



UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI
GEOFIZICĂ



Rezumatul
Tezei de doctorat
SCHIMBĂRI CLIMATICE CUATERNARE
ÎNREGISTRATE ÎN DEPOZITE SEDIMENTARE
DEDUSE PRIN ANALIZE MINERALOGICE,
GRANULOMETRICE, GEOCHIMICE ȘI MAGNETICE
PE SECȚIUNI DE LOESS-PALEOSOL DIN ROMÂNIA

Doctorand:
Daniela Dimofte

Conducător științific:
Prof. Dr. Marin Șeclăman

Bucuresti
2012

Cuprins

Obiectivele lucrării.....	3
1 Secțiuni investigate.....	3
1.1 Mircea Vodă.....	4
1.2 Costinești.....	4
1.3 Râmnicu Sărat	5
1.4 Turnu Măgurele.....	6
2 Metode analitice utilizate.....	7
2.1 Analiza granulometrică	7
2.2 Analize mineralogice.....	7
2.2.1 Optice	7
2.2.2 Difrakția de raze x.....	7
2.3 Analize geochimice	7
3 Corelarea secvențelor de loess-paleosol studiate.....	8
3.1 Particularități granulometrice ale secțiunilor de loess studiate	8
3.2 Estimarea ratei de sedimentare.....	17
3.3 Paleoprecipitații.....	18
3.4 Discuții asupra ariei sursă a fracției siltice din loessuri	19
3.5 Frația ușoară și grea din loessuri.	23
3.6 Influențe paleoclimatice în procesele de alterare și pedogeneză.....	24
3.7 Corelarea loessului românesc cu cel din zonele limitrofe.....	30
4 Concluzii.....	33

Obiectivele lucrării

Obiectivul principal al acestei lucrări a fost realizarea unui studiu complex – prin metode granulometrice, geochimice și mineralogice a unor secvențe de loess-paleosol din partea de sud-est a României (secțiunile de loess-paleosol de la Turnu Măgurele, Râmnicu Sărat, Mircea Vodă și Costinești).

Scopul studiului complex a fost definirea condițiilor sedimentologice și paleoclimatice, decelarea între factorii globali și cei locali care au influențat formarea depozitelor de loess din bazinul Dunării inferioare, precum și caracterizarea ariei sursă.

Beneficiind de aparatura nou achiziționată în cadrul Platformei de geoștiințe (Universitatea din București) toate analizele necesare: granulometrice (granulometrie laser) analize geochimice (microfluorescență de raze X), analize mineralogice (difracție de raze X și observații microscopice în lumină polarizată), au fost efectuate în laboratoarele interne ale facultății, testându-se în același timp și metodele analitice și elaborându-se proceduri de lucru eficiente și performante.

1 Secțiuni investigate

În cadrul lucrării de față sunt raportate date derivate din 4 secțiuni de loess-paleosol: Mircea Vodă, Costinești, Râmnicu Sărat și Turnu Măgurele (Fig.1).

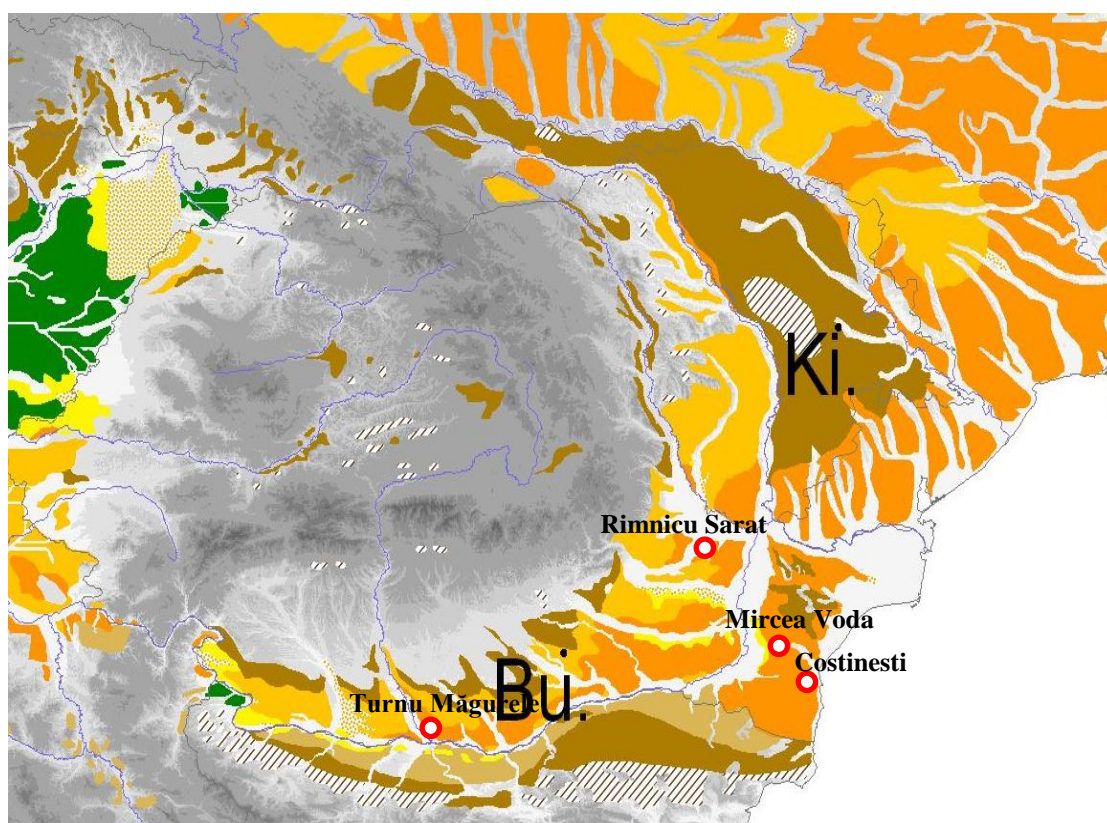


Fig. 1 Poziționarea secțiunilor de loess studiate, hartă preluată după Hasse, 2007)

1.1 Mircea Vodă

Secțiunea Mircea Vodă ($44^{\circ}19'15''$ N și $28^{\circ}11'21''$ E) este situată într-o carieră din Dobrogea de Sud, foarte aproape de limita cu Dobrogea Centrală, la o distanță de aproximativ 13 km de Dunăre și 40 km de coasta Mării Negre. Cariera conține depozite sedimentare cuaternare, terțiare și mezozoice. Depozitele cuaternare eoliene însumează o grosime de aproximativ 30 m, și cuprind un număr de 6 complexe pedogenetice.

La baza secvenței de loess-paleosol se găsesc argile caolinice.

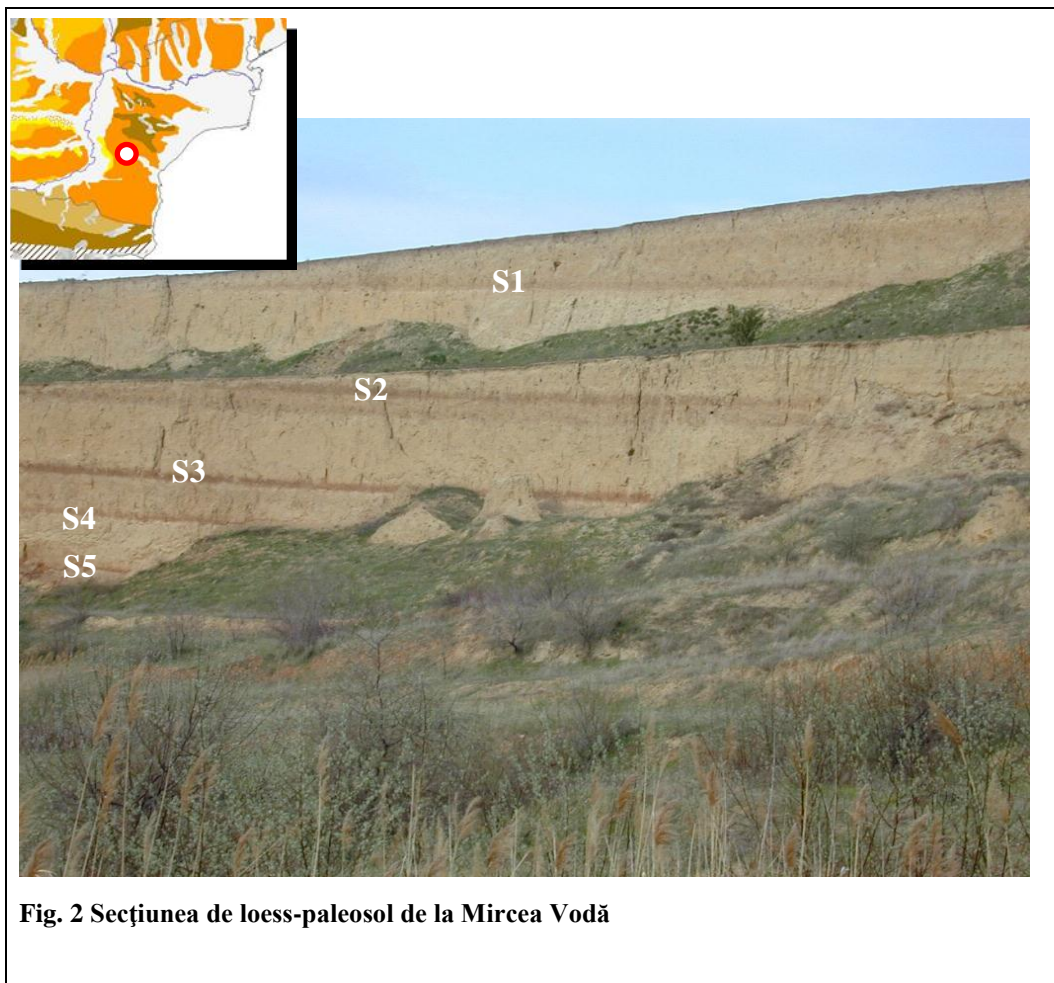


Fig. 2 Secțiunea de loess-paleosol de la Mircea Vodă

Aproximativ 260 probe de loess și paleosol au fost colectate la 10 cm interval din secțiunea de 26 m de la Mircea Vodă (Dobrogea de Sud). Aici au fost identificate 5 nivele de sol și paleosol notate cu S0-S5 (Fig.2Fig.) și 6 nivele de loess.

1.2 Costinești

Secțiunea Costinești ($43^{\circ}57'$ N și $28^{\circ}83'E$) este situată în sectorul estic al platformei Sud Dobrogene pe țărmul Mării Negre lângă Costinești.

La baza secvenței de loess-paleosol se găsesc calcare sarmațiene.

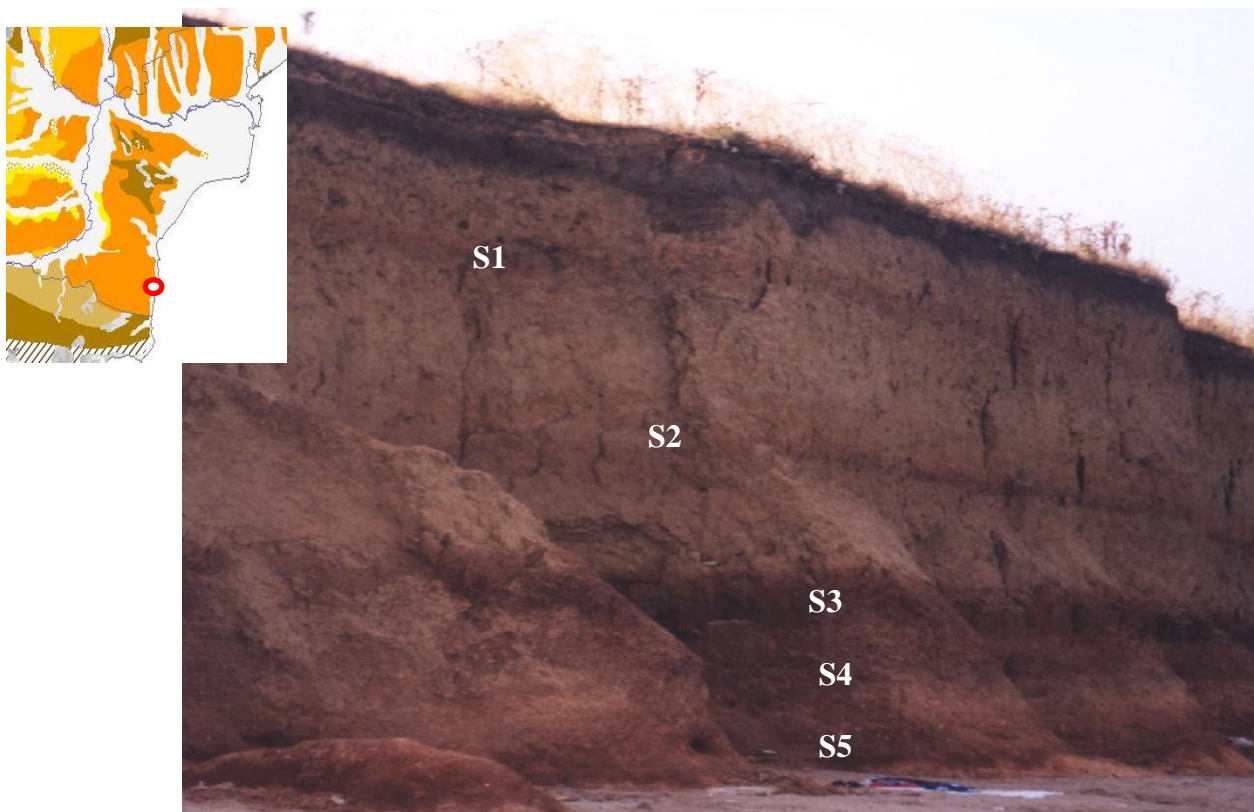


Fig. 3 Secțiunea de loess-paleosol de la Costinești

Aproximativ 126 probe de loess și paleosol au fost colectate la 10 cm interval din secțiunea de 12,6 m de la Costinești (Dobrogea de Sud). Aici au fost identificate 5 nivele de paleosoluri notate cu S1-5 (Fig.3) și 6 nivele de loessuri.

1.3 Râmnicu Sărat

Secțiunea de la Râmnicu Sărat ($45^{\circ} 41' N$ și $27^{\circ} 02' E$) se află pe versantul stâng al râului Râmnicu Sărat, în zona satului Podgoria, amonte de orașul Râmnicu Sărat. Altitudinea acestei secvențe de loess-paleosol este de aproximativ 186 m.

La baza secvenței de loess-paleosol se găsește pietriș fluviatil.

Aproximativ 160 probe de loess și paleosol au fost colectate la un interval de 10 cm din secțiunea de la Râmnicu Sărat (Sudul Moldovei). Aici au fost identificate 3 nivele de sol și paleosol și 3 nivele de loess (Fig. 4).



Fig. 4 Secțiunea de loess-paleosol de la Râmnicu Sărat

1.4 Turnu Măgurele

Secțiunea de la Turnu Măgurele ($43^{\circ} 84' N$ și $24^{\circ} 76' E$), se află pe versantul stâng al râului Sai, comuna Lunca, la nord de Turnu Măgurele. Altitudinea acestei secvențe de loess-paleosol este de aproximativ 55m.

Aproximativ 326 probe de loess și paleosol au fost colectate la 10 cm interval din secțiunea de la Turnu Măgurele. Aici au fost identificate 4 nivele de sol și paleosol și 5 nivele de loess (Fig.5).



