2407
257	8.3951	29.2624	0.3486	0.2377
258	8.4632	29.3838	0.3472	0.2457
259	8.5312	29.5023	0.3458	0.2425
260	8.5992	29.6228	0.3445	0.2481
261	8.6673	29.7411	0.3431	0.2448
262	8.7353	29.8596	0.3418	0.2486
263	8.8034	29.9751	0.3405	0.2453
264	8.8715	30.0888	0.3392	0.2421
265	8.9396	30.1992	0.3378	0.2391
266	9.0077	30.3080	0.3365	0.2360
267	9.0758	30.4146	0.3351	0.2331
268	9.1439	30.5185	0.3338	0.2303

262 Retenția și mobilitatea fosforului

---

269	9.2121	30.6211	0.3324	0.2276
270	9.2802	30.7230	0.3311	0.2274
271	9.3483	30.8223	0.3297	0.2247
272	9.4164	30.9206	0.3284	0.2221
273	9.4846	31.0178	0.3270	0.2207
274	9.5527	31.1133	0.3257	0.2182

Date	SMD_90cm (mm)	Soil moisture
1	10.00	0.45
2	1.10	0.46
3	1.10	0.46
4	1.10	0.46
5	0.10	0.46
6	0.10	0.46
7	0.00	0.46
8	0.00	0.46
9	0.00	0.46
10	0.00	0.46
11	0.00	0.46
12	0.00	0.46
13	0.00	0.46
14	0.00	0.46
15	0.00	0.46
16	0.00	0.46
17	0.00	0.46
18	0.00	0.46
19	0.00	0.46
20	0.00	0.46
21	0.00	0.46
22	0.00	0.46
23	0.00	0.46
24	0.00	0.46
25	0.00	0.46
26	0.00	0.46
27	0.00	0.46
28	0.00	0.46
29	0.00	0.46
30	0.00	0.46
31	0.00	0.46
32	0.00	0.46
33	0.00	0.46
34	0.00	0.46
35	0.00	0.46
36	0.00	0.46
37	0.00	0.46
38	0.00	0.46
39	0.00	0.46
40	0.00	0.46
41	0.00	0.46
42	0.00	0.46

---

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 263

43	0.00	0.46
44	0.00	0.46
45	0.00	0.46
46	0.00	0.46
47	0.00	0.46
48	0.00	0.46
49	0.00	0.46
50	0.00	0.46
51	0.00	0.46
52	0.00	0.46
53	0.00	0.46
54	0.00	0.46
55	0.00	0.46
56	0.00	0.46
57	0.00	0.46
58	0.00	0.46
59	0.00	0.46
60	0.00	0.46
61	0.00	0.46
62	0.00	0.46
63	0.00	0.46
64	0.00	0.46
65	0.00	0.46
66	0.00	0.46
67	0.00	0.46
68	0.00	0.46
69	0.00	0.46
70	0.00	0.46
71	0.00	0.46
72	0.00	0.46
73	0.00	0.46
74	0.00	0.46
75	0.00	0.46
76	1.10	0.46
77	1.63	0.46
78	0.00	0.46
79	1.20	0.46
80	2.33	0.46
81	3.49	0.46
82	4.58	0.45
83	5.60	0.45
84	6.67	0.45
85	6.67	0.45
86	7.67	0.45
87	8.71	0.45
88	0.00	0.46
89	1.50	0.46
90	3.10	0.46
91	3.41	0.46
92	4.91	0.45
93	0.00	0.46

94	1.70	0.46
95	0.00	0.46
96	1.80	0.46
97	3.70	0.46
98	5.28	0.45
99	6.86	0.45
100	8.45	0.45
101	6.45	0.45
102	8.06	0.45
103	0.96	0.46
104	3.06	0.46
105	5.08	0.45
106	6.97	0.45
107	8.86	0.45
108	10.62	0.45
109	7.02	0.45
110	9.00	0.45
111	6.20	0.45
112	7.53	0.45
113	9.58	0.45

P fertiliser (kg-P/ha) = 100,00

DOY	Dry weight (t/ha)	P Uptake (kg/ha) <sup>1</sup> 90cm (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Crop %P	Soil water content in
114	0.5000	4.0000	0.8000	0.4358
115	0.5271	4.0000	0.7589	0.4335
116	0.5555	4.0000	0.7200	0.4311
117	0.5850	4.0000	0.6837	0.4288
118	0.6155	4.0000	0.6499	0.4264
119	0.6468	4.0292	0.6229	0.4288
120	0.6792	4.0957	0.6030	0.4494
121	0.7125	4.1841	0.5872	0.4494
122	0.7467	4.2921	0.5748	0.4461
123	0.7818	4.4222	0.5656	0.4471
124	0.8177	4.5724	0.5591	0.4451
125	0.8545	4.7393	0.5546	0.4494
126	0.8921	4.9218	0.5517	0.4459
127	0.9305	5.1200	0.5502	0.4424
128	0.9698	5.3269	0.5493	0.4390
129	1.0098	5.5473	0.5493	0.4355
130	1.0507	5.7799	0.5501	0.4321
131	1.0923	6.0136	0.5505	0.4288
132	1.1347	6.2629	0.5519	0.4280
133	1.1779	6.5208	0.5536	0.4246
134	1.2218	6.7860	0.5554	0.4210
135	1.2665	7.0039	0.5530	0.4219
136	1.3119	7.2047	0.5492	0.4197
137	1.3579	7.4011	0.5450	0.4160
138	1.4046	7.5958	0.5408	0.4149



7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 265

139	1.4520	7.7896	0.5365	0.4110
140	1.4999	7.9822	0.5322	0.4069
141	1.5484	8.1737	0.5279	0.4131
142	1.5974	8.3640	0.5236	0.4089
143	1.6470	8.5528	0.5193	0.4127
144	1.6972	8.7401	0.5150	0.4114
145	1.7478	8.9259	0.5107	0.4135
146	1.7990	9.1099	0.5064	0.4099
147	1.8506	9.2921	0.5021	0.4053
148	1.9027	9.4725	0.4978	0.4025
149	1.9552	9.6509	0.4936	0.3979
150	2.0082	9.8274	0.4894	0.3932
151	2.0616	10.0018	0.4852	0.4043
152	2.1153	10.1740	0.4810	0.4004
153	2.1695	10.3442	0.4768	0.4135
154	2.2241	10.5121	0.4727	0.4086
155	2.2790	10.6779	0.4685	0.4037
156	2.3342	10.8414	0.4644	0.3989
157	2.3898	11.0026	0.4604	0.3939
158	2.4458	11.1616	0.4564	0.3893
159	2.5020	11.3182	0.4524	0.4031
160	2.5585	11.4726	0.4484	0.4026
161	2.6154	11.6247	0.4445	0.3975
162	2.6725	11.7745	0.4406	0.3923
163	2.7298	11.9220	0.4367	0.3871
164	2.7875	12.0673	0.4329	0.3817
165	2.8454	12.2103	0.4291	0.3963
166	2.9035	12.3510	0.4254	0.3910
167	2.9619	12.4895	0.4217	0.4324
168	3.0204	12.6259	0.4180	0.4270
169	3.0792	12.7600	0.4144	0.4337
170	3.1382	12.8920	0.4108	0.4290
171	3.1974	13.0218	0.4073	0.4234
172	3.2568	13.1495	0.4038	0.4179
173	3.3158	13.2752	0.4004	0.4201
174	3.3737	13.4631	0.3991	0.4144
175	3.4312	13.6849	0.3988	0.4087
176	3.4883	13.9137	0.3989	0.4061
177	3.5456	14.1428	0.3989	0.4004
178	3.6025	14.3727	0.3990	0.3967
179	3.6590	14.6015	0.3991	0.3910
180	3.7151	14.8288	0.3992	0.3852
181	3.7707	15.0545	0.3992	0.3794
182	3.8265	15.2784	0.3993	0.3735
183	3.8819	15.5024	0.3994	0.3676
184	3.9374	15.7251	0.3994	0.3617
185	3.9925	15.9479	0.3994	0.3559
186	4.0471	16.1694	0.3995	0.3565
187	4.1019	16.3891	0.3996	0.3506
188	4.1562	16.6088	0.3996	0.3500
189	4.2106	16.8271	0.3996	0.3440

---

190	4.2645	17.0454	0.3997	0.3423
191	4.3186	17.2623	0.3997	0.3365
192	4.3728	17.4791	0.3997	0.3310
193	4.4265	17.6964	0.3998	0.3261
194	4.4803	17.9122	0.3998	0.3213
195	4.5342	18.1281	0.3998	0.3169
196	4.5883	18.3442	0.3998	0.3147
197	4.6424	18.5609	0.3998	0.3106
198	4.6961	18.7779	0.3999	0.3140
199	4.7498	18.9935	0.3999	0.3097
200	4.8037	19.2091	0.3999	0.3058
201	4.8576	19.4249	0.3999	0.3027
202	4.9117	19.6411	0.3999	0.2991
203	4.9665	19.8578	0.3998	0.2957
204	5.0214	20.0768	0.3998	0.2961
205	5.0764	20.2967	0.3998	0.2927
206	5.1316	20.5170	0.3998	0.2924
207	5.1868	20.7379	0.3998	0.2891
208	5.2421	20.9591	0.3998	0.2860
209	5.2975	21.1806	0.3998	0.3014
210	5.3536	21.4026	0.3998	0.2973
211	5.4099	21.6269	0.3998	0.2933
212	5.4662	21.8521	0.3998	0.2959
213	5.5233	22.0777	0.3997	0.2920
214	5.5805	22.3057	0.3997	0.2914
215	5.6378	22.5346	0.3997	0.2876
216	5.6964	22.7640	0.3996	0.2864
217	5.7552	22.9977	0.3996	0.2828
218	5.8147	23.2327	0.3995	0.2793
219	5.8743	23.4704	0.3995	0.2760
220	5.9347	23.7089	0.3995	0.2729
221	5.9952	23.9500	0.3995	0.2699
222	6.0564	24.1882	0.3994	0.2669
223	6.1190	24.4165	0.3990	0.2642
224	6.1817	24.6383	0.3986	0.2615
225	6.2452	24.8530	0.3980	0.2588
226	6.3094	25.0611	0.3972	0.2563
227	6.3737	25.2644	0.3964	0.2539
228	6.4388	25.4582	0.3954	0.2515
229	6.5052	25.6461	0.3942	0.2491
230	6.5724	25.8295	0.3930	0.2469
231	6.6397	26.0089	0.3917	0.2447
232	6.7070	26.1844	0.3904	0.2425
233	6.7744	26.3562	0.3891	0.2404
234	6.8418	26.5297	0.3878	0.2444
235	6.9093	26.7210	0.3867	0.2673
236	6.9768	26.9107	0.3857	0.2686
237	7.0444	27.0943	0.3846	0.2649
238	7.1121	27.2703	0.3834	0.2613
239	7.1798	27.4424	0.3822	0.2579
240	7.2475	27.6058	0.3809	0.2546

7.10. Instrumente de evaluare a migrării fosforului din sol 267

241	7.3153	27.7651	0.3795	0.2514
242	7.3832	27.9199	0.3782	0.2484
243	7.4511	28.0722	0.3768	0.2454
244	7.5190	28.2264	0.3754	0.2509
245	7.5869	28.3763	0.3740	0.2478
246	7.6549	28.5229	0.3726	0.2447
247	7.7229	28.6666	0.3712	0.2418
248	7.7910	28.8059	0.3697	0.2389
249	7.8591	28.9427	0.3683	0.2361
250	7.9272	29.0772	0.3668	0.2335
251	7.9953	29.2213	0.3655	0.2520
252	8.0635	29.3655	0.3642	0.2538
253	8.1317	29.5065	0.3629	0.2503
254	8.1999	29.6428	0.3615	0.2470
255	8.2681	29.7764	0.3601	0.2438
256	8.3364	29.9043	0.3587	0.2406
257	8.4047	30.0291	0.3573	0.2376
258	8.4730	30.1582	0.3559	0.2456
259	8.5413	30.2840	0.3546	0.2424
260	8.6096	30.4118	0.3532	0.2480
261	8.6780	30.5371	0.3519	0.2447
262	8.7463	30.6623	0.3506	0.2485
263	8.8147	30.7844	0.3492	0.2452
264	8.8831	30.9044	0.3479	0.2419
265	8.9515	31.0209	0.3465	0.2389
266	9.0199	31.1356	0.3452	0.2359
267	9.0884	31.2479	0.3438	0.2330
268	9.1568	31.3572	0.3424	0.2301
269	9.2252	31.4651	0.3411	0.2274
270	9.2937	31.5721	0.3397	0.2273
271	9.3621	31.6763	0.3383	0.2246
272	9.4306	31.7795	0.3370	0.2220
273	9.4990	31.8813	0.3356	0.2205
274	9.5675	31.9796	0.3343	0.2180

## 8. ÎNGRĂȘĂMINTELE, SURSE POTENȚIALE DE POLUARE A APEI ȘI SOLULUI

Îngrășămintele sunt amestecuri de substanțe simple și/sau compuse, de natură organică sau minerală, care se aplică sub formă lichidă, semifluidă sau solidă în sol, la suprafață, sau foliar în scopul sporirii fertilității solului și a producției vegetale.

Din punct de vedere al originii, îngrășămintele sunt chimice (cu azot, fosfor, potasiu, microelemente etc.), respectiv produse industriale anorganice (minerale) și organice (ex. urea și derivații ei), organice naturale (care provin din sectorul zootehnic), organice vegetale (care provin de la plante verzi: lupin, măzăriche, latir, sulfina etc.; și plante uscate), bacteriene (nitragin, azotobacterin, fosfobacterin etc.).

### Clasificarea îngrășămintelor:

- După natura lor: îngrășămintele *minerale* și îngrășămintele *organice*;
- După modul de obținere: îngrășămintele *chimice (de sinteză)* și îngrășămintele *naturale*.
- După mărimea dozelor în care se folosesc: îngrășămintele *cu macroelemente* (N, P, K) și îngrășămintele *cu microelemente*. Îngrășămintele cu macroelemente se aplică anual în doze de sute de kilograme substanță activă la hectar, în timp ce îngrășămintele cu microelemente se aplică în doze de câteva kilograme substanță activă la hectar, odată la câțiva ani.
- După numărul de elemente chimice esențiale: îngrășămintele *simple* (conțin doar un element esențial pentru fertilizare) îngrășămintele *complexe și mixte* (au două sau mai multe elemente chimice esențiale).
- După modul de condiționare: îngrășămintele *solide* (pulbere, granule, tablete), îngrășămintele *lichide* și îngrășămintele *în suspensii*.

### Exprimarea conținutului de elemente nutritive din îngrășămintele

Exprimarea în % substanță activă (s.a.) a fost impusă din punct de vedere industrial, prin aceasta înțelegându-se % element: B, Cu, Mo, Cu, etc., respectiv % N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>P, etc.

Această exprimare este mai ușor de utilizat în calcule și mai corectă din punct de vedere al nutriției plantelor.

Pentru trecerea de la concentrația în element la cea în oxid și invers există următoarele relații de conversie:

**Tabel 8-1. Transformarea de la concentrația în element la cea în oxid și invers**

Element	Coeficient	Oxid
X →		
P	2,29	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K	1,2	K <sub>2</sub> O
Ca	1,4	CaO
Mg	1,66	MgO

Oxid	Coefficient	Element
X →		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,436	P
K <sub>2</sub> O	0,83	K
CaO	0,71	Ca
MgO	0,6	Mg

Dacă îngrășămintele nu sunt folosite corespunzător, ținând cont de însușirile solului, gradul lui de aprovizionare cu elemente nutritive, necesarul de nutrienți al plantelor și recoltele prognozate, pot deveni surse importante de poluare a mediului înconjurător și în special a mediului acvatic.

