



**UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOLOGIE**

**DINAMICA SEDIMENTELOR CLASTICE ÎN MEDIUL
SPELEIC, SUB CONTROLUL SCHIMBĂRIILOR
CLIMATICE GLOBALE. STUDII DE CAZ
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: PROF. DR. NICOLAE ANASTASIU
DOCTORAND: CRISTIAN-MIHAI MUNTEANU**

•2013•

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOLOGIE

**DINAMICA SEDIMENTELOR CLASTICE ÎN MEDIUL
SPELEIC, SUB CONTROLUL SCHIMBĂRIILOR
CLIMATICE GLOBALE. STUDII DE CAZ
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: PROF. DR. NICOLAE ANASTASIU

DOCTORAND: CRISTIAN-MIHAI MUNTEANU

·2013·

CUPRINS

1. INTRODUCERE	3
1.1. Scopul și obiectivele studiului	3
1.2. Istoricul cercetărilor	3
2. GEOSISTEMUL CARSTIC	5
2.1. Cadrul conceptual	5
2.2. Funcționarea geosistemului carstic	5
2.3. Aspecte hidrodinamice	5
3. ARHIVE PALEOAMBIENTALE CARSTICE	5
3.1. Oscilațiile climatice cuaternare - cauze și cronologie	5
3.2. Sedimentele clastice speleice	6
4. METODOLOGIA ANALITICĂ	7
4.1. Selectarea siturilor	7
4.2. Metode analitice și tehnici specifice de investigație	10
5. STUDII DE CAZ	11
5.1. Investigații în Peștera Polovragi	11
5.1.1. Faciesuri și secvențe clastice	11
5.1.2. Date geochimice	15
5.1.3. Conținutul total de materie organică	16
5.1.4. Proprietăți magnetice	16
5.2. Investigații în Peștera cu Oase	21
5.2.1. Faciesuri și secvențe clastice	21
5.2.2. Date mineralogice	25
5.2.3. Date de calcimetrie	26
5.2.4. Date geochimice	26
5.2.5. Conținutul total de materie organică	27
5.2.6. Proprietăți magnetice	28
5.2.7. Date geocronologice și paleoclimatice	28
5.3. Investigații în Peștera Urșilor	29
5.3.1. Faciesuri și secvențe clastice	29
5.3.2. Date mineralogice	31
5.3.3. Conținutul de carbonat de calciu	32
5.3.4. Date geochimice	32
5.3.5. Conținutul total de materie organică	34
5.3.6. Proprietăți magnetice	34
5.3.7. Date geocronologice	35
6. CONCLUZII GENERALE	35
BIBLIOGRAFIE	35

CAP. 1. INTRODUCERE

1.1. Scopul și obiectivele studiului

În carst, procesele naturale se manifestă într-un sistem geodinamic tridimensional, unitar și sensibil la variațiile parametrilor de mediu. Structurile exocarstice și endocarstice, interconectate și aflate într-o relație directă cu ariile pericarstice, reprezintă “*capcane sedimentare*” majore, care facilitează interpretările speleomorfo genetice, arhivează informații paleoambientale și permit obținerea de date paleontologice și arheologice.

În acest cadru, scopul tezei de doctorat este **realizarea unei imagini cât mai cuprinzătoare asupra dinamicii sedimentelor clastice în mediul speleic, în relație cu oscilațiile paleoclimatului și ale regimului paleohidrodinamic.**

Obiectivele majore ale lucrării, circumscrise scopului menționat, sunt:

- ❖ **Studiul litostratigrafic și sedimentologic al depozitelor sedimentare clastice care colmatează structuri endocarstice.**
- ❖ **Identificarea unor posibile arii-sursă, explicarea principalelor procese de transport și acumulare a sedimentelor clastice în peșteri și estimarea unor parametri ai paleomediului depozitional.**
- ❖ **Identificarea unor evenimente paleoclimatice și paleohidrologice importante, pe baza înregistrărilor sedimentare databile.**
- ❖ **Descrierea unor cicluri evolutive speleogenetice și depozitionale.**

Mulțumiri. Studiile efectuate au fost susținute financiar din proiecte de cercetare (grant CEEEX 627/2005 - CLIMKARST; grant CNCSIS 723/2006; grant PCCE IDEI 31/2010 - KARSTHIVES; proiect 11/2009).

1.2. Istoricul cercetărilor

Descrieri și clasificări ale depozitelor speleice sunt semnalate din lucrări de sedimentologie generală (ANASTASIU, 1988 ș.a.) sau din cele care abordează diverse aspecte hidrologice și sedimentologice ale mediului carstic (BÖGLI, 1980; BLEAHU, 1982; WHITE, 1988; FORD & WILLIAMS, 1989; GILLIESON, 1996; ONAC, 2000 etc.).

Sedimentele clastice au fost investigate în special sub aspect stratigrafic și petrografic (JONES, 1971; WOLFE, 1973; MILSKE *et al.*, 1983; BOSCH & WHITE, 2004 ș.a.).

Clasificări faciesale ale depozitelor clastice din peșteri au fost oferite de GILLIESON (1986), VALEN *et al.* (1997), SPRINGER & KITE (1997), BOSCH & WHITE (2004).

Studii asupra litologiei, mineralogiei și geochimiei sedimentelor clastice au fost publicate de GOSPODARIČ (1974), KRANJC (1981), DIACONU (1990), ZUPAN HAJNA (1998), SASOWSKY (2004, 2007), SPRINGER (2012) etc.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Pe baza datelor sedimentologice, obținute prin studiul depozitelor clastice speleice, au fost estimate paleodirecții de drenaj (OTAVA & VÍT, 1992) și rate de incizie ale cursurilor epigeice (GRANGER *et al.*, 2001), paleovitezele cursurilor subterane (GOSPODARIČ, 1976), etapele depoziționale (HOROI, 1993) și ratele de sedimentare (POURCHET *et al.*, 1996), fluctuațiile nivelului marin (LARSEN & MANGERUD, 1989), epicentrele și magnitudinile seismelor din ultimii 750 ka (FORTI, 1998).

Dezvoltarea tehnicilor de datare relativă și absolută a permis o interpretare mai bună a paleoevenimentelor climatice și a proceselor hidrologice și depoziționale desfășurate în mediul speleic (QUINIF, 1981; SCHMIDT, 1982; GOSPODARIČ, 1988; LAURITZEN & ONAC, 1995; ELLWOOD *et al.*, 1998; CONSTANTIN & LAURITZEN, 1999; CONSTANTIN *et al.*, 2001, 2007; BOSÁK, 2002; ONAC *et al.*, 2002; BOSÁK *et al.*, 2003; SASOWSKY & MYLROIE, 2004; GRANGER & FABEL, 2005; SASOWSKY, 2005; PANAIOTU *et al.*, 2006; ZUPAN HAJNA *et al.*, 2008, 2010 ș.a.).

A doua parte a acestui subcapitol este dedicată istoricului cercetărilor efectuate în cele trei peșteri care fac obiectul studiilor de caz prezentate în teză.

Investigațiile desfășurate de-a lungul timpului în **Peștera Polovragi** au cuprins studii sedimentologice (ROATĂ, 1990, 1998), mineralogice (DIACONU *et al.*, 2008), tectonice (PONTA & ALDICA, 2009) etc.

Peștera cu Oase a devenit sit antropologic și paleontologic de referință după identificarea resturilor fosile ale celor mai vechi oameni moderni timpurii din Europa, datele cu metoda ^{14}C la 34-36 ka BP (TRINKAUS *et al.*, 2003), alături de alte numeroase fragmente scheletice, în special de *Ursus spelaeus*.

Datele antropologice au constituit subiectul unor lucrări publicate de MOLDOVAN *et al.* (2003), TRINKAUS *et al.* (2006, 2009), ZILHÃO *et al.* (2007), ROUGIER (2008) ș.a. Studii paleontologice au fost realizate de QUILÈS *et al.* (2006), RICHARDS *et al.* (2008) etc.

O interpretare paleoclimatică preliminară, bazată pe date sedimentologice și pe proprietățile magnetice ale sedimentelor clastice, a fost elaborată de PETREA *et al.* (2006).

Peștera Urșilor constituie un sit paleontologic important, adăpostind o asociație fosilă pleistocen superioară diversă și bogată. Lucrările publicate de TERZEA (1978, 1989) și JURCSÁK *et al.* (1981) prezintă aspecte tafocenotice, oferind informații și despre depozitele clastice. HADNAGY (1977a-b) prezintă rolul mineralelor grele în corelarea profilelor sedimentare, punând accentul pe studiul de caz realizat în Peștera Urșilor.

VĂLENAȘ (1979) publică o sinteză asupra geologiei, geomorfologiei și hidrologiei cavității în context regional, iar ONAC *et al.* (2002) realizează o reconstrucție paleoclimatică, utilizând semnalul izotopic înregistrat de o stalagmită holocenă.

CAP. 2. GEOSISTEMUL CARSTIC

2.1. Cadrul conceptual

Geosistemul carstic, cadru tridimensional, în care structurile endocarstice sunt într-o permanentă interdependență cu cele exocarstice (GORAN, 2001) și cu ariile pericarstice asociate, poate fi modelat sub forma unei “cutii negre” (HOROI, 2004), în care procesele hidrologice transformă semnalul de intrare (aportul hidric adus sistemului), efectele fiind regăsite în semnalul de ieșire (volumul de apă debitat de emergențele carstice).

Interrelațiile care se stabilesc în cadrul geosistemelor carstice, și între acestea, pot fi descrise prin intermediul modelelor monosistemice sau polisistemice (BELLA, 1995).

2.2. Funcționarea geosistemului carstic

Structura funcțională a carstului include terenurile necarstice asociate, subsistemul de infiltrație și cel al carstului înecat (MANGIN, 1975).

Subsistemul de infiltrație poate fi divizat în mai multe subzone, dintre care cea epicarstică, poroasă și permeabilă, cantonează resurse hidrice importante, cu rol în evoluția pe verticală a proceselor de carstificare.

Subsistemul carstului înecat definește zona saturată a acviferului, cu organizare superioară a curgerii și a rețelelor subterane. Structurile sale îndeplinesc fie o funcție transmisivă (de dren), fie una capacitivă (de sisteme-anexă).

2.3. Aspecte hidrodinamice

În cadrul geosistemelor carstice, tranziția între curgerea sub presiune și cea cu nivel liber este controlată de oscilațiile debitului apei (ONAC, 2000). Trecerea de la regimul laminar la o curgere turbulentă se realizează fie după variații dimensionale ale conductelor prin care are loc curgerea apei, fie după schimbarea vitezei acesteia (ONAC, 2000), la valori ale numărului lui Reynolds >10 (GILLIESON, 1996).

Legea lui Darcy este aplicabilă sistemelor carstice doar în cazul curgerii laminare prin fisuri capilare, desfășurată cu conservare de masă (MANGIN, 1975; GILLIESON, 1996).

În cazul curgerii prin conducte, pentru un regim laminar, debitul este exprimat de ecuația Hagen-Poiseuille (GILLIESON, 1996). Pentru o curgere turbulentă, debitul este estimat cu mai multă precizie folosind ecuația Darcy-Weisbach (THRAILKILL, 1968).

CAP. 3. ARHIVE PALEOAMBIENTALE CARSTICE

3.1. Oscilațiile climatice cuaternare - cauze și cronologie

Date importante referitoare la fluctuațiile paleoclimatice din Cuaternar au fost obținute prin studiul oscilațiilor semnalului izotopic al oxigenului ($\delta^{18}\text{O}$), în special în sedimente

marine (EMILIANI, 1955; BASSINOT, 2007), în carote de gheață polară și în înregistrări sedimentare lacustre.

Glaciațiunea cuaternară a debutat în urmă cu aproximativ 2,588 Ma (LOWE *et al.*, 2007), cel mai recent ciclu glaciatic terminându-se acum ~10 ka (BOGENSCHUTZ, 2006). Dintre cele mai plauzibile cauze de producere, se pot cita variația concentrației de CO₂ atmosferic, dar și factori geotectonici sau astronomici.

“Teoria controlului orbital” - Milanković - asociază inițierea și modularea perioadelor glaciare cu trei cicluri orbitale, cu periodicitate diferită: precesia echinocțiilor (~19-23 ka), oblicitatea eclipticii (~41 ka) și excentricitatea orbitei (~100 ka) (LOWE *et al.*, 2007), rolul cel mai important revenind ciclului de ~41 ka (WUNSCH, 2004). Acum ~1 Ma a debutat un ciclu glaciatic distinct, cu durata de ~100 ka, influențat de compoziția atmosferei, de reflectivitatea calotelor glaciare, de factori geotectonici etc.

În cadrul glaciațiunii cuaternare s-au manifestat și variații climatice pe termen scurt (sub-Milanković) - evenimente Dansgaard-Oeschger (D/O). Pentru ultima perioadă glaciatică, pe baza înregistrărilor izotopice, au fost documentate 25 episoade succesiv calde și reci, cu durata de 0,6-2 ka - interstadialele/stadialele groenlandeze (GI/GS).

Șase evenimente Heinrich (H) au fost identificate la intervale temporale variabile, pe durata fazei stadiale a ciclurilor D/O, asociate cu modificarea circulației termohaline în urma topirii icebergurilor (BOND & LOTTI, 1995).

Pentru cronologia Cuaternarului, în prezent este frecvent utilizată scara izotopică marină (MIS) (EMILIANI, 1955).

3.2. Sedimentele clastice speleice

Din punct de vedere sedimentologic, mediul speleic poate fi divizat în două tipuri faciesale majore: *faciesul de intrare* și *faciesul interior*.

Faciesul de intrare cuprinde sedimente fin-granulare, transportate din proximitatea intrării peșterii, prin procese eoliene, percolative, de solifluxiune etc., cărora li se adaugă sedimente grosiere, angulare, transportate gravitațional.

Faciesul interior cuprinde secvențe și structuri sedimentare similare celor asociate sistemelor fluviatile epigee. Depozitele includ pietrișuri și nisipuri, acoperite de silturi și argile laminare, cu frecvente intercalații de speleoteme (ZUPAN HAJNA *et al.*, 2008).

Secvențele sedimentare pot suferi procese repetate de erodare, depunere, remobilizare și resedimentare (remaniere) sau compactare, care determină apariția unor aspecte stratigrafice foarte complexe, cu variații litofaciesale laterale rapide.

Sedimentele speleice cuprind depozite clastice, organice și chimice (inclusiv acumulări de gheață), clasificate, în primul rând, în funcție de criteriul genetic, în depozite autohtone și allohtone (ONAC, 2000).

Sedimentele sunt antrenate și transportate atunci când stressul de forfecare exercitat de curgere la nivelul talvegului depășește forțele gravitaționale și coezive care împiedică deplasarea particulelor individuale.

Transportul sedimentar se poate realiza prin: rulare pe un substrat staționar, saltație deasupra substratului, pat de alunecare sau suspensie uniformă, în funcție de parametrii granulometrici și hidrodinamici și de rugozitatea substratului (GILLIESON, 1996).

Regimul hidrodinamic, viteza și debitul cursurilor subterane, topografia rețelelor endocarstice, și parametrii sedimentari structurali-texturali controlează distanța de transport al materialului aluvionar, precum și rata și tipul de acumulare a acestuia, și desfășurarea proceselor de remaniere (ONAC, 2000).

În ordinea reducerii energiei paleomediului depozițional, tipurile litofaciesale majore în care pot fi încadrate sedimentele clastice speleice sunt următoarele: *diamicton*, *thalweg*, *channel*, *slackwater* și *backswamp* (BOSCH & WHITE, 2004).

Litofaciesul diamictic cuprinde argile, silturi, nisipuri și pietrișuri, nesortate și nestratificate. Depozitele sunt asociate curgerilor debritate declanșate în urma unor paleoinundații.

Litofaciesul de talveg a fost identificat în albii secundare, tăiate de cursurile subterane în litofaciesul de canal preexistent, prin care curgerea s-a desfășurat cu viteză moderată. Sedimentele sunt dominate de pietrișuri grosiere, moderat sau bine sortate.

Litofaciesul de canal, cel mai frecvent întâlnit de-a lungul rețelelor endocarstice, reunește pietrișuri, nisipuri și silturi, stratificate, moderat sau bine sortate, transportate majoritar ca sarcină de fund, în condițiile unui paleomediului de energie moderată.

Litofaciesul slackwater este reprezentat de argile și silturi fine, bine sortate, transportate în suspensie și depuse, cel mai frecvent, la topul secvențelor clastice speleice.

Litofaciesul backswamp este constituit majoritar din argile și silturi fine (prodate de alterare a substratului și material provenit din solurile de la suprafață), cu sortare slabă sau moderată, depuse în condițiile unui paleomediului depozițional de energie redusă.

CAP. 4. METODOLOGIA ANALITICĂ

4.1. Selectarea siturilor

Subcapitolul 4.1. prezintă criteriile majore după care au fost selectate cele trei cavități (Peștera Polovragi, Peștera cu Oase și Peștera Urșilor) care au constituit subiectul studiilor de caz, precum și cadrul petrografic și tectonic regional, aspectele geologice și morfologice principale și evoluția speleogenetică a peșterilor, și strategia de probare adoptată.

Peștera Polovragi este localizată în Munții Căpățâanii, în versantul stâng al Cheilor Oltețului, la 645 m altitudine absolută (PONTA & ALDICA, 2009). Cavitata se dezvoltă în depozite atribuite Autohtonului Danubian, în apropierea zonei de șariaj a Pânzei Getice.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

În semifereastra tectonică reprezentată de Autohtonul Danubian, peste soclul cristalin (Grupul de Lainici-Păiuș - mezometamorfită proterozoică intrusă de granitoide), s-au acumulat depozite sedimentare: conglomerate și gresii cu intercalații de șisturi argiloase (Carbonifer); facies de Gresten cu cărbuni (Jurasic inferior); calcare recifale (Jurasic mediu-Cretacic inferior); gresii și marnocalcare (Cretacic inferior); depozite de wildfliș (Cretacic superior); nisipuri, marne, argile etc. (Neogen); pietrișuri și nisipuri (Cuaternar).

Peștera Polovragi este săpată în bara calcaroasă (J₃-ap) Polovragi-Cernădia, străbătută de 2 sisteme majore de litoclazare: N-S și NV-SE (PONTA & ALDICA, 2009).

Rețeaua endocarstică se dezvoltă pe 3 nivele inactive hidrologic și un nivel activ, care totalizează, în prezent, 10.350 m (denivelare totală: 87 m - PONTA & ALDICA, 2009). Galerile prezintă frecvente schimbări de direcție, orientarea lor fiind controlată de 4 sisteme de fisuri - N-S, E-V, NV-SE și NE-SV (PONTA & ALDICA, 2009).

Pe parcursul galeriilor au fost identificate depozite clastice, reprezentate prin petrotipuri variate, de la pietrișuri grosiere până la argile fine, asociate majoritar proceselor fluviatile și celor de incaziune, precum și speleoteme diverse.

Datele geomorfologice (ROATĂ, 1990) sugerează că formarea rețelei endocarstice a fost inițiată în Weichselianul mediu (MIS 4-3), în regim de curgere sub presiune. A urmat o etapă de curgere cu nivel liber, care a durat probabil până la mijlocul MIS 2, în care procesele depoziționale au determinat acumularea de sedimente aluviale în Galeria Principală. Ultimele inundații, cu care sunt asociate noi procese depoziționale, și de remaniere sedimentară, au survenit în prima parte a Holocenului (ROATĂ, 1990). Ulterior, rolul primordial în acumularea umpluturii sedimentare a revenit proceselor de incaziune și concreționare.

Studiul sedimentologic al depozitelor aluviale, și reconstituirea condițiilor hidrodinamice în care s-a produs acumularea acestora, au fost realizate pe 4 profile, deschise pe parcursul Galeriei Principale. Probarea sedimentelor clastice speleice a fost efectuată la intervale verticale de 5 cm.

Peștera cu Oase este situată în centrul Munților Aninei, la altitudinea absolută de 575 m. Aria montană, parte integrantă a Sincliniului Reșița-Moldova Nouă, este ocupată de depozitele Pânzei Getice.

Fundamentul cristalin al acesteia (Grupul de Sebeș-Lotru - mezometamorfită proterozoică străbătută de corpuri granitoidice) este acoperit de depozite sedimentare: breccii, conglomerate, gresii și șisturi argiloase (Carbonifer-Permian); facies de Gresten cu cărbuni și șisturi argiloase bituminoase (Jurasic inferior); marne, marnocalcare și calcare grezoase (Jurasic mediu); marnocalcare grezoase, calcare cu silexite și calcare nodulare (Jurasic superior); marne, marnocalcare, calcare micritice și gresii (Cretacic inferior); conglomerate, marne etc. (Neozoic); pietrișuri, nisipuri, argile etc. (Cuaternar).

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Sector al unui sistem carstic mai extins, Peștera cu Oase se dezvoltă în calcare cretacic inferioare. Galerile peșterii sunt orientate pe direcțiile SSE-NNV sau NNE-SSV, în funcție de condițiile petrografice, structurale și tectonice locale.