Fig.5 Secțiunea de loess-paleosol de la Turnu Măgurele

2 Metode analitice utilizate

2.1 Analiza granulometrică

Loessul și paleosolurile fiind alcătuite din fracție siltică și lutitică, necesită analize granulometrice cu metode specifice. Pentru această lucrare a fost utilizată granuletria prin difracția razelor laser, utilizând un aparat Partica LA-950 (Horiba) în cadrul Laboratorului de sedimentologie al Universității București. Acest aparat poate măsura probe în suspensie lichidă în intervalul granulometric 0.01 - 3000 μm . Pentru ca măsurătoarea să fie precisă probele trebuie să se afle în stare de suspensie uniformă, fără aglomerări sau agregate legate prin ciment sau alte substanțe. Acest deziderat poate fi atins doar printr-o preparare specială a probelor înainte de a fi măsurate.

2.2 Analize mineralogice

2.2.1 Optice

Pentru analiza optică a fracției grosiere, probele au fost sitate folosind sita de 63 μm , iar materialul rămas pe sita de 63 μm a fost tratat cu H_2CO_3 concentrație 20% pentru eliminarea carbonaților. Proba a fost apoi spălată cu apă distilată și uscată în etuvă. Proba uscată a fost presărată pe o lamelă cu araldit. Analiza s-a făcut la microscopul în lumină polarizată pentru identificarea compoziției mineralogice a fracțiilor ușoară și grea.

2.2.2 Difracția de raze x

Difracția de raze X (XRD) este deja o metodă clasică pentru analizele mineralogice ale rocilor. În cadrul acestei lucrări a fost utilizată difracția de raze X atât pe proba globală (în pulbere) pentru analiza completă cât și pe probe special preparate pentru determinarea mineralelor argiloase. Ambele tipuri de analize au fost efectuate pe un difractometru PANalytical X'Pert în cadrul Laboratorului de Mineralogie al Universității București.

2.3 Analize geochimice

Spectrometria de Fluorescență prin Raze X (XRF) este una dintre cele mai simple, precise și economice metode analitice pentru determinarea compoziției chimice a rocilor. Poate fi folosită pentru o varietate largă de elemente, de la sodiu până la uraniu și furnizează limite de detecție la nivel de sub-ppm; de asemenea, pot fi măsurate ușor și simultan, concentrații de până la 100%.

Recent, firma Horiba a produs un aparat care permite analiza direct pe eșantioane în stare de pulbere sau doar tăiate fără altă preparare prealabilă – XGT-7000. Pentru analizele geochemice aferente acestei lucrări a fost utilizat un astfel de aparat în cadrul Laboratorului de mineralogie al Universității București.

Probele au fost mojarate în stare uscată.

Parametri de lucru au fost: tensiune 15kV și 30 kvV, timp de procesare 100 secunde și fasciculul raze X cu diametrul de 100 micrometri.

3 Corelarea secvențelor de loess-paleosol studiate

3.1 Particularități granulometrice ale secțiunilor de loess studiate

Secvențele de loess-paleosol sunt mai mult sau mai puțin complete. Ele prezintă aceleași proprietăți (în special cele magnetice) chiar dacă grosimea secvențelor sau a nivelelor individuale de loess diferă. În Fig. 6 se poate observa că secvența de la Costinești este condensată. Cele mai complete secvențe de loess-paleosol sunt: Costinești și Mircea Vodă. Ele cuprind cinci nivele de paleosol între care sunt intercalate șase nivele de loess. Cea mai incompletă este secvența de la Râmnicu Sărat care cuprinde trei nivele de paleosol și trei de loess.

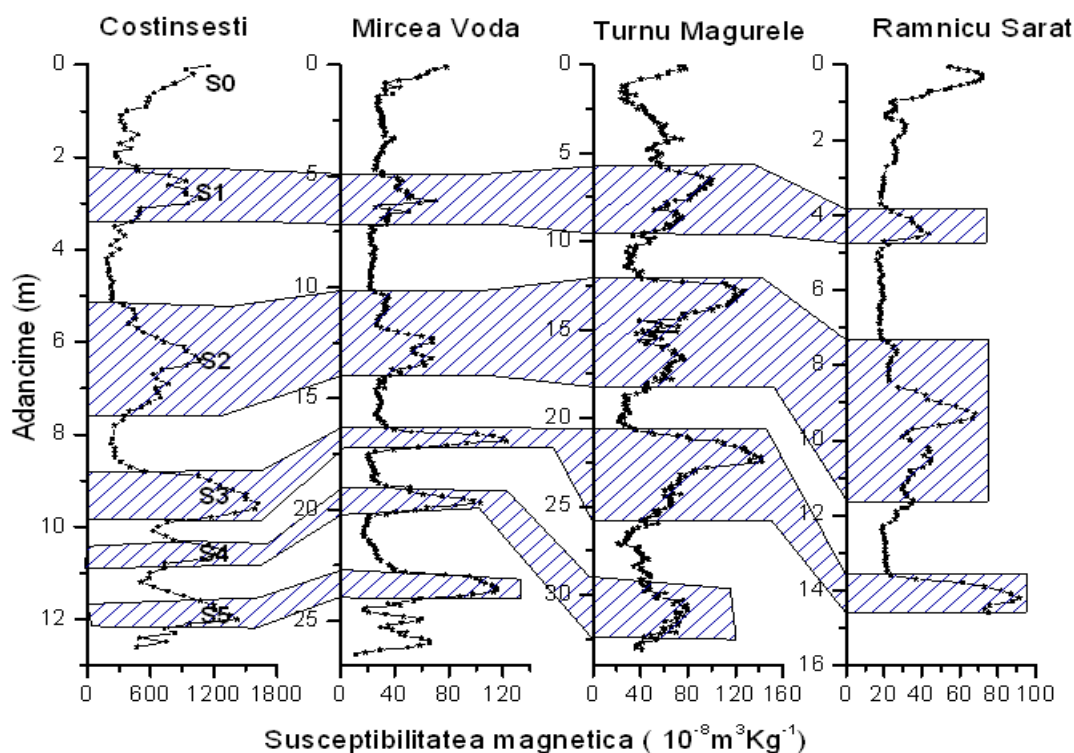


Fig. 6 Grafice cu variația susceptibilității magnetice în cele patru secțiuni de loess-paleosol

Pe baza corelării datelor de granulometrie cu cele de susceptibilitate magnetică se poate observa (Fig. 7) că în solul actual și în paleosoluri, valorile mediane sunt mai scăzute decât în nivelele de loessuri adiacente reflectând o abundență mai mare a fracției fine generate prin procese de alterare și pedogeneză în nivelele de paleosol.

Mai mult decât atât, se mai poate observa că paleosolurile cenozemice au generat mai puțină fracție fină și mai puține minerale magnetice decât cele brun-roșcate. Cele mai bogate în fracție fină sunt paleosolurile S3. Solul actual are aproximativ același conținut de fracție fină ca și S1 sugerând un climat aproximativ similar cu cel de azi. Limitele între paleosoluri și loessuri sunt nete, fără tranziții gradate în special la limita loessurilor cu paleosolurile brune și roșcate.

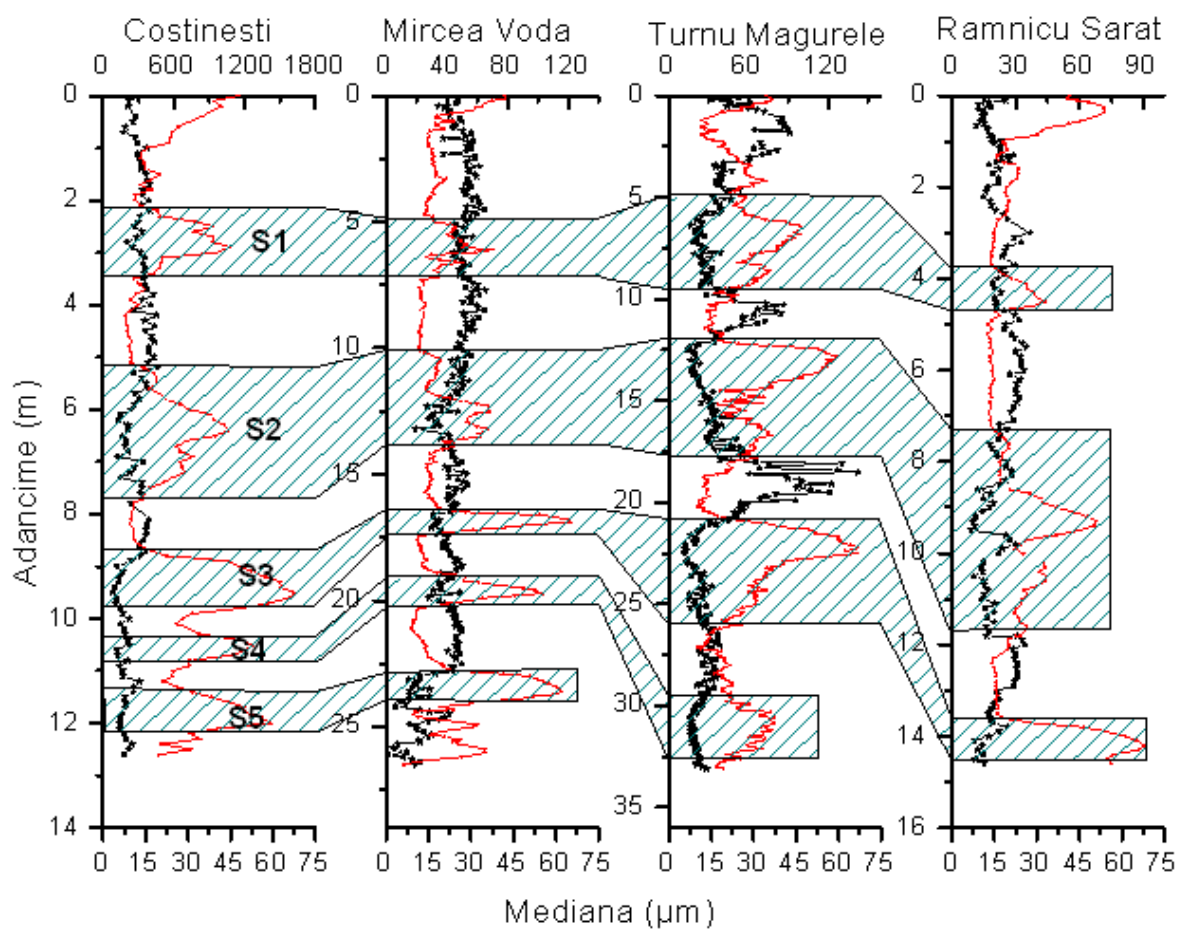


Fig. 7 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și mediana

Așa cum se poate observa din Fig. 8, dar și din Tabelul 1 profilul de la Costinești este cel mai fin, din punct de vedere granulometric, iar cel mai grosier este cel de la Râmnicu Sărat. Susceptibilitatea magnetică se corelează negativ cu valorile mediane (factor de corelație $r = -0,795$ la Costinești, $r = -0,547$ la Mircea Vodă, $r = -0,565$ la Turnu Măgurele, r

Schimbari climatice cuaternare înregistrate în depozite sedimentare deduse prin analize mineralogice, granulometrice, geochemice și magnetice pe secțiuni de loess-paleosol din România

= -0,666 la Râmnicu Sărat). Acest tip de corelație este normală întrucât în soluri sunt procese bacteriene care generează fracție magnetică, dar și procese de alterare care generează fracție fină. Mai mult decât atât, se mai poate observa că paleosolurile cenozemice (mai imature) au generat mai puțină fracție fină și mai puține minerale magnetice decât cele brune și roșcate.

Tabelul 1. Procente ale claselor granulometrice în fiecare nivel de paleosol.

Nivelul	Clase Granulometrice	Costinești (%)	Mircea Vodă (%)	Turnu Măgurele (%)	Râmnicu Sărat (%)
S1	Lutit	18,61	17,42	19,01	11,67
	Silt	81,39	72,13	63,66	72,11
	Arenit	-	10,45	19,68	16,22
S2-1	Lutit	24,31	25,34	19,27	11,01
	Silt	75,69	64,52	70,22	66,20
	Arenit	-	10,14	10,51	22,79
S2-2	Lutit	19,41	21,20	14,50	19,19
	Silt	79,76	71,64	53,62	71,39
	Arenit	0,82	7,16	31,88	9,42
S3	Lutit	43,11	26,34	33,77	17,99
	Silt	56,89	68,69	58,83	64,21
	Arenit	-	4,97	7,4	17,80
S4	Lutit	36,56	27,47	16,97	
	Silt	63,44	66,99	76,84	
	Arenit	-	5,54	6,19	
S5	Lutit	28,28	32,38		
	Silt	71,61	57,98		
	Arenit	0,11	9,64		

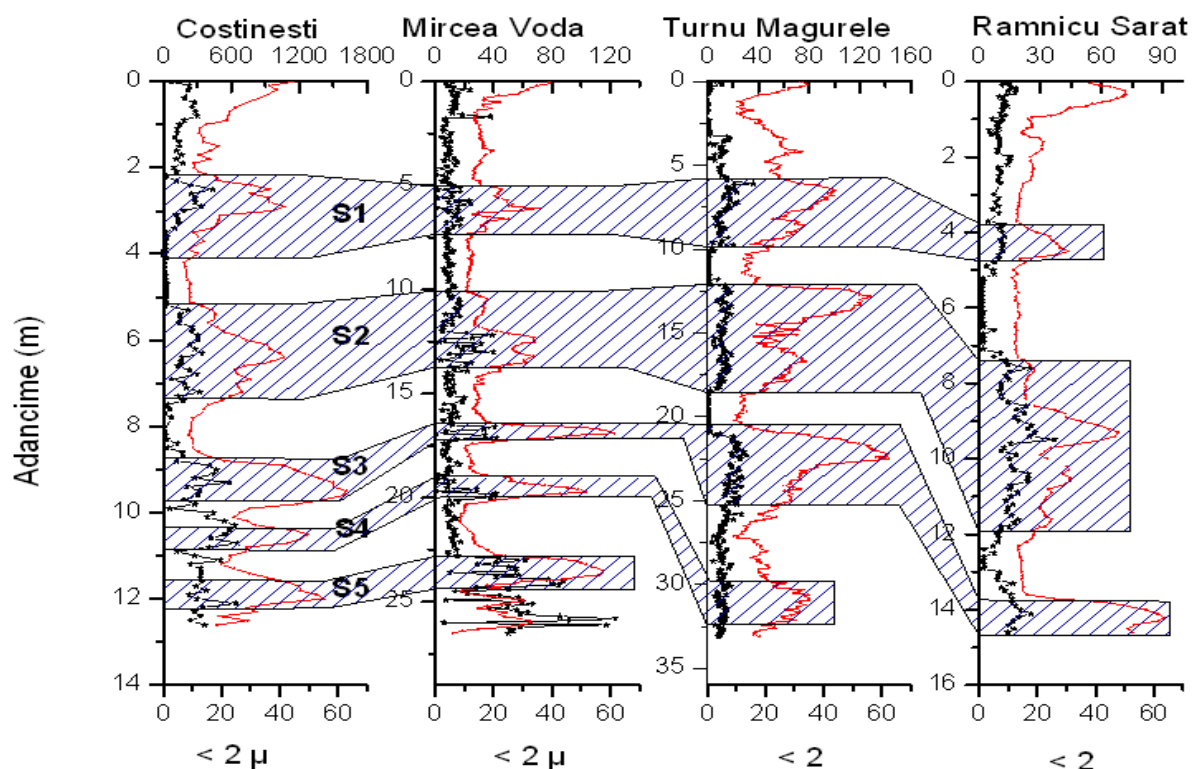


Fig. 8 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și fracția lutitică fină

Fracția lutitică fină ($< 2 \mu\text{m}$) este exclusiv prezentă în nivelele de paleosoluri (S0, S1) fiind generată doar prin procese de pedogeneză (Fig. 8). Această fracție pune în evidență momentele de maximă alterare și pedogeneză evidențiind chiar și prezența paleosolului incipient corespunzător stagiului izotopic 3. În primele două orizonturi de paleosol se înregistrează o cantitate mai mică de fracție $< 2 \mu\text{m}$, indicând procese pedogenetice și de alterare mai slabe. Cea mai mică cantitate de fracție $< 2 \mu\text{m}$ se observă în secțiunea de la Râmnicu Sărat, iar cea mai mare la Costinești.