Caracteristicile fizico-chimice ale îngrășămintelor diferă de cele ale solurilor. Cea mai mare parte a fosforului din îngrășăminte este solubil chiar în solvenții slabi de genul apei și a carbonatului acid de sodiu (NaHCO<sub>3</sub>), pe când fosforul din sol necesită NaOH și HCl. Aceasta se datorează faptului că solurile conțin aproximativ de 15 ori mai mult Al și de 10 ori mai mult Fe decât îngrășămintele, în timp ce acestea tind să aibă un conținut mai mare de Ca și Mg.

Identificarea chimică a speciilor de P din îngrășăminte este considerată a fi o practică importantă în timp ce natura exactă a fosforului este determinantă pentru retenția fosforului în profilul solurilor.

Mineralizarea fosforului organic de către fosfatază, și mai ales de către monoesterază are loc abia după 20 de săptămâni de la aplicarea îngrășămintelor [120]. În timpul mineralizării crește conținutul de ortofosfați din sol și scade cel de fosfor organic. Adsorbția fosforului organic (din nucleotide, inozitolhexafosfați) este asociată cu materia organică și conținutul de Fe și Al din sol.

## 8.1 Îngrășăminte minerale sau chimice

Îngrășămintele minerale au o concentrație mare în nutrienți și posibilități multiple de combinare. Se pot produce sub diferite forme, sunt manipulate cu ușurință iar administrarea lor se face mecanizat, cu mare precizie. Se recomandă numai folosirea îngrășămintelor omologate în România.

Îngrășămintele minerale, în special cele cu azot, fiind solubile, au calitatea de a putea asigura aproape în totalitate nutrienții necesari plantelor și într-o formă care să permită plantelor absorbția lor directă. Aceste avantaje favorizează utilizarea lor cu preferință în detrimentul îngrășămintelor organice, a căror manipulare și administrare este mai dificilă și mai costisitoare. Un alt avantaj important al îngrășămintelor minerale este acela că permit asocierea lor cu îngrășăminte organice sau îngrășăminte verzi.

Disiparea nutrienților aplicați în sol în alte compartimente ale mediului (în mod special în mediul acvatic) depinde de solubilitatea fiecărui tip de îngrășământ utilizat. Astfel, în marea lor majoritate, îngrășămintele chimice cu azot sunt solubile aproape în totalitate în apa din sol, ceea ce creează posibilitatea pierderilor de nitrați în anumite circumstanțe și concentrarea lor în timp în apele subterane și de suprafață.

Fosfații prezintă solubilitate mult mai redusă, acumulându-se în fracțiunea minerală coloidală a solului în care sunt reversibil adsorbiți. Cantitatea de fosfați

solubilizată de către apa din sol este în mare parte absorbită de către rădăcinile plantelor, cantitatea antrenată prin mișcarea apei în straturile mai profunde ale solului fiind foarte redusă.

Cunoscând aceste particularități se poate aprecia că:

- riscul de poluare a apelor subterane cu fosfați este foarte limitat, cu excepția situației în care îngrășămintele de acest tip sunt utilizate necorespunzător pe soluri nisipoase, foarte permeabile, care permit trecerea particulelor de îngrășămintă fără să le adsorbă;
- riscul de poluare a apelor de suprafață cu fosfați este ridicat, putând fi asociat cu procesele erozionale de scurgere care provoacă transportul și acumularea particulelor de sol încărcate cu fosfați în apele de suprafață;
- riscul de poluare cu nitrați este mare datorită solubilității lor ridicate în apa din sol și ușurinței cu care sunt transportați în adâncime în apele de percolare;

Administrarea fracționată a îngrășămintelor permite o mai bună combinație între elementele minerale și cele organice, și o compensare a creșterii costurilor de aplicare prin utilizarea unor cantități minim necesare.

Conform codului bunelor practici agricole, o cerință a bunelor practici agricole este ca fiecare producător agricol să aplice recomandările privind modul de utilizare a diferitelor tipuri de îngrășămintă chimice sau organice și să cunoască foarte bine condițiile de aplicare ale acestora. Aceste cunoștințe, alături de evaluarea corectă a cantităților de nutrienți din sol permit producătorului agricol să optimizeze raportul între costurile suportate pentru îngrășămintă și valoarea producției obținute, în condiții de protecție a mediului [31].

## 8.2 Îngrășămintă organică

Producția animalieră se dezvoltă în gospodării individuale și în mari ferme de producție concentrate în zone tradiționale de creștere a animalelor. O consecință importantă constă în acumularea în cantități mari a materialelor organice reziduale de consistență solidă, lichidă și semilichidă. În mod normal aceste reziduuri, cu valoare de îngrășămintă organică, sunt utilizate la fertilizarea terenurilor agricole din apropiere.

Atunci când numărul animalelor este mult mai mare decât cel optim pentru suprafața agricolă a fermei, cantitatea dejecțiilor depășește necesarul posibil de utilizat ca îngrășămintă organică, astfel că acestea devin deșeuri care trebuie stocate și apoi eliminate. În acest scop este necesar să fie luate anumite măsuri complementare direct la sursă, având caracter tehnologic, în funcție de raportul dintre producția vegetală și cea animalieră.

Încărcarea resurselor de apă cu nutrienți proveniți din deversările dejecțiilor de la fermele de animale este o consecință negativă, atât a neglijenței și exploatării unor utilaje tehnologice și bazine de stocare defecte, cât și a nerespectării legislației în vigoare privind apa și protecția mediului.

Administrarea dejecțiilor semilichide și lichide pe terenuri cu pantă accentuată, pe terenuri slab drenate, înghețate, pe terenuri situate în apropierea cursurilor de apă sau prin aplicarea unor cantități excesive și alegerea greșită a momentului administrării sunt practici agricole care trebuie evitate.

Este importantă valoarea ridicată de fertilizare a gunoierului de grajd și a dejecțiilor pe unitatea de volum. Dacă acestea sunt bogate în nutrienți, atunci pentru producătorii agricoli devine rentabilă stocarea și utilizarea lor în locul

Îngrășămintelor minerale, care sunt mai puțin accesibile din cauza prețurilor ridicate. Acest îngrășământ organic este ieftin și la îndemâna fiecărui producător agricol și, în plus, poate fi completat cu îngrășăminte chimice pentru a realiza necesarul optim de nutrienți pentru culturile agricole.

Dejecțiile de porc sau de pasăre în special, pot fi procesate și transformate în substanță concentrată, ce poate fi valorificată prin comercializare ca îngrășământ, rezolvând astfel și problema deșeurilor în exces.

### 8.3 Principii generale de fertilizare rațională

În acord cu necesitățile și exigențele impuse pentru protecția calității apei, fertilizarea trebuie efectuată în regim controlat, în așa fel încât să se asigure, pe cât posibil, utilizarea optimă de către plantele cultivate a nutrienților deja existenți în sol și a celor proveniți din îngrășămintele minerale și organice aplicate.

Este considerată ca o bună practică agricolă adaptarea fertilizării și a momentului efectuării acesteia la tipul culturii agricole și la însușirile solului. Evaluarea necesarului de nutrienți se face în funcție de oferta de nutrienți a solului, de condițiile climatice locale precum și de cantitatea și calitatea producției prognozate.

Fertilizarea rațională cu îngrășăminte minerale și organice trebuie să fie condusă în acord cu următoarele principii:

- Pentru ca o cultură să producă la un nivel cantitativ și calitativ corespunzător potențialului ei, în condiții favorabile de mediu, trebuie să aibă la dispoziție, pe toată perioada de vegetație, o serie de nutrienți minerali (azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, sulf, fier, mangan, cupru, zinc, bor, molibden și clor), în cantități și proporții adecvate;
- Cerințele cantitative de nutrienți minerali variază cu natura culturii, rezerva din sol și recolta scontată;
- Solul este principala sursă de apă și de nutrienți pentru plante;
- Capacitatea solului de a furniza nutrienții necesari plantelor variază în funcție de tipul de sol, respectiv de nivelul lui de fertilitate;
- Nivelul de fertilitate al unui sol se poate degrada dacă tehnologiile de cultură sunt incorecte sau, din contră, poate crește dacă este cultivat într-o manieră care ameliorează însușirile lui chimice, fizice și biologice;
- Un sol cu fertilitate și productivitate naturală bună se poate deprecia prin sărăcirea în unul sau mai mulți nutrienți sau prin degradarea unor proprietăți sau poate fi distrus în totalitate prin fenomene de eroziune; un sol cu fertilitate naturală scăzută poate deveni productiv prin corectarea factorilor limitativi care împiedică creșterea și dezvoltarea normală a plantelor (aciditatea, excesul sau deficitul de nutrienți, ș.a.);
- Conservarea și ameliorarea fertilității unui sol și crearea unor condiții adecvate de nutriție minerală se realizează mai bine printr-o fertilizare rațională, într-un sistem de rotație a culturilor [31].

O fertilizare rațională trebuie să asigure un compromis acceptabil între imperativul obținerii unor randamente economice mai bune ale producției vegetale și cel de protecție a calității mediului, respectiv de protecție a apelor de suprafață și a apelor subterane contra poluării cu nutrienți minerali din îngrășămintele aplicate.

O practică de fertilizare rațională presupune procurarea unor informații tehnico-științifice care să permită un răspuns pertinent la următoarele întrebări:

- ce fel de nutrienți trebuie aplicați în sol și/sau la o anumită cultură?
- care sunt cantitățile adecvate din acești nutrienți?
- ce tip de îngrășămintă este indicat a fi utilizat ținând cont de condițiile de sol, de climă și particularitățile culturii?

## 8.4 Fertilizanți care conțin fosfor

Îngrășămintele cu fosfor sunt substanțe chimice care conțin fosforul sub formă de anioni: mono-, di- sau trifosfat. Expriarea, conform normelor internaționale, se face în procente de pentaoxid de fosfor ( $P_2O_5$ ). Formele ionice accesibile plantelor sunt mono- și difosfat. În timp ce evaluarea îngrășămintelor cu azot se face pe baza conținutul total de azot, la îngrășămintele cu fosfor aceasta se bazează pe conținutul de fosfat solubil în apă sau diverși solvenți convenționali (acid citric, acid formic, citrat de amoniu neutru sau alcalin), care reprezintă partea activă, adică acea parte accesibilă plantelor. Formele totale se determină în acizi minerali. Partea inaccesibilă plantelor (insolubilă, respectiv inactivă) este diferența dintre conținutul total și conținutul în solvenți neconvenționali, care poate fi influențată, în principal, de reacția solului.

Aplicarea fertilizanților cu fosfor pe solurile acide ( $pH < 4,5$ ) sau alcaline ( $pH > 8$ ) determină trecerea fosfaților solubili în fosfați insolubili, proces cunoscut sub numele de *imobilizare (retrogradare)* a fosforului. Pe solurile acide se formează fosfați de aluminiu sau fier, iar pe solurile alcaline, fosfați superiori de calciu. Acești compuși sunt insolubili și, prin urmare, greu accesibili plantelor.

În general, îngrășămintele cu fosfor insolubil în apă (fosforitele) sau cu forme ușor mobilizabile (zgura Thomas, fosforitele activate) se aplică pe solurile acide și slab acide, iar îngrășămintele cu fosfor solubil în apă și în solvenți convenționali se aplică pe solurile neutre și alcaline (superfosfat simplu, superfosfat triplu, fosfați de amoniu). Îngrășămintele complexe nitrofosfatice se aplică pe toate tipurile de soluri.

Cantitatea de fosfați solubilizată de către apa din sol este în mare parte absorbită de către rădăcinile plantelor, cantitatea antrenată prin mișcarea apei în straturile mai profunde ale solului fiind foarte redusă.

Odată cu administrarea de îngrășămintă, alături de fosfor în sol sunt introduse o serie de metale grele care intră în constituția acestor îngrășămintă. Această practică determină creșterea nivelului de metale grele din sol și implicit poluarea solului cu aceste metale grele.

### 8.4.1 Tipuri de îngrășămintă cu fosfor

**Superfosfatul simplu** este primul îngrășământ fabricat pe cale chimică și conține: 16-24%  $P_2O_5$  (din care 17-19%  $P_2O_5$  total și 14-17%  $P_2O_5$  solubil în apă), 11-13% S și 19-20% Ca. Datorită conținutului de sulfat de calciu, sulfatul furnizat este adesea esențial pentru culturi [17].

Superfosfatul simplu este o mixtură ai cărei componenți principali sunt: fosfatul primar de calciu monohidratat  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2 H_2O$  (28-33%); sulfat de calciu (47-50%, din care 40-41% anhidrit,  $CaSO_4$ , și 7-9%  $CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ ); acidul fosforic rezidual liber,  $H_3PO_4$  (4-8%), pentru a împiedica procesul de retrogradare al fosfaților. În plus mai conține cantități reduse de fosfat secundar



de calciu  $\text{CaHPO}_4$  (0,5-0,7%), fosfat terțiar de calciu  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$  (0,8-1,5%), apă (3-5%), rocă fosfatică nedescompusă. 92-95% din fosforul liber este asimilabil, circa 82-90% fiind solubil în apă. Superfosfatul simplu se obține prin atacarea rocilor fosfatice măcinate (fosforite) cu acid sulfuric.

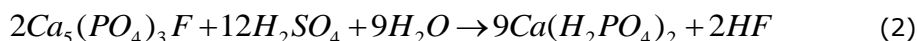


Deși ponderea folosirii lui a fost mare în trecut, ea a scăzut tot mai mult având ca dezavantaj conținutul relativ scăzut de fosfor și cantitatea mare de balast care mărește cheltuielile de transport, depozitare și aplicare. De aceea este utilizat tot mai mult la fabricarea îngrășămintelor complexe.

Este potrivit pentru toate culturile și se poate aplica pe solurile slab acide, neutre și alcaline. Deoarece nu modifică reacția solului este considerat îngrășământ neutru. Se prezintă sub formă de pulbere sau degranule.

**Superfosfatul concentrat sau superfosfatul triplu** conține 25-52 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  (46-47%  $\text{P}_2\text{O}_5$  total, 46%  $\text{P}_2\text{O}_5$  solubil în solvenți convenționali și 44%  $\text{P}_2\text{O}_5$  solubil în apă) și 14% Ca. Este propriu-zis un fosfat monocalcic și nu conține sulfat de calciu.

Superfosfatul triplu se obține prin tratarea rocilor fosfatice măcinate cu acid fosforic.



Principalul constituent al superfosfatului concentrat este fosfatul primar de calciu  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (63-73%), fosfat secundar de calciu  $\text{CaHPO}_4$  (13-18%), sulfat de calciu anhidru  $\text{CaSO}_4$  (3-6%), acid fosforic liber (2-3%), apă (2-5%) (Calistru et al, 1984).

Se aplică la toate culturile și în cantități mai mici decât superfosfatul simplu; dacă se urmărește să aibă un efect direct asupra culturilor se aplică la semănat sau înaintea semănatului. Se prezintă sub formă granulată.

**Zgura Thomas** (zгурă bazică) este un produs secundar de la fabricarea oțelului. Conține 10-15%  $\text{P}_2\text{O}_5$  total sub formă de fosfați complecși, care nu sunt solubili în apă, dar care în solurile acide se descompun și eliberează fosfor. Pentru a avea o eficacitate bună, cel puțin 80% din fosforul total trebuie să fie solubil în acid citric. De asemenea, poate fi folosită și ca material pentru amendarea solurilor acide.