Umplutura sedimentară a cavității cuprinde depozite clastice, reprezentate printr-o gamă largă de petrotipuri, de la pietrișuri până la argile, asociate mai ales cu procese fluviatile și de incaziune, fragmente scheletice (în special de *Ursus spelaeus*), precum și speleoteme variate.

Studiul parametrilor sedimentologici ai depozitelor clastice care colmatează Puțul, și reconstituirea contextului paleohidrologic și paleoclimatic în care acestea s-au acumulat, au implicat prelevarea unui număr de 149 probe, din primii 13,16 m de la partea superioară a Puțului, la intervale verticale cuprinse între 0,01-2,27 m, în funcție de condițiile de probare.

Peștera Urșilor este localizată în aria carstică Valea Crăiasa-Valea Vârtoape, din vestul Munților Bihor, în Dl. Măgurii, la altitudinea absolută de 491 m. Contextul tectonic regional este dominat de trei unități majore - Autohtonul de Bihor și pânzele de Ferice și Arieșeni, integrate sistemului de Codru (VĂLENAȘ, 1979).

Fundamentul cristalin este reprezentat de Grupul de Baia de Arieș (Precambrian superior-Paleozoic inferior): șisturi cuarțitice micacee sau sericito-cloritoase, micașisturi etc.

În aria Peșterii Urșilor, depozitele aparținând Autohtonului de Bihor sunt exclusiv jurasice: gresii, marno-calcare și șisturi argiloase (J_1); calcare masive recifale (ox-th), afectate de procese de recristalizare.

Depozitele Pânzei de Ferice află în nordul și în vestul ariei carstice Valea Crăiasa-Valea Vârtoape, în sectoarele Tătăroaia și Măgura (VĂLENAȘ, 1979), și includ: gresii (Permian); gresii cuarțoase sau micacee, dolomite și calcare cu silixite (Triasic).

Depozitele Pânzei de Arieșeni, exclusiv permiane în regiunea Peșterii Urșilor (cuarțite, gresii și microconglomerate cuarțoase, gresii, șisturi argiloase etc.), află pe suprafețe extinse, în sudul și în estul ariei carstice Valea Crăiasa-Valea Vârtoape.

Local, au fost identificate și depozite neogene (argile cu cărbuni, nisipuri, pietrișuri ș.a.), precum și depozite coluviale, deluviale, proluviale, aluviale etc. (Cuaternar).

În aria Peșterii Urșilor, Autohtonul de Bihor a fost afectat de 2 sisteme majore de falii, orientate pe direcțiile NV-SE și NE-SV. De asemenea, au fost semnalate (VĂLENAȘ, 1979) falii intraformaționale paralele, orientate E-SV sau E-V, și falii izolate, ample, orientate N-SV.

Peștera Urșilor prezintă o rețea suborizontală, direcționată N-S, cu dezvoltarea totală de 1500 m și denivelarea totală de 37 m (VĂLENAȘ, 1979), etajată pe două nivele, din care cel superior este inactiv din punct de vedere hidrogeologic, iar cel inferior este parcurs în prezent de cursul subteran.

În ambele nivele ale cavității s-au acumulat depozite clastice, reprezentate prin petro-

tipuri variate (mai grosiere în etajul superior, unde pietrișurile și nisipurile grosiere dețin procentaje importante, mai fine - în cel inferior, unde umplutura sedimentară este dominată de argile, silturi și nisipuri fine). Secvențele sedimentare includ și un bogat material osteologic (fragmente scheletice de *Ursus spelaeus* și alte mamifere pleistocen superioare), precum și speleoteme diverse.

Rețeaua endocarstică s-a format majoritar prin curgere sub presiune, evoluția ulterioară a sistemului fiind controlată de schimbarea periodică a punctului de resurgență, până în Holocen, când peștera a dobândit configurația actuală (VĂLENAȘ, 1979).

Pentru studiul parametrilor sedimentologici ai depozitelor clastice din nivelul inferior al Peșterii Urșilor, și pentru reconstituirea condițiilor paleohidrologice și paleoclimatice în care acestea s-au acumulat, au fost deschise 3 profile, probate la intervale verticale de 5 cm.

4.2. Metode analitice și tehnici specifice de investigație

Subcapitolul 4.2. prezintă metodele analitice utilizate pentru investigarea sedimentelor clastice din cele 3 situri subterane. Au fost efectuate:

- **Analize granulometrice**, prin sitare mecanică uscată, până la 500 μm , și laser, în suspensie apoasă, până la 0,01 μm , cu ajutorul aparatului Horiba Partica LA-950V2. Procesarea și reprezentarea grafică a rezultatelor au fost realizate cu programul GRADISTAT, versiunea 8 (BLOTT, 2010). Determinarea parametrilor statistici granulometrici a fost efectuată logaritmice, prin metoda grafică, iar scara granulometrică folosită a fost derivată din cele prezentate de UDDEN (1914) și WENTWORTH (1922). Pentru estimarea vitezei de depunere a particulelor (ESV) a fost utilizat programul FallVel (PARKER, 2004), bazat pe formulele lui DIETRICH (1982). Posibilele corelații interparametrice, descrise de coeficientul Pearson (r) și de nivelul de semnificație (P), au fost analizate cu programul MedCalc, versiunea 11.5.1.0.

- **Analize difractometrice de raze X (XRD)** calitative, pe probe prelevate din Peștera cu Oase și Peștera Urșilor, și semicantitative, pe fracția $<2 \mu\text{m}$ a probelor colectate din Peștera Urșilor. Compoziția mineralogică a probelor a fost determinată cu un difractometru de raze X PANalytical X'Pert Pro MPD, cu radiație CuK- α , la 40 mA și 40 kV. Intervalul de scanare 2θ a fost cuprins între $2-80^\circ$ pentru proba globală, și între $2-40^\circ$ pentru fracția $<2 \mu\text{m}$, în condițiile unui pas de scanare de $0,017^\circ$, cu durata de 30,37 s. Datele de difracție au fost analizate cu ajutorul programelor X'Pert Quantify și X'Pert HighScore.

- **Analize spectrometrice prin fluorescență de raze X (XRF)**, cu ajutorul spectrometrului secvențial PANalytical AXIOS^{max}-Advanced (WDXRF), și al programelor IQ⁺ și SuperQ, pe probe prelevate din Peștera Polovragi și din Peștera cu Oase, și cu ajutorul microscopului analitic XRF Horiba XGT-7000, și al programului XGT-7000 Suite, versiunea 1.43, pe probe colectate din Peștera Urșilor.

- **Analize calcimetrice**, prin metoda volumetrică, cu un calcimetru Eijkelkamp, pe probe prelevate din Peștera cu Oase (PANAIOTU *et al.*, 2012).
- **Analize de pierdere la calcinare (LOI)**, care au permis estimarea cantității totale de materie organică a depozitelor din cele 3 peșteri (prin tratament termic la 550°C) și a conținutului de CaCO₃ al probelor prelevate din Peștera Urșilor (prin tratament termic la 950°C).
- **Analize ale proprietăților magnetice**, care au vizat, în primul rând, determinarea susceptibilității magnetice și a dependenței acesteia de frecvența și de intensitatea câmpului magnetic aplicat. Caracteristicile sedimentelor studiate au impus și efectuarea unor analize suplimentare, care au urmărit dependența de temperatură a susceptibilității magnetice, magnetizarea remanentă anhisteretică (ARM) și izotermă (IRM) - pentru Peștera cu Oase, și anizotropia susceptibilității magnetice - pentru Peștera Urșilor. Proprietățile magnetice ale sedimentelor au fost studiate cu aparatul AGICO MFK1-FA Kappabridge, la 976 Hz, 3904 Hz și 15616 Hz. Același aparat a fost utilizat pentru determinarea anizotropiei susceptibilității magnetice. Valorile ARM și IRM au fost determinate cu un magnetometru de spin de înaltă rezoluție AGICO JR5. Curbele de achiziție IRM și de demagnetizare în DC au fost obținute cu ajutorul unui magnetizator cu puls MAGNON (PANAIOTU *et al.*, 2012).
- **Datări cu seria uraniului (U/Th)**, pe speleoteme calcitice prelevate din Peștera cu Oase și Peștera Urșilor (CONSTANTIN & LAURITZEN, 2012; CONSTANTIN *et al.*, 2013).
- **Datări prin metoda rezonanței electronice de spin (ESR)**, pe fragmente scheletice de *Ursus spelaeus*, colectate din Peștera cu Oase (GRÜN *et al.*, 2012).
- **Datări cu metoda radiocarbonului**, prin spectrometrie de masă cu accelerator (AMS ¹⁴C), pe material osteologic prelevat din Peștera Urșilor (CONSTANTIN *et al.*, 2013).
- **Datări cu metoda luminescenței stimulate optic (OSL)**, pe probe de sedimente clastice prelevate din Peștera Urșilor (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

CAP. 5. STUDII DE CAZ

5.1. Investigații în Peștera Polovragi

5.1.1. Faciesuri și secvențe clastice

Profilul PPOLA

Profilul PPOLA, cu grosimea de 2,10 m, este deschis într-o bară de meandru (*point bar*) formată din depunerile aluvionare ale cursului subteran care a săpat Galeria Principală.

De-a lungul profilului pot fi delimitate mai multe unități litologice, granoclasate normal. Baza profilului prezintă o structură laminară, în timp ce topul acestuia este masiv, marcat doar local de mici structuri alveolare.

Dinamica sedimentelor clactice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Diversele petrotipuri sunt alcătuite din proporții variabile (PI. I) de fracții siltice (10,36-70,47%), arenitice (29,53-89,21%) și ruditice (0-7,93%).

Depozitele sunt dominate de mături nisipoase, nisipuri măloase și nisipuri măloase slab pietrișoase. Curbele de distribuție granulometrică sunt dominant bi-, tri- sau polimodale (PI. II), și doar foarte rar unimodale. Dintre parametrii tendinței centrale (PI. I), modul principal (M_0) este cuprins între 1,07 ϕ și 6,14 ϕ , mediana (M_d) oscilează în mod similar, între 1,56-5,07 ϕ , iar media (M_z) variază între 1,86-4,95 ϕ . Indicele de clasticitate (C) fluctuează între -1 ϕ și 2,32 ϕ (PI. I). Valorile parametrilor tendinței centrale și ale C încadrează succesiunea în categoria secvențelor litologice pozitive (cf. ONAC, 2000).

Sortarea depozitelor clactice, estimată pe baza deviației standard, este slabă sau foarte slabă (σ_1 : 1,35-2,76 ϕ - PI. I); sedimentele grosiere sunt mai slab sortate. Asimetria (Sk_1) și ascuțimea (K_G) descriu forme de la foarte negativ asimetrică până la foarte pozitiv asimetrică (Sk_1 variază între -0,37 și 0,43), de la platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G : 0,76-1,56 - PI. I).

Viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV): 0,08-4,56 cm*s⁻¹ (PI. I) indică o energie relativ redusă a paleomediului depozitional, iar distribuția proiecțiilor pe diagrama Passega (C/ M_d) sugerează un transport sedimentar desfășurat predominant în suspensie (Fig. 1). Parametrii sedimentologici au determinat încadrarea depozitelor în tipul litofaciesal *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004).

Profilul PPOLB

Profilul PPOLB, cu grosimea de 1,30 m, ilustrează o variație laterală a litofaciesului descris pentru Profilul PPOLA, și a fost subdivizat în unități litologice, cu granoclasare alternativ normală și inversă. La baza succesiunii sunt clar evidențiate laminații plan-orizontale sau convolute, în timp ce spre topul profilului structura devine masivă.

Petrotipurile includ, în proporții variabile (PI. III), fracții siltice (0,66-67,52%), arenitice (23,10-98,01%) și ruditice (0-76,24%). În alcătuirea depozitelor intră mături nisipoase, mături nisipoase slab pietrișoase, nisipuri măloase, nisipuri măloase slab pietrișoase sau pietrișoase, nisipuri slab pietrișoase sau pietrișoase, pietrișuri măloase și pietrișuri nisipoase.

Curbele de distribuție granulometrică sunt bi-, tri- sau polimodale (PI. IV), rar unimodale. M_0 oscilează între -4,48 ϕ și 5,94 ϕ , M_d - între -1,49 ϕ și 4,90 ϕ , iar M_z fluctuează între -1,42 ϕ și 4,82 ϕ (PI. III). Valorile C, care variază între -4,32 ϕ și 0 ϕ (PI. III), și cele ale parametrilor tendinței centrale, descriu o secvență litologică pozitivă. Deviația standard (σ_1 : 0,79-3,21 ϕ - PI. III) indică sortarea moderată, slabă sau foarte slabă a depozitelor clactice. Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme cu asimetrie variabilă, de la negativă la puternic pozitivă (Sk_1 : între -0,29 și 0,47), de la foarte platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G : 0,53-1,91 - PI. III).

Energia paleomediului depozițional a oscilat puternic și s-a diminuat mult în timp, până aproape de stagnarea apei; valorile ESV (Pl. III) sunt cuprinse între $36,34 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$ și $0,10 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$. Proiecțiile probelor pe diagrama Passega (Fig. 1) prezintă un grad relativ ridicat de împrăștiere, ilustrând fluctuațiile energetice ale paleomediului depozițional, și sugerând implicarea rulării și a suspensiei în transportul sedimentar. Litofaciesul descris de parametrii sedimentologici este similar tipului *channel* (BOSCH & WHITE, 2004).

Profilul PPOLC

Profilul PPOLC, cu grosimea de 2,80 m, deschis într-o altă bară de meandru, a fost divizat în unități litologice cu granoclasare alternativ normală și inversă, cu structură masivă sau laminație convolută.

Petrotipurile identificate includ proporții variabile (Pl. V) de fracții lutitice (0-0,61%), siltice (1,22-70,36%), arenitice (29,64-96,62%) și ruditice (0-63,22%). Depozitele sunt constituite din mълuri nisipoase, nisipuri mълoase, nisipuri mълoase slab pietrișoase sau pietrișoase, nisipuri, nisipuri slab pietrișoase sau pietrișoase și pietrișuri nisipoase.

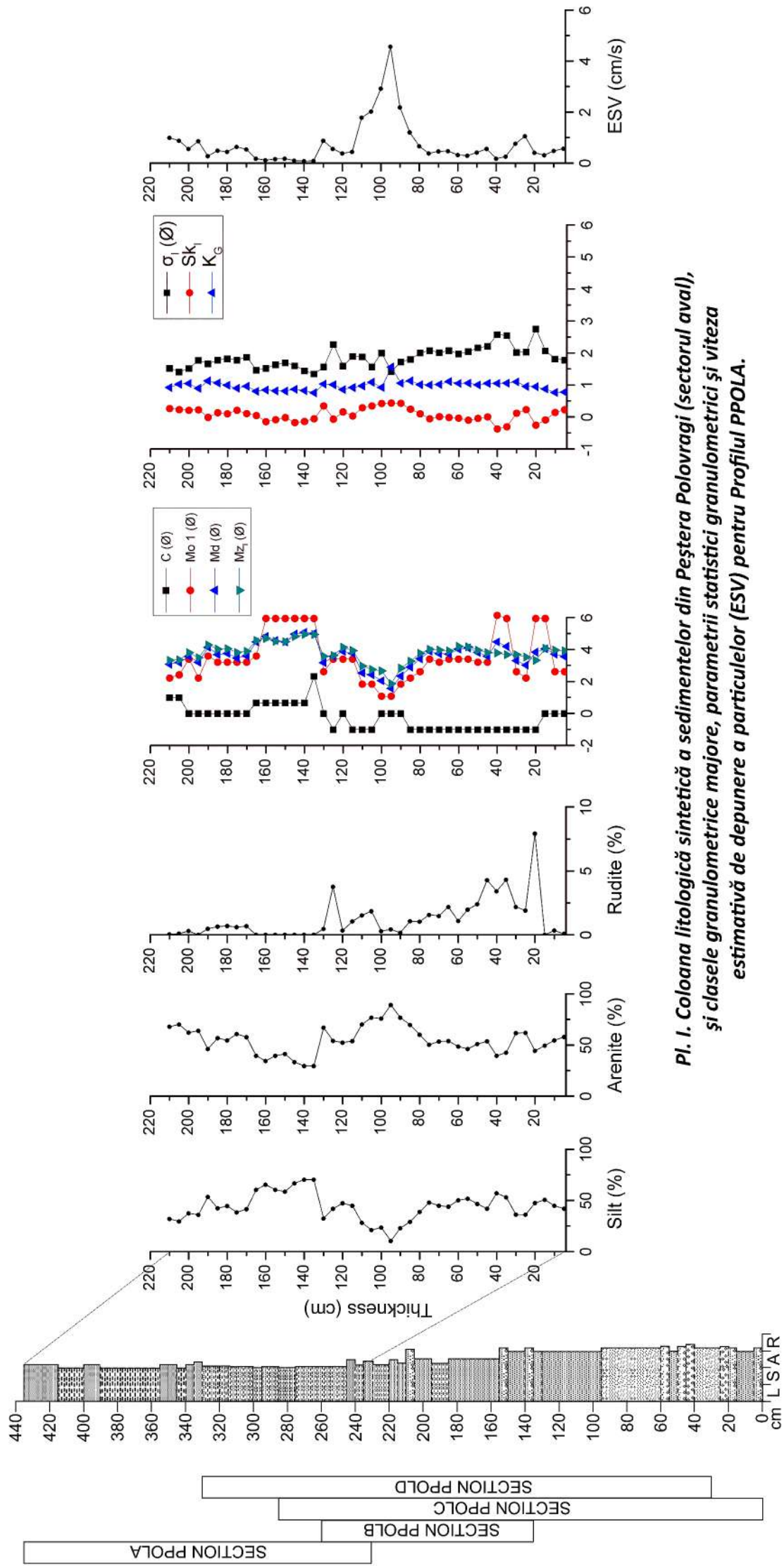
Curbele de distribuție granulometrică sunt mai ales bi-, tri- sau polimodale (Pl. VI), mai rar unimodale. M_o 1 este cuprins între $-5,41\phi$ și $5,94\phi$, M_d are valori incluse în intervalul dintre $-2,98\phi$ și $5,06\phi$, iar M_z fluctuează între $-2,62\phi$ și $4,94\phi$. Valorile C, care variază în limite largi, între $-5,32\phi$ și $2,91\phi$ (Pl. V) și cele ale parametrilor tendinței centrale, încadrează succesiunea în categoria secvențelor litologice pozitive.

Gradul de sortare a depozitelor clastice, obținut pe baza deviației standard (Pl. V), variază de la moderat până la slab și foarte slab (σ_i : $0,79$ - $2,52\phi$). Curbele granulometrice prezintă forme variabile, de la foarte negativ asimetrică până la foarte pozitiv asimetrică (Sk_i : între $-0,60$ și $0,42$), și de la foarte platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G : $0,56$ - $2,50$ - Pl. V), în funcție de fluctuațiile de energie și competență a agentului de transport.