În ce privește paleosolul S2 se observă o cantitate mai mare de fracție $< 2 \mu\text{m}$ în orizontul S21 decât în S22, procesele de alterare fiind mai intense în S21, decât în S22. Fracția $< 2 \mu\text{m}$ apare în cantități mai mari în secvența de la Mircea Vodă și Costinești, iar la Râmnicu Sărat apare în cantități mai mici.

Cantitatea de fracție lutitică fină crește începând cu S3, astfel că în paleosolul S5 găsim cea mai mare cantitate de fracție lutitică fină. În paleosolul S5 din profilul de la Mircea Vodă se poate observa cea mai mare cantitate de fracție lutitică fină. În ce privește secvența de la Turnu Măgurele în S3 găsim cea mai mare cantitate de fracție $< 2 \mu\text{m}$, iar în S4 cantitatea de fracție $< 2 \mu\text{m}$ este asemănătoare cu cea din S2. La Râmnicu Sărat cantitatea de fracție $< 2 \mu\text{m}$ este mai mică decât cea din S2-1.

În Fig.9 se observă variația fracției lutitice ($< 5 \mu$) în nivelele de loess și paleosol. Se găsește preponderent în nivelele de paleosol. În S0 și S1 se pot observa cantități mai mici, deoarece intensitatea proceselor de alterare și pedogeneză au fost mai slabe. În secvența de la Turnu Măgurele se poate observa cea mai mare cantitate de fracție $< 5 \mu$, iar la Râmnicu Sărat cea mai mică.

La nivelul paleosolului S2 există o cantitate mai mare în orizontul S2-1, datorată unor procese de alterare mai intense. Cea mai mare cantitate apare în secvența de la Râmnicu Sărat, iar cea mai mică la Mircea Vodă.

În ce privește paleosolurile mature, unde procesele de alterare și pedogeneză sunt mai intense, observăm cantități mari de fracție $< 5 \mu\text{m}$ în nivelele S3 (Costinești și Turnu Măgurele) și S5 (Mircea Vodă). La nivelul paleosolului S3 se înregistrează cantități mari de fracție $< 5 \mu\text{m}$ în secvența de la Costinești și cantități mici la Mircea Vodă. În S4, unde gradul de alterare este mai redus decât cel din S3, putem observa cantități mari de fracție $< 5 \mu\text{m}$ în secvența de la Costinești, iar cantități mai mici în secvența de la Turnu Măgurele. În S5 cantități mari de fracție $< 5 \mu$ se observă în secvența de la Mircea Vodă.

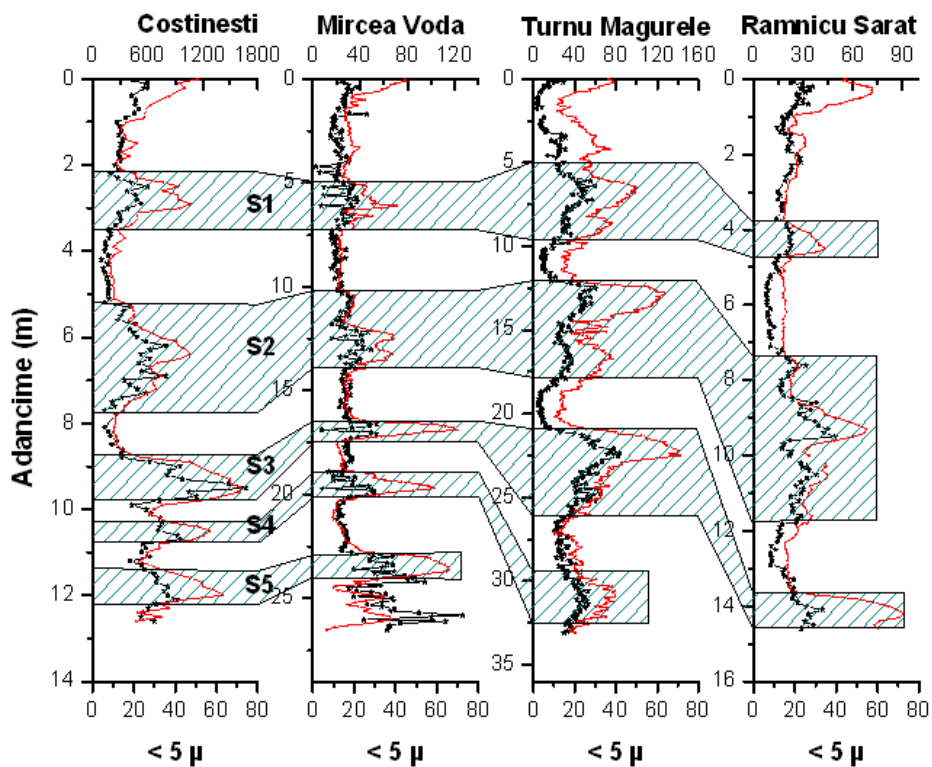


Fig. 9 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și fracția lutitică

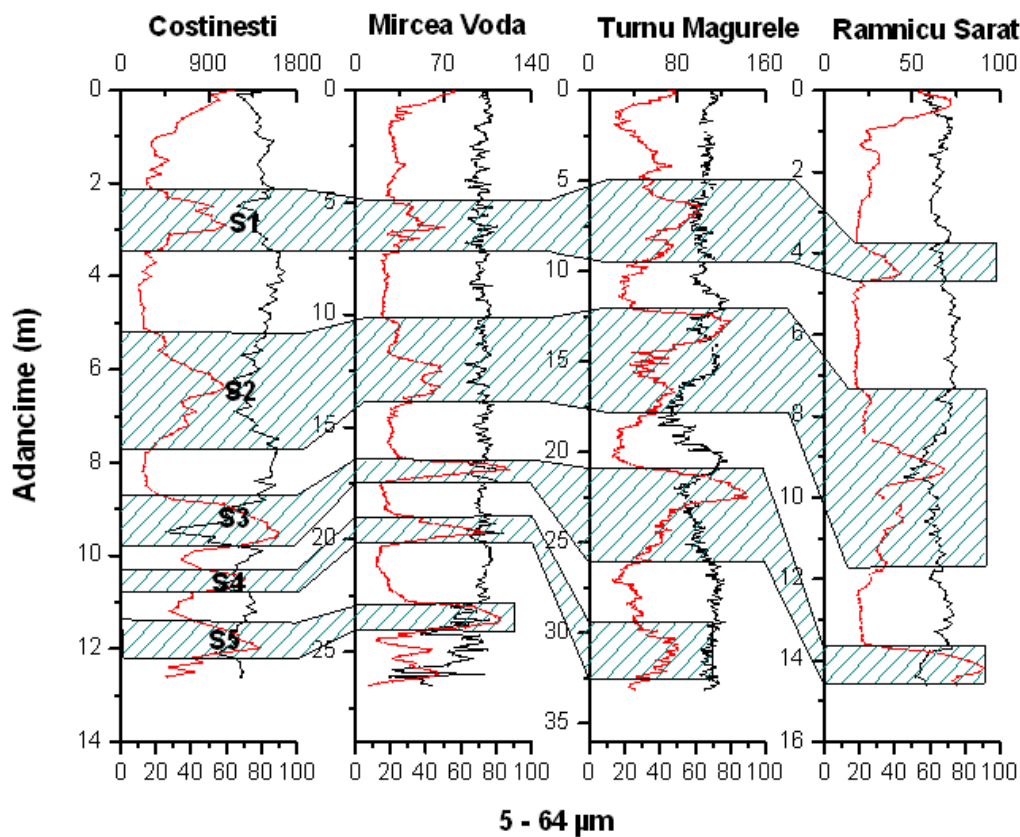


Fig. 10 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și fracția siltică

Fracția silțică este omniprezentă atât în nivelele de paleosol cât și în nivelele de loess, demonstrând astfel că loessul este materialul fundamental și că el a fost afectat de procesele de alterare și pedogeneză în perioadele interglaciare.

În fiecare profil (Fig. 10) se poate observa o cantitate mai mare de fracție silțică în nivelele de loess decât în cele de paleosol. Cantitate mare de fracție silțică se poate observa în profilele de la Costinești (în L1, L2 și L3) și Mircea Vodă (nu se observă variații semnificative în ceea ce privește cantitatea de fracție silțică în nivelele de loess), în special în nivelele de loess.

În profilul de la Râmnicu Sărat se observă o cantitate mai mare de fracție silțică în nivelele de loess, în special în L2 și L3.

În profilul de la Turnu Măgurele, la nivelul paleosolului, S2 iese în evidență orizontul de loess dintre cele două de paleosol, prin cantitatea mai mare de fracție silțică. În acest profil cantități mari de fracție silțică sunt prezente în nivelele de loess, în special în L3 și L4.

Fracția arenitică fină (Fig.11) este prezentă în cantități mari în nivelele de loess. Ea reprezintă fracția nealterată. Cea mai puțină fracție arenitică fină se poate observa în secvența de la Costinești, unde în unele nivele de paleosol este foarte puțină sau chiar lipsește. Cantitatea cea mai mare apare în secvențele de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat.

La Costinești fracția arenitică fină apare preponderent în nivelele de loess, în special în L1, L2 și L3 și mai puțin în L4 și L5. În nivelele de paleosol, fracția arenitică fină, apare doar în paleosolurile tinere, în cele mature, apare în cantitate foarte mică sau deloc.

La Mircea Vodă fracția arenitică fină apare în special în nivelele de loess, iar în paleosoluri cantitatea este mai scăzută. În nivelele de loess o cantitate mare se poate observa în primele nivele de loess (L1 și L2). În paleosoluri cantitatea de fracție arenitică fină scade de la nivelele tinere spre cele vechi, astfel că în S5 se poate observa cea mai mică cantitate.

Secvența de la Turnu Măgurele are o cantitate mare de fracție arenitică fină în nivelele de loess, mai ales în cele tinere (L1, L2 și L3). În paleosoluri cantitatea este mai mică. În S22 și S32 se poate observa cea mai mare cantitate de fracție arenitică fină din nivelele de paleosol.

În secvența de la Râmnicu Sărat se poate observa o cantitate mai mare de fracție arenitică fină în nivelele de loess, în special în L1 și L2, iar în nivelele de paleosol o cantitate mai mare se observă în nivelele tinere S1 și S2.

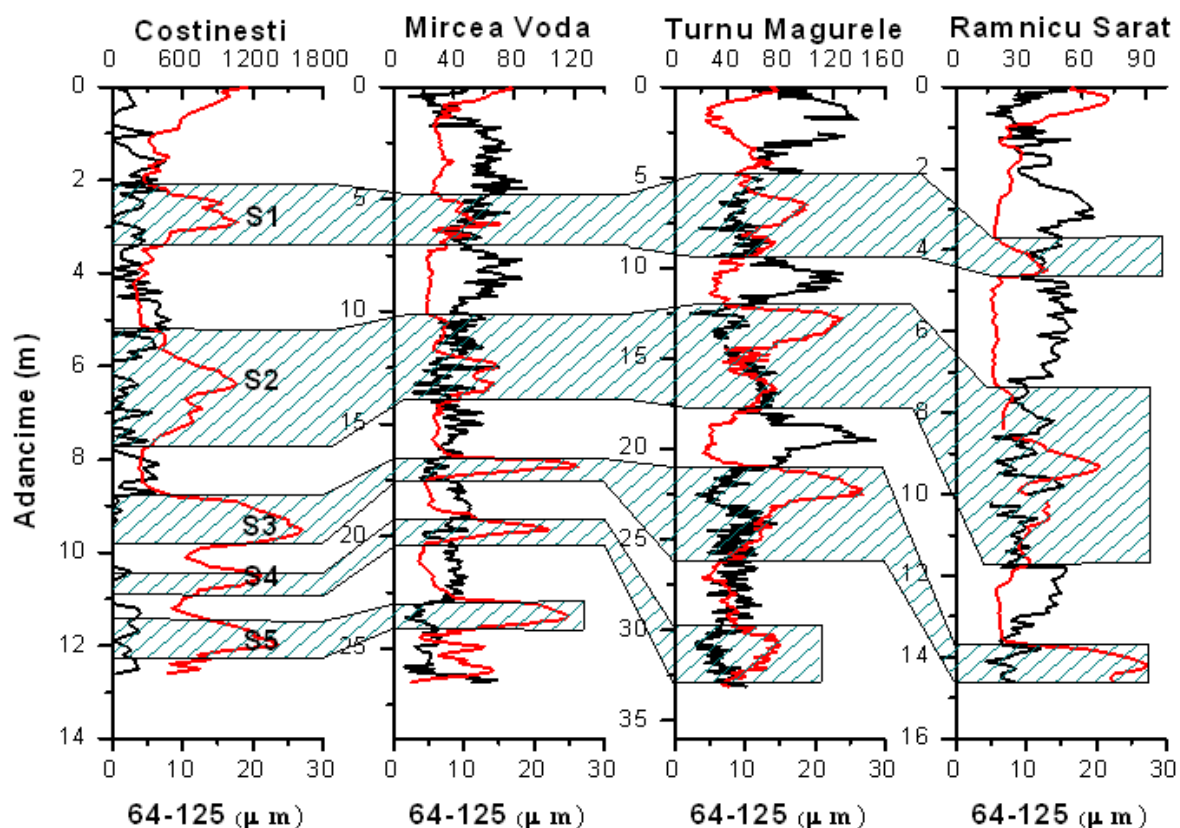


Fig. 11 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și fracția arenitică fină

Fracția arenitică mediu-grosieră (Fig.12) reprezintă fracția nealterată și este prezentă preponderent în nivelele de loess, indicând intensificări ale vântului.

Cantități mai mari se pot observa în secvența de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat, iar cantități mai mici la Costinești și Mircea Vodă.

În secvența de la Costinești se observă o cantitate mai mare în nivelele de loess tinere L1 și L2. La nivelul paleosolului S2 apar câteva variații ale fracției arenitice.

La Mircea Vodă cantitatea de fracție arenitică nu prezintă variații majore în ce privește nivelele de loess. În cadrul nivelului L1, L3 și L5 apar câteva fluctuații mici, indicând furtuni de nisip.

La Turnu Măgurele fracția arenitică apare în cantitate mai mare în nivelele de loess, în special în L3. În L1 și L4 fracția arenitică prezintă câteva fluctuații

În secvența de la Râmnicu Sărat fracția arenitică apare în nivelele de loess, în special în L3. În nivelele de paleosol apare în cantități mai mari în S3.