**Fosfații de amoniu** sunt produși care conțin fosforul sub formă de mono- și diamoniu fosfat, foarte solubil în apă și solvenți convenționali. Se fabrică două tipuri: **fosfat monoamoniacal** (MAP), care conține 12% N și 50-52%  $\text{P}_2\text{O}_5$  și **fosfat diamoniacal** (DAP), care conține 16-18% N și 46-48%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Se pot aplica la toate culturile și pe toate tipurile de sol înainte de semănat sau chiar în timpul vegetației.

**Nitrofosfații** sunt îngrășăminte complexe care se obțin prin atacul rocii fosfatice cu acid azotic. Prin acest procedeu se pot obține mai multe tipuri NP sau NPK. Cele mai folosite sunt: K-22-22-0; K-23-23-0; K-27-13,5-0; K-22-11-11 și K-16-16-16. Conțin până la 70%  $\text{P}_2\text{O}_5$  solubil în apă raportat la conținutul total. Se aplică, în general, la fertilizările de bază.

**Fosforitele activate.** Sunt roci fosfatice măcinate și parțial atacate cu diferiți acizi (sulfuric, clorhidric), cantitățile folosite fiind mult mai mari decât cele folosite la obținerea superfosfaților. Accesibilitatea fosforului este mai bună decât în cazul fosforitelor neactivate, dar mai scăzută decât a celui din superfosfat. De aceea folosirea fosforitelor activate este recomandată în cazul solurilor moderat și puternic acide, slab aprovizionate cu fosfați mobili.

**Fosforitele neactivate.** Sunt roci fosfatice naturale măcinate. Cele mai

multe zăcăminte sunt de origine sedimentară și conțin diverse apatite: fluorapatite, clorapatite, hidroxilapatite, dar și fosfat terțiar de calciu. Conținutul total de calciu variază între 10-30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Deoarece conținutul de fosfor direct accesibil plantelor este de doar 1-1,5%, fosforitele neactivate se folosesc numai pe solurile puternic acide, slab aprovizionate cu fosfor, în care ionii H<sup>+</sup> contribuie la solubilizarea fosforului din fosfații superiori de calciu.

**Tabel 8-2. Principalele tipuri de îngrășăminte cu fosfor**

Denumire	Formula	Conținut	Observații
Superfosfat simplu	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O + CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	7-9% P, 19-20% Ca, 11-13% S	Solubil, neutru (16-24% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Superfosfat triplu	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	18-22% P, 9-14% Ca, 1,4% S	Solubil, neutru (25-52% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Monoaminofosfat (MAP)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	22% P, 11% N	Solubil, acidifiant (51% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Diaminofosfat (DAP)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	20-23% P, 18-21% N (cel mai adesea 20%P)	Solubil, acidifiant (46-53% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Fosfat ureic (UP)	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20% P, 18% N	Solubil (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Roci fosfatice parțial acidulate	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	10-11% P	>1/3 solubil în apă (23-26% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Roci fosfatice pulverizate	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	11-17% P, 33-36% Ca	Activitate foarte lentă (25-39% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )

#### 8.4.2 Comportamentul în sol și efectele asupra maselor de apă

În condițiile în care conținutul de humus din sol este defectuos, este imposibilă evitarea poluării mediului cu compuși ai azotului și fosforului.

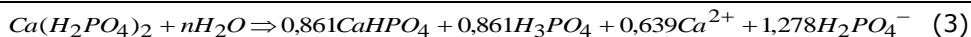
Poluarea solului și a resurselor acvatice are loc în urma acumulării îngrășămintelor și pesticidelor, ca rezultat al percolării, depunerilor atmosferice sau al eroziunii. Fiecare element nutritiv are particularitățile sale ecologice. O atenție deosebită trebuie acordată îngrășămintelor cu azot, caracterizate printr-o mare mobilitate și capacitate de percolare. Unii compuși ai azotului au proprietăți toxice. Nitrații nu reprezintă pericol pentru om și animale, dar nitriții ce derivă din nitrați sunt foarte nocivi. De aceea, pentru reducerea poluării mediului cu nitriți este necesară formarea unui circuit închis al azotului în sistemul sol-plantă-mediu.

Nutriția cu plante ce prezintă un conținut ridicat de nitrați, ca și consumarea apei îmbogățite cu azot nitric determină absorbția anionului NO<sub>3</sub><sup>-</sup> în sânge, unde va oxida excesiv hemoglobina, cu formarea methemoglobinei, ceea ce determină reducerea capacității sângelui de a transporta oxigen, cu efecte asupra scăderii capacității respiratorii, apariția fenomenelor de asfixie și cianoză.

Prezența apei în sol contribuie la spălarea nitraților în straturile inferioare ale solului și pătrunderea acestora în apele de suprafață și în cele freatice.

Îngrășămintele fosforice prezintă un pericol mai scăzut pentru poluarea mediului înconjurător. Fosforul încorporat în sol migrează puțin pe profilul solului.

Superfosfații pot să determine efecte temporare sporadice de acidifiere a solului prin fenomenul de solubilizare a fosfatului monosubstituit pe care îl conțin, din care rezultă fosfat disubstituit de calciu și acid fosforic, potrivit reacției (3):



Aciditatea astfel generată este neutralizată cu timpul prin reacții cu sescvioxizii hidratați din sol, astfel încât superfosfații simpli (17-20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) și concentrați (34-44% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) nu modifică pe timp îndelungat reacția solului. La aceasta mai contribuie aportul de baze (Ca, Mg) pe care-l au aceștia și efectul de creștere ușoară a valorii capacității de schimb cationic a solurilor prin adsorbția ionilor acidului fosforic pe particulele de sol. Pentru solurile nesaturate în baze (cu reacție slab acidă), pentru creșterea valorii capacității de schimb cationic (T) cu 1 me/100 g sol este nevoie de acumularea a 95 me H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, în timp ce în cazul solurilor saturate cu baze (cu reacție slab alcalină) pentru creșterea cu 1 me/100 g sol a valorii T este nevoie de acumularea numai a 50 me ioni H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> la 100 g sol uscat. [95].

Fosforul aplicat în sol sub formă de fosfați de amoniu și de uree are un efect slab de debazificare a coloizilor și de acidifiere a solurilor nesaturate în baze.

Limita maximă admisibilă a fosfaților în apele de suprafață este de 0,25 mg/l, iar în apa potabilă este de 3,5 mg/l.

S-a stabilit că 1 kg de fosfați acumulați în bazinele acvatice locale conduc la formarea a 100 kg de fitoplancton; când concentrația de fosfor în apă este de circa 0,1 mg/l se instalează fenomenul de "înflorire" a apelor, din cauza dezvoltării abundente a algelor [188].

De asemenea, îngrășămintele cu fosfor conțin o anumită cantitate de elemente toxice, metale grele ca arsen, seleniu, nichel, crom, wanadiu, cadmiu, etc. În superfosfatul simplu, de exemplu, conținutul acestor elemente chimice este: As: 1-2 mg, Se: 0-4 mg, Co: 0-9 mg, Ni: 7-32 mg, Cr: 66-247 mg, W: 20-180 mg, Cd: 50-170 mg, Cr: 66-243 mg, Zn: 50-1430 mg, Cu: 4-79 mg [188].

Îngrășămintele conțin o serie de impurități, care prin aplicare sistemică se acumulează în sol. De exemplu, îngrășămintele cu potasiu conțin cloruri, dintre care doar circa 9-14% pot fi reținute de sol, restul sunt spălate în bazinele acvatice, apele de suprafață și freatice. Tot în îngrășămintele potasice sodiul este într-o cantitate apreciabilă, ceea ce poate determina salinizarea potasică.

Cunoscându-se toate aceste particularități agroecologice ale fertilizanților, se poate concluziona că:

- Riscul de poluare a solului, apelor freatice și de suprafață cu nitrați este ridicată datorită solubilității lor în apă și spălării profilului de sol.
- Riscul de poluare a apelor de suprafață cu fosfați este mare datorită pierderilor de particule de sol încărcate cu fosfați și datorită scurgerilor apei prin eroziune.
- Riscul de poluare a apelor freatice cu fosfați este limitat, cu excepția solurilor nisipoase, foarte permeabile, care permit trecerea particulelor de îngrășămintele în formă mecanică, fără a fi absorbite.
- Riscul de poluare a solului cu fluor și metale grele este redus și apare în cazul aplicării îngrășămintelor fosforice sistematic și în doze necontrolate.

#### 8.4.3 Aplicarea fertilizanților cu fosfor

Fosforul din îngrășămintele aplicate în sol are o mobilitate redusă, fiind în cea mai mare parte reținut în forme reversibil adsorbite de pe coloizii solului. Din

acest motiv, aplicarea îngrășămintelor cu fosfor are mai puține restricții legate de protecția mediului. Probleme pot să apară pe soluri nisipoase, intens fosfatate, (prin infiltrație în apa freatică) și pe terenuri în pantă, susceptibile la eroziune, la care sunt posibile pierderi prin particulele de sol antrenate în scurgerile de suprafață, dacă îngrășămintele fosfatice au fost aplicate prin încorporare în primii 10 cm de la suprafața solului.

Pe majoritatea solurilor cultivate, se recomandă aplicarea îngrășămintelor fosfatice prin răspândire uniformă pe sol, urmată de o lucrare mecanică de încorporare (cu arătura sau cu lucrările de pregătire a patului germinativ).

Foarte eficiente sunt și aplicările de pornire, pe rând sau în benzi, odată cu semănatul sau plantatul culturilor, cu încorporarea îngrășământului la 5-6 cm lateral și la 5-6 cm sub sămânță. Se poate aplica în acest mod circa 20 - 35% din doza de fosfor.

O mențiune specială trebuie făcută în legătură cu folosirea fosforitelor neactivate și activate. Acestea sunt surse eficiente de fosfor numai pe soluri nesaturate cu baze, sărace în fosfați mobili.

**Tabel 8-3. Interpretarea datelor agrochimice privind asigurarea solului cu forme mobile de fosfor**

Clase de asigurare	P <sub>AL</sub> (ppm P)
	Pentru toate tipurile de sol
Foarte scăzută	< 8
Scăzută	8 - 18
Mijlocie	18 - 36
Ridicată	36 - 72
Foarte ridicată	> 72

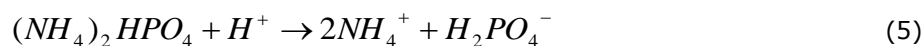
Alegerea tipului de îngrășămintă trebuie să țină cont de:

- Costul per kilogram;
- Conținutul în alți nutrienți;
- Solubilitatea sau reactivitatea în sol.

De asemenea îngrășămintele cu fosfor furnizează sulf. Grija se manifestă pentru asigurarea unei cantități suficiente de sulf din alte surse (de ex. superfosfatul simplu) față de îngrășămintele cu sulf liber (de ex. superfosfatul triplu). Soluția produsă prin dizolvarea superfosfatului în sol are aproximativ un pH=1:



în timp ce soluția rezultată prin dizolvarea diaminofosfatului în sol are un pH=8.



**Eficiența îngrășămintelor cu fosfor, în raport cu solul**

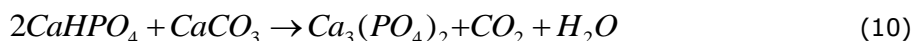
Principalele însușiri ale solului, pH-ul, conținutul de fosfor mobil, umiditatea, textura influențează eficiența folosirii îngrășămintelor.

Aplicat în sol, fosfatul primar de calciu din superfosfat poate suferi următoarele transformări, funcție de caracteristicile solului:

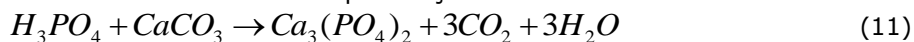
- Pe solurile acide – ionul fosfat retrogradează sub formă de fosfați de Fe și Al, din care fosforul este greu accesibil pentru plante.



- Pe solurile neutre și pe cele carbonatice – ionul fosfat trece repede în fosfat secundar de calciu, a cărui solubilitate și accesibilitate a fosforului pentru plante este mai redusă, iar în continuare în fosfat terțiar de calciu din care fosforul este puțin sau deloc accesibil plantelor.



Acidul fosforic format în urma solubilizării granulei de superfosfat poate reacționa cu carbonatul de calciu după reacția:



Datorită retrogradării fosforului pe solurile acide și pe cele alcaline eficiența lui este mai scăzută decât pe cele slab acide spre neutru, unde acest proces este mai puțin intens. De aceea, la același conținut de fosfor mobil în sol, dozele de îngrășăminte trebuie să fie mai mari pe solurile cu capacitate de fixare ridicată (acide, alcaline), decât pe cele cu o capacitate redusă de fixare (slab acide). Folosirea îngrășămintelor cu fosfor greu sau doar parțial solubil în apă (fosforite) este mai eficientă pe solurile puternic și moderat acide decât pe solurile slab acide, deoarece aciditatea contribuie la solubilizarea fosforului din îngrășământ și este practic nulă pe cele neutre și alcaline.

Aplicarea îngrășămintelor este mai eficientă pe solurile cu un conținut scăzut de fosfor mobil, eficiența scăzând pe măsură ce conținutul de fosfor mobil crește. Totuși, pe solurile slab aprovizionate, intensitatea proceselor de retrogradare a fosforului din îngrășăminte este mai mare decât pe cele bine aprovizionate; dozele vor fi deci mai mari nu numai datorită diferenței de conținut de fosfor mobil, ci și datorită capacității mai mari a solului de retrogradare a fosforului în fosfați mai greu solubili și accesibili plantelor. Pe solurile bine aprovizionate se folosesc doze mai mici, de întreținere și aplicarea se poate face la doi ani odată, însă cu doze duble față de cele anuale [17].

Umiditatea solului are un rol important în procesele de difuziune a ionilor fosfat din granula de îngrășământ în soluția solului și în sol spre rădăcină. De aceea, folosirea îngrășămintelor cu fosfor este cea mai eficientă la care plantele cresc și se dezvoltă normal. Cu cât umiditatea scade, cu atât rata de difuziune a ionilor fosfat scade, capacitatea plantelor de a asimila fosforul se reduce și de asemenea eficiența folosirii îngrășămintelor se reduce.

Influența temperaturii și a texturii solului a fost discutată în captolele anterioare.

**Eficiența îngrășămintelor cu fosfor, în raport cu planta**

Îngrășămintele cu fosfor solubil în apă sunt mai eficiente la speciile cu perioadă scurtă de vegetație, la cele cu un sistem radicular fasciculat, slab dezvoltat și cu o capacitate redusă de asimilare a fosforului din sol. Acestea valorifică mai slab îngrășămintele cu fosfor mai greu solubil. În general legumele răspund mai bine la fertilizarea cu fosfor decât culturile de câmp. Astfel, cartoful, castraveții, ceapa, fasolea, salata, tomatele, varza, vinetele răspund bine la fertilizarea cu îngrășămintele cu fosfor ușor solubil. Cartoful răspunde bine chiar pe soluri bine aprovizionate cu fosfor. În plus, fosforul determină și o îmbunătățire a calității legumelor, iar calitatea determină prețul.

Speciile cu perioadă lungă de vegetație, cele cu o creștere rapidă și profundă a sistemului radicular (sistem pivotant), și mai ales culturile perene, valorifică bine fosforul și din îngrășămintele mai puțin solubile ca și pe cele din rezerva solului. În general, gramineele folosesc mai slab fosforul din sol și din îngrășămintele greu solubile decât leguminoasele, de aceea ele răspund mai bine la fertilizarea cu fosfor ușor solubil. Dintre culturile furajere, leguminoasele, în special lucerna și trifoiul, dau sporuri mari de recoltă pe solurile slab aprovizionate cu fosfor la aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. La amestecurile furajere de graminee și leguminoase, fosforul este necesar pentru menținerea leguminoaselor în covorul vegetal, care altfel dispar. Plantele care folosesc eficient fosforul din rocile fosfatice măcinate sunt: trifoiul, lupinul, muștarul, rapița și varza, în timp ce cele mai multe cereale sunt mai puțin eficiente.