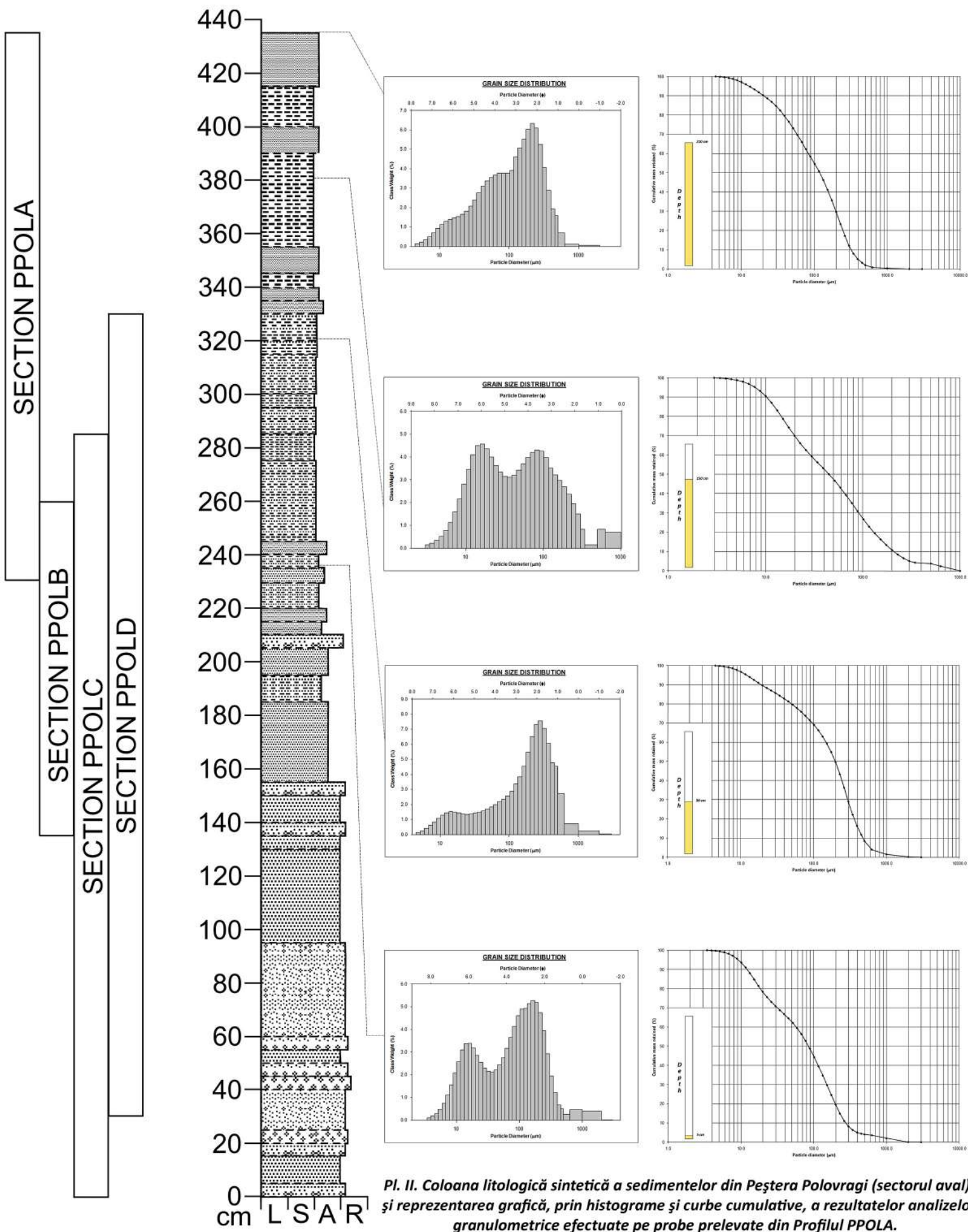
Paleomediul depozițional a avut inițial o dinamică remarcabilă, dar aceasta s-a redus treptat, până aproape de stagnarea apei - valorile ESV (Pl. V) scad de la $66,18 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$ până la $0,08 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$. Pe diagrama Passega (Fig. 1), proiecțiile prezintă un grad ridicat de împrăștiere, consecință a fluctuațiilor energetice ale paleomediului depozițional; transportul sedimentar s-a desfășurat prin rulare și în suspensie. Pe baza parametrilor sedimentologici, depozitele au fost încadrate în tipul litofaciesal *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004).

Profilul PPOLD

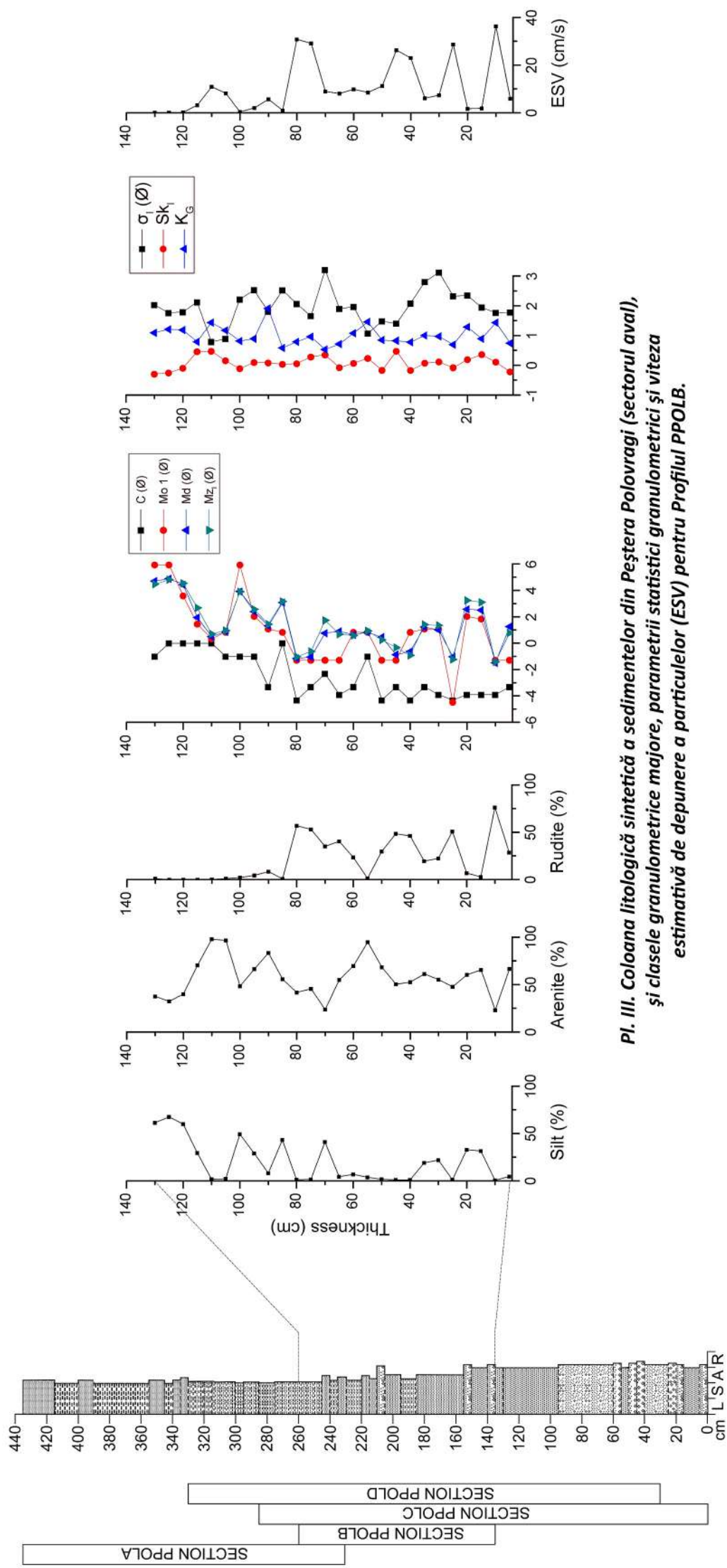
Profilul PPOLD, cu grosimea de 3,05 m, este deschis, de asemenea, într-o bară de meandru, și a fost divizat în unități litologice cu granoclasare alternativ normală și inversă, fie cu laminație plan-orizontală sau convolută, fie cu structură masivă. În compoziția petrotipurilor intră, în proporții variabile, fracții siltice (0,38-76,58%), arenitice (23,42-95,94%)



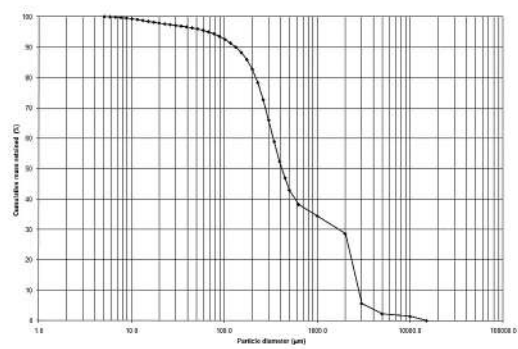
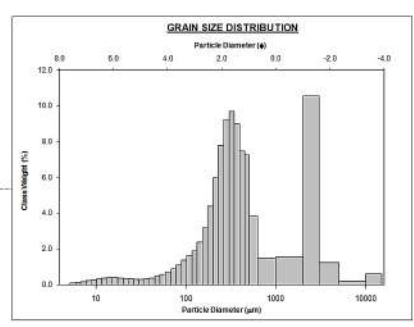
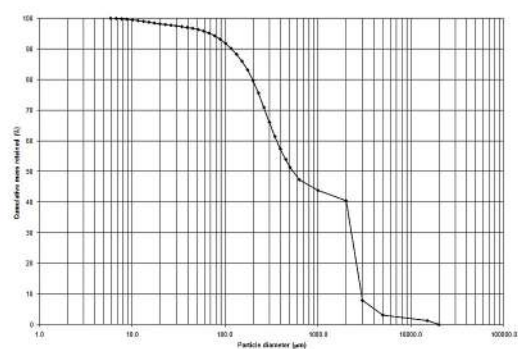
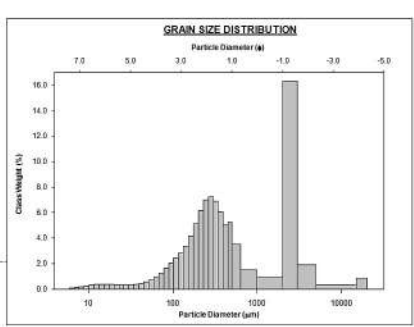
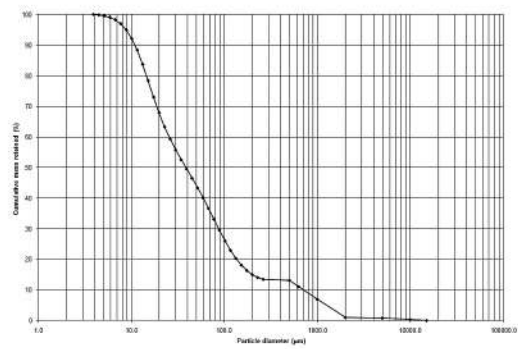
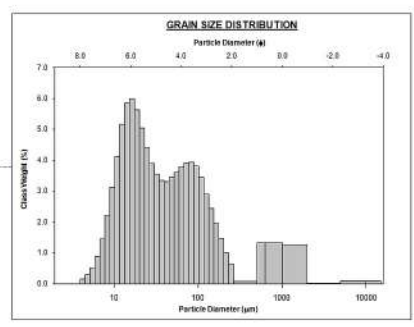
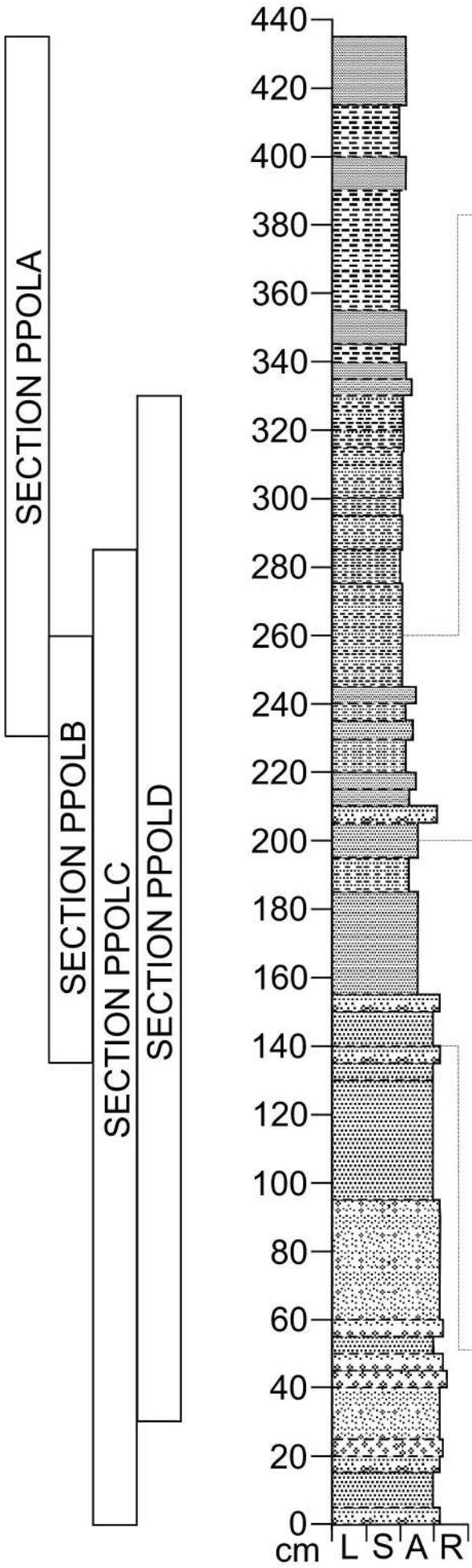
Pl. I. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV) pentru Profilul PPOLA.



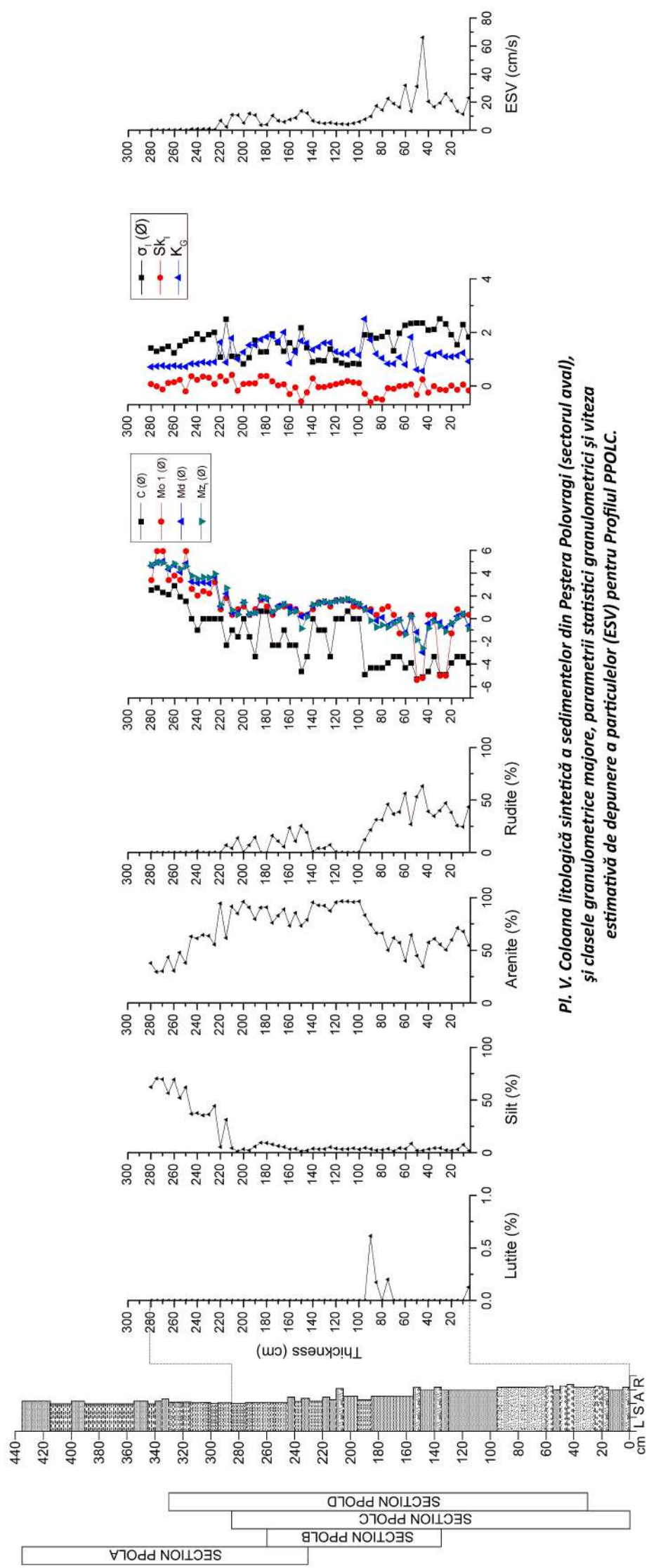
Pl. II. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulative, a rezultatelor analizelor granulometrice efectuate pe probe prelevate din Profilul PPOLA.



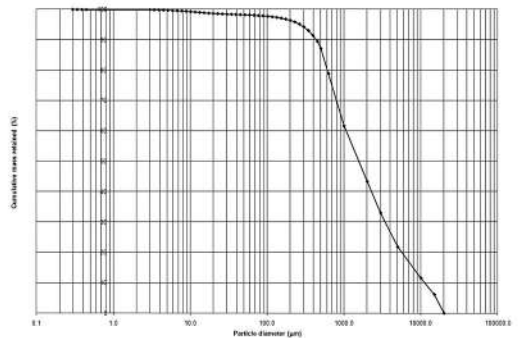
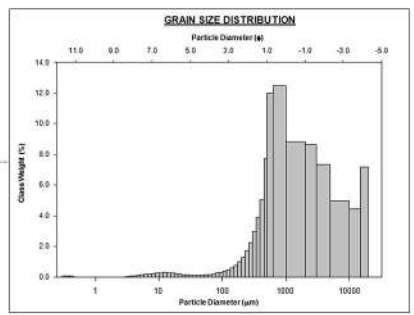
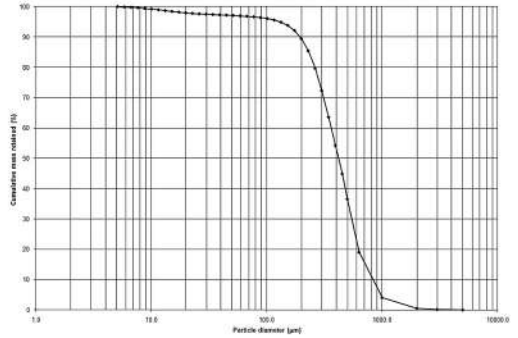
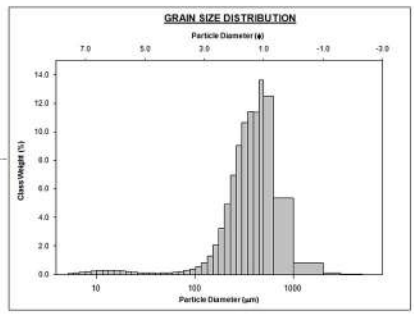
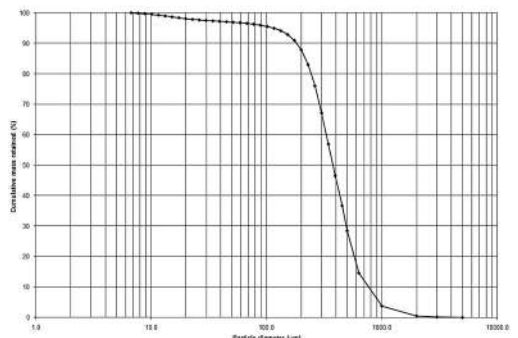
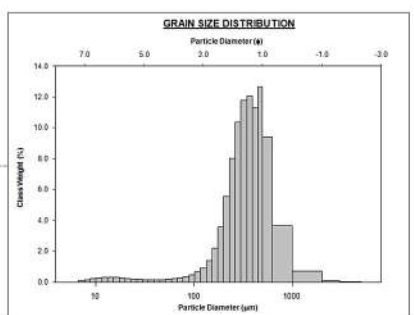
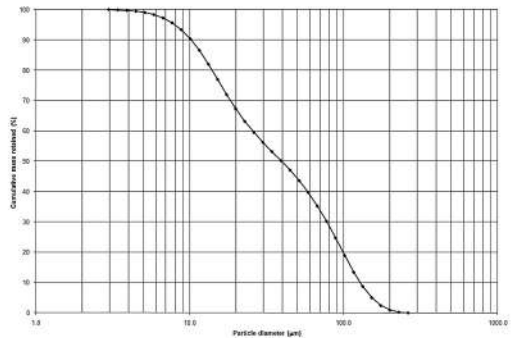
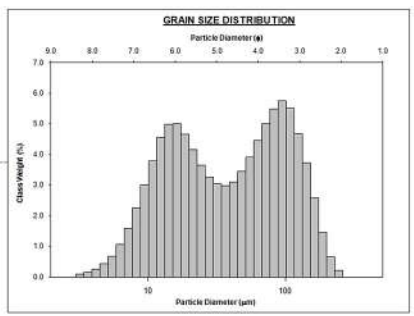
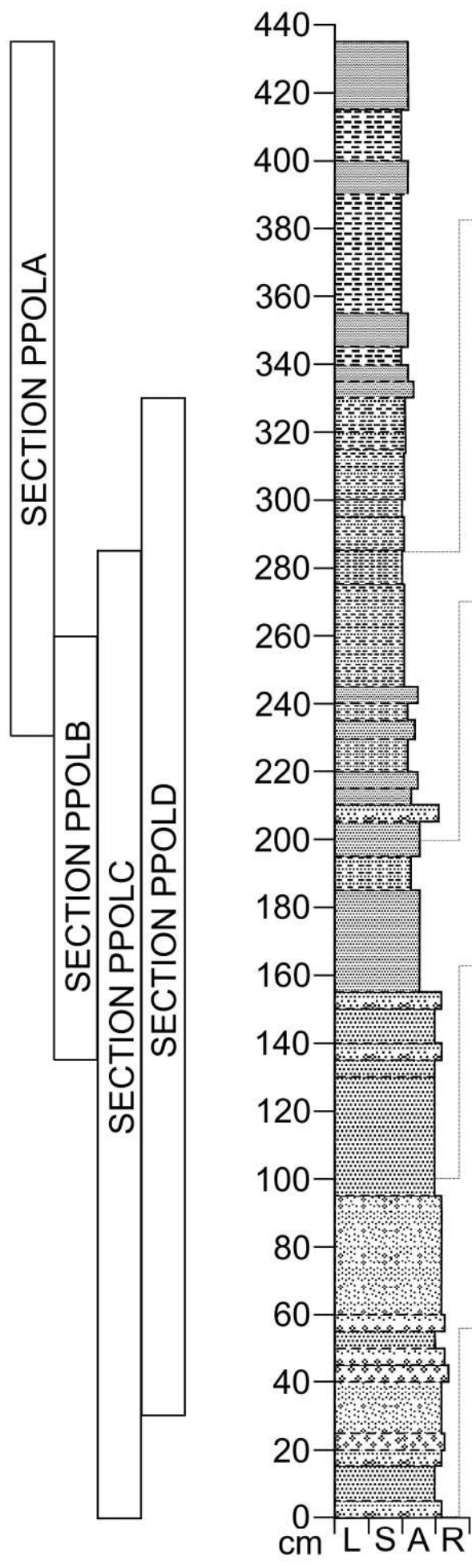
Pl. III. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV) pentru Profilul POLB.