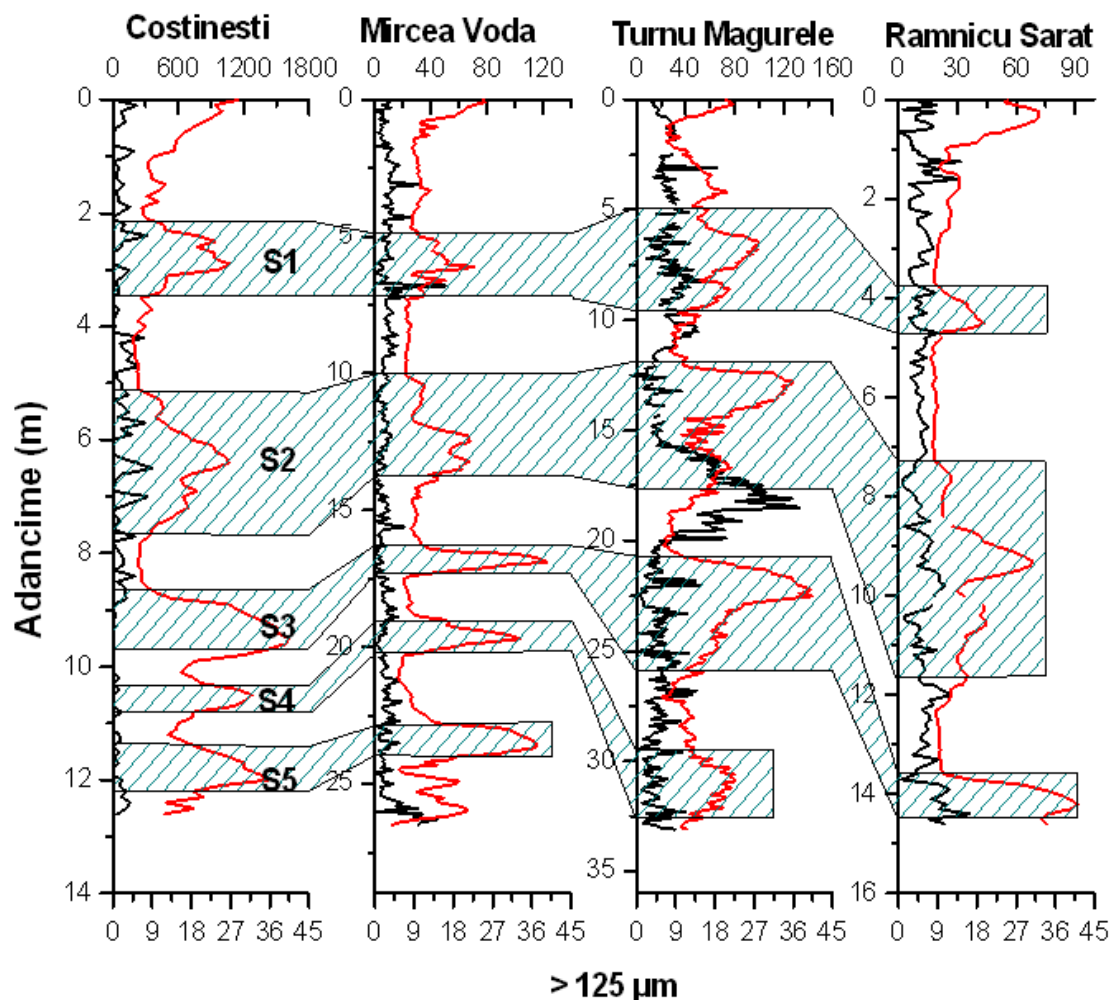


Fig. 12 Grafic cu susceptibilitatea magnetică și fracția arenitică mediu-grosieră

Un raport de fracții granulometrice interesant este cel dintre fracția foarte fină (pedogenetică $<2\mu$) și fracția grosieră (aeropurtată $>10\mu$) așa cum poate fi observat în Fig.13. Acest raport pune în evidență foarte clar nivele de paleosoluri în care procesul de alterare a avut loc:

- în S0 și S1 alterarea a fost foarte redusă (regim climatic asemănător cu cel de azi). La prima vedere această constatare nu are nimic spectaculos, dacă ținem cont de natura cernozeamică a acestor soluri. Însă este interesant de comparat granulometria cu susceptibilitatea în aceste cazuri. Atât în S0 cât și în S1, susceptibilitatea este clar marcată de zone distincte de concentrare a mineralelor magnetice.
- interglaciularul corespunzător lui S2 se pare că a fost caracterizat de 3 pulsuri de regim umed și cald, dintre care ultimul a fost cel mai intens, el punându-și amprenta asupra aspectului întregului paleosol. Acest aspect însă nu este vizibil din curba de susceptibilitate probabil datorită faptului că amprenta magnetică este dominată de

intensitatea mare a proceselor de alterare și pedogeneză din ultima perioadă (S2-1). Ciudat este că în zona în care avem un maxim de fracție argiloasă (S2-1), nu există un maxim de susceptibilitate. Asta arată clar că cei doi parametri (susceptibilitatea și fracția argiloasă) nu sunt condiționați de aceleași procese. În anumite cazuri ele pot coincide, dar în altele nu. Ar putea fi interpretată această diferență de levigare a fierului descendent într-un nivel de sol în special în perioadele interglaciare foarte umede. Aceste caracteristici pot fi observate foarte bine în profilul de la Costinești și Râmnicu Sărat.

- gradul cel mai ridicat de alterare este prezent în S3, iar cel mai slab în S5. (Costinești și Mircea Vodă).
- S5 este cel mai bine dezvoltat sol fosil (Costinești și Mircea Vodă).

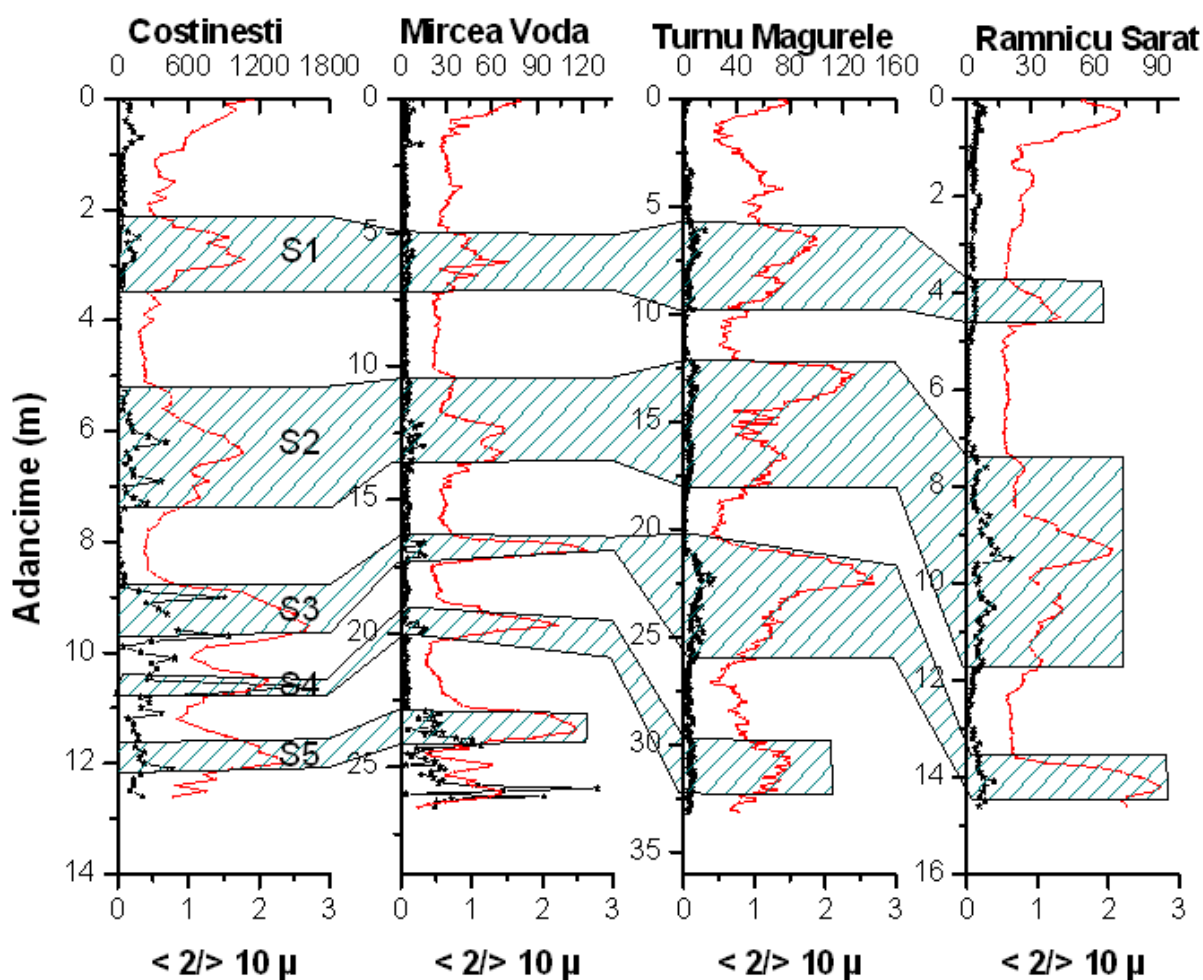


Fig. 13 Grafice cu valori ale raportului $< 2 / > 10 \mu$

3.2 Estimarea ratei de sedimentare

În Fig. 14 se observă o acumulare mare de sedimente în nivelele de loess și mai mică în nivelele de paleosol. În toate secvențele la nivelul loessului L3 are loc cea mai mare acumulare de sedimente.

În secvența de la Turnu Măgurele se poate observa un maxim al ratei de acumulare la nivelul loessului L4, față de celelalte secvențe unde maximum era la nivelul lui L3. La Mircea Vodă, Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat se observă o scădere a ratei de sedimentare de la nivelul loessului L1 la L2, urmat de o creștere la nivelul L3. La Costinești rata de sedimentare crește de la nivelul loessului L1, până la L3, după care scade până la L5. La Turnu Măgurele tendința de creștere a acumulării se păstrează și în L4, unde atinge maximum, după care scade. La Mircea Vodă după maximum de la nivelul loessului L3 urmează o scădere în L4, după care o creștere în L5.

În nivelele de paleosol rata de acumulare (sedimentul care s-a acumulat și a rămas în urma proceselor de alterare) este mai ridicată în S2. Tendința este de scădere de la S0 până la S2, după care urmează o scădere în S3. La Turnu Măgurele în S4 rata de sedimentare este mai mare decât în S3. La Mircea Vodă rata de sedimentare este mică în S3 și S5 și mare în S4. La Costinești rata de sedimentare scade până la S5. Rata de sedimentare mai mică în paleosolurile vechi se datorează proceselor mai intense de alterare și pedogeneză decât în paleosolurile tinere.

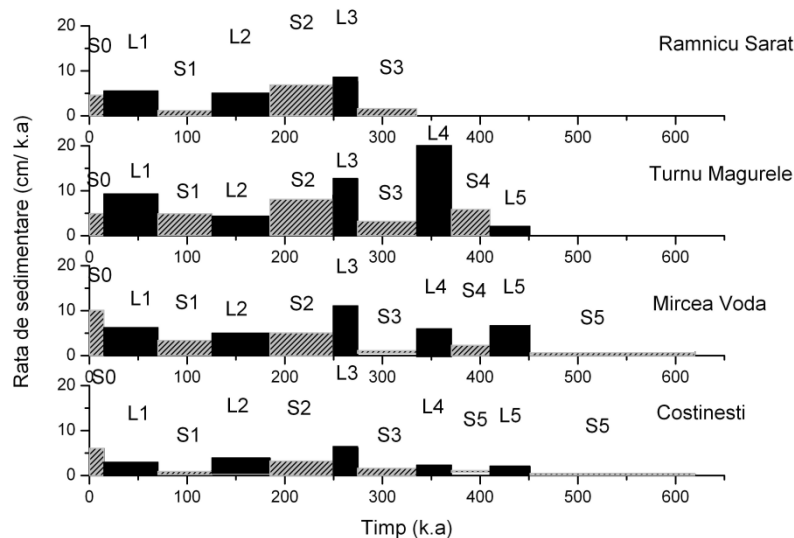


Fig. 14 Grafice cu ratele de sedimentare din cele 4 secțiuni de loess-paleosol studiate

3.3 Paleoprecipitații

În tabelul 2 se poate observa o cantitate mare de precipitații în perioadele interglaciare și precipitații mai reduse în perioadele glaciare. Cantități mari de precipitații au căzut în perioadele de formare a paleosolurilor mai tinere, în secvențele de la Costinești, Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat (Fig.15). Cea mai mare cantitate de precipitații s-a înregistrat în perioada de formare a paleosolului S3, acest aspect fiind vizibil în toate cele 4 secvențe.

Tabelul 2 cu valorile precipitațiilor în nivelele de loess și paleosol

		Costinești	Mircea Vodă	Turnu Măgurele	Râmnicu Sărat
	Vârsta (k.y.)	Paleoprecipitații (mm/an)	Paleoprecipitații (mm/an)	Paleoprecipitații (mm/an)	Paleoprecipitații (mm/an)
S0	0-15	807	564	567	565
L1	15-70	603	339	328	285
S1	70-125	808	558	592	507
L2	125-185	673	487	507	463
S2	185-249	765	545	569	501
L3	249-275	541	345	373	307
S3	275-335	818	621	636	
L4	335-370	747	222	380	
S4	370-410	788	607	547	
L5	410-451	721	360	412	
S5	451-620	635	622		

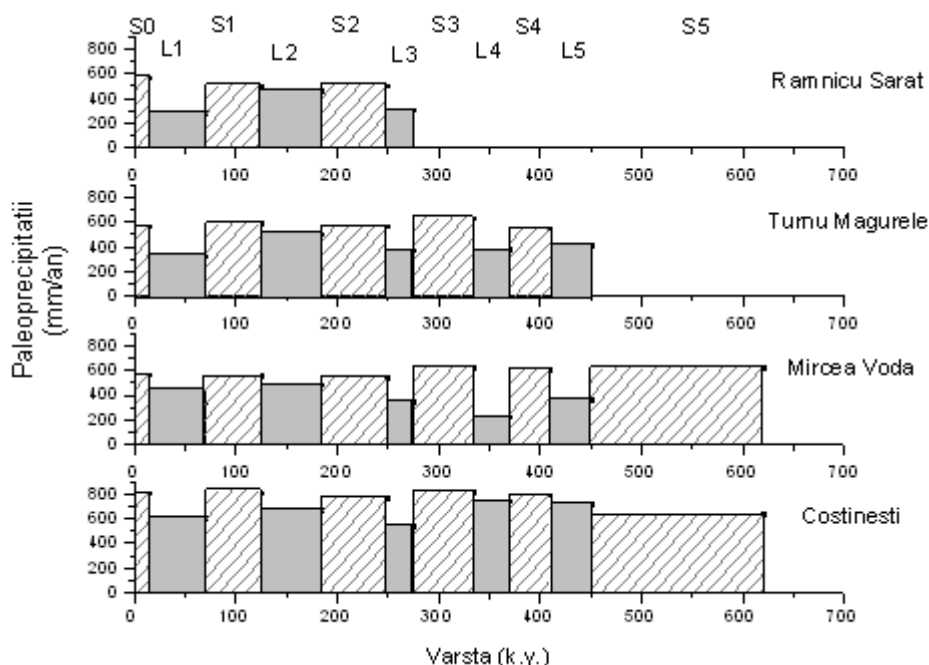


Fig. 15 Grafice cu precipitațiile din cele patru secvențe de loess-paleosol

3.4 Discuții asupra ariei sursă a fracției siltice din loessuri

Pentru a scoate în evidență diferențele dintre cele patru secțiuni de loess s-au analizat în paralel următoarele rapoarte geochemice:

- TiO_2/Al_2O_3 pentru că Ti variază foarte mult în diferite tipuri de roci în schimb Al rămâne relativ constant (Li, 2000; Sheldon & Tabor, 2009).
- K_2O/Al_2O_3 acest raport este nu numai un index pentru alterarea chimică ci poate fi utilizat și ca un indicator al compoziției originale prin faptul că acest raport este diferit în feldspați, mize și minerale argiloase (Deer et al., 1966; Cox et al., 1995)
- SiO_2/Al_2O_3 nu este un indicator de arie sursă ci mai degrabă permite estimarea gradului de sortare granulometrică știind că SiO_2 are o tendință să fie concentrat în fracția grosieră iar Al_2O_3 în cea fină, astfel încât pe măsură ce distanța față de aria sursă crește, raportul scade (Muhs și Bettis, 2000).