Fosforul este necesar să se găsească în sol mai ales în primele faze de vegetație când sistemul radicular este slab dezvoltat, explorează un volum redus de sol și are o capacitate redusă de interceptare a fosforului din forme mai puțin accesibile. În primele faze de vegetație, plantele au cele mai mari cerințe de fosfor. Pe măsură ce acestea înaintează în vegetație, capacitatea sistemului radicular de a absorbi fosforul și din forme mai greu accesibile din rezerva solului crește. Acesta este unul din motivele pentru care doar o cantitate însemnată din doza de fosfor se aplică toamna, sub arătură, când îngrășământul poate fi amestecat cu un volum mai mare de sol [17].

Plantele mari consumatoare de fosfor sunt cele cu rate mari de creștere, care produc cantități mari de biomasă: porumb, sfeclă, cartof, lucerna.

**Eficiența în raport cu tipul de îngrășământ, modul de aplicare și tehnologia de cultură**

*Tipul de îngrășământ* – în aceleași condiții de sol și la aceeași cultură, eficiența agronomică – apreciată prin sporul de producție/kilogram de  $P_2O_5$  din îngrășământ, este mai mare la îngrășămintele cu fosfor solubil decât la cele cu fosfor greu solubil; în schimb, între superfosfatul simplu și cel concentrat nu este nici o diferență. Aprecierea probabilității ca fosforitele neactivate să fie eficiente se face cu ajutorul IOFS (*Indicele de oportunitate a fosforitării solurilor*).

$$IOFS = \frac{Ah \cdot H^2 \cdot 100}{V_{Ah} \cdot 10^{0,0245P_{AL}}} \quad (12)$$

Unde: Ah = aciditatea hidrolitică în me/100g sol

H = conținutul de humus, în %

$V_{Ah}$  = gradul de saturație în baze, în %

$P_{AL}$  = conținutul de fosfați mobili în sol, în ppm, necorectat funcție de

pH

Interpretarea valorilor IOFS [9]

**Tabel 8-4. Interpretarea valorilor IOFS pentru stabilirea eficienței fosforitelor neactivate**

IOFS	Probabilitate ca fosforitele să fie eficiente
≤8	Foarte mică
8,1-16	Mică
16,1-24	Mijlocie
24,1-32	Apreciabilă
>32	Mare

*Forma de condiționare* a îngrășământului influențează de asemenea eficiența folosirii acestuia. Astfel, forma granulată este mai potrivită pentru îngrășămintele ușor solubile în apă, deoarece micșorarea suprafeței de contact dintre îngrășământ și sol și interacțiunea îngrășământului cu un volum mai mic de sol contribuie la reducerea cantității de fosfor retrogradat și întârzierea acestui proces. Cu cât solul este mai acid sau mai alcalin, cu atât forma granulată este mai eficientă în raport cu cea pulverulentă. În schimb, forma pulverulentă este mai potrivită pentru îngrășămintele cu fosfor greu solubil în apă, care se aplică pe soluri acide, iar pentru mobilizarea fosforului din îngrășământ de către ionii de H<sup>+</sup> din sol, îngrășământul trebuie să fie amestecat cât mai intim cu solul și suprafața de contact dintre îngrășământ și sol să fie cât mai mare.

Distanța de deplasare a fosforului de la locul de aplicare a granulei este cea mai redusă dintre toate macroelementele, ea depășind rareori 3-5 cm, chiar după o lună; de aceea, aplicarea fără încorporare este inefficientă.

*Modul de aplicare.* Aplicarea localizată, de precizie, fie pe rând, la semănat, fie în benzi, este mai eficientă decât aplicarea prin împrăștiere uniformă pe toată suprafața, deoarece venind în contact cu un volum mai mic de sol fosforul retrogradează într-o mică măsură. Diferența este cu atât mai mare cu cât solul este mai slab aprovizionat cu fosfați mobili, deoarece capacitatea de retrogradare a fosforului este mai mare pe aceste soluri comparativ cu cele bine aprovizionate. În cazul aplicării localizate, capacitatea de fixare a fosforului de către sol este satisfăcută mai ușor, astfel că rămâne în forme mobile și accesibile plantelor o cantitate mai mare de fosfor din cea aplicată.

Amendarea corectă a solurilor acide este de natură să reducă retrogradarea fosforului și să crească eficiența îngrășămintelor cu fosfor solubil în apă prin neutralizarea în mare măsură a acidității și imobilizarea fierului și aluminiului. Totuși, nu se recomandă ca îngrășămintele cu fosfor să se aplice odată cu amendamentele, pentru a nu imobiliza fosforul în fosfat terțiar de calciu, ci cele două lucrări să fie decalate în timp, prima făcându-se amendarea, cu încorporarea în sol a amendamentului. O tehnologie de cultură intensivă, care permite o bună creștere și dezvoltare a plantelor, plante mai viguroase și cu un sistem radicular mai bine dezvoltat, determină și o creștere a coeficientului de utilizare mai eficientă a fosforului din îngrășămintele.

Rocile fosfatice reprezintă sursa efectivă (și adesea cea mai ieftină) de îngrășămintele cu fosfor din solurile depresionare și muntoase (cu pH<4,5). Eficacitatea rocilor fosfatice depinde totuși de măsura în care rata de preluare a P de către recoltă poate fi menținută prin dizolvarea rocilor fosfatice din sol. De

asemenea, rocile fosfatice conțin calciu care poate diminua aciditatea subsolului și deficiența de calciu în solurile foarte alterate [28].

Fără un bun management al resurselor de fosfor din sol, dar și al folosirii îngrășămintelor cu fosfor, apar probleme serioase privind calitatea factorilor de mediu.

Ajungerea fosforului din sol în apa de suprafață este afectată de o serie de practici de management. Totuși, concentrația fosforului din sol corelată cu bioaccesibilitatea acestuia este determinantă pentru stabilirea unui echilibru între fertilizarea adecvată cu fosfor și pierderile de fosfor. În acest sens, analizele de sol reprezintă cel mai bun instrument accesibil pentru a se putea asigura un nivel adecvat al fosforului din sol.

Rămâne de rezolvat compromisul care apare datorită neconcordanței între necesarul de fosfor al unor culturi, pentru a putea discuta de o recoltă de calitate (de ex. la cereale) și necesarul de îngrășămintele care se aplică având în vedere pierderile potențiale de fosfor care ar determina o poluare gravă a resurselor de apă.

De exemplu, aplicarea îngrășămintelor contribuie direct la sporirea producției de grâu. Pentru 1000 kg boabe, plus producția de paie corespunzătoare, grâul extrage din sol 20-25 kg azot, 10-15 kg fosfor, 14-27 kg potasiu. Cea mai mare parte a substanțelor nutritive sunt consumate de la începutul alungirii tulpinii până la coacerea în lapte. Astfel, pentru o recoltă de 6000 kg/ha (boabe+paie) grâul are nevoie de aproximativ 150 kg azot, 75 kg fosfor, 150 kg potasiu, 45 kg calciu, precum și diferite cantități de microelemente [189].

Insuficiența fosforului se pune în evidență prin frunze care rămân mici și au un aspect albăstrui și purpuriu. Câteodată frunzele se îngălbenesc. În condiții de insuficiență a fosforului semințele nu se pot forma.

Problema utilizării îngrășămintelor cu azot și fosfor la grâu și orz se impune pe toate tipurile de sol din țara noastră, ținând cont de starea de aprovizionare a solurilor în aceste elemente nutritive.

Nivelul producțiilor obținute fără aplicarea îngrășămintelor este de regulă scăzut și nu acoperă în multe cazuri cheltuielile efectuate cu amplasarea și întreținerea acestor culturi.

Îngrășămintele pot contribui la dublarea sau chiar triplarea producției la cerealele păioase.

În multe cazuri, din motive mai mult sau mai puțin obiective nu se aplică îngrășămintele, fapt care duce la obținerea unor producții mici și a unor rezultate economice nesatisfăcătoare.

Sporurile obținute de pe urma aplicării unui kg îngrășământ substanță activă sunt în medie de 10-15 kg boabe, putând depăși 25 kg boabe, în anumite condiții.

Datele din literatura de specialitate arată că un kg de îngrășământ (inclusiv aplicarea) costă cât circa 4 kg boabe, astfel că este evidentă eficiența economică ridicată a aplicării îngrășămintelor la cerealele păioase.

Cerealele de toamnă valorifică foarte bine atât îngrășămintele organice, cât și cele minerale pe toate tipurile de sol.

O atenție deosebită în cazul cerealelor de toamnă trebuie acordată îngrășămintelor cu fosfor, care datorită solubilității mai reduse în apă și a mobilității scăzute în sol, trebuie încorporate înainte de semănat, de preferat sub arătură [48].

Aplicarea îngrășămintelor cu fosfor după semănat, fără a fi încorporate, duce la o valorificare redusă a acestora și se practică atunci când nu a fost posibil



să se aplice brazda înainte, aplicarea făcându-se sub formă de îngrășăminte complexe, care au o solubilitate mai mare în apă, comparativ cu îngrășămintele simple cu fosfor.

În cazul folosirii îngrășămintelor la cerealele păioase, o atenție deosebită trebuie acordată uniformității aplicării și raportului dintre elementele nutritive.

Neuniformitatea aplicării îngrășămintelor cu azot și fosfor sau aplicarea unilaterală a îngrășămintelor cu azot, pe solurile slab asigurate cu fosfor poate să ducă la dezechilibre între nitrați și fosfați în sol și plantă, ce se manifestă printr-o înfrățire slabă a plantelor, întârziere în creștere, ofilirea frunzelor sau arsuri pe frunzele tinere.

Folosirea unilaterală a îngrășămintelor cu azot și, în special a celor cu un potențial ridicat de acidifiere poate avea ca rezultat o eficacitate redusă sau chiar un efect negativ pe solurile acide [48].

De aceea se preferă aplicarea unor doze mai mici, dar echilibrate, de azot și fosfor, care contribuie la obținerea unei eficiențe ridicate a aplicării îngrășămintelor.

#### 8.4.4 Intoxicația cu îngrășămintele chimice fosfatice

Îngrășămintele fosfatice au o mai mică utilizare decât îngrășămintele azotate din motive care țin de proprietățile lor și de necesarul de fosfor pentru dezvoltarea plantelor. Principalele îngrășămintele fosfatice sunt: făina de fosforite, îngrășămintele complexe binare sau ternare, superfosfatul concentrat granulat, superfosfatul simplu granulat sau praf.

Cauzele intoxicației sunt: îngrășămintele chimice consumate ca atare din vrac (animalele ce prezintă carențe minerale sunt predispuse, cele sănătoase neingerând fosfați), din resturile de ambalaj de pe pășune, odată cu furajele cu care au ajuns în contact în diferite circumstanțe (în mijloacele de transport, pe rampa de descărcare a vagoanelor) sau odată cu apa de băut în care au ajuns accidental. Intoxicații se mai pot produce ca urmare a presărării de superfosfați în rigolele din adăposturi pentru fixarea amoniacului.

Toxicitatea îngrășămintelor fosfatice este considerată ca fiind mai mică decât cea a îngrășămintelor azotoase. La toxicitatea lor contribuie și prezența fluorului care se găsește constant în compoziția superfosfaților. Îngrășămintele fosfatice fac parte din grupa substanțelor cu toxicitate medie, doza toxică începând cu 0,5 g/kg.

##### **Patogenia**

Fosforul împreună cu fluorul exercită în primul rând un efect iritant puternic asupra mucoasei tubului digestiv.

Acțiunea generală a fosforului este deosebit de severă: acționează asupra țesuturilor bogate în lipoizi captând oxigenul și astfel favorizând fenomenele autolitice; interferează cu oxidările tisulare provocând, datorită hipoxiei, tulburări de contractibilitate musculară; influențează negativ depunerile de glicogen din ficat și din mușchi; produce acidoză; lezează endoteliile vasculare; acționează toxic asupra măduvei osoase; acționează distructiv asupra osteoblastelor și, în asociație cu perturbările metabolismului calcic, determină necroză osoasă; acționează hemolitic, provoacă anemie hipocromă, trombocitopenie. Fosforul este toxic citoplasmatic și enzimatic, precipită ionii de calciu, inhibă fosfataza alcalină.

### **Simptomatologia**

Intoxicația cu îngrășămintele fosfatice are frecvent evoluție acută și foarte rar supraacută, morbiditatea variind între 10% și 100%, iar mortalitatea între 0-60%.

Primele simptome, care apar la 10-24 ore de la ingerarea toxicului, sunt cele digestive: sialoree, colică severă cu bruxism, gemete, timpanism, facies peritoneal, mucoase icterice, uneori diaree cu fecale lichide, fetide, cu strii de sânge, alteori constipație.

Dominante sunt și simptomele nervoase și neuromusculare: agitație, contracții tonico - clonice ale musculaturii cervicale, manifestări tetaniforme, uneori paraplegie, hipotonie musculară.

Animalele stau culcate, apoi din cauza durerilor își schimbă locul și poziția.

Semnele nervoase se suprapun peste semnele generale de durere.

Funcțiile vitale sunt modificate: respirația este accelerată, pulsul accelerat și filiform.

Evoluția este de câteva ore sau zile, moartea fiind precedată de hipotermie, tendință de colaps și comă.

### **Modificările morfopatologice**

Tabloul morfopatologic este dominat de modificări de tip congestivo-hemoragic și degenerativ. Acestea predomină în tubul digestiv: gastrită și enterită hemoragică, cu puncte necrotico - ulcerative în ficat care este mărit în volum, friabil, de culoarea argilei, în vezica biliară care este mărită în volum, cu bila de culoare brună-hemoragică, în rinichi care prezintă zone de degenerescență și puncte hemoragice pe suprafață și secțiune și uneori edem perirenal, în cord care este flasc, cu puncte hemoragice pe epicard și miocard, în pulmon, în encefal. Creierul este în fază avansată de ramolism.

Sângele este coagulat și de culoare neagră-ciocolatie.

La rumegătoare se constată cadavrul ușor balonat.

Diagnosticul se stabilește în urma unei expertize toxicologice complete.

### **Tratamentul.**

Ca antidoturi înainte de absorbție se utilizează sulfat de cupru soluție 1% sau permanganat de potasiu soluție 0,5-1‰, cărbune medicinal. Tratamentul simptomatic urmărește combaterea acidozei (cu bicarbonat de sodiu), combaterea tulburărilor cardiovasculare (gluconat de calciu, cafeină), reducerea acceselor convulsive și a stării de excitație (deprimante ale SNC: narcotice, tranchilizante etc.), combaterea diareii (protectoare mucilaginoase, astringente, adsorbante - cărbune medicinal), rehidratarea sau combaterea constipației (purgative saline).

## 9. CONCLUZII

Lucrarea abordează atât din punct de vedere teoretic, cât și practic, problematica unei agriculturi raționale, luarea unor decizii optime dar și punerea lor în funcțiune, în concordanță cu principiul dezvoltării durabile care prevede, conform celei mai utilizate definiții a dezvoltării durabile dată de Lester Brown, că: *"Dezvoltarea durabilă este dezvoltarea care îmbină cerințele prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi"*.

Pregătirea de bază de care am beneficiat, fiind absolventă a Facultății de Chimie-Biologie din cadrul Universității de Vest din Timișoara, mi-a permis abordarea interdisciplinară a temei prezentei teze, fapt ce îl consider un atu pentru stabilirea și înțelegerea proceselor chimice ce se desfășoară în sol, complexitatea acestora și relațiile cauză – efect ce reies.