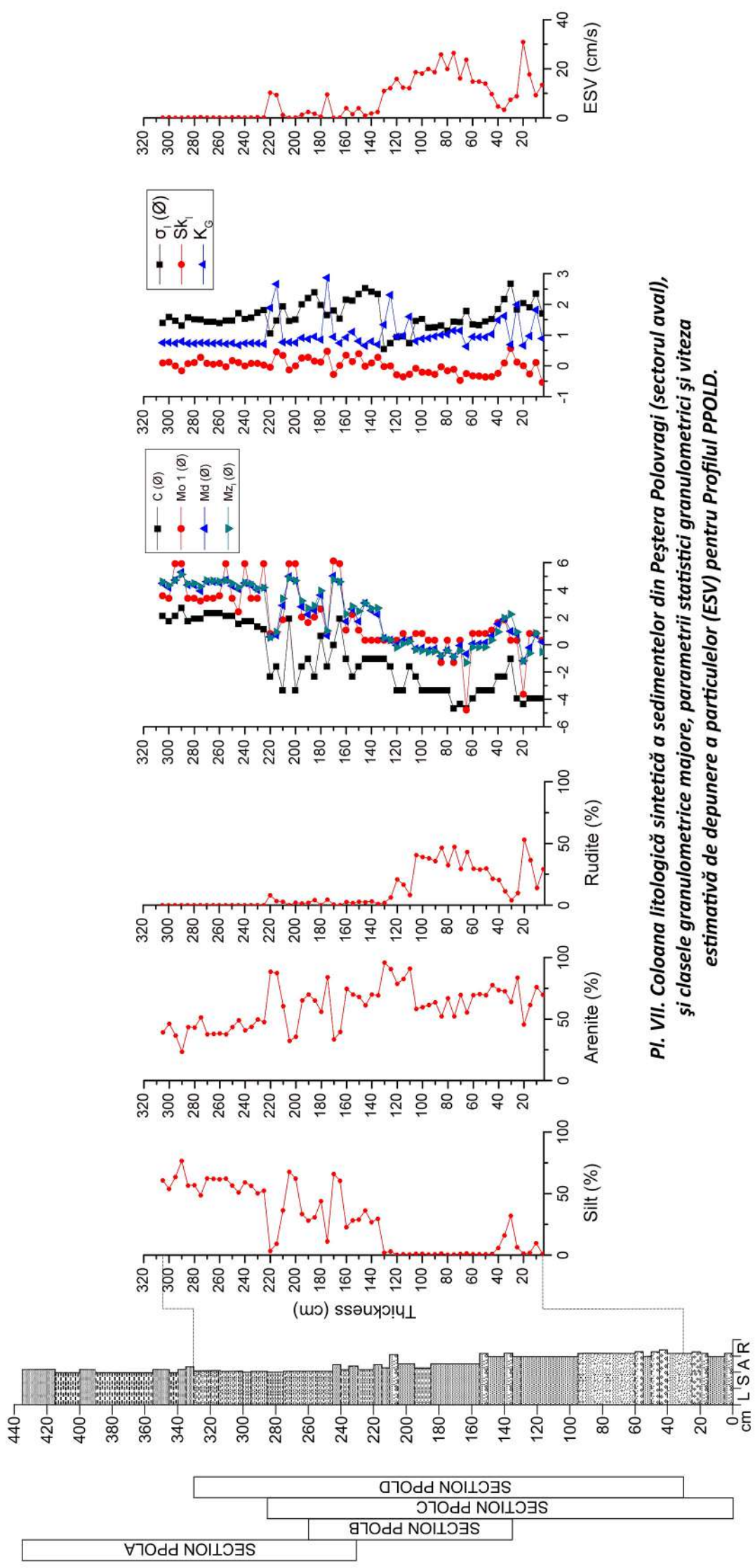
Pl. IV. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulate, a rezultatelor analizelor granulometrice efectuate pe probe prelevate din Profilul PPOLB.



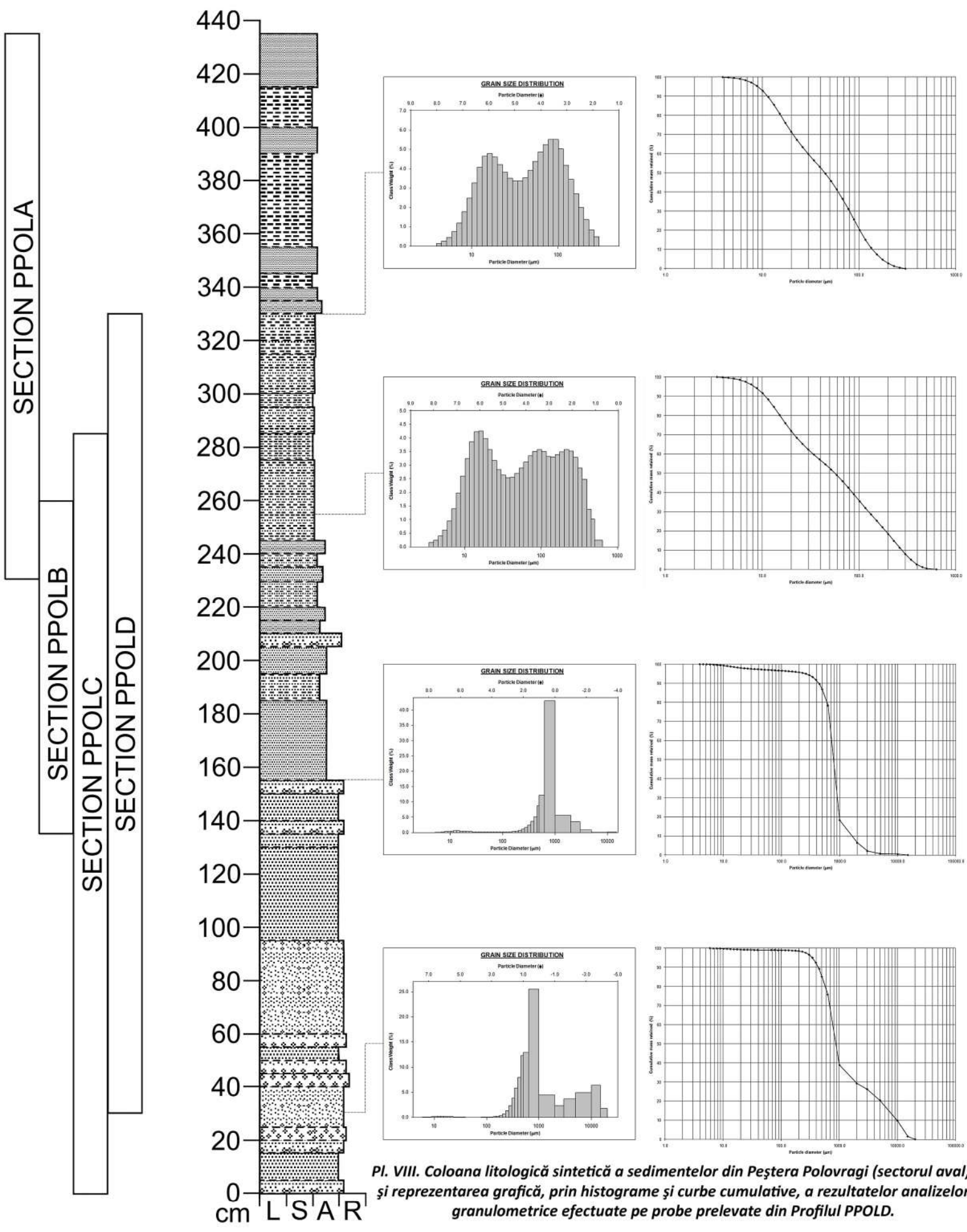
Pl. V. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV) pentru Profilul PPOLC.



Pl. VI. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulative, a rezultatelor analizelor granulometrice efectuate pe probe prelevate din Profilul PPOLC.



Pl. VII. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și clasele granulometrice majore, parametrilor statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV) pentru Profilul PPOLD.



PI. VIII. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulative, a rezultatelor analizelor granulometrice efectuate pe probe prelevate din Profilul PPOLD.

și ruditice (0-53,08%) (Pl. VII).

Depozitele includ mълuri nisipoase, mълuri nisipoase slab pietrișoase, nisipuri mълoase, nisipuri mълoase slab pietrișoase sau pietrișoase, nisipuri slab pietrișoase sau pietrișoase și pietrișuri nisipoase.

Curbele de distribuție granulometrică au în special aspect bi-, tri- sau polimodal (Pl. VIII), și mai rar unimodal. Mo_1 este cuprins între $-3,61\phi$ și $6,14\phi$, Md oscilează între $-1,17\phi$ și $5,31\phi$, iar Mz_1 fluctuează între $-1,30\phi$ și $5,14\phi$. Valorile C , care variază între $-4,64\phi$ și $2,71\phi$ (Pl. VII), împreună cu cele ale parametrilor tendinței centrale, descriu o secvență litologică pozitivă.

Deviația standard (σ_1 : $0,56$ - $2,68\phi$ - Pl. VII) indică un grad variabil de sortare a depozitelor clactice, de la moderat-bun până la slab și foarte slab. Curbele granulometrice au forme variabile, de la foarte negativ asimetrică până la foarte pozitiv asimetrică (Sk_1 : între $-0,54$ și $0,57$), și de la foarte platicurtice la până la foarte leptocurtice (K_G : $0,63$ - $2,87$ - Pl. VII), în strânsă legătură cu energia și competența agentului de transport.

Energia paleomediului depozitional a fost inițial foarte ridicată (ESV : $30,91 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$), dar, în timp, a scăzut radical (ESV : $0,06 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ - Pl. VII). Proiecțiile de pe diagrama Passega (Fig. 1) prezintă un grad relativ ridicat de împrăștiere. Totuși, pot fi remarcate și zone de grupare a punctelor, atestând transportul sedimentar prin rulare și în suspensie. Parametrii sedimentologici încadrează depozitele în litofaciesul *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004).

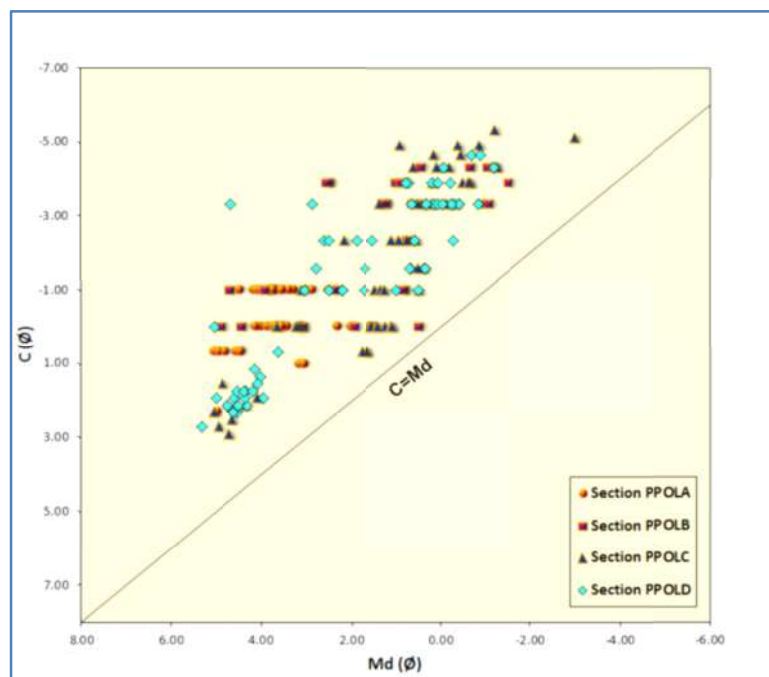


Fig. 1 - Diagrama C/Md (Passega) a sedimentelor clactice din Peștera Polovragi (sectorul aval).

5.1.2. Date geochemice

Pentru studiul conținuturilor procentuale ale diverselor elemente chimice în sedimentele clastice prelevate din sectorul aval al Galeriei Principale, am selectat Profilul PPOLC.

Sodiul variază între 2,02-3,11%, oscilând foarte ușor de-a lungul profilului. Concentrația potasiului fluctuează ușor, între 2,57-3,57%, iar raportul Na/K este dominant subunitar, cuprins între 0,58-0,99 (Pl. IX).

Concentrația magneziului variază între 1,43-3,10%, cu o ușoară tendință de creștere spre topul succesiunii. Conținutul de calciu oscilează între 1,60-4,76%; valorile mai mari se înregistrează în jumătatea superioară a profilului, un procent semnificativ din cantitatea totală de Ca fiind asociat procesului de incaziune care a afectat tavanul și pereții cavității. Raportul Ca/Mg fluctuează între 0,65-1,82% (Pl. IX). Concentrația de stronțiu variază între 0,021-0,033%, iar raportul Ca/Sr fluctuează în limite largi, între 61,85-190,46 (Pl. IX). Sedimentele analizate au furnizat concentrații de bariu cuprinse între 0,07-0,11%. Raportul Ba/Sr variază între 2,59-4,31 (Pl. IX).

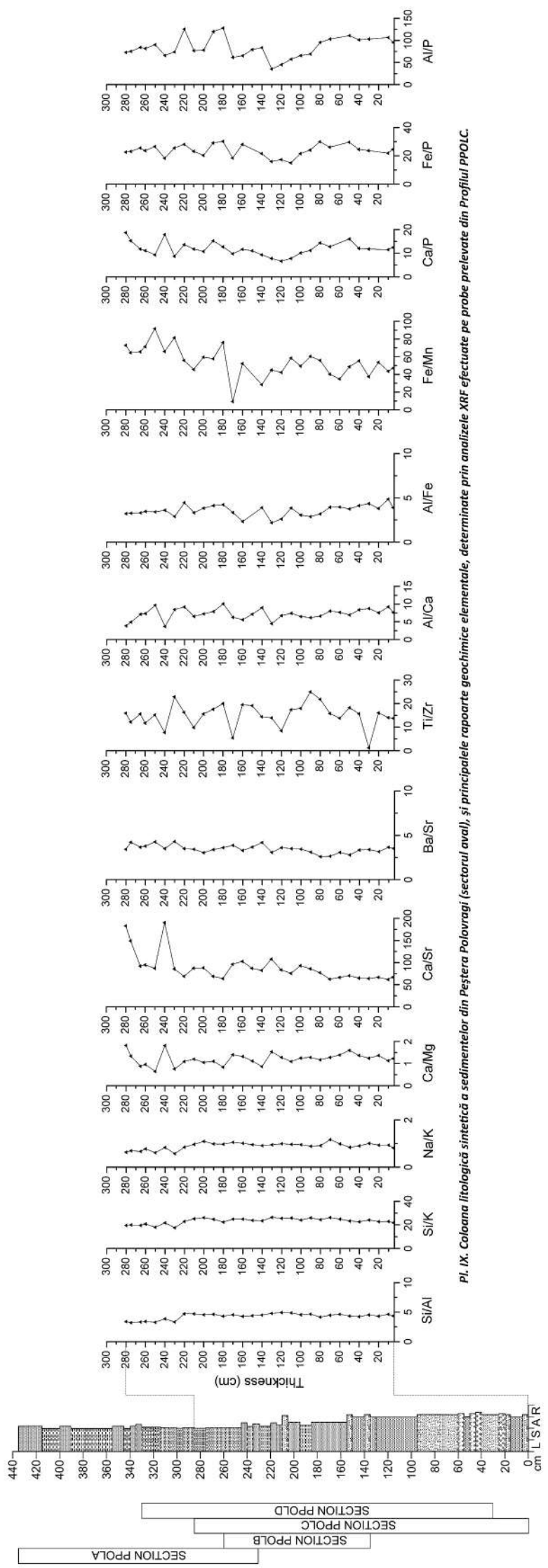
Concentrația de titan oscilează ușor, între 0,19-0,72%, valoarea maximă putând indica un flux detritic de la exterior. Conținutul de zirconiu fluctuează între 0,01-0,18%, iar raportul Ti/Zr oscilează în limite largi, între 1,22-25 (Pl. IX). Concentrația de crom variază între 0,01-0,17%. Conținutul de mangan oscilează între 0,05-0,49%, cu excepția unei probe prelevate de la baza profilului; aceasta prezintă filme de oxizi de Mn, care au ridicat concentrația elementului până la 5,10%. Procentajul de fier este cuprins între 3,18-6,68%; valorile mari obținute pentru raportul Fe/Mn (Pl. IX) sugerează un paleomediul depozitional reducător ($E_h < 0$). Concentrația de zinc fluctuează ușor, încadrându-se în intervalul 0,004-0,013%.

Conținutul de aluminiu se încadrează între 14,12-19,35%. Relația directă dintre Al și sedimentele fine este evidențiată de corelația pozitivă foarte puternică dintre concentrația metalului și conținutul de fracții siltice. Rapoartele Al/Ca (3,69-10,07 - Pl. IX) și Ca/Mg sunt corelate puternic negativ.

Concentrația siliciului oscilează între 62,02-71,76%, iar rapoartele Si/Al (3,24-4,94 - Pl. IX) și Si/K (17,62-26,33 - Pl. IX) prezintă o ușoară tendință de scădere spre topul profilului, și sunt corelate puternic pozitiv.

Conținutul de fosfor variază între 0,12-0,40%, raportul Ca/P fluctuează între 6,66-18,75, iar raportul Fe/P oscilează între 14,94-30,19 (Pl. IX). Corelația pozitivă puternică dintre concentrațiile P și Fe indică o participare importantă a P legat de Fe în diverse specii minerale. În depozitele Profilului PPOLC a fost înregistrat un conținut de Cl de 0,01-0,15%.

Într-o serie de probe, au mai fost decelate și următoarele elemente chimice: Rb (0,02%), Y (0,004%), Ce (0,04%), Nb (0,003-0,004%), Co (0,03-0,09%), Ni (0,001-0,006%), Cu (0,01%), Cd (0,01%), S (0,013-0,017%) și F (0,23%).



Pl. IX. Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și principalele rapoarte geochimice elementale, determinate prin analizele XRF efectuate pe probe prelevate din Profilul PPOLC.

5.1.3. Conținutul total de materie organică

Conținutul total de materie organică fluctuează între 1,39-3,07% (în cazul Profilului PPOLA), și, respectiv, între 0,97-2,75% (pentru Profilul PPOLB), între 0,65-3,67% (pentru Profilul PPOLC) și între 0,87-3,06% (pentru Profilul PPOLD).

Procentajul de materie organică al petrotipurilor fine este mai ridicat; conținutul de materie organică se corelează puternic pozitiv cu cel de fracții siltice, și puternic negativ cu cel de fracții arenitice.

5.1.4. Proprietăți magnetice

Profilul PPOLA - Susceptibilitatea magnetică (k) variază între $1,28 \cdot 10^{-7}$ - $4,75 \cdot 10^{-7}$ m^3kg^{-1} (Fig. 2). Valorile mai ridicate ale k sugerează alterarea mai intensă a ariei-sursă. Valorile foarte reduse ale dependenței de câmp a susceptibilității magnetice (fd), cuprinse între -0,79% și 0,18%, sugerează absența pirotitului, iar cele ale dependenței de frecvență (kd_{12} : 2,13-3,24%; kd_{13} : între -3,17% și 1,73% - Fig. 2) indică lipsa magnetitului pedogenetic fin, superparamagnetic.

Profilul PPOLB - Susceptibilitatea magnetică oscilează puternic, între $1,30 \cdot 10^{-7}$ - $15,30 \cdot 10^{-7}$ m^3kg^{-1} (Fig. 3), conturând imaginea unui paleomediului depozițional dinamic și variabil.

Lipsa pirotitului este indicată de valorile reduse ale parametrului fd (cuprinse între -0,40% și 0,58%), iar absența magnetitului este sugerată de valorile scăzute ale parametrului kd_{12} (1,38-2,50% - Fig. 3).

Profilul PPOLC - Susceptibilitatea magnetică variază amplu, între $1,08 \cdot 10^{-7}$ - $68,60 \cdot 10^{-7}$ m^3kg^{-1} (Fig. 4), prezentând un interval relativ extins cu fluctuații importante și valori mai mari, ce pot fi atribuite unor creșteri ale ratei de alterare a ariei-sursă.

Valorile reduse ale parametrului fd (cuprinse între -0,69% și 1,53%) sugerează absența pirotitului, iar cele ale parametrului kd_{12} (1,08-3,80% - Fig. 4) indică lipsa magnetitului.