În Fig.16 se observă valori mari ale raportului TiO_2/Al_2O_3 în nivelele de loess tinere (L1, L2 și L3) și mai scăzute în cele vechi (L4 și L5). La nivelul primului nivel de loess L1 se poate observa creșterea valorilor raportului în baza nivelului aproape de limita cu paleosolul S1. Valorile sunt mai mari în secvența de la Costinești și mai mici în cea de la Mircea Vodă. Creșterea acestor valori la baza nivelului indică un aport de sedimente datorat unei intensificări ale vântului. În L2 valorile raportului sunt mari la Turnu Măgurele, un aport mai mare de sedimente, datorat apropierii de aria sursă. La Costinești valorile mari apar în urma unor variații ale intensității vântului. În L3 valori mari apar doar la Costinești (valori aproape de 0,2), iar în celelalte secvențe valorile sunt mai mici, aproape de 0,1. În L4 din secvența de la Costinești și Mircea Vodă aproape de baza nivelelor apare o creștere a valorilor raportului TiO_2/Al_2O_3 , iar în secvența de la Turnu Măgurele acest puls apare la mijlocul nivelului. Valorile mari din secvențele de la Costinești și Mircea Vodă indică o intensificare a vântului, pe când cele din secvența de la Turnu Măgurele o apropiere de aria sursă. În L5 valori mari apar doar la Mircea Vodă.

În paleosoluri valorile sunt mai mici decât în nivelele de loess. Valori mai mari apar în paleosolurile mai tinere (S1, S2 și S3). În secvența de loess de la Costinești și Turnu Măgurele valorile mari apar în nivelul de loess dintre cele două orizonturi de paleosol (S2-1 și S2-2), indicând un aport de sedimente. În secvențele de la Mircea Vodă și Râmnicu Sărat valorile mari din paleosolul S2 apar în orizonturile de paleosol. Acest aspect apare și la nivelul paleosolului S3, valori mari în secvențele de la Costinești și Turnu Măgurele. În S5 valori mari apar la limita cu nivelele de loess L5, sugerând o intensificare a vântului.

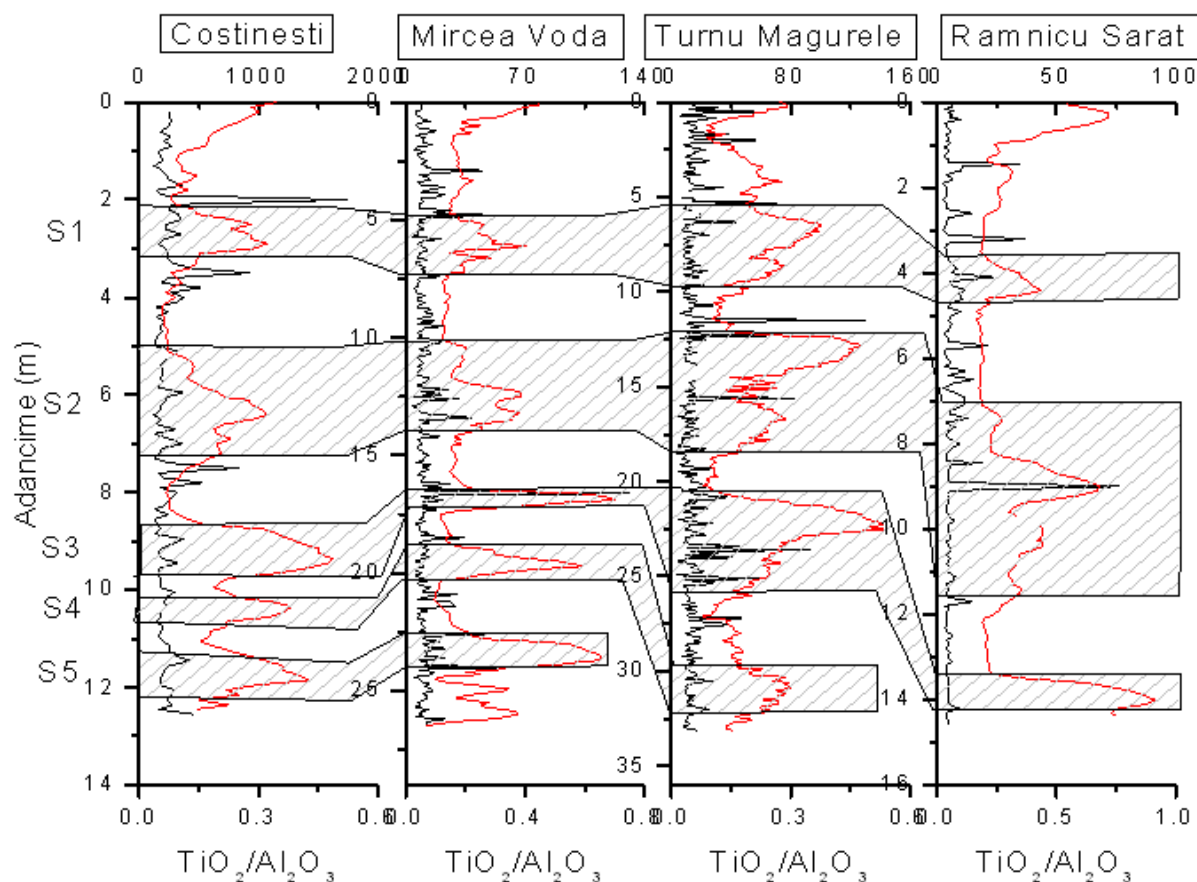


Fig. 16 Variația raportului TiO_2/Al_2O_3 și a susceptibilității magnetice în cele secvențe de loess-paleosol de la Costinești, Mircea Vodă, Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat

În Fig.17 se observă variația raportului K_2O/Al_2O_3 în nivelele de loess și paleosol din cele patru secvențe analizate. Valori mari sunt înregistrate în nivelele de loess L2 și L3 în secvența de la Costinești, L4 și L5 din secvența de la Mircea Vodă, L3 și L4 de la Turnu Măgurele și L3 de la Râmnicu Sărat. Aceste valori ridicate indică prezența unui proces de alterare postdepozițional. În nivelele de paleosol aceste valori sunt mai mici decât în cele de loess. În paleosolul S2 din secvența de loess de la Mircea Vodă și Râmnicu Sărat apare un puls în dreptul loessului dintre cele două orizonturi de paleosol.

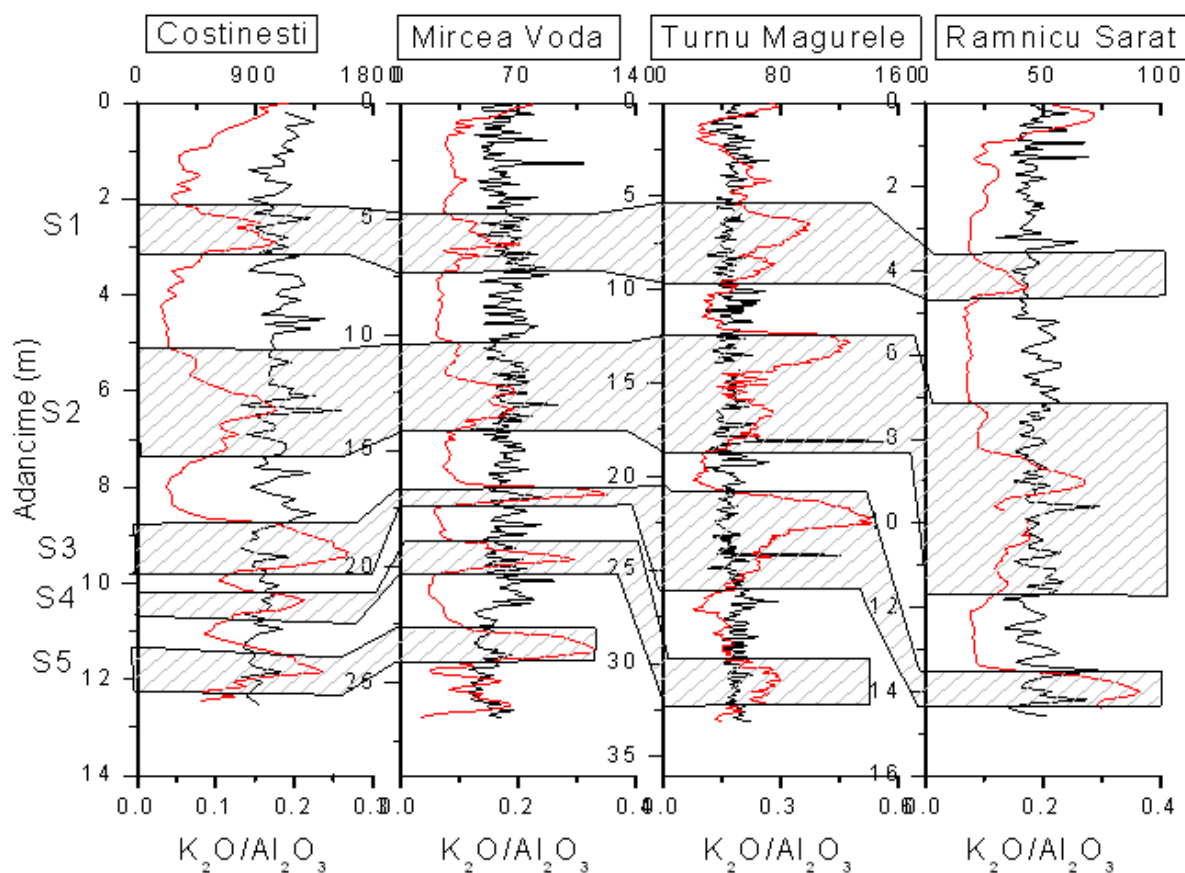


Fig. 17 Variația raportului K_2O/Al_2O_3 și a susceptibilității magnetice în cele secvențe de loess-paleosol de la Costinești, Mircea Vodă, Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat

În Fig.18 se observă valori mari ale raportului SiO_2/Al_2O_3 în secvența de loess-paleosol de la Turnu Măgurele, iar cele mai mici în secvența de la Costinești. Acest lucru indică o sortare granulometrică mai bună în secvența de la Costinești, ceea ce sugerează o arie sursă depărtată. Valori ridicate ale raportului SiO_2/Al_2O_3 apar în nivelele tinere din Costinești (L1, L2 și L3), Mircea Vodă (L1, L2 și L4) și Râmnicu Sărat (L1 și L2). Acest aspect indică un grad de sortare mai bun în nivelele de loess mai tinere. La Turnu Măgurele valorile mari sunt înregistrate în nivelele L3 și L4, unde apar și pulsuri ale acestui raport, indicând un grad de sortare mai bun decât în nivelele tinere.

În Fig.19 se poate observa diferențierea depozitelor de loess aflate în apropierea ariei sursă (Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat) și a depozitelor de loess ce au o sursă depărtată (Costinești și Mircea Vodă)

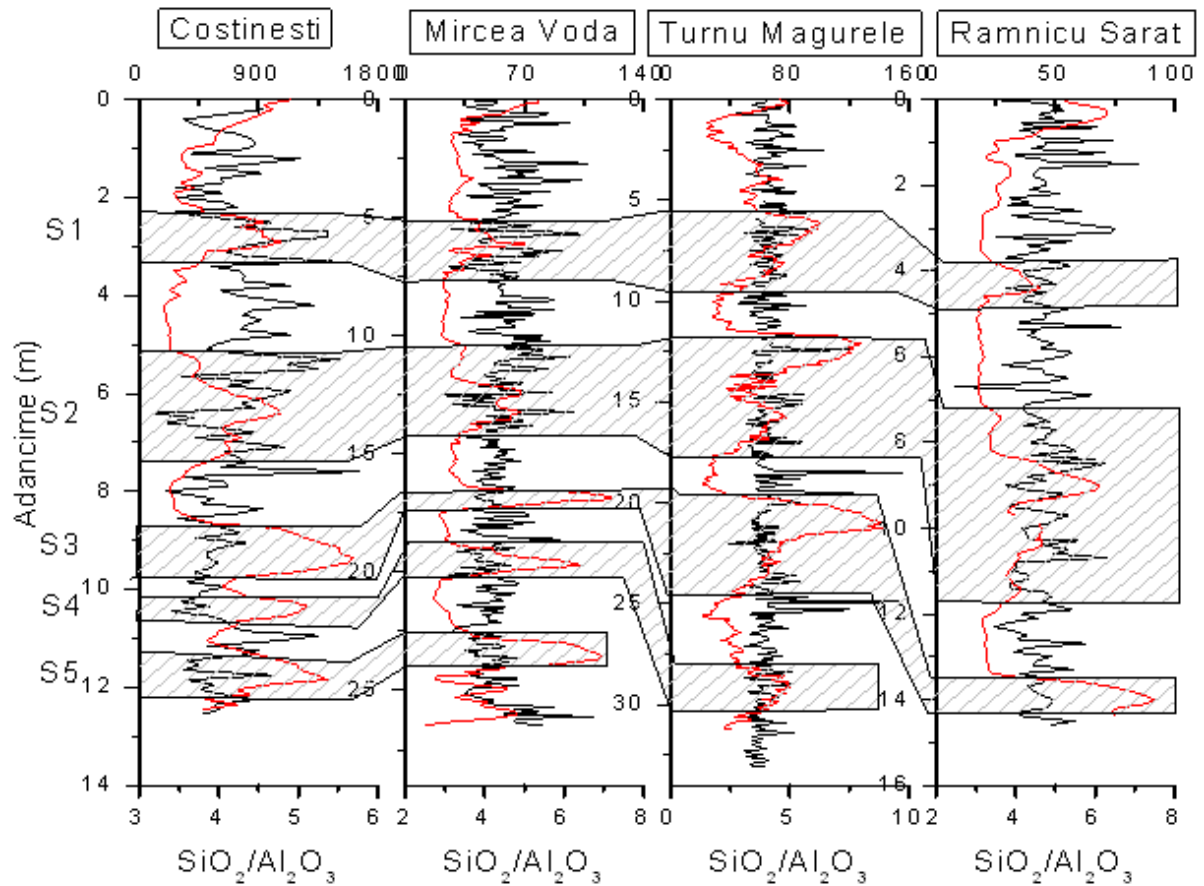


Fig. 18 Variația raportului $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ și a susceptibilității magnetice în cele secvențe de loess-paleosol de la Costinești, Mircea Vodă, Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat

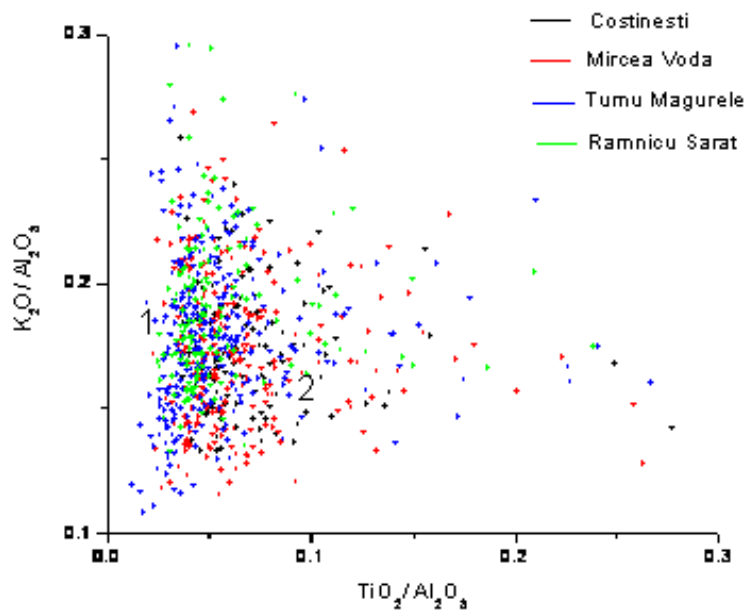


Fig. 19 Diagrama $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pentru diferențierea depozitelor de loess după modelul lui Hao et al., 2010

3.5 Frația ușoară și grea din loessuri.

Din analiza microscopică, mineralogia loessurilor este dominată de cuarț, feldspați, biotit, muscovit și minerale grele (turmalină, zircon, apatit, granați, disten, staurolit, rutil). Frecvent, granulele de cuarț conțin incluziuni fluide bifazice (Fig.20). Caracteristicile acestor incluziuni - forme negative, alinieri de-a lungul unor plane curbate – indică un caracter secundar formate într-un regim de stress urmat de fracturare și apoi de închidere a microfisurilor prin precipitarea silicei. Un astfel de caracter este compatibil cu o sursă de origine metamorfică. De asemenea asociația de minerale grele cu disten, granați, staurolit indică tot o sursă metamorfică.