Am încercat elucidarea unor aspecte legate de mecanismele de reacție ce au loc între diferitele forme de fosfați din sol și constituenții organici și anorganici ai acestuia, pentru aceasta fiind necesară o analiză preliminară a condițiilor în care aceste soluri s-au format și au evoluat, dar și stabilirea cauzelor care generează aciditatea sporită a acestora, în interdependență cu efectele vizuale și economice ce se resimt la nivelul producțiilor agricole obținute pe astfel de soluri.

După inventarierea făcută de Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie și de către Oficiile Județene pentru Studii Pedologice și Agrochimice, în țara noastră solurile acide cu folosință agricolă care necesită ameliorare ocupă o suprafață de 2,3 milioane hectare, iar cele arabile 1,6 milioane hectare.

În zona de vest a României solurile care prezintă aciditate moderat – excesivă ocupă o suprafață de peste 800 000 hectare.

La nivelul întregului județ Caraș-Severin suprafața ocupată de soluri afectate de aciditate este de circa 250 000 ha, soluri ce necesită măsuri de corectare a reacției pentru a putea fi întrebuințate la adevăratul potențial agricol, în timp ce doar în arealul văii Bistrei peste jumătate din solurile cercetate au caracter ușor până la moderat – puternic acid.

Datele analitice, morfologice și fizico-chimice permit explicarea științifică a proceselor specifice solurilor acide, cum ar fi cele de imobilizare a fosfaților prin retrogradare.

Aciditatea solurilor apare odată cu procesul de debazificare, cu formarea și migrarea argilei. De fapt are loc debazificarea mineralelor primare, a complexului adsorbativ iar locul cationilor bazici este luat de cei de hidroniu ( $H_3O^+$ ), aluminiu ( $Al^{3+}$ ) și mangan ( $Mn^{2+}$ ).

În categoria solurilor acide care necesită amendare, soluri predominante în teritoriul studiat sunt incluse districambosolurile, preluvosolurile tipice, luvosolurile albice și cele tipice. La aceste soluri se adaugă cele acidificate antropice (prin îngrășăminte, ploi acide, poluare) în care reacția solului s-a deplasat spre domeniile moderat și puternic acide, iar aluminiul a devenit factor limitativ.

În teză se prezintă și se discută o serie de procese de acidifiere întâlnite în solurile cercetate pe teritoriul bazinului hidrografic Bistra, respectiv în localitățile Obreja și Glimboca. Pentru aceasta au fost efectuate analize fizico-chimice clasice, analiza mineralogică a fracțiunilor grosiere și argiloase.

Solurile din perimetrul bazinului hidrografic Bistra prezintă o serie de fenomene de degradare, care sunt consecința fie a unor procese naturale degradative (eroziune, deficit de nutrienți, etc.), fie a activității antropice.

Cele mai importante surse de aciditate a solurilor din teritoriul bazinului hidrografic Bistra sunt:

- Debazificarea și spălarea cationilor bazici;
- Formarea materialelor argiloase și a sescvioxizilor;
- Migrarea în adâncime a particulelor coloidale cu formarea orizontului iluvial B, impermeabil pentru apă;
- Descompunerea sescvioxizilor de Fe și Al și depunerea acestora.

În solurile afectate de acidifiere raportul  $H_3O^+/HO^-$  este favorabil ionilor hidroniu, debazificarea este permanentă și este însoțită de o substituție a cationilor bazici de către cei generatori de aciditate ( $H_3O^+$ ,  $Al^{3+}$ ).

Ionii generatori ai acidității solului sunt favorizanți pentru procesele ireversibile sau parțial reversibile care au loc în sol. Alături de activitatea chimică ridicată a ionilor  $H_3O^+$ , în mediile puternic acide (cu  $pH < 5$ ), cationii de  $Al^{3+}$  și cei de  $Fe^{2+}$  acționează negativ și fitotoxic. Aceștia ocupă pozițiile de schimb pentru cationi ale sistemului radicular, perturbă absorbția acestora, blochează reacțiile chimice și nutriția cu alte elemente, efectul cel mai accentuat observându-se la fosfor, prin accentuarea imobilizării acestui element.

Ipotezele privind acidifierea solurilor permit explicarea formelor de aciditate care există nativ în soluri sau se dezvoltă prin intervențiile antropice sau datorită substanțelor generatoare de aciditate. Astfel, aciditatea ușor schimbabilă, la  $pH$  5,8-6,0 este determinată de ionii de aluminiu schimbabil și într-o mai mică măsură de grupările funcționale carboxilice ale materiei organice din sol. În cazul solurilor acide relația  $pH-Al$  mobil este esențială, întrucât pe măsura creșterii acidității, ionii de aluminiu generează aciditate și devin toxici pentru plante. Aceste soluri prezintă concomitent și o debazificare cu un grad al saturației în baze ( $V\%$ ) ce arată că acidifierea avansată este însoțită fără excepție de o debazificare pe măsură.

Concentrațiile ridicate de cationi bazici care să le depășească pe cele ale  $Al^{3+}$  pot atenua toxicitatea aluminiului. Același efect îl au conținuturile ridicate de fosfați care reduc toxicitatea aluminiului datorită unor fenomene care precipită acești ioni sub forma fosfaților de aluminiu, la suprafața și în interiorul rădăcinilor. Este evident că o concentrație ridicată de  $Al^{3+}$  înrăutățește nutriția cu fosfor datorită menținerii la nivel redus a activității ionului monofosfat de către ionii de aluminiu în exces. De aceea, în cele mai multe cazuri fitotoxicitatea aluminiului coincide cu carența de fosfor.

Aciditate sporită a solurilor din depresiune Bistra, cu eliberare de aluminiu schimbabil s-a constatat și în alte zone în care nu există activități antropice favorizante. Cauza este naturală și derivă din natura acidă a rocii și a condițiilor climatice care determină o evapotranspirație redusă și un regim hidric percolativ permanent. Valori  $pH$  de 4,9-5,9 identificate în majoritatea solurilor nu pot fi puse în totalitate pe seama sulfului eliberat din procesul tehnologic industrial al combinatului de la Oțelu Roșu, fără însă a ignora această sursă.

Rezerva de humus scăzută din depresiunea Bistrei rezultă atât dintr-o conjunctură de factori naturali bioclimatici cât și datorită unor activități antropice, altele decât cele industriale.

Textura grosieră, volumul edafic util redus și alte proprietăți fizice deficitare sunt în totalitate naturale, omul neputând influența decât în mică măsură.

Erodabilitatea crescândă a terenurilor în pantă este controlată de regimul scurgerilor apelor de suprafață și de proprietățile fizice ale solurilor din zonă, proprietăți care pot fi influențate prin factori poluanți, însă în mică măsură.

Din analiza datelor prezentate, ca și din studiul altor 102 profile de sol executate în zona cercetată, a rezultat un procent de 62,6% din solurile agricole ce

prezintă un nivel slab și foarte slab (sub 18,0 ppm P mobil) de aprovizionare cu fosfor mobil. În ceea ce privește solurile arabile, această aprovizionare slabă și foarte slabă cu fosfor mobil se regăsește pe mai mult de 50% din terenurile cercetate. Cauza o constituie proasta gestionare a îngrășămintelor aplicate, dar și zestia săracă în acest element.

Fosforul este un macroelement de importanță esențială pentru plante, intrând în compoziția unor substanțe macroergice cu rol decisiv în fotosinteză și în metabolism, cum sunt acizii nucleici, sisteme enzimatice, fosfolipide, fosfoprotide.

În sol fosforul apare ca și anion ortofosfat, în compuși organici, în compuși minerali reținut adsorbativ în coloizi – prin chemosorbție – și în cantități foarte mici în soluția solului.

În compușii organici, fosforul se găsește sub formă de esteri ai acidului fosforic. În humus participarea fosforului este redusă, astfel încât prin mineralizarea humusului rezultă puțin fosfor.

Prin mineralizarea materiei organice se eliberează în soluția solului anionul  $PO_4^{3-}$ , care este direct asimilabil pentru plante sau este adsorbit de către coloizi. Forma reversibilă este în echilibru cu fosfatul din soluția solului și servește ca precursor în precipitarea sub formă de fosfați de Al și Fe.

Solubilitatea fosfaților este foarte diferită și de obicei condiționată de pH: solubilitatea fosfaților de Al și Fe crește cu pH-ul soluției, fosfații de calciu își micșorează solubilitatea cu creșterea pH-ului.

Solubilitatea redusă și concentrația scăzută a fosforului în soluția solului rețin fosforul din sol și deci acesta nu este levigat.

Datorită retrogradării fosforului pe solurile acide și pe cele alcaline eficiența lui este mai scăzută decât pe cele slab acide spre neutru, unde acest proces este mai puțin intens. De aceea, la același conținut de fosfor mobil în sol, dozele de îngrășămintele trebuie să fie mai mari pe solurile cu capacitate de fixare ridicată (acide, alcaline), decât pe cele cu o capacitate redusă de fixare (slab acide). Folosirea îngrășămintelor cu fosfor greu sau doar parțial solubil în apă (fosforite) este mai eficientă pe solurile puternic și moderat acide decât pe solurile slab acide, deoarece aciditatea contribuie la solubilizarea fosforului din îngrășământ și este practic nulă pe cele neutre și alcaline.

În urma rulării programului utilizat pentru înțelegerea efectului pe care fosforul îl are asupra creșterii plantelor, au putut fi stabilite câteva concluzii general valabile în cazul tuturor culturilor pentru care a fost făcută simularea, și anume:

- Concentrația fosforului din plantă necesară creșterii optime a acesteia descrește odată cu creșterea masei plantei.
- Recoltele sunt mai vulnerabile la deficiența în fosfor în stadiile timpurii ale creșterii. O oprire temporară a dezvoltării în acel moment ar periclita recolta finală chiar dacă a fost suficient fosfor în plantă pentru a mai rămâne și pe perioada creșterii.
- Îngrășământul de start, amortizează deficiența în fosfor în cele mai timpurii faze de creștere și astfel nu mai este oprită dezvoltarea plantelor, ceea ce sporește considerabil recolta finală.
- Dacă este aplicat mai mult fosfor prin fertilizare decât este necesar, mult din el va fi irosit.
- Fosforul aplicat nejustificat va fi transformat, într-un ritm ce depinde de sol, în fosfați imobili, care sunt inaccesibili plantelor.

Toate însușirile solurilor (reacție, conținutul de ioni de Al, săruri solubile, gleizarea, textura, umiditatea) ce influențează sorbția – desorbția - difuzia ionilor de fosfat în soluri determină în final nivelul de manifestare al insuficienței fosfatice.

Întrucât toate aceste aspecte sunt într-o strânsă relație de interdependență, înțelegerea lor nu este deloc ușoară, fiind necesare studii amănunțite legate de această temă, dar, nu trebuie uitat că însăși realitatea zilelor noastre ne obligă să luăm atitudine vis-à-vis de problematica protecției mediului prin implementarea conceptului de agricultură durabilă.

Problemele de dezvoltare durabilă necesită luarea de decizii raționale. Complexitatea problemelor face ca luarea deciziei să devină din ce în ce mai dificilă. Totuși elaborarea unor modele adecvate pentru stabilirea efectelor pe care le au nutrienții asupra calității și productivității solurilor agricole, dar și asupra calității resurselor de apă, care să ia în considerare durabilitatea, reprezintă o sarcină deloc ușoară pentru cercetare.

Teza cuprinde un număr de 79 de figuri, 90 de tabele și 66 de ecuații, care alături de problemele teoretice și practice alcătuiesc cele 289 pagini ale sale. Referințele bibliografice sunt în număr de 190, ele făcând referire atât la cercetările pe plan internațional, cât și la cele național.

## 10. CONTRIBUȚII PERSONALE, PROPUNERI

Tema este considerată de actualitate având în vedere faptul că, după criza petrolului, petrecută la nivelul anilor 1970, o problemă mondială va fi „criza fosforului”, denumită astfel de către cercetătorii români și străini datorită faptului că, deocamdată, cu toată tehnologia inovativă a ultimelor generații, nu au fost găsiți substituenți ai rolurilor îndeplinite de fosfați, sau ai fosforului. Pe de altă parte, deși în unele soluri se manifestă carența accentuată, ele dețin rezerve suficiente de fosfați care să poată asigura creșterea optimă a plantelor, dar numai dacă acestea ar putea fi transformate în forme accesibile pentru nutriția plantelor. Acest neajuns este foarte important, știindu-se că nu toate formele sub care sunt prezenți fosfații în sol, pot fi accesibile pentru nutriția plantelor.

Nu trebuie omis faptul că deși rezerve fosfatice la nivel mondial există, apar dificultăți deosebite în ceea ce privește tehnologia de extracție și exploatare a acestora, din care derivă consecințe sociale și asupra mediului înconjurător.

Cunoașterea la nivel amănunțit a problemelor pe care le ridică asigurarea cu nutrienți a solurilor cultivate, ca și a interacțiilor chimice ce stau la baza proceselor ce au loc în soluri reprezintă o problemă deloc facilă, pentru care este necesar un studiu bine fundamentat, care să țină cont atât de aspecte cantitative, cât mai ales calitative legate de potențialul productiv al solurilor.

Acesta este de fapt și obiectivul primordial al tezei de doctorat, din care derivă o serie de obiective secundare, care de cele mai multe ori au fost stabilite ca o necesitate apărută în urma studiului și al analizelor anterioare asupra problematicii dezbătute.

Legat de absorbția fosforului de către plante, s-a descris un model dinamic de calcul al efectului fosforului din sol asupra accesibilității fosforului pentru culturile arabile, model care ține cont de efectele fosforului din sol și ale fertilizanților granulari cu fosfor, asupra creșterii zilnice a culturii, asupra concentrației fosforului din plantă și asupra economiei de fosfor din sol.

Având în vedere că zona studiată este una genetic deficitară în fosfor, respectiv în fosfați, am considerat de o importanță majoră studierea caracteristicilor fizico-chimice a principalelor tipuri de soluri acide întâlnite în arealul studiat, ca și a unor tipuri îngrășăminte chimice și organice, pentru a sublinia comportamentul acestora în sol și efectele asupra maselor de apă, ceea ce determină luarea unor măsuri specifice de fertilizare funcție de tipul de sol și necesitatea culturilor, fără a neglija efectele determinate de carența sau excesul în diverși nutrienți, dar mai ales a celor esențiali pentru creșterea plantelor. Pentru aceasta au fost studiate un număr de 102 profile de sol, din care în teză sunt prezentate datele analitice pentru un număr de 35 de profile, considerate reprezentative pentru tema cercetată.

**Contribuțiile personale** la tema lucrării de față au vizat următoarele aspecte:

- Analiza și sinteza referințelor bibliografice referitoare la formarea și evoluția solurilor, în special al celor din zona cercetată, la fenomenele de retenție sau de mobilitate a nutrienților din sol funcție de condițiile fizico-chimice ale zonei;
  - Caracterizarea condițiilor naturale din zona studiată;
  - Selectarea și evidențierea principalelor tipuri de soluri, cu preponderență a celor acide întâlnite în arealul studiat, având în vedere că în zona de lucru acesta este caracterul dominant al solurilor, ca urmare a încărcării geogene substanțiale cu metale grele și reduse cu nutrienți, dar și pe fondul unor activități

antropice care nu fac decât să aprofundeze aceste neajunsuri.