Profilul PPOLD - Susceptibilitatea magnetică variază puternic, între $1,62 \cdot 10^{-7}$ - $55,77 \cdot 10^{-7}$ m^3kg^{-1} (Fig. 5). Baza profilului este marcată de oscilații ample ale k , și de valori mai mari ale acesteia, înregistrate ca efect al unei rate mai mari de alterare a ariei-sursă.

Parametrii fd și kd fluctuează în intervale strânse și au valori reduse - cele ale fd (cuprinse între -0,58% și 1,28%) indică lipsa pirotitului, iar cele ale kd_{12} (1,63-3,75% - Fig. 5) sugerează absența magnetitului.

Pentru toate secțiunile sedimentare studiate, susceptibilitatea magnetică a petrotipurilor grosiere este mai ridicată decât a celor fine.

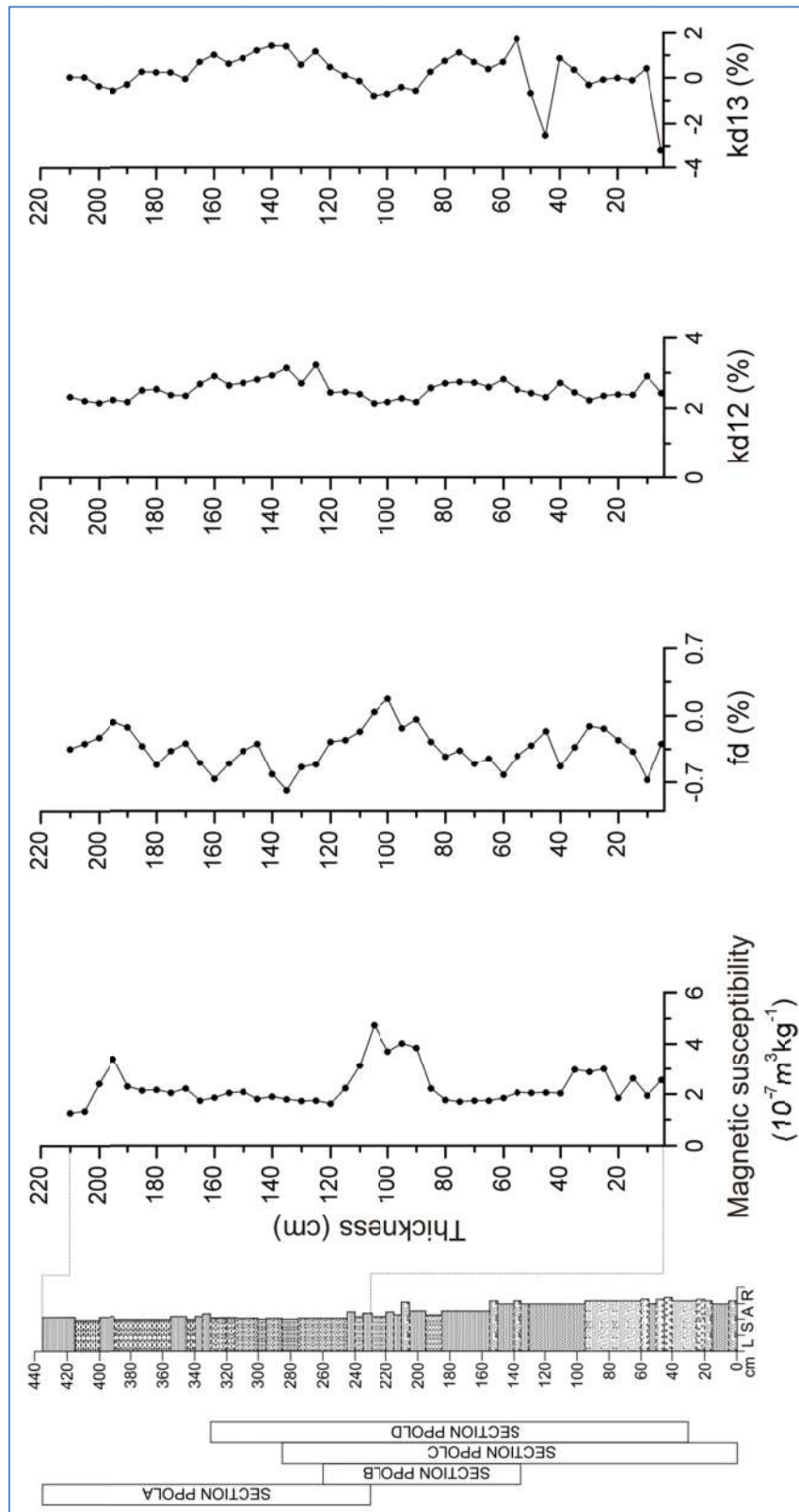


Fig. 2 - Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și proprietățile magnetice ale depozitelor Profilului PPOLA.

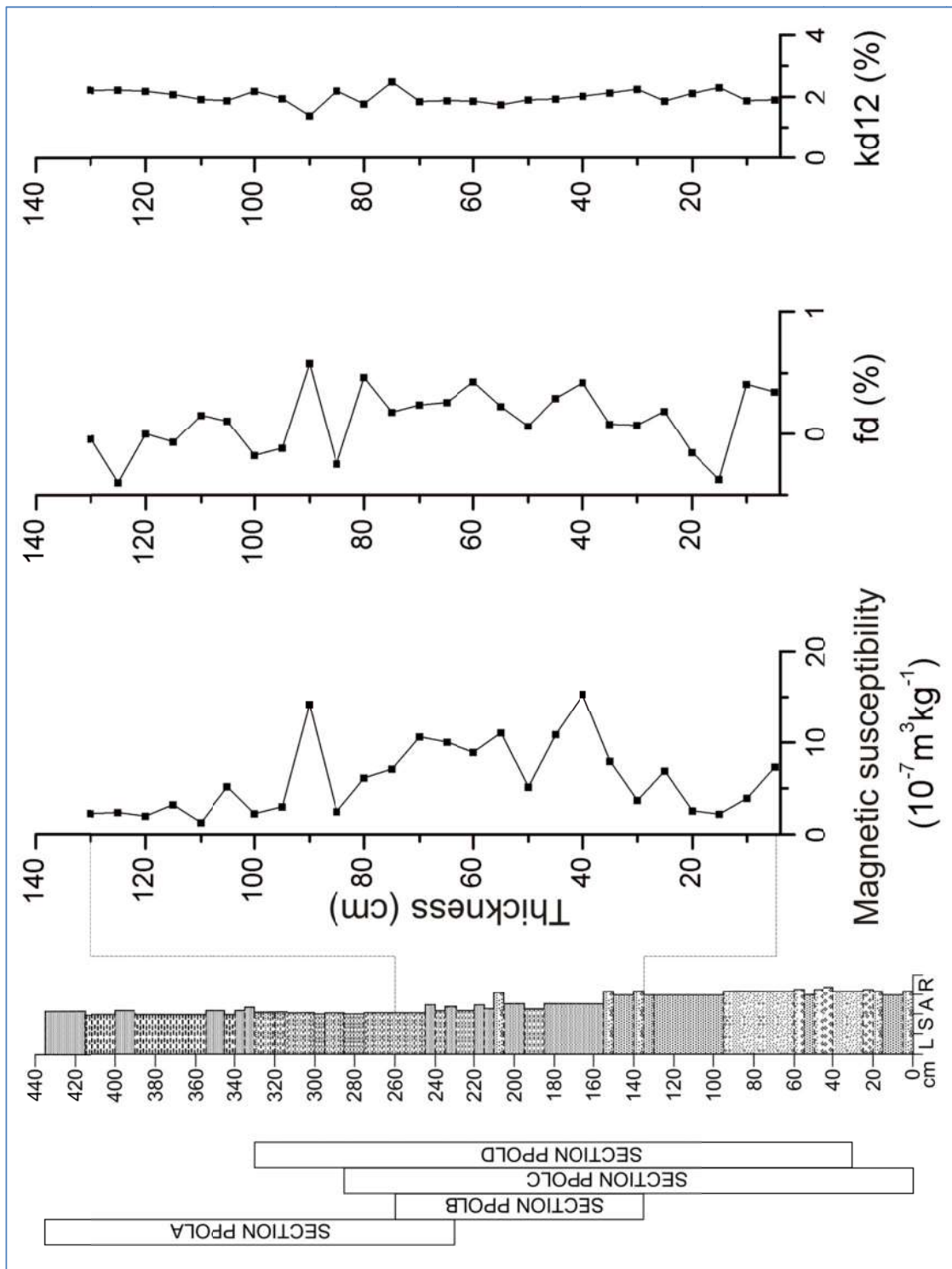


Fig. 3 - Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și proprietățile magnetice ale depozitelor Profilului PPOLB.

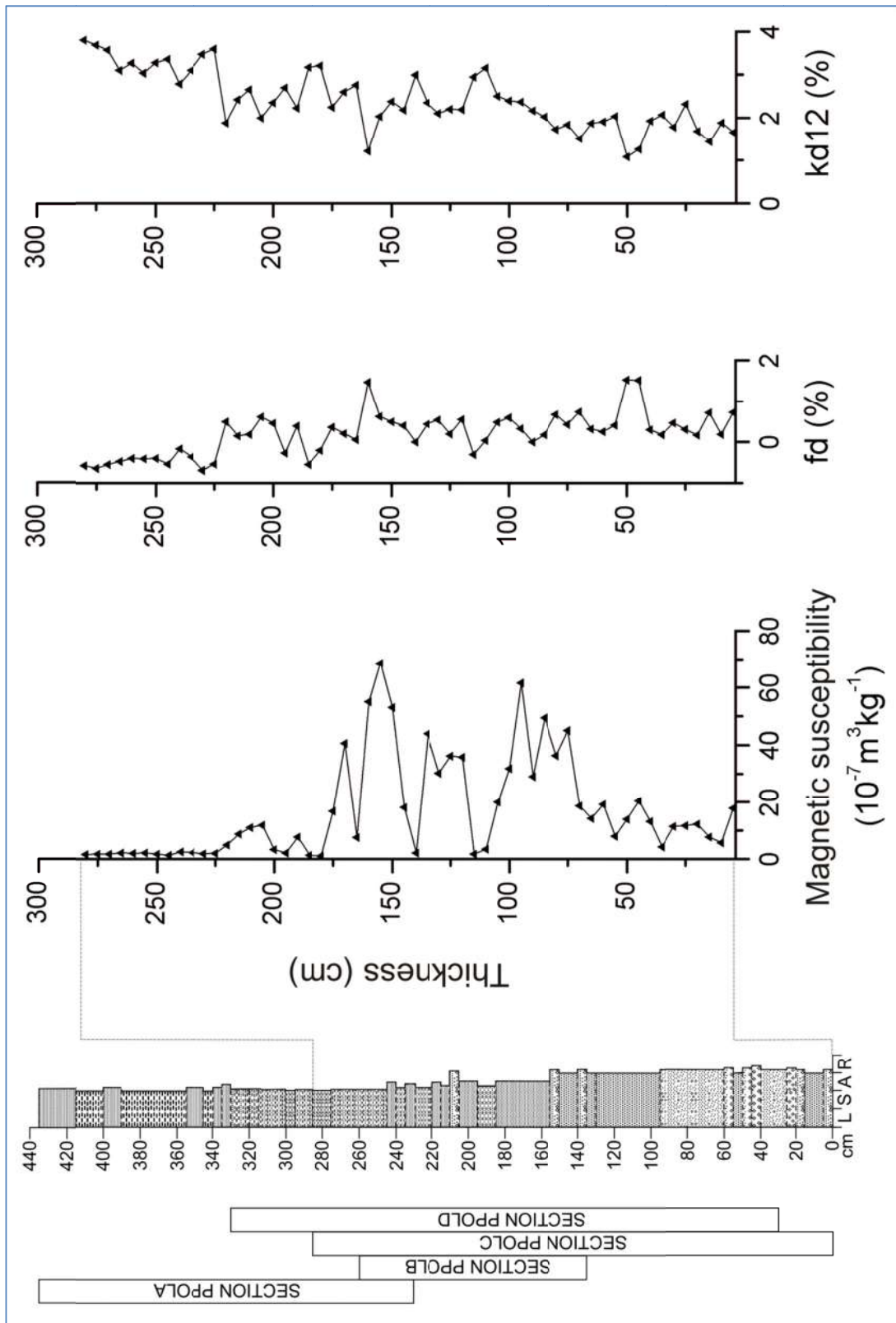


Fig. 4 - Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și proprietățile magnetice ale depozitelor Profilului PPOLC.

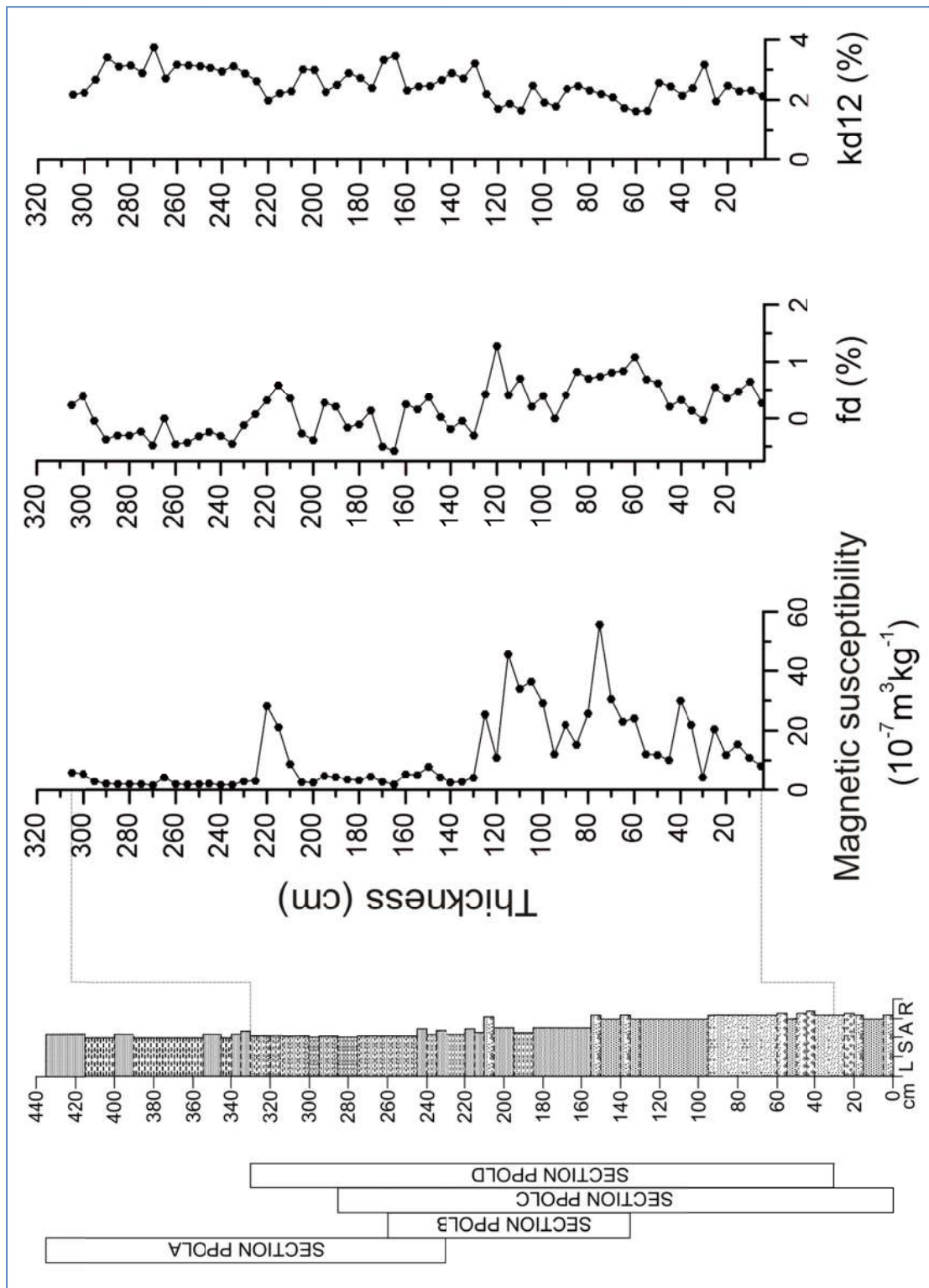


Fig. 5 - Coloana litologică sintetică a sedimentelor din Peștera Polovragi (sectorul aval), și proprietățile magnetice ale depozitelor Profilului PPOLD.

5.2. Investigații în Peștera cu Oase

5.2.1. Faciesuri și secvențe clastice

Pentru o interpretare adecvată a proceselor depoziționale, și a variațiilor paleoclimatice și paleohidrologice care le-au influențat, în cadrul coloanei litologice a depozitelor clastice care constituie umplutura sedimentară a Puțului din Peștera cu Oase (Pl. X) au fost delimitate 7 unități litologice (A-G).

Unitatea A

Unitatea A, de la baza Profilului 1PO, cu grosimea de 4,41 m, cuprinde 2 subunități cu granoclasare normală și structură masivă.

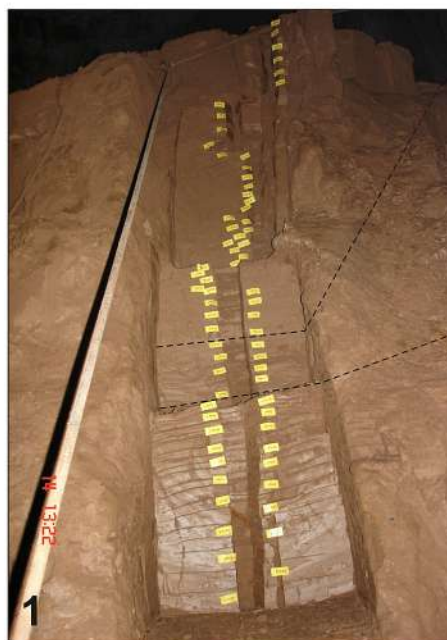
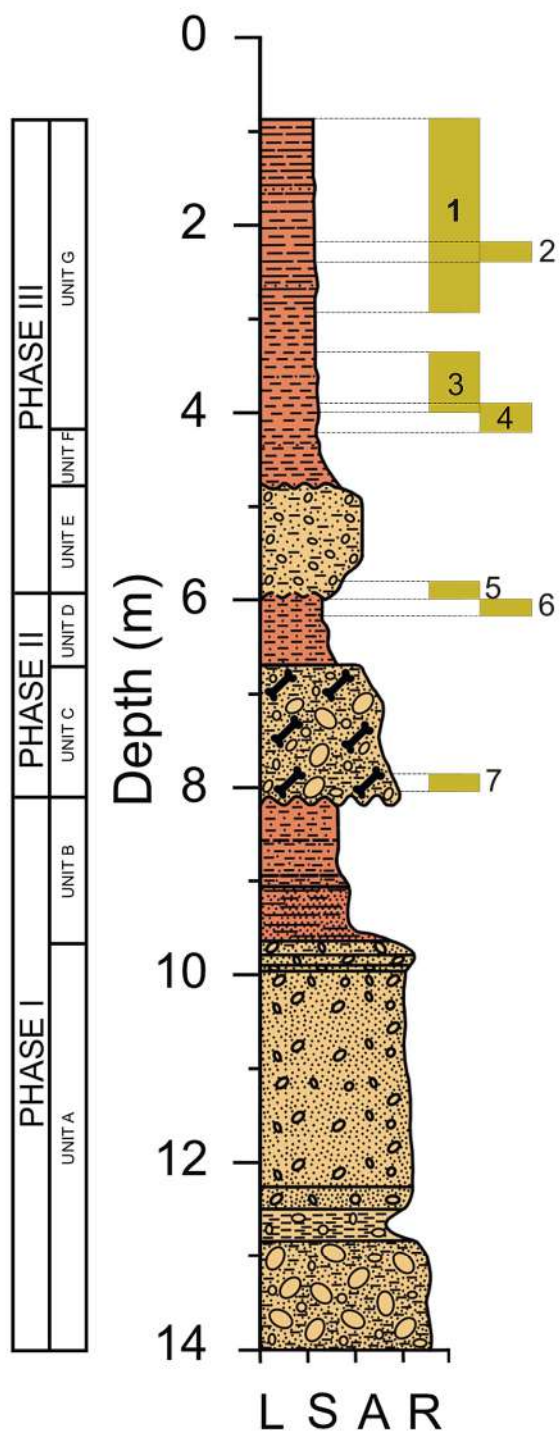
Petrotipurile prezintă procentaje diverse (Pl. XI) de fracții ruditice (0,5-77,3%), arenitice (16,3-98%), siltice (1,4-47,4%) și lutitice (0-0,1%) (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Depozitele (Pl. XIII), cu aspect brecios, sunt reprezentate de pietrișuri nisipoase, pietrișuri nisipoase mârloase, nisipuri slab pietrișoase sau pietrișoase, nisipuri mârloase slab pietrișoase sau pietrișoase și mâruri pietrișoase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Sursele și procesele sedimentare variate sunt reflectate de curbele de distribuție granulometrică bi-, tri- sau polimodale (Pl. XII). Mo₁ (Pl. XI) este cuprins între -5,41Ø și +6,14Ø, Md oscilează între -4,55Ø și +3,84Ø, iar Mz₁ variază între -3,30Ø și +3,39Ø (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Valorile C fluctuează între -5,32Ø și 0Ø (Pl. XI).