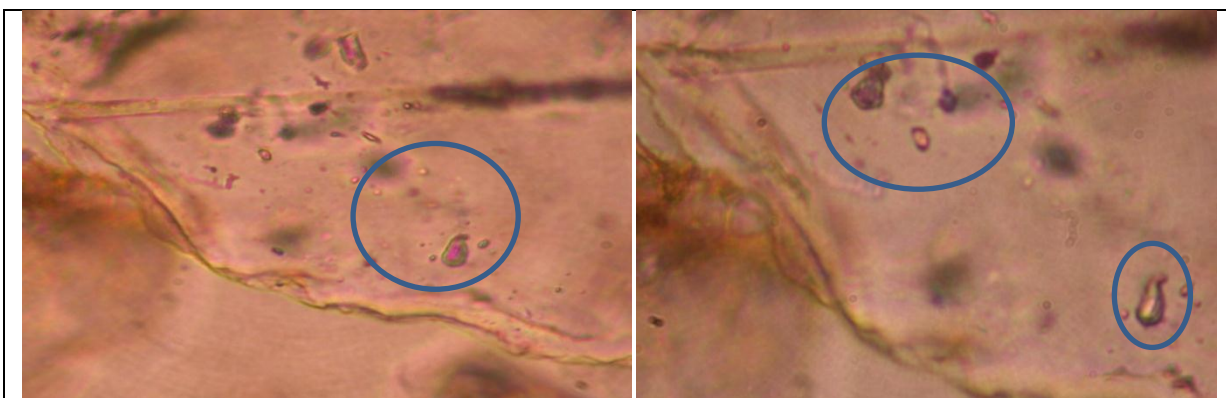


Fig. 20 Granule de cuarț cu incluziuni fluide bifazice (NII)

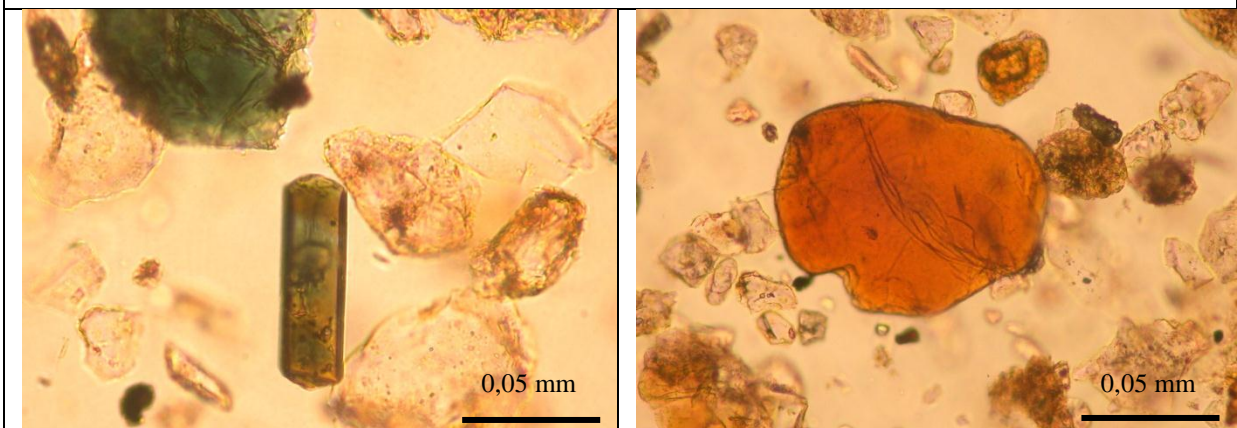
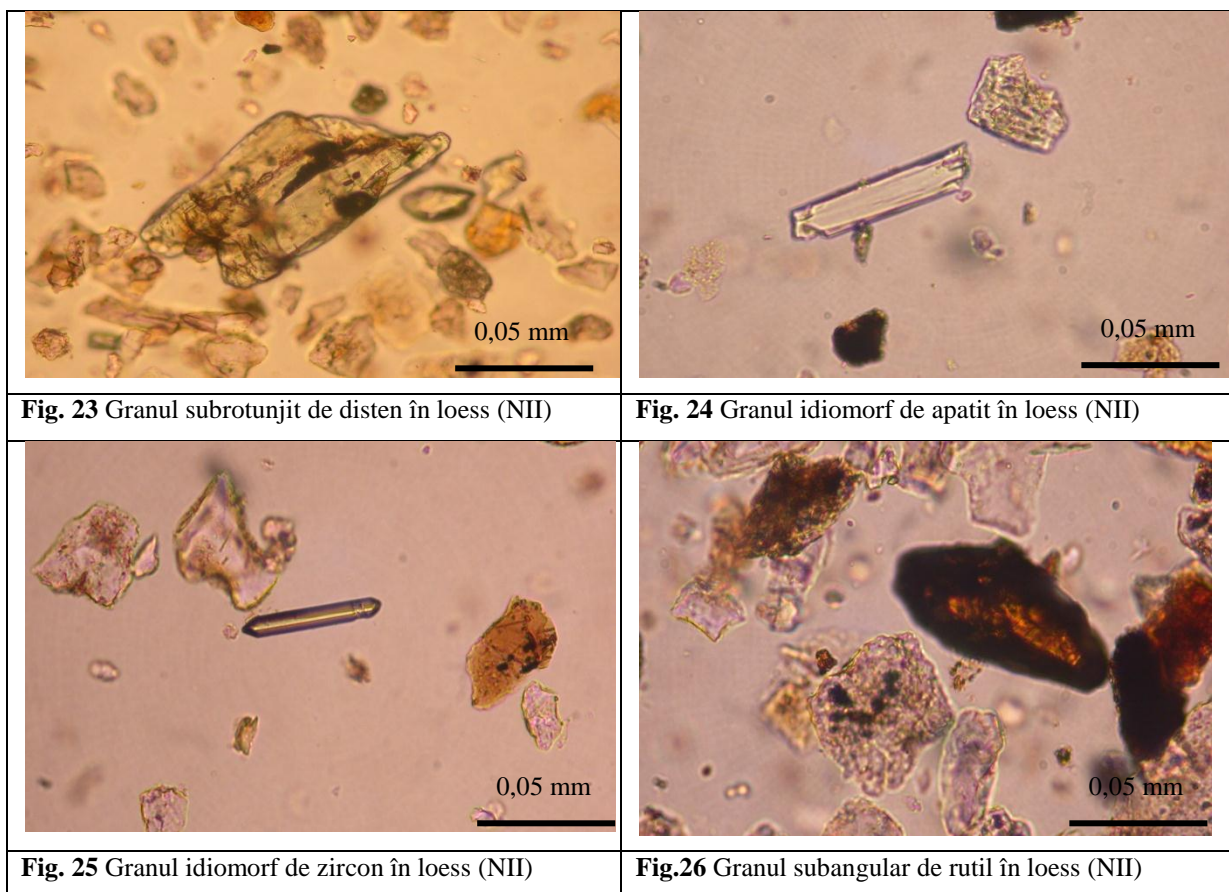


Fig. 21 Granul idiomorf de turmalină în loess (NII)

Fig. 22 Granul rulat de biotit în loess (NII)



3.6 Influențe paleoclimatice în procesele de alterare și pedogeneză

Pentru evidențierea procesului de alterare chimică și pentru a observa similitudinile și diferențele dintre gradele de alterare din secvențele de loess analizate, indicii de alterare au fost analizați separat. În graficele cu indicii de alterare am pus și valorile susceptibilității magnetice pentru a putea scoate în evidență nivelele de loess și paleosol.

Indicele chimic de alterare CIW prezintă valori ridicate în nivelele de paleosol, în special în cele vechi (Fig.27). Cele mai mari valori apar în secvențele de loess de la Costinești și Mircea Vodă, în orizonturile de paleosol mature (S3, S4 și S5), indicând un grad de alterare ridicat. Cele mai mici valori se observă în secvențele de la Râmnicu Sărat și Turnu Măgurele, unde gradul de alterare este mai slab. În paleosolurile tinere (S1 și S2) valorile indicelui de alterare CIW sunt mai mari în secvențele de loess de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat și mai mici în cele de la Costinești și Mircea Vodă. În nivelele de loess valorile indicelui CIW sunt mai scăzute decât în orizonturile de paleosol și indică procese de alterare postdepozitionale slabe.

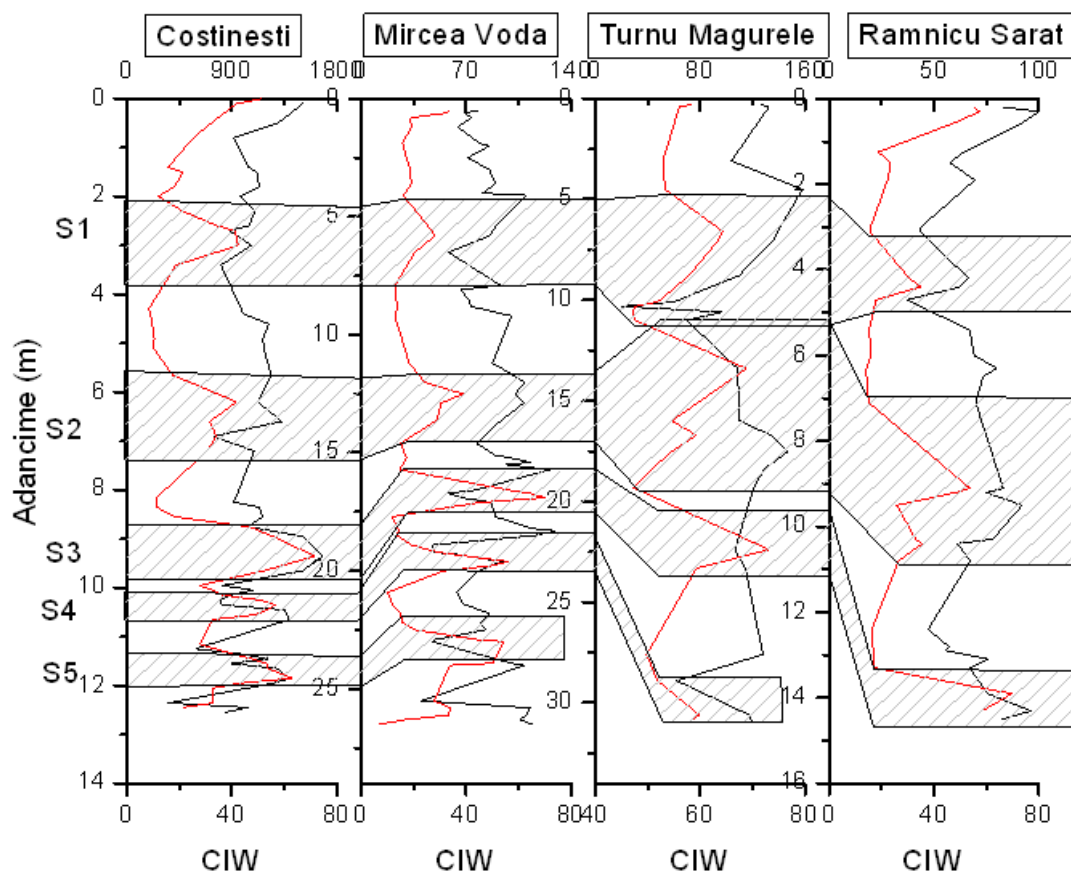


Fig. 27 Variația indicelui de alterare CIW în secvențele de loess-paleosol

Indicele de alterare CPA are valori ridicate în nivelele de paleosol și valori mai mici în cele de loess (Fig.28). Acest lucru sugerează că la nivelul paleosolurilor intensitatea proceselor de alterare este mai mare. Valorile mici din nivelele de loess indică prezența unor procese de alterare postdepoziționale a căror intensitate este scăzută. În secvențele de loess de la Costinești și Mircea Vodă se observă o diferență mare între valorile indicelui de alterare din nivelele de loess și cele de paleosol, pe când în nivelele de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat diferențele sunt mai mici, indicând un grad de alterare mai scăzut. În cele patru secvențe se observă o tendință de creștere a valorilor indicelui CPA de la primul nivel de paleosol S1 spre paleosolul S5, sugerând creșterea intensității proceselor de alterare.