- Analiza rolului pe care l-au avut factorii de solificare asupra calității solurilor;
- Stabilirea principalelor procese pedogenetice care au contribuit la formarea actualului înveliș de sol;
- Inventarierea din surse diferite a principalelor restricții ale calității solurilor din bazinul hidrografic Bistra, prin prezentarea principalilor factori de risc din arealul studiat (reacția solurilor, excesul sau deficitul de umiditate, carența în elemente nutritive);
- Evidențierea impactului diversilor poluanți asupra componentelor atmosferice și edafice, poluanți rezultați din activitatea antropică desfășurată în zonă, activități care se suprapun peste efectele generate de faptul că arealul Munților Poiana Ruscăi este recunoscut ca fiind o zonă cu potențial poluator ridicat datorită încărcărilor geogene cu metale grele a rocilor constituente;
- Particularizarea caracteristicilor importante pe care le are fosforul ca și nutrient esențial al solurilor, cu sublinierea rolurilor deținute în reacțiile enzimatică și în cele de transfer energetic, atât la nivel celular, cât și în soluția solului.
- Evidențierea transformărilor chimice între diferitele forme de fosfați din sol, în cazul solurilor alcaline și acide, prin scrierea reacțiilor chimice care au loc, reacții din care rezultă unii fosfați greu solubili, care sunt aproape inaccesibili pentru nutriția plantelor;
- Stabilirea unui plan minimal de management al nutrienților care să cuprindă realizarea unei scheme a operațiilor, determinarea necesității de elemente nutritive pentru plante, elaborarea unui plan de acțiune;
- Sintetizarea principalelor efecte (pozitive și negative) determinate de adaosul de fosfor prin fertilizare, pe baza rezultatelor obținute în cercetările experimentale în cadrul diverselor centre de cercetare;
- Evidențierea posibilelor interacții ale fosforului cu alte elemente chimice prezente în sol, pentru a evita blocarea acestuia în combinații chimice greu solubile din soluția solului;
- Analiza tipurilor de metode prin care poate fi determinat fosforul din sol, cu particularitățile acestora legate de caracteristicile solurilor;
- Stabilirea schemelor de fracționare a fosfaților organici și anorganici din sol;
- Prezentarea principalelor mecanisme prin care fosfații pot fi stabiliți în sol, pentru prevenirea fenomenului de eutrofizare a apelor de suprafață prin retenția acestora de către compușii organici și anorganici ai solului;
- Inventarierea stării de încărcare a solurilor cu fosfați mobili, cu stabilirea prognozei în ceea ce privește starea de aprovizionare cu fosfați mai ales a solurilor agricole;
- Sintetizarea factorilor care acționează asupra mobilității ionilor fosfat, relațiile cauză-efect;
- Evaluarea stării de asigurare cu fosfor mobil a solurilor din Banat în general și particular a celor din arealul studiat;
- Determinarea implicațiilor pe care le are transportul fosforului din profilul de sol în masa de apă; Modelarea calității apei ca efect al pecolării fosfaților printr-un profil de sol;
- Stabilirea comportamentului în sol și asupra maselor de apă a principalelor tipuri de îngrășăminte cu fosfor;
- Ajustarea indicilor de referință ce intră în calculul matricei de



evaluare a potențialului de pierdere a fosforului dintr-un site;

- Ajustarea modelului de calcul PHOSMOD adaptat pentru condițiile climatice ale zonei de vest a țării pentru calculul efectului pe care îl are fosforul din sol asupra accesibilității sale pentru diverse culturi.

În urma studiului și a analizelor critice asupra problematicilor pe care le ridică solurile acide din punct de vedere al ameliorării calităților acestora au rezultat o serie de neajunsuri care nu au putut fi rezolvate sau unele poate nici abordate, motiv pentru care sunt lansate drept **perspective și propuneri** pentru cercetările ulterioare:

- Rezolvarea compromisului între cantitatea de fosfor necesar a fi aplicată pentru obținerea unui spor de producție și cerințele unei fertilizări raționale, mai ales în ceea ce privește protecția mediului, fără a neglija aspectele economice implicate.

- Dezvoltarea modelului de calcul al efectului fosforului din sol asupra accesibilității sale pentru plante, ținând cont mai ales de relațiile de interconversie dintre fosfații mobili și cei imobili.

## 11. CONCEPTE ȘI TERMENI SPECIFICI FOLOSIȚI

*Nutriție.* Aprovizionarea și absorbția elementelor chimice necesare pentru creștere și metabolism.

*Nutrienți.* Elementele chimice necesare unui organism.

*Factori limitativi.* Orice condiție care limitează funcțiile și/sau folosirea unui sol.

*Productivitatea solului.* Capacitatea solului de a produce recoltă sigură printr-un sistem specific de management.

*Mobilizare.* Trecere (conversie) a substanțelor sau a particulelor de sol sub formă mobilă.

*Imobilizare.* Trecere (conversie) a substanțelor sau a particulelor de sol spre o formă (temporar) imobilă (comparată cu acumularea).

*Mineralizare.* Transformarea fosfaților organici în fosfați anorganici.

*Transfer.* Migrarea substanțelor dizolvate sau nedizolvate în sol sau la suprafața solului sub acțiunea apei, aerului și activităților umane sau a organismelor solului.

*Eutrofizare.* Îmbogățirea apei cu substanțe nutritive pentru plante - în primul rând azot și fosfor (cei alți zeci de compuși necesari dezvoltării fiind foarte rar limitanți) - conducând la o creștere puternică a algelor și macrofitelor ("înflorire") care apoi mor, cu consecințe grave: scăderea calității apei (culoare, gust, miros, tulburare, scăderea conținutului de oxigen, creșterea concentrației de fier, mangan, bioxid de carbon, amoniu, metan, hidrogen sulfurat etc.); corodarea conductelor; afectarea funcțiilor recreative (turbiditate crescută a apei și miros ce o fac neatractivă, afectarea înotătorilor prin dermatite și conjunctivite de contact cu apa alcalină, risc crescut de diverse boli (ex. risc boli diareice la înghițirea apei încărcate cu toxine algale); afectarea pisciculturii (mortalitate piscicolă, dezvoltarea speciilor nedorite); alte consecințe diverse: înfundarea filtrelor, țevilor etc

*Adsorbție.* Legarea chimică a unui element chimic de suprafața mineralelor.

*Desorbție.* Eliberarea unui element chimic de pe suprafața mineralelor.

*Acumulare.* Creștere a concentrației unei substanțe în sol datorită faptului că aportul de substanță este mai mare decât pierderea de substanță.

*Aport de substanță.* Migrare în sol a unei substanțe venind dintr-un alt compartiment de mediu.

*Aport datorat unei surse punctuale.* Este un aport de substanță dintr-o sursă discretă staționară de mărime diferită (sursele pot fi emisii de CO<sub>2</sub>), depozite de deșeuri, deversări de materiale pe situri industriale, scurgeri importante din canalele colectoare sau alte conducte, situri contaminate relativ uniform).

*Aport datorat unei surse difuze sau unei surse nepunctuale.* Este un aport de substanțe produse de surse mobile, surse de mari întinderi sau din mai multe surse (sursele pot fi: autovehicule, substanțe aplicate în cadrul practicilor agricole, emisii venite dintr-un oraș sau dintr-o regiune, sedimente depuse ca urmare a inundațiilor provocate de apele unui râu).

*Export de substanțe.* Reprezintă migrarea de substanțe din sol către un alt compartiment de mediu.

*Levigare.* Deplasarea în sol a substanțelor dizolvate sub acțiunea percolativă a apei sau a altor lichide.

*Calitatea solului.* Ansamblul de proprietăți obișnuite, pozitive sau negative care se referă la folosirea și funcțiunile solului.

*Fertilitatea solului.* Starea obișnuită a unui sol sub aspectul capacității sale

de a susține creșterea plantelor.

*Productivitatea solului.* Capacitatea unui sol de a produce recolte în condiții obișnuite.

*Productivitatea potențială a solului.* Capacitatea unui sol de a produce recolte în condiții optime (de exemplu prin folosirea îngrășămintelor, a pesticidelor a irigației și a lucrării solului).

*Influența antropică.* Modificări ale proprietății solului produse de activități umane.

*Deteriorarea solului* (Degradarea solului). Reprezintă alterarea proprietăților solului având efecte negative asupra unor funcții ale acestuia asupra sănătății umane și asupra mediului.

*Sit sensibil.* Sit unde proprietățile sau funcțiile solului sunt cu ușurință sau excesiv afectate de influențe externe.

*Concentrație de fond.* Concentrația medie geogenică sau pedogenică a unei substanțe într-un sol studiat.

*Încărcare critică.* Estimarea aportului unuia sau mai multor poluanți sub care nu se produc la nivelul actual de cunoaștere efecte nocive semnificative asupra unor elemente specific sensibile ale solului.

*Concentrație critică.* Estimarea cantitativă a concentrației unuia sau mai multor poluanți sub care nu se produc la nivelul actual de cunoaștere efecte nocive semnificative asupra unor elemente specifice sensibile ale solului.

*Substanțe periculoase pentru sol.* Substanțe care datorită proprietăților, cantității sau concentrației lor au un efect nefavorabil asupra funcțiilor și utilizării solurilor.

*Accesibilitatea nutrienților* (fitoaccesibilitate). Ușurința de translocare a unor substanțe din sol în plante (disponibilitatea depinde de mai mulți factori precum condițiile de sol proprietățile substanței și natura plantei).

*Managementul nutrienților* buna gestionare a nutrienților esențiali pentru creșterea optimă a plantelor și pentru obținerea unor culturi optime, astfel încât să se asigure o agricultură durabilă.

*Deficiențe de nutriție* simptome datorate unei cantități insuficiente de elemente nutritive, care determină efecte vizibile asupra dezvoltării plantelor.

## 12 BIBLIOGRAFIE

1. Afif, E., Barron, V., și Torrent J., (1995), Organic Matter Delays but does not Prevent Phosphate Sorption by Cerrado Soils from Brasil. *Soil Science* **159**, pg. 207 - 211.
2. Amijee F., Barraclough P. B., Tinker P. B., (1991), Modeling phosphorus uptake and utilization by plants. In Johansen C, Lee KK, Sahrawat KL, eds. *Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi arid tropics*.
3. Arai, Y., și Sparks, D. L. (2001). ATR-FTIR Spectroscopic Investigation on Phosphate Adsorption Mechanisms at the Ferrihydrite-Water Interface. *Journal of Colloid and Interface Science* **241**, pg. 317-326.
4. Barber S.A., Cushman J.H., (1981), Nitrogen uptake model for agronomic crops, In *Modeling waste water. Renovation land treatment*, New York: Wiley – Interscience, pg 382-409.
5. Beutură D., Rogobete Gh., Țimbota O., Tudor C, (2004), - Estimarea impactului exploatării miniere asupra solului, apei și aerului, *Analele Univ. „Al. I. Cuza” Iași, Vol Procese pedogenetice în zona temperată*, 2004,
6. Bidin A.A., Barber S.A., (1985), Phosphate in Malaysian Ultisols and Oxisols as evaluated by a mechanistic model. *Soil Science* **139**, pg 500-504.
7. Bleam, W. F., Pfeffer, P. E., Goldberg, S., Taylor, R. W., și Dudley, R., (1991). A <sup>31</sup>P Solid-State Nuclear Magnetic Resonance Study of Phosphate Adsorption at the Boehmite/Aqueous Solution Interface. *Langmuir* **7**, pg. 1702 - 1712.
8. Borlan Z., Hera C., Bunescu O., (1990), *Agrochimia fosforului. Aspecte actuale de interes practic și științific*, Ed. Ceres, București.
9. Borlan Z., Hera C., (1973), *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*, Ed. Ceres, București, pg. 156-159.
10. Borling, K. (2003), *Phosphorus sorption, accumulation and leaching: effects of long term inorganic fertilization of cultivated soils*. Doctoral Thesis for Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
11. Bosch Serra A.D., Bonet Torrens H., Domingo Olive F., Melines Pages M.A., (1997), Root growth of 3 onion cultivars. *Developments in Crops Science* **25**, pg. 123-133.
12. Boström, B., Jansson, M., și Forsberg, C. (1982), Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* **18**, pg. 5-59.
13. Bridges E.M., Batjes N.H., Nachtergaele F.O., (1998) *World Reference Base for Soil Resources: Atlas*, ISSS Working Group R.B. ISRIC – FAO – ISSS – Acco. Leuven;
14. Brouder S.M., Cassman K.G., (1994), Cotton root and shoot response to localized supply of nitrate, phosphate and potassium: split-pot studies with nutrient solution and vermiculitic soil. *Plant and Soil* **161**, pg. 179-193.
15. Bugariu I., (1988), *Studiu pedologic pentru cadastru calitativ, teritoriul comunei Obreja, Jud. Caraș-Severin, scara 1:10000*, manuscris, Arhiva OSPA Timișoara.
16. Burns G.R., Bouldin D.R., Black C.A., Hill W.L., (1963), Estimation of particle size effect of water soluble phosphate fertilizer in various soils. *Soil Science of America Proceedings* **27**, pg. 556-560.

## 294 Bibliografie

---

17. Calistru C., Leonte C., Siminiceanu I., Hagiu C., popa O., (1984), Tehnologia îngrășămintelor minerale, Ed. Tehnică, București.
18. Carpenter, S., Caraco, N.F., Correll, D.L, Howarth, R.W, Sharpley, A.N. și Smith V.H. (1998), Non-point pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Issues in ecology No. **3**. Ecological Society of America, Washington. URL: <http://esa.sdsc.edu>
19. Castilhos D.D., Anghinoni I., (1983), Efficiency of phosphate utilization by corn as affected by fertilizer placement. Agron Sulriogradense **19**, pg. 43-55.
20. CEEP. (1998). Phosphates a sustainable future in recycling. Publicity leaflet by Centre Europeen d'Etudes des Polyphosphates (CEEP), sector group of the European Chemical Industry Council (CEFIC), Brussels.
21. Claassen N., Steingrobe B., (1999), Mechanistic simulation models for a better understanding of nutrient uptake from soil., USA, Haworth, 327-367.
22. Clarkson D.T., Sanderson J., Scattergood C.B., (1978), Influence of phosphate stress on phosphate absorption and translocation by various parts of the root system of *Hordeum vulgare*, Planta **139**, pg. 47-53.
23. Coleman R., (1944), Phosphorus fixation by montmorillonitic and kaolinitic clays, Soil Sci. Soc. Am. Proc. **9**, pg. 72-78.
24. Conea Ana, Vintilă Irina, Canarache A., (1977), Soil science dictionary, Editura Științifică și Enciclopedică, București
25. Costescu Ioana Alina, Nemeș Nicoleta, (2008) – Considerations regarding the deep erosion in the hydrographic basin of the river Bega în „Trends in European Agriculture Development” *Lucrările științifice Facultatea de Agricultură Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara* ISSN 1221-5279
26. Costigan P.A., (1985), A survey of nutrient concentrations and early shoot and root growth of drilled lettuce in twenty-one commercial sowings during one year. *Journal of Horticultural Science* **60**, pg. 233-243.
27. Darke, A.K. and M.R. Walbridge. (2000), Al and Fe biogeochemistry in a floodplain forest: implications for P retention. *Biogeochemistry* **51**, pg. 1-32.
28. Dobermann A, Fairhurst T. (2000), Rice. Nutrient disorders & nutrient management. Handbook series. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. pg. 191.
29. Davidescu D. (1963), *Agrochimia*, Ed. Agrosilvică, București.
30. Dincă Al, (1968), *Asupra prezenței tertonianului superior în Culoarul Bistrei pe Valea Mare (Banat)*, Academia R.S.R., Studii și cercetări (Geologie-Geofizică-Geografie), T 13/2, București.
31. Dumitru Mihail, (2005) – *Codul de bune Practici în Agricultură*, ICPA București.
32. Dunne E., Culleton N., O'Donovan G., și Harrington R. (2005), Phosphorus retention and sorption by constructed wetland soils, *Water Research* **39**, pg. 4355-4362.
33. Drew M.C., Saker L.R., Barber S.A., Jenkins W., (1984), Changes in the kinetics of phosphate and potassium in nutrient deficient barley roots measured by a solution-depletion technique. *Planta* **160**, 490-499.
34. Dunlop J., Clark G., Phung T., (1997), Regulation of phosphate absorption by phosphorus nutritional status in *Arabidopsis thaliana* seedlings, *Proceedings of the XIII Plant Nutrition Colloquium, 13-19 septtember 1997, Tokyo, London: Kluwer academic, 127-128.*