Sortarea depozitelor clastice, estimată pe baza deviației standard (σ : 1,84-3,61Ø - Pl. XI), este slabă sau foarte slabă; gradul de sortare crește odată cu procentajul de fracții fine, și scade cu conținutul de fracții grosiere.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme cu asimetrie de la foarte negativă sau negativă (Sk_i : între -0,54 și -0,21), până la pozitivă sau foarte pozitivă (Sk_i : de la +0,19 până la +0,75), și, respectiv, de la foarte platicurtice, platicurtice (K_G : 0,54-0,80) sau mezocurtice (K_G : 1,09), până la leptocurtice sau foarte leptocurtice (K_G : 1,26-2,09 - Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Viteza estimativă de depunere a particulelor conturează un paleomediu depozițional cu energie variabilă (ESV: 0,40-105,70 cm*s⁻¹ - Pl. XI), mai ridicată la baza unității. Diagrama Passega (Fig. 6), prezintă un grad ridicat de împrăștiere a proiecțiilor; totuși, pe baza diagramei se pot deduce următoarele mecanisme de transport: rulare, rulare și suspensie, suspensie și rulare, și suspensie gradată. Parametrii sedimentologici descriu un litofacies diamictic (cf. BOSCH & WHITE, 2004), sugerând implicarea unui eveniment paleohidrologic de energie ridicată (a unei paleoinundații) în declanșarea unei curgeri debritice de tip *clast-supported*.



Pl. X. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1PO (Pușul) din Peștera cu Oase; sunt delimitate fazele depozitionale majore și sunt ilustrate poziția stratigrafică a unităților litologice și aspectul de detaliu al depozitelor. Foto: 1. topul unității G (litofacies: backswamp/slackwater); 2. detaliu al imaginii 1 (litofacies: backswamp); 3. baza unității G (litofacies: backswamp/slackwater); 4. litofacies de tip slackwater, la limita dintre unitățile G și F (marcată de linia întreruptă); 5. baza unității E (litofacies: diamicton) și topul unității D (litofacies: backswamp) (limita dintre unități: linia sinuoasă întreruptă); 6. topul unității D (litofacies: backswamp), la contactul cu depozitele diamictice ale unității E; 7. baza unității C (litofacies: diamicton) (după CONSTANTIN et al., 2012, cu modificări).

Unitatea B

Unitatea B, cu grosimea de 1,56 m și granoclasare normală, prezintă structură laminară (la bază) sau masivă (în restul succesiunii).

Petrotipurile cuprind fracții arenitice (10,3-50,8%), siltice (48,2%-89,6%) și lutitice (0,1-1%) (Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII) sunt reprezentate de nisipuri măloase și mături nisipoase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt bimodale pentru toate probele prelevate din unitatea B, cu excepția celei prelevate de la topul unității, a cărei distribuție granulometrică este unimodală. Parametrii tendinței centrale (Pl. XI) variază în următoarele intervale: Mo 1: 2,03-6,34 \emptyset ; Md: 3,89-6,13 \emptyset ; Mz₁: 4,24-5,86 \emptyset (CONSTANTIN *et al.*, 2012), iar C oscilează între 1-3,30 \emptyset (Pl. XI).

Depozitele sunt slab sau foarte slab sortate (σ_1 : 1,30-2,27 \emptyset - Pl. XI); gradul de sortare crește spre topul unității, odată cu conținutul de fracții siltice.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme cu asimetrie negativă (Sk_1 : între -0,30 și -0,13) sau pozitivă (Sk_1 : +0,22), foarte platicurtice, platicurtice (K_G : 0,66-0,90 - Pl. XI) sau mezocurtice (K_G : 0,93-1,04) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Energia paleomediului depozițional s-a diminuat de la baza unității B (ESV: 0,38 cm*s⁻¹) spre topul acesteia (ESV: 0,02-0,04 cm*s⁻¹). Gruparea proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 6) sugerează un transport sedimentar desfășurat majoritar în suspensie uniformă și pelagică (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Depozitele au fost încadrate într-un litofacies de tip *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004). Depozitele grosiere ale unității A, și cele fine ale unității B, care constituie în ansamblu o secvență litologică pozitivă, atestă tranziția de la un paleomedium de energie ridicată la unul liniștit, și sunt asociate primului eveniment depozițional înregistrat de Puțul din Peștera cu Oase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Unitatea C

Unitatea C, groasă de 1,46 m, granoclasată normal, prezintă structură masivă, compactă. Petrotipurile includ fracții ruditice (1,8-77,8%), arenitice (7,9-45,9%), siltice (14,3-71,1%) și lutitice (0-4,1% - Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII), cu aspect breicios, sunt reprezentate de pietrișuri măloase, nisipuri măloase pietrișoase, mături nisipoase slab pietrișoase și mături pietrișoase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt uni-, tri- sau polimodale. Mo 1 este cuprins între -4,48 și +6,14 \emptyset , Md variază între -4,11 \emptyset și +5,34 \emptyset , iar Mz₁ fluctuează între -1,83 \emptyset și +5,02 \emptyset . Valorile C evoluează de la -4,32 \emptyset la baza unității, la -1,58 \emptyset la topul acesteia (Pl. XI).

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Sortarea depozitelor este foarte slabă sau extrem de slabă (σ_i : 2,12-4,41 \emptyset - Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012); depozitele mai fine sunt mai bine sortate.

Distribuțiile granulometrice sunt redată de curbe cu asimetrie pozitivă sau foarte pozitivă (Sk_i : între +0,26 și +0,91), foarte negativă sau negativă (Sk_i : între -0,45 și -0,14 - Pl. XI), majoritar foarte platicurtice sau platicurtice (K_G : 0,57-0,84 - Pl. XI), dar și leptocurtice sau foarte leptocurtice (K_G : 1,24-2,47) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Energia paleomediului depozițional s-a redus puternic de la baza unității spre topul acesteia (ESV scade de la 93,49 $cm*s^{-1}$ la 0,06 $cm*s^{-1}$ - Pl. XI). Împrăștierea accentuată a proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 6) ilustrează variațiile energetice ale paleomediului depozițional. Luând în considerare oscilațiile parametrilor sedimentologici, se poate afirma că litofaciesul diamictic (cf. BOSCH & WHITE, 2004) al unității C denotă un alt eveniment rapid de energie ridicată, o curgere debritică de tip *clast-supported*, asociată unei paleo-inundații. Aportul sedimentar în Puț s-a desfășurat, probabil, în manieră submersă.

Unitatea D

Groasă de 0,69 m, unitatea D prezintă granoclasare normală și structură masivă.

Petrotipurile sunt constituite din fracții arenitice (2,6-12,9%), siltice (86,8-97,1%) și lutitice (0-0,3% - Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII) sunt reprezentate de mълuri nisipoase și mълuri (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt uni- sau bimodale. Mo_1 variază între 5,94-6,14 \emptyset , Md oscilează între 5,65-5,97 \emptyset , iar Mz_1 fluctuează între 5,59-5,96 \emptyset (Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Valorile C sunt cuprinse între 3,30-3,89 \emptyset (Pl. XI).

Sortarea depozitelor este slabă (σ_i : 1,08-1,36 \emptyset - Pl. XI), cu precizarea că depozitele mai fine sunt superior sortate.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme simetrice (Sk_i : între -0,09 și +0,02), platicurtice sau mezocurtice (K_G : 0,83-0,99 - Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Valorile ESV (0,02-0,04 $cm*s^{-1}$ - Pl. XI), indică o energie scăzută a paleomediului depozițional. Gruparea proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 6) ilustrează transportul sedimentar în suspensie pelagică. Depozitele sunt tipice pentru tipul litofaciesal *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004). Parametrii granulometrici încadrează succesiunea corespunzătoare unităților C și D în categoria secvențelor litologice pozitive. Depozitele grosiere ale unității C, și cele fine ale unității D, ilustrează tranziția de la un paleomedium foarte dinamic la unul liniștit, și sunt asociate celui de-al doilea eveniment depozițional înregistrat de Puțul din Peștera cu Oase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Unitatea E

Unitatea E, cu grosimea de 1,16 m, prezintă granoclasare normală și structură masivă.

vă. Petrotipurile includ fracții ruditice (0-29,7%), arenitice (0,6-33,7%), siltice (36,9-99,4%) și lutitice (0-0,2% - Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII), cu aspect breicios, sunt reprezentate de mълuri nisipoase slab pietrișoase, mълuri pietrișoase și mълuri (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt uni-, bi-, tri- sau polimodale. Parametrii tendinței centrale (Pl. XI) prezintă următoarele valori: M_o 1: de la -4,78 \emptyset până la +6,34 \emptyset , M_d : 0,44-6,06 \emptyset , M_z : 1,50-6,05 \emptyset (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Valorile C oscilează între -4,64 \emptyset și 4,28 \emptyset (Pl. XI). Gradul de sortare a depozitelor fluctuează de la slab sau extrem de slab (σ : 1,01-4,05 \emptyset - Pl. XI) până la moderat (σ : 0,90 \emptyset) (CONSTANTIN *et al.*, 2012); depozitele mai fine sunt mai bine sortate. Aspectul curbelor de distribuție granulometrică variază, de la forme foarte negativ asimetriche (Sk_f : între -0,58 și -0,38) și pozitiv asimetriche (Sk_f : +0,29), până la forme simetrice (Sk_f : între -0,06 și 0), și de la forme foarte leptocurtice (K_G : 1,69), foarte platicurtice sau platicurtice (K_G : 0,59-0,74), la forme mezocurtice (K_G : 0,96-1,04) (Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

ESV oscilează într-un interval limitat - 0,02-0,37 $cm \cdot s^{-1}$ (Pl. XI) - cu excepția topului unității, pentru care valoarea înregistrată (11,38 $cm \cdot s^{-1}$) indică un paleomediul depozițional mai dinamic. Împrăștierea proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 6) sugerează fluctuațiile energetice ale paleomediului depozițional clastice. Parametrii sedimentologici descriu un litofacies diamictic (cf. BOSCH & WHITE, 2004), asociat unei curgeri mълoase, de tip *matrix-supported*, care a urmat unei alte paleoinundații. Aportul sedimentar în Puț s-a desfășurat, probabil, tot în manieră submersă.

Unitatea F

Unitatea F, groasă de 0,56 m, prezintă granoclasare normală și structură masivă.

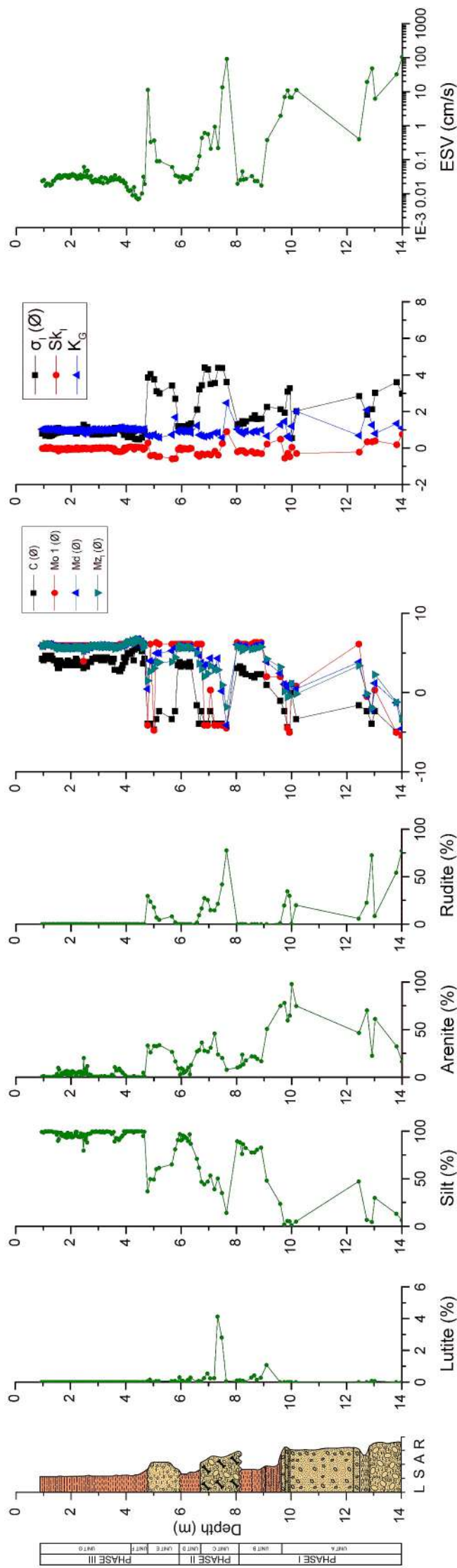
Petrotipurile sunt constituite majoritar din fracții siltice (98,63-100%), cu excepția unei probe care conține și fracții arenitice (1,37% - Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII) cuprind exclusiv mълuri roșii (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt unimodale. M_o variază între 6,34-6,73 \emptyset , M_d - între 6,20-6,75 \emptyset , iar M_z - între 6,17-6,75 \emptyset (Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Valorile C oscilează între 4,08-5,85 \emptyset (Pl. XI).

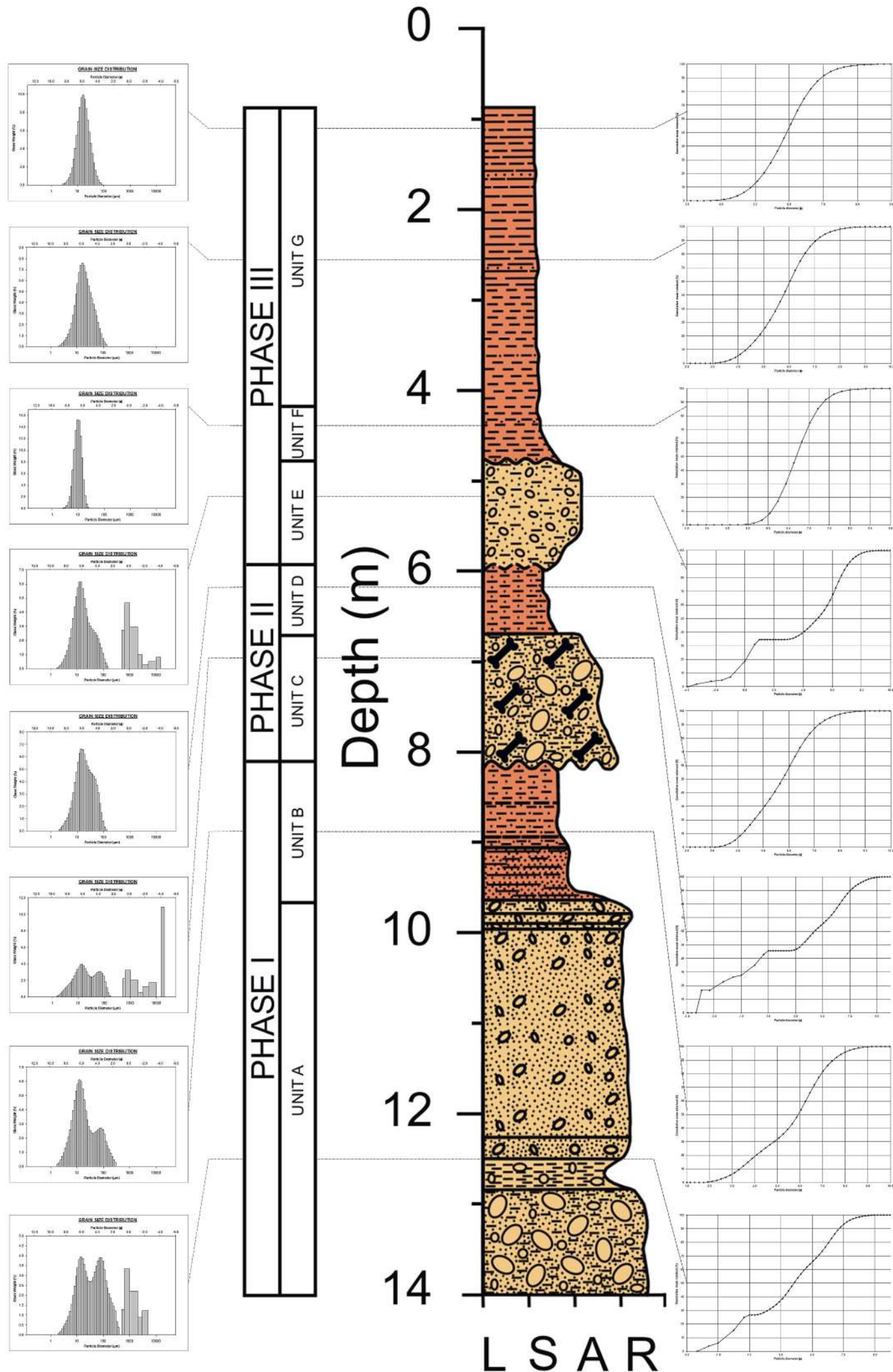
Depozitele sunt sortate bine sau relativ bine (σ : 0,49-0,71 \emptyset) până la moderat (σ : 0,77-0,93 \emptyset - Pl. XI). Aportul de fracții arenitice scade gradul de sortare, iar participarea fracțiilor siltice îl crește.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă exclusiv forme simetrice (Sk_f : între -0,05 și +0,08) și mezocurtice (K_G : 1,01-1,09 - Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

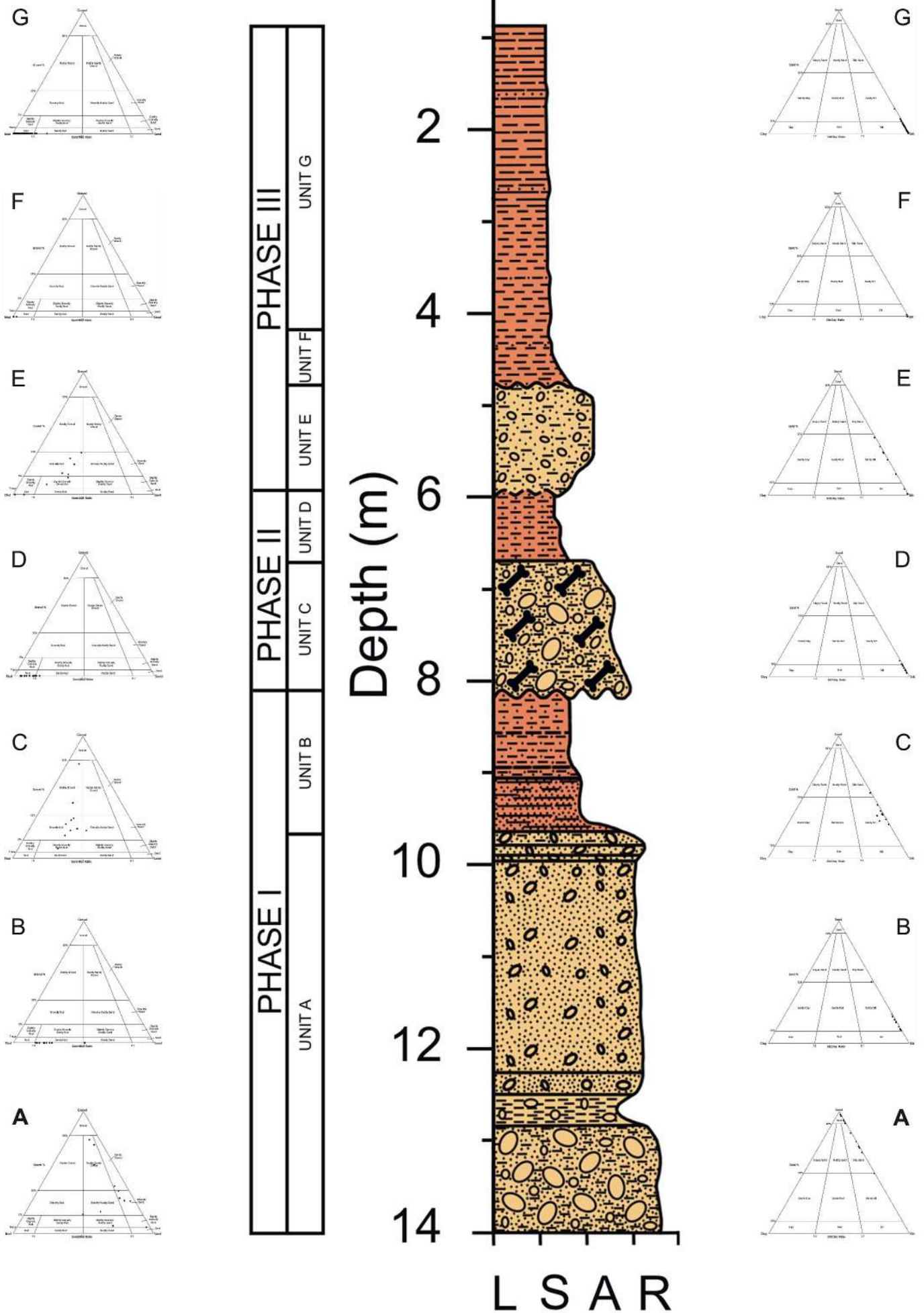
Energia paleomediului depozițional s-a menținut redusă (ESV: 0,01-0,02 $cm \cdot s^{-1}$ - Pl. XI). Gruparea proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 6) indică prevalența suspensiei pela-



Pl. XI. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1PO (Puțul) din Peștera cu Oase, și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV).