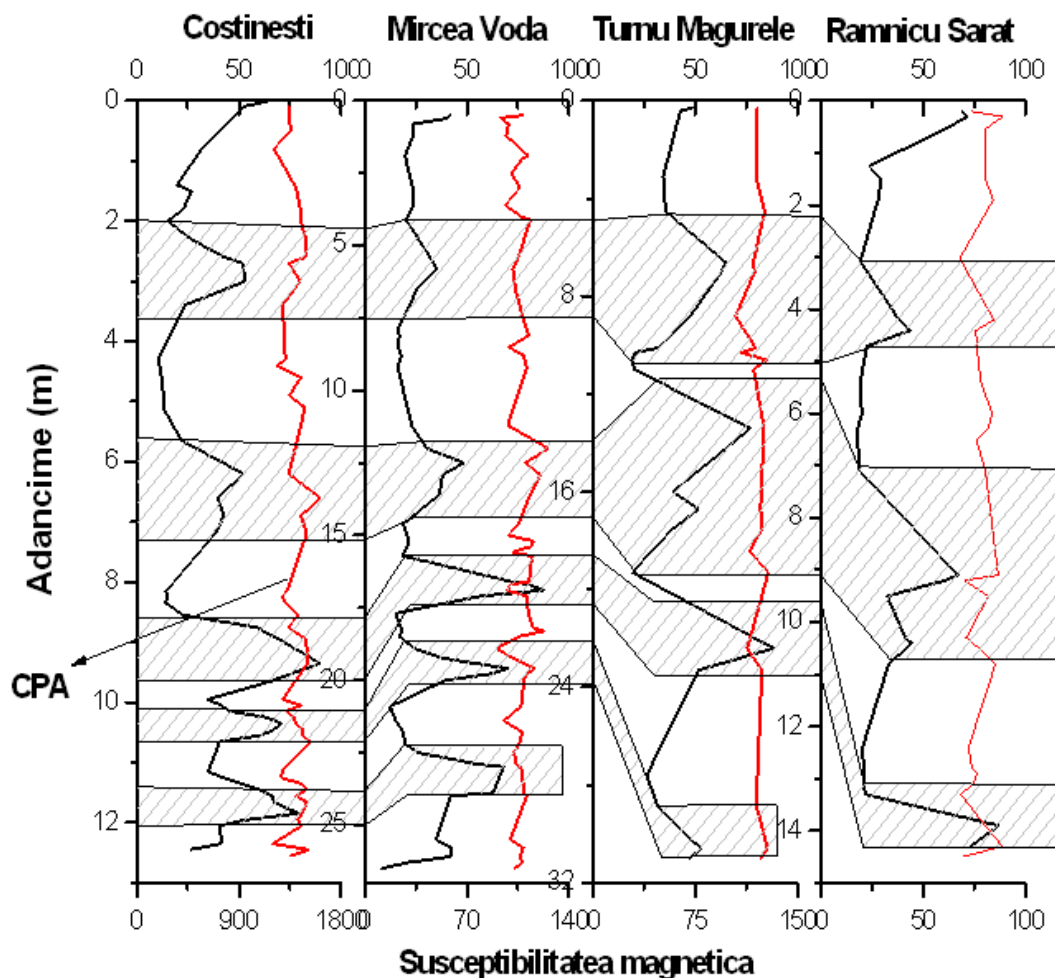


Fig. 28 Variația valorilor indicelui CPA în cele patru secvențe de loess-paleosol studiate

Indicele CIA are valori mai mari în nivelele de paleosol, indicând un grad de alterare mai ridicat. În Fig.29 se observă valori mai ridicate în nivelele de paleosol tinere (S1 și S2) din secvențele de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat, decât în secvențele de la Costinești și Mircea Vodă. În secvența de la Costinești și Mircea Vodă apar valori mari în paleosolurile mature (S3, S4 și S5). În secvența de la Costinești se observă asemănarea dintre graficul susceptibilității și cel al indicelui CIA. Acest lucru sugerează un grad de alterare ridicat, cu generare de fracție fină și minerale magnetice. În secvențele de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat asemănarea dintre grafice este evidentă doar la nivelul paleosolurilor S1 și S2, unde gradul de alterare este mai intens. În nivelele de loess valorile indicelui sunt mai mici indicând un grad de alterare slab.

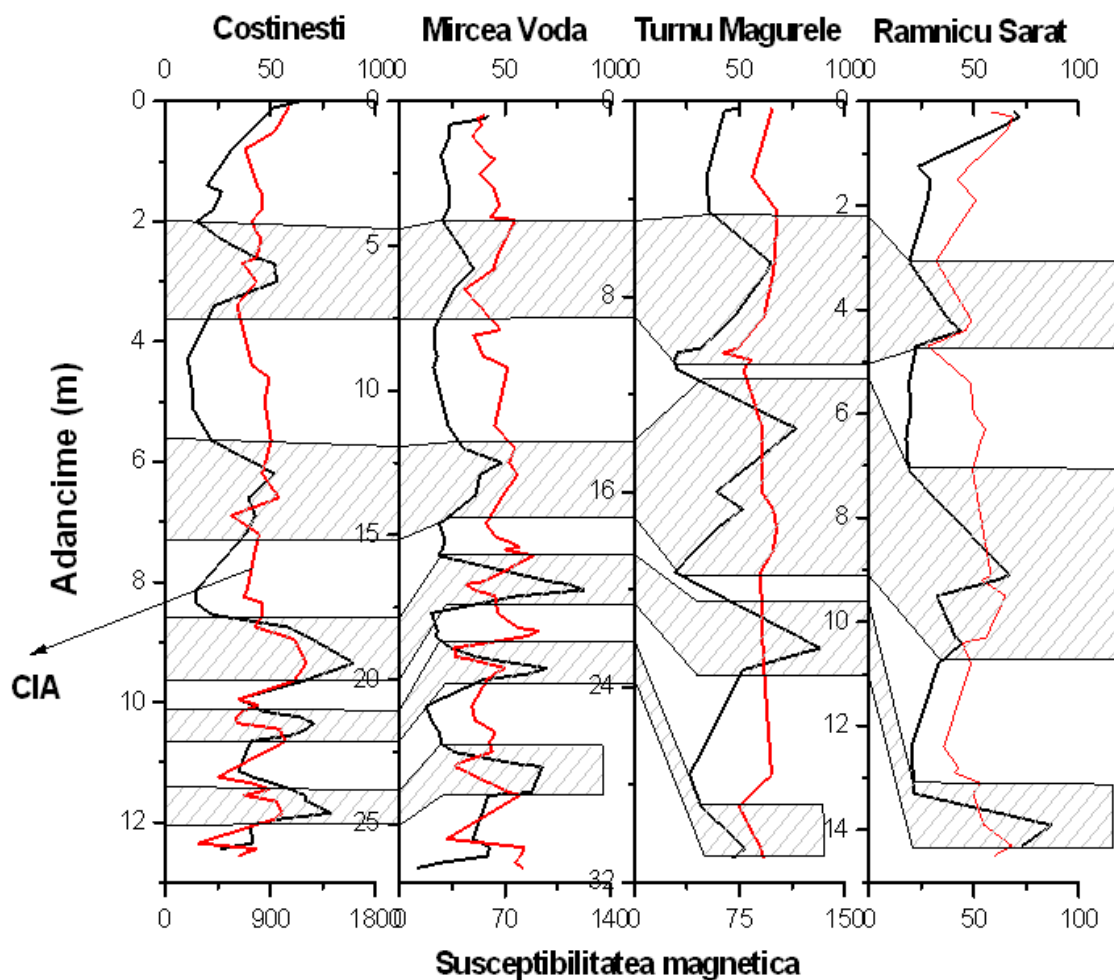


Fig.29 Grafice cu variația valorilor indicelui CIA în secvențele de loess-paleosol studiate

Descreșterea indexului B indică solubilizarea cationilor în timpul alterării. În nivelele de loess L3, L4, L5 și L6 valorile raportului sunt mai mari decât în nivelele de paleosol (Fig.30Fig.). În secvența de la Costinești valori mari apar în paleosolurile tinere S1 și S2. La Mircea Vodă valori mari sunt în paleosolurile S3, S4 și S5. La Turnu Măgurele se observă valori mari în S1 și S3, iar în secvența de la Râmnicu Sărat valori mari sunt în S1 și S3.

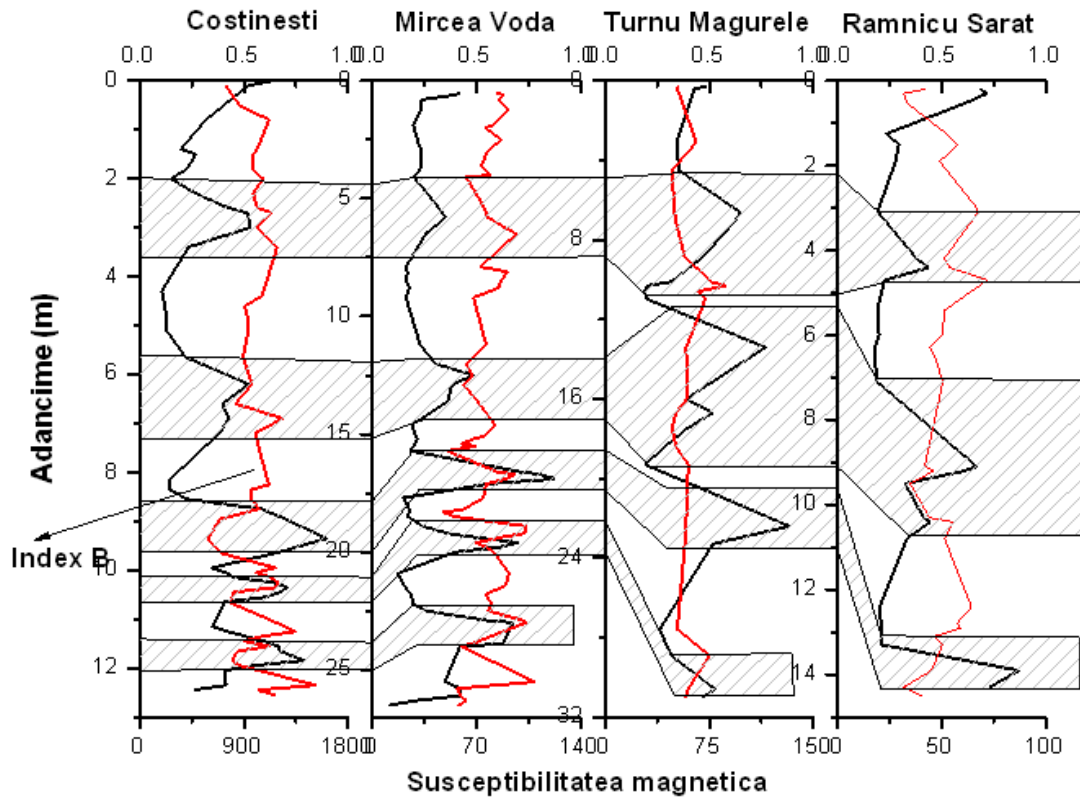


Fig. 30. Grafice cu variația indexului B în secvențele de loess-paleosol studiate

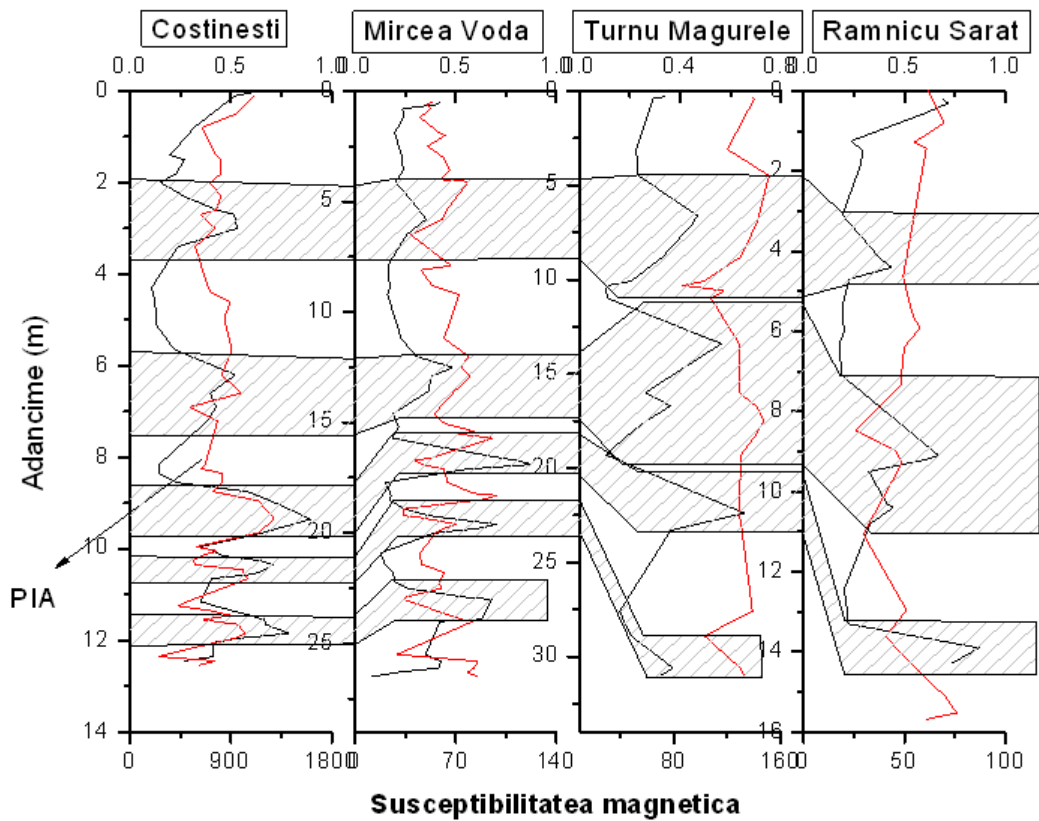


Fig. 31 Grafice cu variația indicelui PIA în secvențele de loess-paleosol studiate

Îndicele PIA are valori mari în nivelele de paleosol (Fig.31). În secvența de la Costinești în nivelele de paleosol S3, S4 și S5 sunt cele mai mari valori, indicând un grad de alterare ridicat. Cele mai mici valori sunt în secvența de loess de la Râmnicu Sărat și sugerează un grad de alterare mai slab. În nivelele de loess valorile indicelui PIA sunt mai mici decât în paleosoluri, acest lucru indicând un proces de alterare postdepozițional slab.

În tabelul 3 sunt prezentate procentele mineralelor argiloase din orizonturile de paleosol din cele patru secvențe de loess-paleosol. Mineralele argiloase pot fi indicatori ai variațiilor climatice ele constituindu-se ca un produs dependent de condițiile de clima.

Primul nivel de paleosol este format în mare măsură din smectit, clorit și illit (Costinești), smectit și illit (Mircea Vodă), smectit, illit și clorit (Turnu Măgurele) și smectit, illit și clorit (Râmnicu Sărat).

Paleosolul S1 s-a dezvoltat într-un regim climatic temperat și umed (Chamley, 1989). Nivelul doi de paleosol, primul orizont (S2-1), este format în principal din smectit, illit, vermiculit și clorit, indicând un climat temperat și umed. În secvența de la Mircea Vodă clima a fost un pic mai caldă (proporția de smectit, illit și clorit, fiind mai mică). Nivelul doi de paleosol, orizontul al doilea de paleosol (S2-2) este format din smectit, illit, și clorit, sugerând un climat temperat și umed. În secvența de la Mircea Vodă clima a fost un pic mai caldă (proporția de smectit, illit și clorit, fiind mai mică).

Nivelul de paleosol S3 este dominat de prezența smectitului și illitului (Costinești), smectit și clorit (Râmnicu Sărat) și smectit, illit și clorit (Mircea Vodă și Turnu Măgurele), indicând un regim climatic temperat și umed.

În S4 regimul climatic a fost mai cald decât în celelalte nivele de paleosol, cantitatea de smectit, clorit și illit fiind mai mică.

În S5 regimul climatic este temperat și umed în ambe secvențe (Costinești și Turnu Măgurele)

Tabelul 3 Proporția de minerale argiloase din nivelele de paleosol

Secțiunea	Solul	Smectit	Vermiculit	Clorit	Illit	Caolinit
Costinești	S0	0%	9%	14%	42%	35%
	S1	23%	11%	30%	31%	5%
	S2-1	40%	3%	14%	37%	6%
	S2-2	45%	0%	33%	16%	6%
	S3	36%	3%	16%	41%	4%
	S4	29%	25%	11%	21%	14%
	S5	34%	12%	14%	31%	9%
Mircea Vodă	S0	56%	10%	8%	23%	3%
	S1	56%	3%	11%	24%	6%
	S2-1	29%	2%	22%	37%	10%
	S2-2	18%	13%	42%	17%	10%
	S3	59%	8%	17%	13%	3%
	S4	26%	8%	36%	20%	10%
	S5	44%	8%	19%	23%	6%
Turnu Măgurele	S0	23%	9%	29%	34%	5%
	S1	17%	2%	21%	56%	4%
	S2-1	19%	22%	17%	35%	7%
	S2-2	18%	2%	17%	58%	5%
	S3	14%	5%	12%	57%	12%
	S4	14%	5%	26%	41%	14%
Râmnicu Sărat	S0	6%	0%	33%	27%	3%
	S1	35%	3%	24%	31%	7%
	S2-1	47%	0	22%	27%	4%
	S2-2	38%	2%	23%	33%	4%
	S3	27%	11%	42%	18%	2%

3.7 Corelarea loessului românesc cu cel din zonele limitrofe.

Stratigrafia loessului cuprinde nivele de loess și paleosol, reflectând perioadele de glacial și interglacial. Am corelat secvențele de loess-paleosol din România cu cele din Serbia, Ucraina și Bulgaria încercând să observ variații la nivel regional ale climei.