35. Edzwald James K., Toensing Donald C., și Leun Michael Chi-Yew, (1976), Phosphate Adsorption Reactions with Clay Minerals, Volume 10, Number 5, Department of Civil and Environmental Engineering, Clarkson College of Technology, Potsdam.
36. Florea N., Leonard I., Daniela Răducu, (2005), Morphology and genesis of soil, USAMV, București.
37. Florea N., Bălăceanu V., Răuță C., Canarache A., (1987), Metodologia elaborării studiilor pedologice, I.C.P.A. București.
38. Florea N., Munteanu I., Rogobete Gh., (2003), - Sistemul român de taxonomie a Solurilor (SRTS), Edit. Estfalia, București,
39. Frossard, E. Condron, L.M., Oberson, A., Sinaj, S. Fardeau, J.C. (2000), Processes governing phosphorus availability in temperate soils". Journal of Environmental Quality **29**, pg. 15-23.
40. Gachter Rene, Muller Beat (2003) – Why the phosphorus retention of lakes does not necessarily depend on the oxygen supply to the sediment surface, Limnol. Oceanogr. **48** (2), pg. 929-933.
41. Geelhoed, J. S., Hiemstra, T., and VanRiemsdijk, W. H. (1998), Competitive Interaction between Phosphate and Citrate on Goethite. Environmental Science and Technology **32**, pg. 2119 - 2123.
42. Gergen I., Ianoș Gh., Pușcă I., (1984), Forme mobile de microelemente în solurile cu exces de umiditate din județul Timiș, St. Solului, nr. 1, pg. 54-60.
43. Giesler Reiner, Andersson Tove, Lövgren Lars și Persson Per, (2005) Phosphate Sorption in Aluminum- and Iron-Rich Humus Soils, Soil Sci. Soc. Am. J. **69**, pg. 77-86.
44. Gilpin Linda, (2001), School of Life Sciences, Napier University.
45. Gumanuic Alexei, (2006), - Irigarea și fertilizarea culturilor agricole în condiții de subasigurare cu apă, Teză de doctorat, Chișinău
46. Greenwood D.J., Gerwitz A., Stone D.A., Barnes A., (1982), Root development of vegetable crops. Plant and Soil **68**, pg. 75-96.
47. Greenwood D.J., Rahn C., Draycott A., Vaidyanathan L.V., Paterson C., (1996), Modelling and measurement of the effects of fertilizer –N and crop residue incorporation on N-dynamics in vegetable cropping. Soil Use and Management **12**, pg. 13-24.
48. Greenwood D.J., Stone D.A. și Karpinets T.V., (2001), Dynamic model for the effects of soil and fertilizer – P on crop growth, P-uptake and soil – P in arable cropping: experimental test of the model for field vegetables. Annals of Botany, **88**, pg. 293-306.
49. Gruia C., (1997), Câteva considerații asupra limitelor Munților Ţarcu, Analele Universității de Vest din Timișoara, Seria Geografie, Volumul V, Tipografia Universității de Vest din Timișoara.
50. Gumbo B., Savenije H.H.G. și Kelderman P., (2000), Ecologising Societal Metabolism: The Case Of Phosphorus - Department of Civil Engineering, University of Zimbabwe.
51. Hamad, M. E., Rimmer, D. L., și Syers, J. K. (1992), Effect of iron oxide on phosphate sorption by calcite and calcareous soils. Journal of Soil Science **43**, pg. 273-281.
52. Harben, P.W. și Kuzvart, M. (1996), A global geology, Industrial Minerals Information Ltd, Surrey, UK.
53. Haygarth, P. (1997), Agriculture as a Source of Phosphorus Transfer to Water: Sources and Pathways. SCOPE (Scientific Committee on Phosphates in Europe) Newsletter, CEFIC (European Chemical Industry Council), Bruxelles,

- Belgium. Number **21**, pg. 15.
54. Hemwell J.B., (1957), The fixation of phosphorus by soil, *Adv. Agron.* **9**, pg. 95-112.
55. Hera C., (2000), Solul - garanție a dezvoltării durabile și siguranței alimentare, *Revista Academica*.
56. Hillel Daniel, (2000), *Encyclopedia of soils in the Environment*, Elsevier Academic Press.
57. Hogan, D.M., T.E. Jordan, and M.R. Walbridge. (2004), Phosphorus retention and soil organic matter in restored and natural freshwater wetlands *Wetlands* **24**, pg. 573-585.
58. Hue, N.V. (1991), Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Science*, **152**, pg.463-471.
59. Ianoș Gh., (1992), Considerații asupra procesului de formare și evoluție a solurilor în cadrul principalelor forme de relief din Banat, *Analele Universității din Timișoara, Seria Geografie, Volumul I, Tipografia Universității din Timișoara*.
60. Ianoș Gh., (1992), Cercetări asupra stării de reacție a solurilor agricole din principalele zone pedoclimatice ale Banatului, *Geographica Timisiensis - Studii și Comunicări, Tipografia Universității de Vest din Timișoara*.
61. Ianoș Gh., (1992), Evaluarea și prognoza stării de aprovizionare cu elemente nutritive a solurilor din Banat în "Evaluarea stării factorilor de mediu; cerințe și soluții în prezent și viitor", Timișoara, pg.60-61.
62. Ianoș Gh., Goian M., (1993), Considerații asupra procesului de evoluție a solurilor din Banat în condiții modificate antropice, *Analele Universității de Vest din Timișoara, Seria Geografie, Volumul II, Tipografia Universității de Vest din Timișoara*.
63. Ianoș Gh., Rogobete Gh., Constantinescu L, (1998), - Potențialul eroziv și măsurile ameliorative pe terenurile în pantă din Banat, *Public SNRSS, vol 3, Conf. Pitești*,
64. Ianoș Gh., (1994), Procese de degradare a terenurilor agricole în Banat datorate condițiilor de relief, *Geographica Timisiensis, Volumul II, Tipografia Universității de Vest Timișoara*.
65. Ianoș Gh., (1994), Conținutul în fosfor al solurilor agricole din principalele zone pedoclimatice ale Banatului, *Cerșeări Geografice în Spațiul Carpato-Danubian, Tipografia Universității de Vest din Timișoara*.
66. Ianoș Gh., (1994), Studiu de sinteză privind efectele poluării solului și a culturilor agricole determinate de activitatea întreprinderii "Easteel Siderurgica Romană S.A. Oțelu Roșu", O.S.P.A. Timișoara.
67. Ianoș Gh., Goian M., (1995)– Solurile Banatului I. Evoluție și caracteristici agrochimice, Ed. Mirton, Timișoara, , ISBN 973-9194-81-8.
68. Ianoș Gh., Pușcă I., Goian M. (1997), *Solurile Banatului. Condiții naturale și fertilitate*, Ed. Mirton, Timișoara.
69. Ianoș Gh., (2006), *Riscuri naturale și tehnogene pe terenurile agricole ale Banatului*, Editura Universității de Vest, Timișoara.
70. ICPA, 2002, *Cod de bune practici agricole - vol. I - Protecția apelor împotriva poluării cu fertilizanți proveniți din agricultură și prevenirea fenomenelor de degradare a solului provocate de practicile agricole*, București.
71. Iyamuremye, F., Dick, R. P., și Baham, J. (1996a), Organic amendments and Phosphorus dynamics: 1. Phosphorus chemistry and sorption. *Soil Science* **161**, pg. 426 - 435.
72. Jungk A., Claassen N., (1989), Availability in soil and acquisition by plants as the basis for phosphorus and potassium supply to plants. *Zeitschrift für*

- Pflanzenernahrung and Bodenkunde **152**, pg 151-157.
73. Jungk A., Claassen N., (1997), Ion diffusion in the soil – root system. *Advances in Agronomy* **61**, pg 53-110.
  74. Kafkafi, U., Bar-Yosef, B., Rosenberg, R., și Sposito, G. (1988), Phosphorus Adsorption by Kaolinite and Montmorillonite: 2. Organic Acid competition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**, pg. 1585 - 1589.
  75. Karpinets T.V., Greenwood D.J., Ammons J.T., (2004), Predictive mechanistic model of soil – Phosphorus dynamics with readily available input. *Soil Science Society of America Journal*, **68**, pg. 644-653.
  76. Krätner, Hans-Georg, (1984), Munții Poiana Ruscă. Ghid turistic, Editura sport turism, București.
  77. Laiti, E., Persson, P., și Oehman, L.-O. (1996). Surface complexation and precipitation at the H<sup>+</sup>- Orthophosphate-aged -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water interface. *Langmuir* **12**, pg. 2969 - 2975.
  78. Laiti, E., Persson, P., și Oehman, L.-O. (1998). Balance between surface complexation and surface phase transformation at the Alumina/Water interface. *Langmuir* **14**, pg.825 - 831.
  79. Lawton K., Vomocil J.A., (1954), The dissolution and migration of phosphorus from granular superphosphate in some Michigan soils. *Soil Science Society of America Proceedings* **18**, 26-32.
  80. Lăzărescu Gh., (1970), Istorical cercetărilor geomorfologice asupra Masivului Poiana Ruscă, Referate și Comunicări, Secția Geografie, Tipografia Universității din Timișoara.
  81. Lăzărescu Gh., (1972), Influențe litologice asupra morfologiei văilor din Munții Poiana Ruscă, Studii de Geografie a Banatului, Volumul II, Tipografia Universității din Timișoara.
  82. Lehr J.R., Brown W.E., Brown E.H., (1959), Chemical behavior of monocalcium phosphate monohydrate in soils. *Soil Science Society of America Proceedings* **23**, pg. 3-7.
  83. Li L., Stanforth R., (2000), Distinguishing Adsorption and Surface Precipitation of Phosphate on Goethite, *Journal of Colloid and Interface Science* **230**, 12-21.
  84. Liu C., Muchhal U.S., Uthappa M., Kononowicz A.J., Raghothama K.G., (1998), Tomato phosphate transporter genes are differentially regulated in plant tissues by phosphorus. *Plant Physiology* **116**, pg. 91-99.
  85. Lombi E., McLaughlin M. J., Johnston C., Armstrong R. D. și Holloway R. E., (2004) Mobility and Lability of Phosphorus from Granular and Fluid Monoammonium Phosphate Differs in a Calcareous Soil, *Soil Sci. Soc. Am. J.* **68**, pg. 682-689.
  86. Lookman, R., Grobet, P., Merckx, R., și Vlassak, K. (1994), Phosphate sorption by synthetic amorphous aluminum hydroxides: a <sup>27</sup>Al and <sup>31</sup>P solid state MAS NMR spectroscopy study. *European Journal of Soil Science* **45**, pg. 37 - 44.
  87. Lookman R., Geerts H., Grobet P., Merckx R., și Vlassak K. (1996), Phosphate speciation in excessively fertilized soil: a <sup>31</sup>P and <sup>27</sup>Al MAS NMR spectroscopy study. *European Journal of Soil Science* **47**, pg. 125 - 130.
  88. Lookman R., Grobet P., Merckx R., și vanRiemsdijk W. H. (1997), Application of <sup>31</sup>P and <sup>27</sup>Al MAS NMR for Phosphate speciation in soil and aluminum hydroxides: promises and constraints. *Geoderma* **80**, pg. 369 - 388.
  89. Lu S., Miller M.H., (1994), Prediction of phosphorus uptake by field grown maize with the Barber – Cushman model, *Soil Science Society of America Journal* **58**, pg. 852-857.
  90. Mateescu F., (1959), Terasele Bistrei, Probleme de Geografie, Volumul VI, Editura



298 Bibliografie

---

- Academiei R.P.R., București.
91. Munteanu Rodica, (1992), Rolul factorilor climatici în formarea scurgerii pe râurile din bazinul hidrografic al râului Timș, *Analele Universității din Timișoara, Seria Geografie, Volumul I, Tipografia Universității din Timișoara.*
  92. Munteanu Rodica, (1998), *Bazinul hidrografic al râului Timiș, - Studiu hidrologic, Editura Mirton, Timișoara.*
  93. Moore P. A. J., Miller D. M. (1994), Decreasing Phosphorus Solubility in Poultry Litter with Aluminum, Calcium and Iron Amendments. *Journal of Environmental Quality* **23**, pg. 325 - 330.
  94. Muljadi D., Posner A. M., Quirk J.P., (1966), The mechanism of phosphorus adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudobohemite., *J. Soil Sci.* **17**.
  95. *Monitoringul stării de calitate a solurilor din România, vol II, București, 1998.*
  96. Murray R. Hart, Bert F. Quin, M. Long Nguyen, (2004), Phosphorus Runoff from Agricultural Land and Direct Fertilizer Effects, *J. Environ. Qual.* **33**, pg.1954-1972.
  97. Nanzyo M., (1986), Infrared Spectra of Phosphate sorbed on Iron Hydroxide Gel and the Sorption Products. *Soil Science and Plant Nutrition* **32**, pg. 51 - 58.
  98. Nanzyo M., (1984), Diffuse reflectance infrared spectra of phosphate sorbed on alumina gel. *Journal of Soil Science* **35**, pg. 63 - 69.
  99. Nanzyo M., Watanabe, Y., (1982), Diffuse Reflectance Infrared Spectra and Ion-Adsorption Properties of the Phosphate Surface Complex on Goethite. *Soil Science and Plant Nutrition* **28**, pg. 359 - 368.
  100. Nemeș I., Rogobete Gh., Covaci D., (2002), Soil Erosion Influence on River Water Quality in the Southwest of Romania (Banat), *The International Conference Preventing and Fighting Hydrological Disasters, Timișoara.*
  101. Nemeș Nicoleta, Rogobete Gh., (2004), Fate of phosphorus in Bistra hydrographic area - *Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Seria Hidrotehnica.*
  102. Nemeș Nicoleta, Rogobete Gh., (2006), Possible Sources Of Surface Water Pollution By Phosphorus In Bistra Hydrographic Area în „The International Conference Preventing and Fighting Hydrological Disasters”, *Timișoara.*
  103. Nemeș Nicoleta, (2007) - Acidification processes in soils of Bistra hydrographic basin în *Ecological Restoration and Management of Rural Environment, Scientific Papers Faculty of Agriculture, XXXIX, Timișoara, pg. 63-68 , ISSN 1221-5279.*
  104. Nemeș Nicoleta, Nemeș Iacob, Constantinescu Laura (2007) - Geogen Pollution with Heavy Metals in Bistra Area, Caraș - Severin County în *Ecological Restoration and management of Rural Environment, Scientific Papers Faculty of Agriculture, XXXIX, Timișoara, pg. 69-74 , ISSN 1221-5279*
  105. Nemeș Nicoleta (2007)– Sulphur Dioxide and Nitric Oxides Emission in Bistra Couloir Area în *International Conference Third Edition Pollution and Disaster Monitoring 1-2 November, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului Iași România, pg.261-265, ISBN 978-973-730-406-3.*
  106. Nemeș Nicoleta (2007) - Degradarea calității apei râului Bistra ca efect al activității antropice, *Workshop Managementul integrat al apei, Ediția a III-a, 30-31 mai 2007, ISBN 978-973-638-326-7.*
  107. Nemeș Nicoleta, Costescu Ioana Alina, (2008) - Erosion phenomena in the Bistra Hydrographic Basin în *Trends in European Agriculture Development, Lucrările Științifice Facultatea de Agricultură Universitatea de Științe Agricole*