Pl. XII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1 PO (Puțul) din Peștera cu Oase, și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulative, a rezultatelor analizelor granulometrice.



Pl. XIII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1 PO (Puțul) din Peștera cu Oase, și diagramele texturale “pietriș/nisip/mâl” și “nisip/silt/argilă”, realizate pentru fiecare unitate litologică, după modelul propus de FOLK (1954).

gice în transportul sedimentar. Depozitele unității F au fost atribuite litofaciesului *slackwater* (cf. BOSCH & WHITE, 2004).

Unitatea G

Unitatea G, cu grosimea de 3,22 m, prezintă, în ansamblu, granoclasare normală și laminație fină pe ultimii 2 m, de la top, care ilustrează schimbările periodice, calitative și cantitative, ale detritusului levigat din solul de la suprafață și transportat în peșteră.

Petrotipurile sunt constituite din fracții siltice (79,7-100%) și arenitice (0-20,3% - Pl. XI). Depozitele (Pl. XIII) sunt reprezentate de mълuri, cu intercalații de mълuri nisipoase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XII) sunt în special unimodale, dar și bimodale. Mo 1 este cuprins între 3,99-6,14 ϕ , Md variază între 5,26-6,19 ϕ , iar Mz₁ fluctuează între 5,23-6,19 ϕ (Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012). Valorile C oscilează între 2,71-4,67 ϕ (Pl. XI).

Depozitele prezintă sortare slabă (σ_1 : 1-1,28 ϕ), moderată (σ_1 : 0,73-0,99 ϕ) sau relativ bună (σ_1 : 0,67-0,70 ϕ - Pl. XI); depozitele mai fine sunt mai bine sortate.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme simetrice (Sk_1 : între -0,09 și +0,04) sau negativ asimetrice (Sk_1 : între -0,19 și -0,12), mezocurtice (K_G : 0,92-1,11), leptocurtice (K_G : 1,12-1,14) sau platicurtice (K_G : 0,78-0,86 - Pl. XI) (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

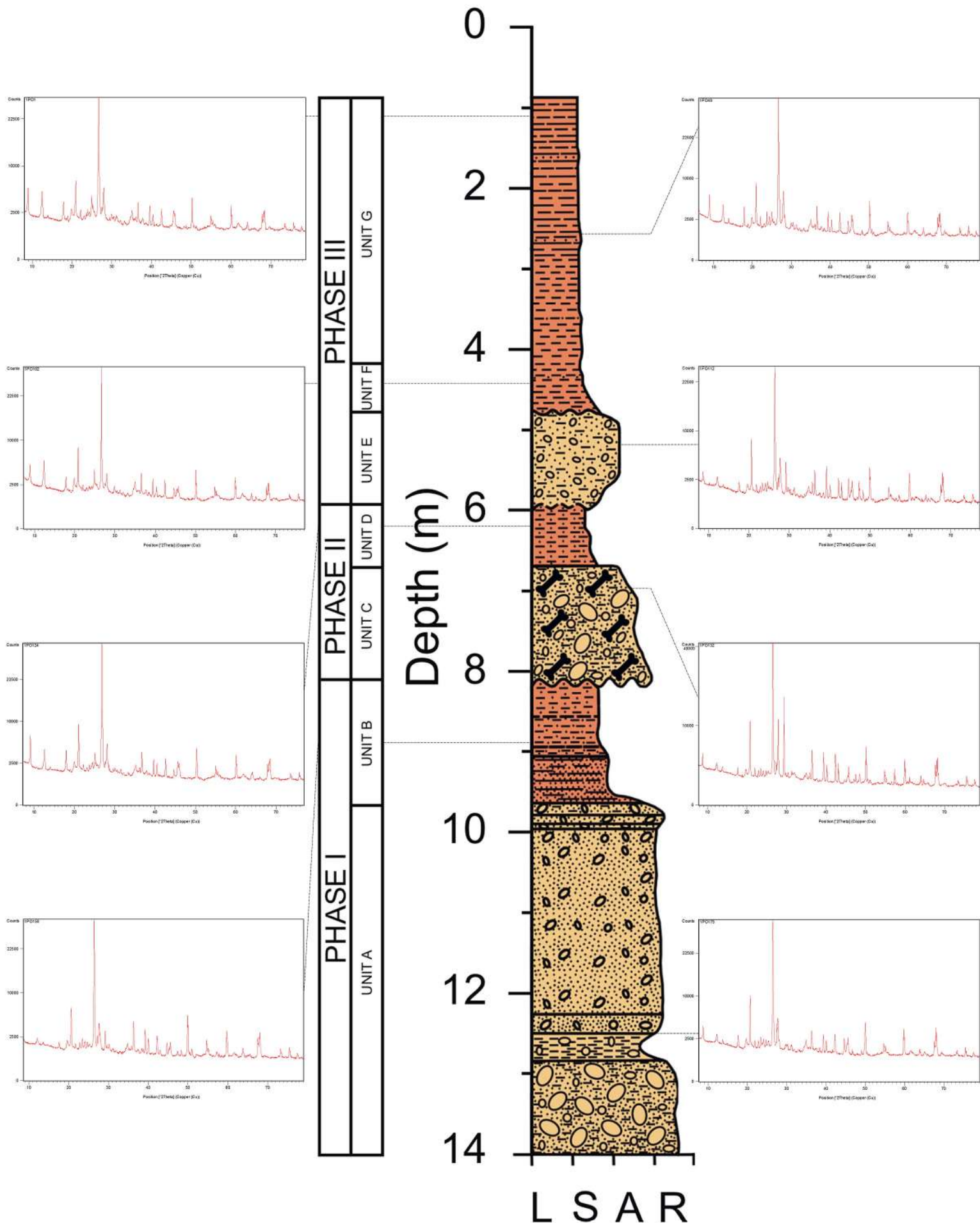
Valorile ESV (0,02-0,06 cm*s⁻¹ - Pl. XI) atestă în continuare o energie scăzută a paleomediului depozițional. Diagrama Passega (Fig. 6) evidențiază rolul esențial al suspensiei pelagice în transportul sedimentar.

Parametrii sedimentologici indică un litofacies de tip *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), dezvoltat într-un paleomediu depozițional liniștit. Depozitele de la topul unității, mai bine sortate, pot fi atribuite tipului litofaciesal *slackwater* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), asociat unui paleomediu depozițional mai dinamic decât cel anterior (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

Parametrii sedimentologici încadrează succesiunea corespunzătoare unităților E-G în categoria secvențelor litologice pozitive. Depozitele grosiere ale unității E, și cele fine ale unităților F și G, ilustrează tranziția de la un paleomediu mai dinamic la unul liniștit, și au fost atribuite celui de-al treilea eveniment depozițional înregistrat de Puțul din Peștera cu Oase (CONSTANTIN *et al.*, 2012).

5.2.2. Date mineralogice

Analizele difractometrice (XRD), efectuate pe probe globale, au condus la identificarea unei asociații mineralogice dominate de cuarț și muscovit, însoțite de illit, caolin, smectit, hematit, magnetit și calcit.



Pl. XIV. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1 PO (Puțul) din Peștera cu Oase, și difractogramele unor probe reprezentative.

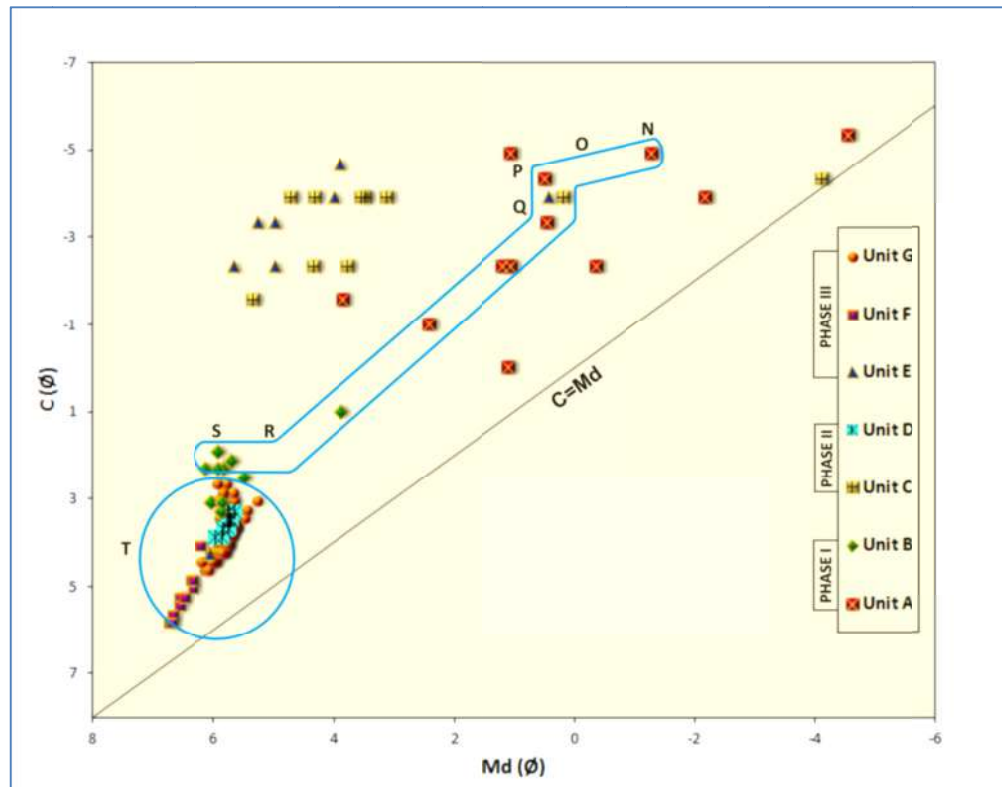


Fig. 6 - Diagrama C/Md (Passega) a sedimentelor Profilului 1PO (Puțul) din Peștera cu Oase (după CONSTANTIN et al., 2012).

5.2.3. Date de calcimetrie

Depozitele prezintă variații importante ale conținutului carbonatic (PANAIOTU et al., 2012), de la valorile foarte scăzute (~0,1%) înregistrate pentru unitățile F și G, la valorile ridicate (~10%) obținute în special pentru unitățile B-E.

Persistența valorilor reduse ale conținutului de CaCO_3 în cadrul unităților F și G indică proveniența sedimentelor fine din alterarea unor roci parentale cu conținuturi carbonatice foarte scăzute sau din soluri (CONSTANTIN et al., 2012; PANAIOTU et al., 2012).

Conținutul carbonatic al unităților B și D poate fi explicat de alimentarea Puțului cu produse de alterare (detritus calcaros fin și fragmente de speleoteme). Valorile ridicate ale conținutului carbonatic înregistrate pentru unitățile C și E sunt determinate de prezența unor claste calcaroase, asociate cu procese de incaziune.

5.2.4. Date geochemice

Conținutul de sodiu variază între 0,42-2,31%, cu fluctuații slabe de-a lungul profilului. Concentrația potasiului, corelată pozitiv puternic cu Md și Mz_1 , oscilează între 0,45-3,05%. Raportul Na/K este cuprins majoritar între 0,17-0,76; probe din unitățile A și B au furnizat și valori supraunitare (1,05-3,30).

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Conținutul de magneziu fluctuează între 0,25-2,22%, și este corelat pozitiv cu cel de K. Concentrația calciului oscilează între 0,35-63,36%; prezența unor fragmente calcaroase sau de speleoteme calcitice a determinat conținuturile de Ca semnificativ mai mari, înregistrate în cadrul unităților C și E. Raportul Ca/Mg fluctuează în limite largi, între 0,45-61,58 (Pl. XV). Concentrația de stronțiu variază de la valori majoritare de 0,004-0,055%, până la valoarea maximă de 0,150%. Raportul Ca/Sr fluctuează puternic, între 6,71-1289,48. Conținutul de bariu, corelat pozitiv cu Md și Mz₁, oscilează între 0,03-0,10%. Raportul Ba/Sr fluctuează între 0,59 și 1,15-7,08 (valori majoritare).

Concentrația de titan, corelată pozitiv cu cea a K, Mg și Ba, variază între 0,08-0,94%. Conținutul de zirconiu oscilează, de la 0,01-0,06% (valori majoritare) până la valoarea maximă de 0,31%, iar raportul Ti/Zr fluctuează între 1,91-32,11. Concentrația de crom, corelată negativ cu Md și Mz₁, variază între 0,01-0,13%. Conținutul de mangan oscilează între 0,04-0,50%, iar cel de fier, corelat pozitiv cu concentrațiile K, Mg, Ba și Ti, este cuprins între 1,06-7,56%. Raportul Fe/Mn fluctuează între 7,49-126,12 (Pl. XV), valorile mari obținute indicând un paleomediu depozițional reducător (Eh<0). Concentrația zincului variază între 0,004-0,053%.

Conținutul de aluminiu, corelat pozitiv cu Md și Mz₁, oscilează în limite largi, între 4,69-22,72%. Raportul Al/Ca este cuprins între 0,21-25,91 (Pl. XV), raportul Al/Ti - între 16,92-76,21 (Pl. XV), iar raportul Al/Fe - între 1,64-7,75 (Pl. XV).

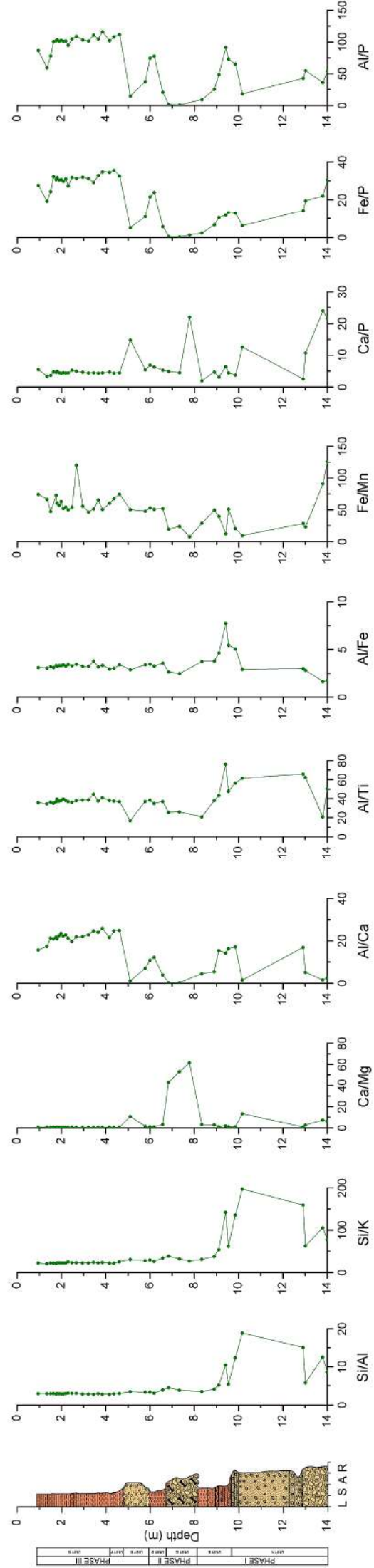
Concentrația siliciului variază între 26,41-89,69%, iar rapoartele Si/Al (2,81-18,86 - Pl. XV) și Si/K (20,80-197,45 - Pl. XV) fluctuează puternic, valorile maxime fiind înregistrate la baza profilului, iar cele minime - la topul acestuia.

Conținutul de fosfor oscilează între 0,09-9,32%, valorile mai mari fiind înregistrate pentru unitățile B și C; în cea de-a doua unitate au fost identificate fragmente scheletice de *Ursus spelaeus*, a căror prezență poate explica procentajul mai ridicat de P. Raportul Ca/P variază între 2,03-24,07 (Pl. XV), iar raportul Fe/P este cuprins între 0,37-35,59 (Pl. XV). Oscilații puternice au fost semnalate și pentru rapoartele Al/P (0,93-116,07 - Pl. XV) și Si/P (3,58-961,19). Concentrația clorului oscilează între 0,002-0,057%.

Într-o serie de probe au fost identificate și următoarele elemente chimice: Nb (0,002-0,003%), W (0,03-0,05%), Co (0,01-0,20%), Ni (0,001-0,069%) și Cu (0,006-0,012%).

5.2.5. Conținutul total de materie organică

Oscilațiile conținutului total de materie organică se desfășoară în sens opus celor ale conținutului carbonatic (PANAIOTU *et al.*, 2012): de la valorile ridicate, înregistrate în special pentru unitatea F (~15%), dar și pentru unitatea G (>10%), la valorile mai reduse obținute pentru restul profilului (~5%).



Pl. XV. Coloana litologică a sedimentelor Profilului 1 PO (puțul) din Peștera cu Oase, și principalele rapoarte geochimice elementale determinate prin analize XRF.

Valorile extreme atinse în cazul unităților F și G sugerează că prezența materiei organice în depozitele respective este asociată cu aportul de material clastic fin, provenit de la suprafață, levigat din paleosoluri sau rezultat din alterarea unor roci parentale bogate în carbon organic (PANAIOTU *et al.*, 2012).

5.2.6. Proprietăți magnetice

Parametrii magnetici dependenți de concentrație, relativ constanți în cazul unității G, oscilează în restul profilului de la valorile mari înregistrate pentru sedimentele fine ale unității F (χ_1 : $\sim 30 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, ARM: $\sim 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ mAm}^2\text{kg}^{-1}$, SIRM: $\sim 3 \text{ mAm}^2\text{kg}^{-1}$), la valorile reduse obținute pentru unitatea C (χ_1 : $\sim 7,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, ARM: $\sim 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ mAm}^2\text{kg}^{-1}$, SIRM: $\sim 0,75 \text{ mAm}^2\text{kg}^{-1}$) (PANAIOTU *et al.*, 2012).

Variațiile parametrului S atestă creșteri ale concentrației unor minerale cu coercivitate ridicată (e.g. hematit) în cadrul unității G. În restul profilului, au fost remarcate creșteri locale ale concentrației de magnetit și maghemit (PANAIOTU *et al.*, 2012), minerale cu coercivitate redusă.

5.2.7. Date geocronologice și paleoclimatice

Proba datată, prin metoda radiometrică U/Th, la $\sim 16,4 (\pm 1,35) \text{ ka BP}$ (CONSTANTIN & LAURITZEN, 2012), a furnizat vârsta minimă a ultimului eveniment paleohidrologic care a contribuit la depunerea mâlurilor unității G.

Rezultatele obținute în urma datării, prin metoda ESR, a 3 dinți permanenți de *Ursus spelaeus*, sugerează că acumularea depozitelor clastice s-a realizat într-un interval temporal relativ limitat (GRÜN *et al.*, 2012), și indică o vârstă mai recentă de $\sim 92 \text{ ka BP}$ pentru curgerea debritică de tip *clast-supported* care a contribuit la formarea unității C (PANAIOTU *et al.*, 2012).

În acest cadru geocronologic, indicații de ordin paleoclimatic au fost obținute pe baza proprietăților magnetice ale depozitelor.

Astfel, topul unității G a fost asociat cu un interval climatic rece (MIS 2), restul unității G și unitatea F - cu o perioadă marcată de oscilații climatice semnificative (MIS 3), unitatea E - cu un episod rece (evenimentul H4), unitatea D - cu o perioadă caldă (unul dintre interstadiile GI 10-12), unitatea C - cu un nou episod rece (evenimentul H5), topul unității B - cu un interval climatic relativ cald din MIS 3, iar restul unității B și unitatea A - cu o perioadă climatică rece - MIS 4 (PANAIOTU *et al.*, 2012).

5.3. Investigații în Peștera Urșilor

5.3.1. Faciesuri și secvențe clastice

Profilul PU I

Profilul PU I, cu grosimea de 1,55 m, deschis într-o bară de meandru de pe traiectul cursului subteran din nivelul inferior al Peșterii Urșilor, a fost divizat în unități litologice cu granoclasare inversă sau normală și laminație orizontală paralelă.

Petrotipurile sunt constituite din fracții lutitice (0,12-43,87%), siltice (56,13-98,91%) și arenitice (0-9,60% - Pl. XVI). Depozitele sunt reprezentate exclusiv de mълuri.

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XVII) sunt uni-, bi- sau trimodale. Mo 1 este cuprins între 4,77-12,21 ϕ , Md oscilează între 5,06-8,31 ϕ , iar Mz₁ fluctuează între 5,18-9,03 ϕ . Valorile C variază între 2,13-6,04 ϕ (Pl. XVI).

Sortarea depozitelor variază de la moderată până la foarte slabă (σ_1 : 0,91-3,21 ϕ - Pl. XVI); gradul de sortare crește odată cu procentajul de fracții siltice, și scade în situația unui aport mai ridicat de fracții lutitice.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme simetrice sau cu asimetrie pozitivă sau foarte pozitivă (Sk₁: 0,03-0,61), foarte platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G: 0,49-2,24 - Pl. XVI).