Din punct de vedere al paleoprecipitațiilor se observă că o cantitate mai mare de precipitații a căzut în timpul perioadelor interglaciare, cele mai mari au fost înregistrate în secvența de la Costinești (500-800mm/an). În celelalte secvențe cantitatea de precipitații a fost între 500-650 mm/an.

Tabelul 4. Paleoaprecipitațiile din secvențele de loess-paleosol din Sud-Estul Europei

Nivele de loess/paleosol	Batajnica/Stari Slankamen (Serbia) mm/an	Stary Kaydaky (Ucraina) mm/an	Koriten (Bulgaria) mm/an	Mircea Vodă (Romania) mm/an	Costinești (Romania) mm/an	Mostiștea (Romania) mm/an	Râmnicu Sărat (Romania) mm/an	Turnu Măgurele (Romania) mm/an
So	529	547	570	564	807	587	565	567
L1	413			339	603		285	328
S1	604	537	543	558	808	580	507	592
L2		188		487	673		463	507
S2	593	578	593	545	765	603	501	569
L3	341			345	541		307	373
S3	616	580	631	621	818	627		636
L4	373			222	747			380
S4	544	491	606	607	788			547
L5				360	721			412
S5	609	461	599	622	635			
L6	328							
S6	573		580					

Paleoprecipitațiile pentru secvențele de loess-paleosol din Serbia și Ucraina au fost calculate după modelul Maher et al. (1994), secvența din Bulgaria, după valorile susceptibilității obținute de Jordanova & Petersen (1999), secvențele din Romania au fost calculate folosind valorile susceptibilității magnetice obținute de Panaiotu et al. (2001, și date nepublicate).

În ce privește rata de sedimentare se observă în Fig.32 o rată de sedimentare mai mare în nivelele de loess decât în cele de paleosol. Cea mai mare rată de sedimentare apare în L3, iar cea mai mică în L5. La Turnu Măgurele cea mai mare rată de sedimentare apare în L4. Se observă o rată de sedimentare mai mare în loesurile tinere, excepție fiind în secvența de la Mircea Vodă și Turnu Măgurele.

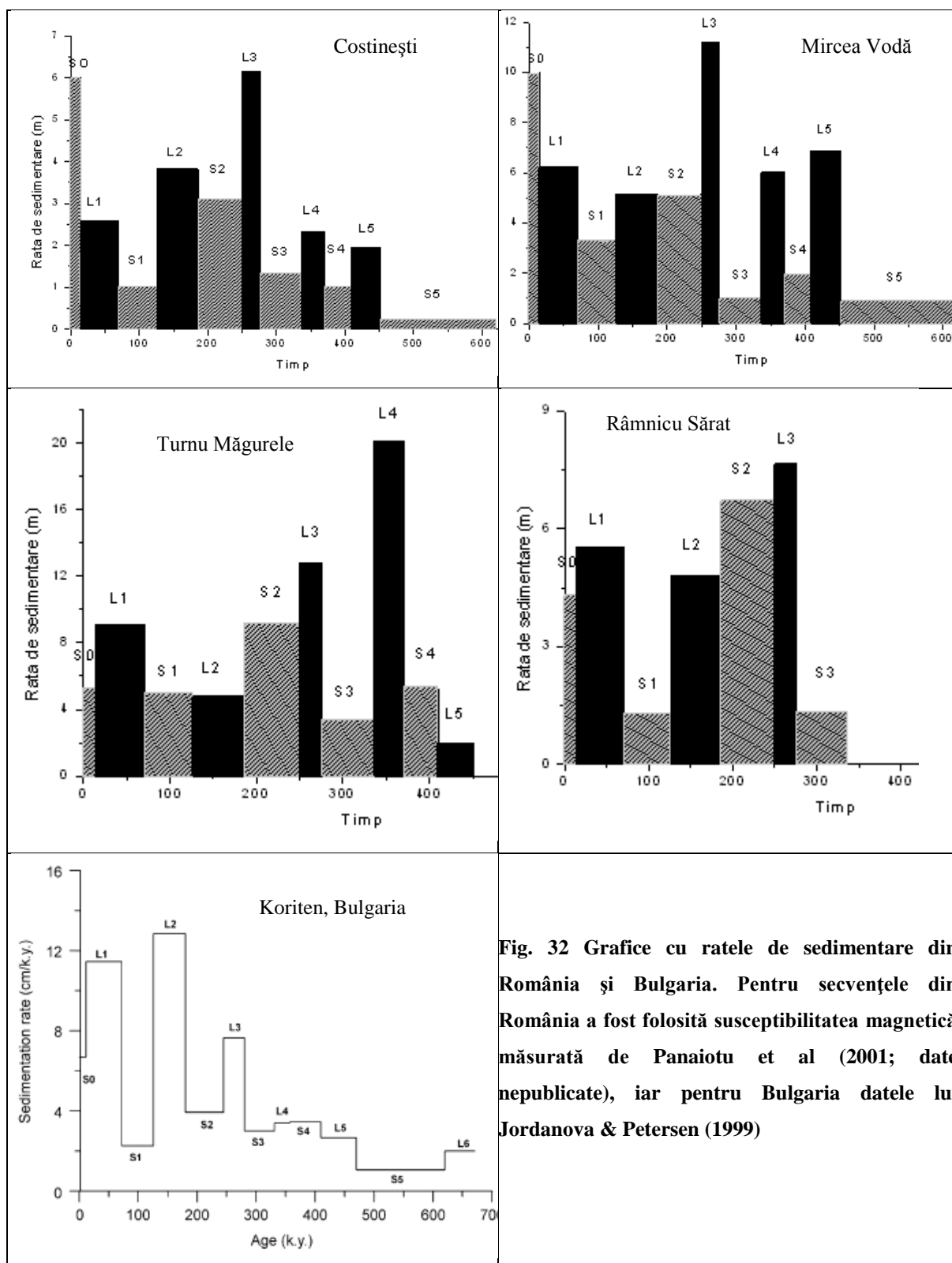


Fig. 32 Grafice cu ratele de sedimentare din România și Bulgaria. Pentru secvențele din România a fost folosită susceptibilitatea magnetică măsurată de Panaiotu et al (2001; date nepublicate), iar pentru Bulgaria datele lui Jordanova & Petersen (1999)

4 Concluzii

Această lucrare reprezintă prima încercare de investigare complexă a unor secvențe de loess-paleosol din România urmărind în paralel parametrii granulometrici, geochimici și mineralogici. Toate datele prezentate sunt obținute pe baza analizelor a sute de probe de loess și paleosol, toate realizate în laboratoarele Universității din București. Probele au fost colectate din patru aflorimente distribuite astfel încât să reprezinte zone distincte din punct de vedere microclimatic și al distanței față de potențiala arie sursă (zona carpatică și subcarpatică) și față de axul bazinului de sedimentare – Dunărea de jos.

Rezultatele prezentate în această lucrare au fost corelate regional utilizând datele publicate din secvențe de loess-paleosol similare localizate în bazinul dunărean. Datările recent publicate, efectuate prin diverse metode au stat la baza corelărilor laterale între toate secvențele studiate.

Secvențele de loess-paleosol din Romania sunt foarte omogene prezentând similitudini din punct de vedere granulometric, geochimic și mineralogic chiar dacă grosimea totală a secvențelor sau a nivelelor individuale de loess diferă de la o zonă la alta. În toate secțiunile analizate, nivele de loess prezintă caracteristici granulometrice și geochimice tipice pentru un transport eolian în suspensii modificate și pedogeneză/alterare foarte redusă. Nivelele de paleosoluri în schimb au caracteristici granulometrice, geochimice și mineralogice care arată o clară creștere a ponderii proceselor pedogenetice prin alterarea și transformarea loessurilor pe care au fost dezvoltate.

Primul sol fosil este în toate secțiunile investigate un paleosol cernoziomic format în ultimul interglaciar corespunzător stagiului izotopic 5. Acest paleosol s-a dezvoltat într-un regim climatic temperat și umed cu precipitații medii anuale cuprinse între 500-800 mm/an. Gradul de alterare al loessului pe care s-a format fiind moderat în raport cu alte paleosoluri mai vechi, iar regional se observă o creștere a intensității pedogenezei de la nord-vest (Râmnicul Sărat și Turnu Măgurele) la sud-est (Mircea Vodă și Costinești).

S2 este un dublet cernoziomic format în interglaciarul corespunzător stagiului izotopic 7 dezvoltat într-un regim climatic temperat și umed, dar sensibil mai cald decât în timpul paleosolului S1. Deși regimul precipitațiilor este asemănător - valorile înregistrate fiind în intervalul 500-750mm/an, gradul de alterare al mineralelor este mai avansat, iar cantitatea de fracție fină generată prin procesele de pedogeneză în S2-1 este mai ridicată decât în S1. S2-2 este un paleosol comparabil cu S1 din punct de vedere granulometric și geochimic.

S3 este primul sol fosil brun și este echivalat stagiului izotopic 9. S-a dezvoltat într-un regim climatic temperat și umed, cu valori ale precipitațiilor cuprinse între 600-820 mm/an. Acest paleosol este caracterizat de o creștere semnificativă a fracției fine (<5μm) și a indicilor de alterare, arătând astfel existența proceselor de alterare chimică cu formare de minerale argiloase specifice tipice pentru solurile avansate pe care s-a putut instala o vegetație specifică de pădure.

Aceste trei paleosoluri sunt prezente în toate secțiunile, însă următoarele paleosoluri și loessuri asociate nu au mai fost formate la Râmnicu Sărat întrucât acolo sedimentarea a fost dominant aluvială înainte de stagiul izotopic 9.

S4 este un paleosol brun roșcat echivalent stagiului izotopic 11 și s-a format într-un climat temperat și umed, dar mai cald decât în S3 întrucât indicii de alterare și granulometria arată procese mai intense de alterare și pedogeneză deși valorile calculate ale precipitațiilor par a fi mai reduse situându-se în intervalul 600-780mm/an. Acest paleosol este ultimul înregistrat în secvența de la Turnu Măgurele.

S5 cel mai roșcat paleosol, fiind echivalentul stagiului izotopic 13 sau 15 s-a dezvoltat într-un regim climatic temperat și umed, cu valori ale precipitațiilor între 620-640 mm/an. Deși în susceptibilitatea magnetică acest paleosol are semnalul cel mai puternic, din valorile indicelui de alterare nu pare a fi fost o alterare mai avansată ca în S3. Granulometria reflectă aceeași situație și anume cantități mai mici de fracție fină generată prin alterare și pedogeneză. Acest paleosol a fost înregistrat doar la Costinești și la Mircea Vodă.

Loessurile din secțiunile analizate sunt dominate de fracția siltică, însă nu este de loc ne semnificativă chiar și fracția arenitică în anumite intervale și locații. Astfel la Râmnicu Sărat și la Turnu Măgurele arenitul ajunge și la 30 % în nivelele de loesuri superioare L1-L3 arătând astfel o competență ridicată a curenților eolieni iar aceasta nu doar în pulsuri/furtuni cum sunt resimțite în secțiunile de la Mircea Vodă și Costinești, ci cu un caracter relativ continuu. Aceste aspecte se corelează bine cu valorile calculate ale paleoprecipitațiilor cuprinse între 200-400 mm/an în perioadele de depunere ale loesurilor care arată că vegetația era foarte săracă și deci gradul de expunere al conurilor și câmpiilor aluviale era foarte ridicat furnizând material clastic pentru transportul eolian. Pedogeneza asociată loesurilor este foarte redusă însă nu este complet absentă, în general gradul de alterare al loesurilor fiind foarte scăzut. Această pedogeneză incipientă a contribuit probabil la stabilizarea și conservarea depozitelor de loess.

Ratele de sedimentare ale loessului sunt diferite de la o secțiune la alta însă comparabile cu ratele de sedimentare din întregul bazin dunărean. În general loessul cu cea mai mare rată de sedimentare este L3 urmat de L1 iar zonele cu cele mai mari rate de sedimentare sunt Mircea Vodă și Turnu Măgurele. Sedimentarea este considerată cvasicontinuă, nefiind înregistrate decât rare pulsuri granulometrice indicatoare de furtuni ce ar fi putut provoca eroziuni. Secțiunea cea mai condensată este cea de la Costinești. Însă condesarea pare a avea o origine mai degrabă de diminuare a cantității de material clastic transportat decât de o erodare a depunerilor întrucât granulația loessurilor este constantă fără pulsuri importante.

Aria sursă a loessurilor analizate este dominată de o componentă de origine metamorfică cu similitudini mineralogice și geochimice cu zonele actuale de aflorare ale acestor roci în Carpații Meridionali. Nu este exclusă însă și o reciclare a depozitelor sedimentare care conțin claste metamorfice, în special pentru secțiunea de la Râmnicu Sărat, însă în general gradul de reciclare este redus având în vedere morfologia angulară-subangulară a clastelor din loessuri. Pe de altă parte, analizele granulometrice arată o arie sursă proximală pentru loessurile de la Turnu Măgurele și Râmnicu Sărat și mai distală pentru cele de la Costinești și Mircea Vodă.

5 Bibliografie

- Chamley, 1989, Clay Sedimentology, Berlin, Springer, 623 p.
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United-States. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59: 2919-2940.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., 1966. An Introduction to the Rock Forming Minerals. Longman, London, 696 pp.
- Haase D., Fink J., Haase G., Ruske R., Pecs, M., Richter H., Altermann M., Jäger K. D., 2007. Loess in Europe - its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. *Quaternary Science Review*, 26: 1301-1312.
- Hao QZ; Guo ZT; Qiao YS; Xu B., Oldfield F., 2010, Geochemical evidence for the provenance of middle Pleistocene loess deposits in southern China. *Quaternary Science Reviews*, 29: 23-24.
- Jordanova D., Petersen N., 1999. Paleoclimatic record from a loess-soil profile in northeastern Bulgaria II. Correlation with global climatic events during the Pleistocene. *Geophysical Journal International*, 138: 533–54.
- Li X.Y., 2000. Soil and water conservation in arid and semiarid areas: the Chinese experience. *Ann Arid Zone*, 39: 377–393
- Maher, B.A., Thompson R., Zhou L.P., 1994. Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian palaeomonsoon: a new mineral magnetic approach. *Earth and Planetary Science Letters*, 125: 461–471.
- Muhs D.R., Bettis III E.A., 2000. Geochemical variations in Peoria Loess of western Iowa indicate paleowinds of midcontinental North America during last glaciation: *Quaternary Research*, 53: 49-61.
- Panaiotu C.G., Panaiotu E.C., Grama A., Necula C., 2001. Paleoclimatic record from a loess-paleosol profile in Southeastern Romania. *Physics and Chemistry of the Earth (A)* 26: 893–898.
- Sheldon, N.D., Tabor, N.J., 2009. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. *Earth-Science Reviews* 95, 1-52.