- și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara, ISSN 1221-5279.
108. Nemeș Nicoleta, Costescu Ioana Alina, Pode Vasile, Podoleanu Corneliu (2008) - Determinarea în varietățile taxonomice de soluri a fracțiunii mobile de fosfor folosind acetat - lactat de amoniu, *Revista de Chimie, București*, în curs de publicare.
  109. Niță L. D., (2004), *Pedologie*, Editura Eurobit, Timișoara.
  110. Oanea N. Rogobete Gh., (1977), *Pedologie generală și ameliorativă*, Editura Didactică și Pedagogică București.
  111. Ohno T., și Erich M. S. (1997), Inhibitory effects of crop residue-derived organic ligands on Phosphate adsorption kinetics. *Journal of Environmental Quality* **26**, pg. 889 - 895.
  112. Ohno T., Crannell B. S. (1996), Green and Animal manure-derived dissolved organic matter effects on Phosphorus sorption. *J. Environ. Qual.* **25**, pg. 1137 - 1143.
  113. Olsen S.R., (1953), Inorganic phosphorus in alkaline and calcareous soils, în *Soil Land Fertiliser Phosphorus in Crop Nutrition*, Ed. Pierre and Norman, Acad. Press, pg. 89-122.
  114. Parfitt R. L., Atkinson R. J., Smart R. S. C., (1975), The Mechanism of Phosphate Fixation by Iron Oxides. *Soil Science Society of America Journal* **39**, pg. 837 - 841.
  115. Persson P., Nilsson N., și Sjoeborg S. (1996), Structure and bonding of Orthophosphate ions at the Iron Oxide-aqueous interface. *Journal of Colloid and Interface Science* **177**, pg. 163 - 275.
  116. Phosphorus Assessment Tool – The Phosphorus Index, (1994), Natural Resources Conservation Service.
  117. Phosphorus Availability in the 21st Century Management of a Non-Renewable Resource, (1998), *Phosphorus & Potassium*, Issue No: **217**
  118. Pierzynski G.M., (2000), Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals and Waters, *Bulletin no. 396*, SERA – IEG 17, Kansas State University Manhattan.
  119. Provin Tony Lee, (1996), Phosphorus retention in Indiana Soils, Ph. D. These, Purdue University, ISBN 0-591-21291-9.
  120. Ray von Wandruszka (2006), Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility, *Geochemical Transactions*, 1467-4866-7-6.
  121. Răuță C., Cârstea S., (1992), *Prevenirea și combaterea poluării solului*, Editura Ceres, București.
  122. Rengel Z. (1993), Mechanistic simulation models of nutrient uptake: a review. *Plant and Soil* **152**, pg. 161-173.
  123. Rietra R. P., Hiemstra J. T., van Riemsdijk W. H., (2001), Interaction between Calcium and Phosphate Adsorption on Goethite. *Environmental Science and Technology* **35**, pg. 3369-3374.
  124. Rogobete Gh., (1993), *Știința solului*, Editura Mirton, Timișoara.
  125. Rogobete Gh., Ianoș Gh., (1994), - Corelația mediu parental – sol în Banat, *Conf. Naț. Geografie, Analele Univ. Iași, seria Geografie*
  126. Rogobete Gh., Constantinescu Laura, Ianoș Gh., (1995) – Relația rocă-material parental-sol și influența ei asupra compoziției mineralogice a solurilor din Banat, *Factori și procese pedogenetice*, vol.2, Univ. Al. I. Cuza, Iași.
  127. Rogobete Gh., Ionescu N., Constantinescu L., (1995) - A study of the pollution degree of the agricultural land of Banat, *Buletin Șt. Univ. Politehnica*

300 Bibliografie

---

- Timișoara, Tom 40, fasc. 1-2.
128. Rogobete Gh., Jărau D., Chisăliță Gh., (1996), - Evoluția solurilor și a clasificării lor în Câmpia Joasă a Banatului, Analele Univ. Iași, Geografie
129. Rogobete Gh., Jărau D., (1997), Solurile și ameliorarea lor, Editura Marineasa, Timișoara.
130. Rogobete Gh., Jărau D., Chisăliță Gh., (1997), - Aspecte ale degradării mediului prin alunecări de teren în Banat, Cercetări interdisciplinare România – Yugoslavia – ungaria”, Edit. Mirton, Timișoara
131. Rogobete Gh., Jărau D., Chisăliță Gh., (1998) – Evoluția solurilor și a clasificării lor în Câmpia Joasă a Banatului, Analele Universității Gh. Asachi Iași, Seria Pedologie-Geografie, vol.4
132. Rogobete Gh., Jărau D., Tudor V., Jărau I., Chisăliță Gh., Popovici E., (1998) - Efecte ale activităților industriale asupra mediului în SV României, ASAS Revista de specialitate Academia Agricolă și Silvică, București
133. Rogobete Gh., Nemeș I. (1999) - WRB – sistem internațional de clasificare a solurilor, Buletin Șt. Univ. Politehnica Timișoara
134. Rogobete Gh., Borza D., Jărau D., Țimbota I, (2000) - Modification into soil – plant system induces for a long while by the mineral fertilization on the argilic soils from Banat, 12 th International Symposium of the CIEC
135. Rogobete Gh., (2001), - Harta solurilor din Banat conform noului sistem taxonomic al solurilor, Simpozion IF, Ed. Politehnică Timișoara
136. Rogobete Gh., Jărau D., Borza I., Beutură D., (2002), Acidifierea naturală și antropică – fenomene de poluare a solurilor din Banat.
137. Rogobete Gh., Jărau G., Borza I., (2002) - Evaluation of the ecological conditions in SW Roumania, Revista de Știința Solului, București, XXXVI, 2002
138. Rogobete Gh., Stroe L., Beutură D., Bertici R. (2002), - Haldele de steril din Jud. Caraș - Severin și impactul lor asupra mediului înconjurător, Vol. Simpozion Național, Tg. Jiu,
139. Rogobete Gh., Beutură D. (2003), - Eutricambosol aluvic salsodic mezogleic, Revista de Șt. Solului: Ghidul Conf. Naționale, Edit. Estfalia, București, 2003
140. Rogobete Gh., Nemeș Nicoleta, Constantinescu Laura, Nemeș I., (2005), Phosphorus Retention and Mobility in Some Acid Soils in South-Western Romania - Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Seria Hidrotehnica
141. Rogobete Gh., Nemeș Nicoleta, (2005), Mobile Phosphorus Contents In Some Acide Soils In Bistra Hydrographyc Area - Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Seria Hidrotehnica.
142. Rogobete Gh., M. Ghețeu, M. Goloșie, A. Grozav, (2005), - Relația exploatare miniere-radioactivitate în masivul Poiana Ruscă, Volumul Univ. Al. I. Cuza Iași, 2005
143. Rogobete Gh., (2006), - Feroliza, proces de formare și evoluție a solurilor, Comunicare la Conferința a XVIII-a de Știința Solului, Cluj Napoca.
144. Rogobete Gh., Grozav Adia (2007), - Hydric soils of Banat, Lucrări științifice facultatea de Agricultură, Parte a II-a, 24-25 mai 2007, Timișoara, pg 309-315, ISSN 1221-5279
145. Rogobete Gh., Beutură D., Costescu Ioana Alina, Țimbota O., (2008) – The Relation Gleyosol Humidity Excess in the Timiș-Bega Plain în „Trends in European Agriculture Development” Lucrările științifice Facultatea de Agricultură Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara ISSN 1221-5279.
146. Rogobete Gh., Nemeș Nicoleta, Beutură D. (2007)- New Directions for Land

- Usage in Timiș County la Seminarul Geografic Internațional Dimitrie Cantemir, Iași, 19-21 oct. 2007, în curs de publicare.
147. Rusu Mihai, Mărghițaș Marilena, Oroian Ioan, Mihăilescu Tania, Dumitraș Adelina (2005), *Tratat de agrochimie*, Ed. Ceres, București.
  148. Samfira I., (2006), *Program de cercetare CNCSIS - Îmbunătățirea valorii economice a izlazurilor comunale prin lucrări de suprafață*
  149. Sample E.C., Soper R.J., Racz G.I., (1980), Reactions of phosphate fertilizers in soil. Cap. 11 din *The role of phosphorus in agriculture*, pg. 263-310.
  150. Schlesinger, W.H., (1997), *Biogeochemistry: An analysis of global change*, 2nd Edition, pg. 588 , Academic Press Inc, San Diego California, USA.
  151. Sharpley A. N., Daniel T., Sims J. T., Lemunyon J., Stevens R., Parry, R. (1999), *Agricultural Phosphorus and Eutrophication*, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
  152. Sharpley A.N.; Kleinman P.J.A., McDowell RW; Gitau M; Bryant R.B., (2002), Modeling phosphorus transport in agricultural watersheds: processes and possibilities, *Journal of Soil and Water Conservation*. **57**(6), pg. 425-439.
  153. Shreve B. R., Moore J., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M. (1995), Reduction of Phosphorus in Runoff from Field -Applied Poultry Litter Using Chemical Amendments. *Journal of Environmental Quality* **24**, pg. 106 - 111.
  154. Silverbush H., Barber S.A., (1984), Phosphorus and potassium uptake of field green soybeans predicted by a simulation model. *Soil Science Society of America Journal* **48**, 592-596.
  155. Sims J. Thomas, (1998), *Minimizing Agricultural Phosphorus Losses for Protection of the Water Resource in Soil Testing for Phosphorus: Environmental Uses and Implications*, University of Delaware, ISBN:1-58161-389-X
  156. Smeck N.E., (1985) Phosphorous dynamics in soils and landscapes, *Geoderma*. **36**, pg. 185 -199. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. 1998 (revised 08/2001). The Federal Interagency Stream Restoration Group (FISRWG).
  157. Smith J.U., Bradbury N.J., Addiscott T.M., (1996), SUNDIAL: a PC-based system for simulating nitrogen dynamics in arable land. *Astronomy Journal* **88**, pg 38-43.
  158. Steen P., (1998), Phosphorus recovery in the 21st century: Management of a non-renewable resource. *Phosphorus and Potassium Journal*, Issue No. 217.
  159. Stypta M., Nuney-Barrious A., Barry D.A., Miller M.H., Mitchell W.H., (1987), Effects of subsoil bulk density, nutrient availability and soil moisture on corn root growth in the field. *Canadian Journal of Soil Science* **67**, pg. 293-308.
  160. Stoica Elena, Răuță C., Florea N., (1986), *Metode de analiză chimică a solului*, ICPA București.
  161. Traina S. J., Sposito G., Hesterberg D., și Kafkafi U., (1986), Effects of pH and Organic Acids on Orthophosphate Solubility in an acidic, Montmorillonitic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J* **50**, pg. 45 - 52.
  162. Tejedor-Tejedor M. I., Anderson M. A., (1986), "In situ" Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Studies of the Goethite-Aqueous Solution Interface. *Langmuir* **2**, pg. 203 - 210.
  163. Tejedor-Tejedor M. I., Anderson M., (1990), Protonation of Phosphate on the Surface fo Goethite as studied by CIR-FTIR and Electrophoretic Mobility. *Langmuir* **6**, pg. 602 - 611.
  164. Thornley J.H.M., Johnson I.R., (1990), *Plant and crop modelling*. Oxford: Clarendon Press.

302 Bibliografie

---

165. Tinker P.B., Nye P.H., (2000), Solute movement in the rhizosphere. Oxford: Oxford University Press.
166. Turner B.L., Mahieu N., Condron L.M., (2003), The phosphorus composition of temperate pasture soils determined by NaOH-EDTA extraction and solution <sup>31</sup>P NMR spectroscopy, *Organic Geochemistry* **34**, pg. 1199-1210.
167. Țărău D., Rogobete Gh., Tudor V. Beutură D. (2000), - Traversă pedologică în m. Poiana Ruscă – Lipovei, Public SNRSS, Conf. XVI, Suceava
168. Urdea P., (1984), Observații geomorfologice pe Valea Bistrei Mărului, Lucrările Seminarului Geografic "Dimitrie Cantemir", Iași.
169. Uruic Stela, (1988), Studiu pedologic pentru cadastru calitativ, teritoriul comunei Glimboca, Jud. Caraș-Severin, scara 1:10000, manuscris, Arhiva OSPA Timișoara.
170. USDA-NRCS Soil Survey Manual, (1993), Agricultural Handbook 18.
171. USDA-NRCS National Engineering Handbook (1985) number 4, 15.
172. van Noordwijk W., de Willigen P., Ehlert P.A.I., Chardon W.J., (1990), A simple model of P uptake by crops as a possible basis for P fertilizer recommendations. *Netherlands Journal of Agricultural Science* **38**, pg. 317-332.
173. van der Zee S.E.A.T.M., van Riemsdijk W. (1988), Model for long term phosphate reaction kinetics in soil, *Journal of Environmental Quality* 17, pg. 35-41
174. van Riemsdijk W. H., Boumans L. J. M., Haan F. A. M., (1984), Phosphate Sorption by soils: 1. A model for Phosphate reaction with metal-oxides in soils. *Soil Science Society of America Journal* **48**, pg. 537 - 541.
175. van Riemsdijk W. H., Haan F. A. M., (1981), Reaction of Orthophosphate with a sandy soil at constant supersaturation. *Soil Science Society of America Journal* **45**, pg. 261 - 266.
176. van Riemsdijk W. H., Lyklema J., (1980), Reaction of Phosphate with Gibbsite beyond the Adsorption Maximum. *Journal of Colloid and Interface Science* **76**, pg. 55 - 66.
177. Wild A., (1950), The retention of phosphate by soils. A review, *J. Soil Sci.* **1**, pg. 221-236.
178. William P., Ruzzo PE, (2005), Sources of Phosphorus, Annual report of activity of Cherry Creek Basin Water Quality.
179. Yanai R.D., (1994), A steady state model for nutrient uptake accounting for newly grown roots. *Soil Science Society of America Journal* 58, pg. 1562-1571.
180. Iyamuremye F., Dick R. P., Baham J. (1996a), Organic amendments and Phosphorus dynamics: 1. Phosphorus chemistry and sorption. *Soil Science* **161**, pg. 426 - 435.
181. Iyamuremye F., Dick R. P., Baham J. (1996b), Organic amendments and Phosphorus dynamics: 2. Distribution of soil Phosphorus fractions. *Soil Science* **161**, pg. 436 - 443.
182. Iyamuremye F., Dick R. P., Baham J. (1996c), Organic amendments and Phosphorus dynamics: 3. Phosphorus speciation. *Soil Science* **161**, pg. 444 - 451.
183. \*\*\*Harta geologică - Foaia Deva (1968), Scara 1:200.000, Institutul Geologic, București.
184. \*\*\*Geografia României, (1983), Volumul I - Geografie fizică, Editura Academiei, București.
185. \*\*\*Geografia României, (1987), Volumul III - Carpații și Depresiunea Transilvaniei,

- 
- Editura Academiei, București.
186. \*\*\*Date furnizate de Agenția de Protecție a Mediului Reșița
187. \*\*\*Studiu de sinteză privind efectele păoluării solului și a culturilor agricole determinate de activitatea întreprinderii „EASTEEL SIDERURGICA ROMÂNĂ S.A.”, Oțelu Roșu, Jud. Caraș-Severin, scara 1:10000, (1994), Arhiva OSPA Timișoara
188. \*\*\*Agenția Statelor Unite pentru Dezvoltare Internațională, (USAID), 2006.
189. \*\*\* Programul Fermierul
190. \*\*\* Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, (INCDA), 2006