Viteza estimativă de depunere a particulelor indică, în general, o energie redusă a paleomediului depozițional (ESV: 0,58-81,77*10⁻³ cm*s⁻¹ - Pl. XVI); valorile mai ridicate ale ESV pot fi asociate unor paleoinundații. Proiecțiile prezintă o distribuție împrăștiată pe diagrama Passega (Fig. 7), consecință a variabilității energetice a paleomediului depozițional. Principalul mecanism de transport sedimentar care poate fi dedus pe baza diagramei, pentru depozitele Profilului PU I, este suspensia gradată.

Parametrii sedimentologici descriu un litofacies de tip *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), instalat în contextul unor ape cvasi-stagnante, cu scurte tranziții la un litofacies de tip *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), indicator pentru un regim hidrodinamic mai activ (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

Profilul PU II

Profilul PU II, cu grosimea de 2,5 m, deschis într-o terasă aluvionară formată de cursul subteran, a fost divizat în unități litologice cu granoclasare inversă sau normală și laminație orizontală paralelă.

Petrotipurile sunt alcătuite din fracții lutitice (0-68,79%), siltice (29,83-96,93%) și arenitice (0-59,01% - Pl. XVIII). Depozitele sunt reprezentate de mълuri și mълuri nisipoase.

Curbele de distribuție granulometrică sunt dominant uni-, bi- sau trimodale, mai rar polimodale (Pl. XIX). Parametrii tendinței centrale oscilează în intervale similare - Mo 1: 3,20-13,39Ø, Md: 3,61-12,65Ø, Mz₁: 4,21-11,19Ø. Valorile C sunt cuprinse între 0,56-6,43Ø (Pl. XVIII). Sortarea depozitelor, estimată cu ajutorul deviației standard (σ_1 : 0,80-4,49Ø - Pl. XVIII), variază de la moderată până la extrem de slabă. Gradul de sortare a depozitelor crește odată cu aportul de fracții siltice, și scade cu creșterea participării fracțiilor lutitice.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă forme cu asimetrie foarte negativă, simetrice sau cu asimetrie foarte pozitivă (Sk_1 : între -0,73 și 0,64), foarte platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G : 0,51-2,68 - Pl. XVIII).

Energia paleomediului depozițional a fost foarte redusă și oscilantă (ESV: 0,01-5348,58*10⁻⁴ cm*s⁻¹ - Pl. XVIII). Gradul de împrăștiere a proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 7) este ridicat; totuși, se poate afirma că sedimentele au fost transportate dominant prin suspensie și rulare, și în suspensie gradată. Parametrii sedimentologici descriu un litofacies de tip *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), tipic pentru ape cvasi-stagnante, cu scurte tranziții la un litofacies de tip *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), asociat cu un regim hidrodinamic mai activ (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

Profilul PU IV

Profilul PU IV, cu grosimea de 2,3 m, deschis, de asemenea, într-o terasă aluvionară formată de cursul subteran, a fost divizat în unități litologice cu granoclasare normală sau inversă și laminație orizontală paralelă. Topul profilului este acoperit de o crustă calcitică.

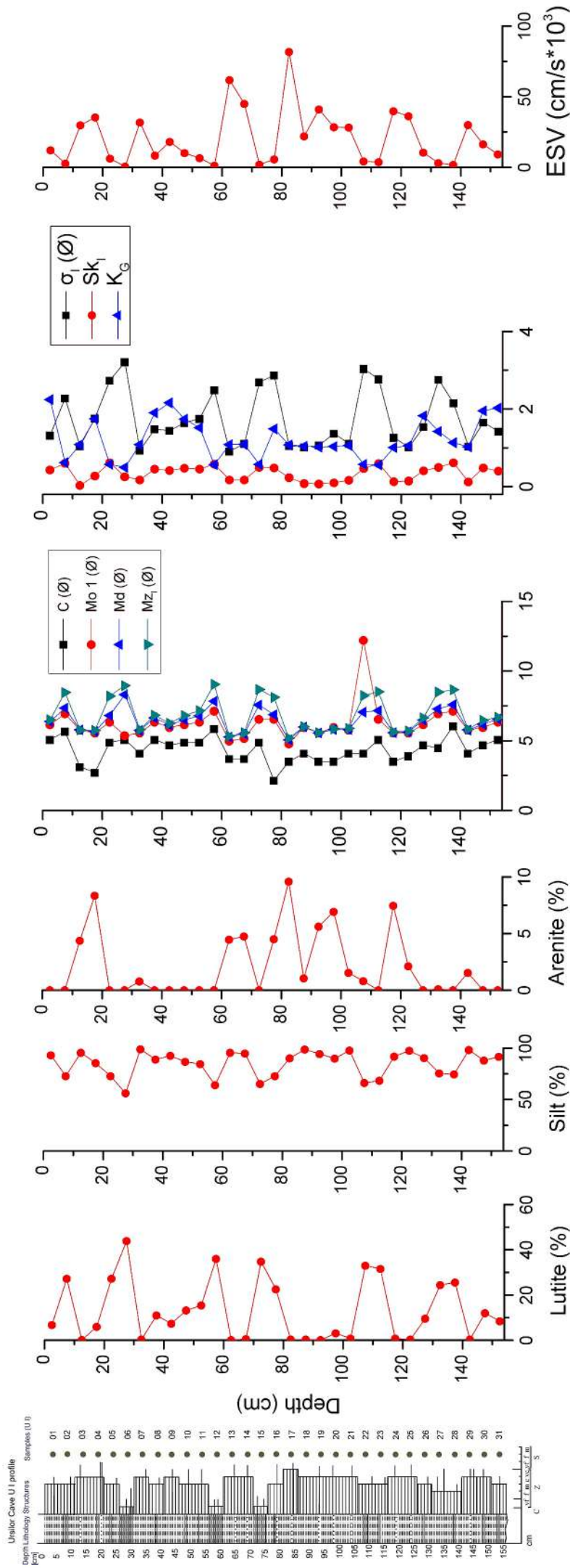
Petrotipurile sunt constituite dominant din fracții siltice (20,02-92,15%), însoțite, în procentaje mai reduse, de fracții lutitice (0-40,09%) și arenitice (1,08-77,04% - Pl. XX). Depozitele sunt reprezentate de mълuri, mълuri nisipoase și nisipuri mълoase.

Curbele de distribuție granulometrică (Pl. XXI) sunt frecvent uni-, bi- sau trimodale, mai rar polimodale. Mo 1 este cuprins între 2,03-13,39Ø, Md oscilează între 2,44-7,24Ø, iar Mz₁ fluctuează între 3,13-8,45Ø (Pl. XX). Valorile C acoperă intervalul 0,76-4,08Ø (Pl. XX).

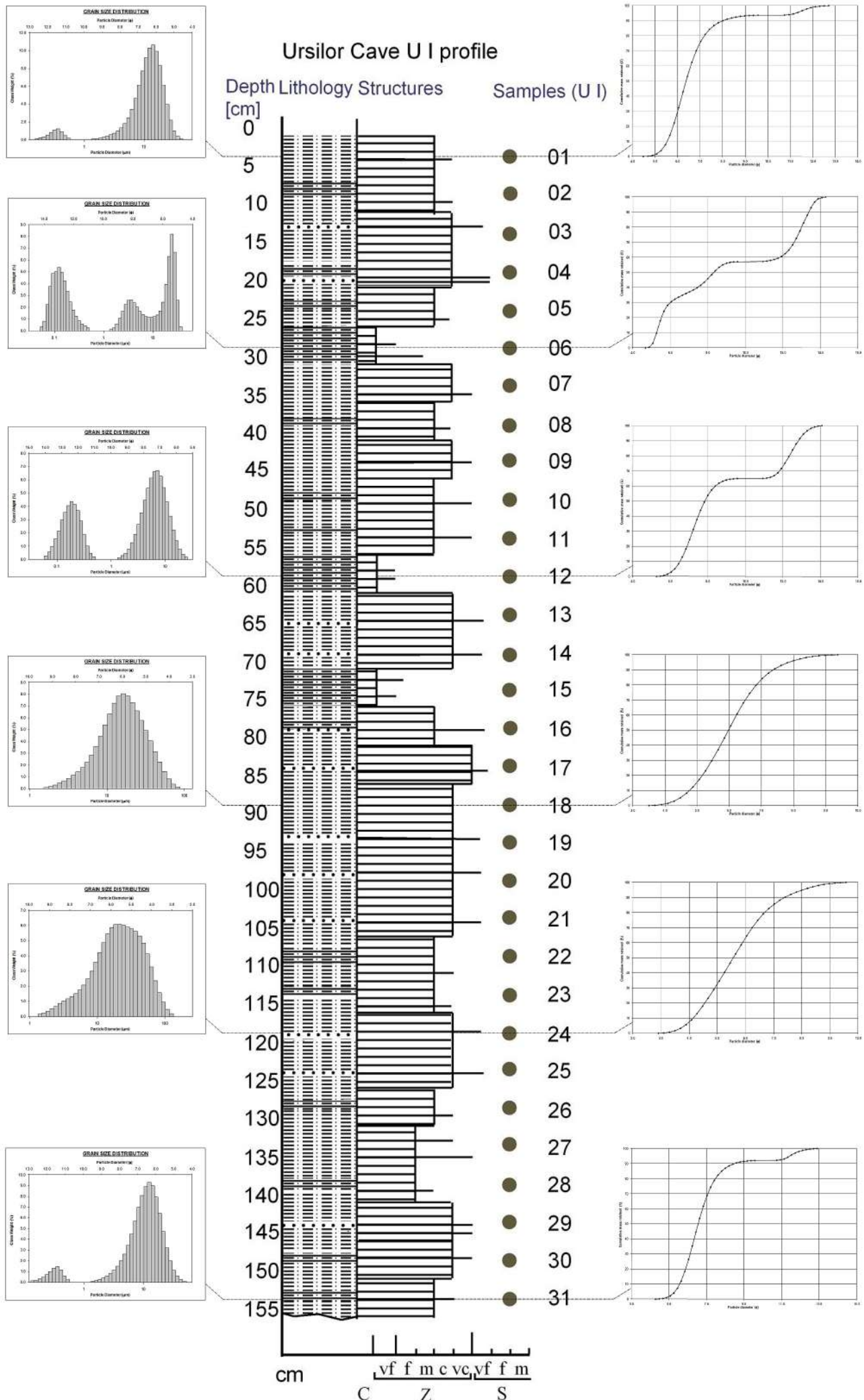
Gradul de sortare a depozitelor variază de la moderat până la extrem de slab (σ_1 : 0,93-4,13Ø - Pl. XX); depozitele mai fine sunt mai slab sortate.

Curbele de distribuție granulometrică prezintă, în special, forme cu asimetrie negativă sau simetrice, mai rar cu asimetrie pozitivă (Sk_1 : -0,11 to 0,62), de la foarte platicurtice până la foarte leptocurtice (K_G : 0,54-1,96 - Pl. XX).

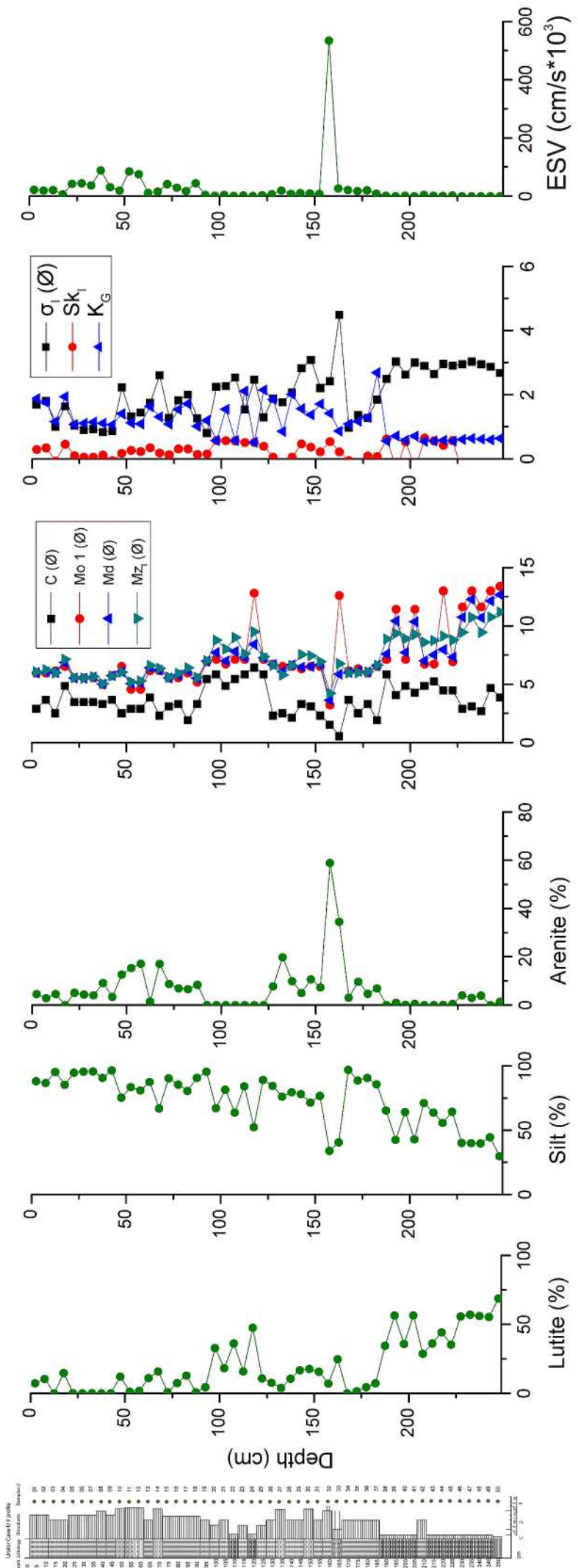
Energia paleomediului depozițional a fost redusă (ESV: 3,19-1961,06*10⁻³ cm*s⁻¹ - Pl. XX); valorile mai ridicate ale ESV pot fi asociate unor paleoinundații. Împrăștierea proiecțiilor pe diagrama Passega (Fig. 7) ilustrează energia foarte variabilă a paleomediului depozițional. Sedimentele au fost transportate, în principal, prin rulare și suspensie, sau prin suspensie și rulare, și doar subordonat în suspensie gradată (CONSTANTIN *et al.*, 2013).



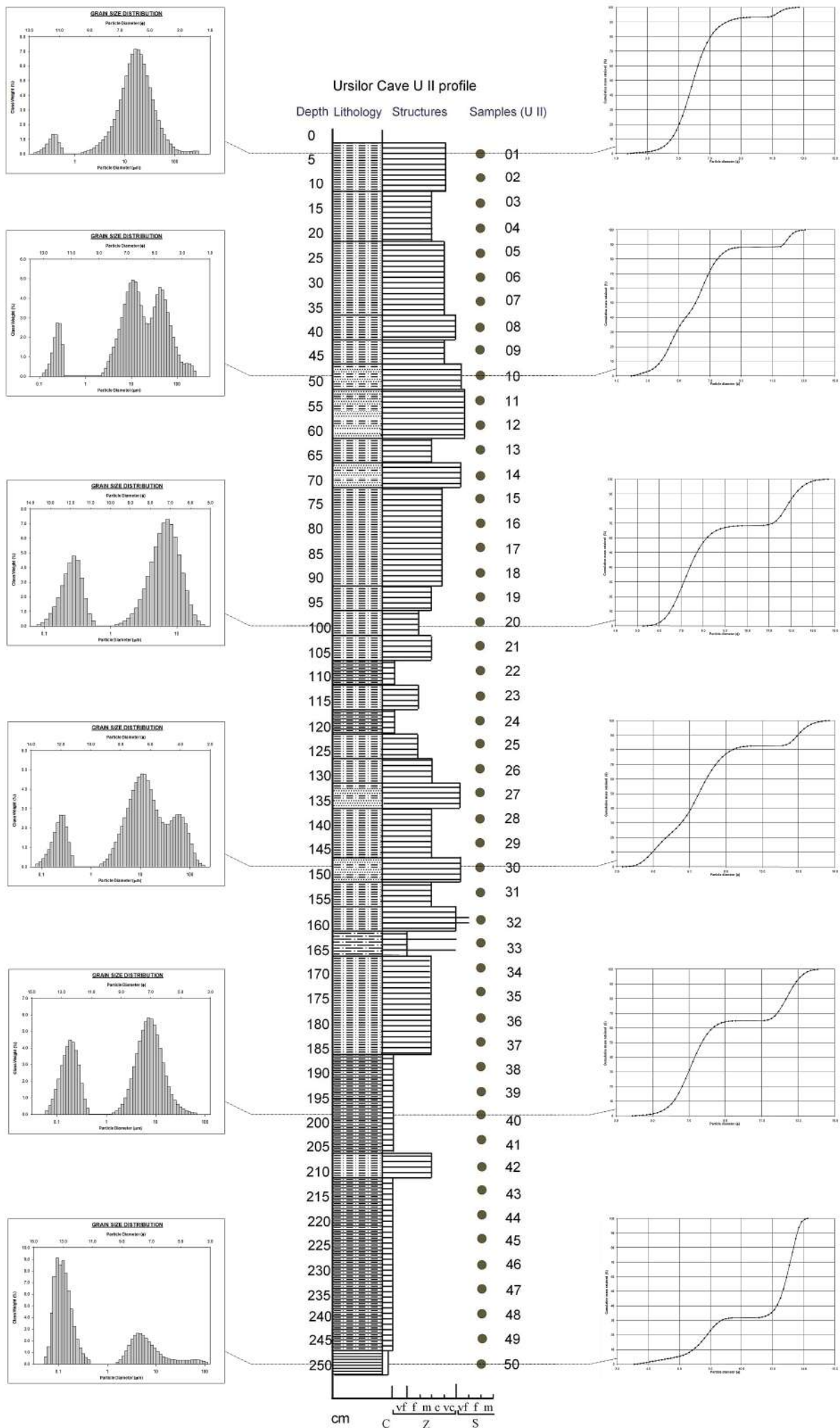
Pl. XVI. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU I din Peștera Urșilor, și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV).



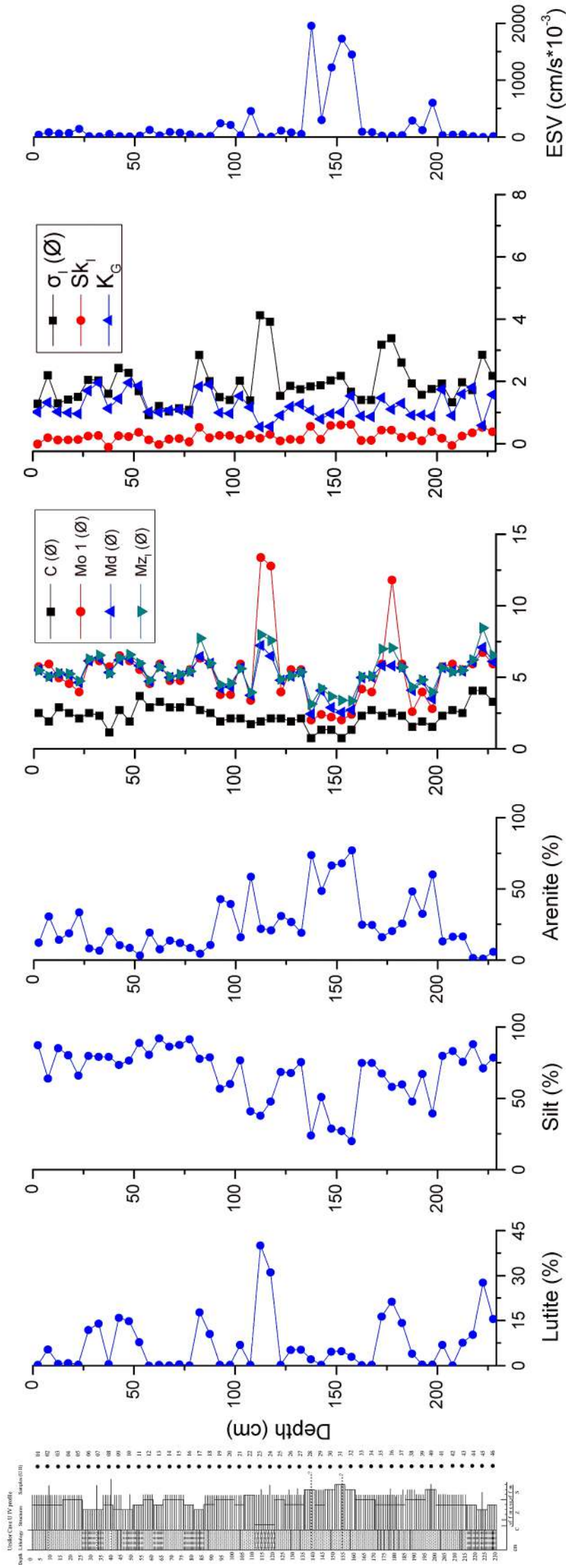
Pl. XVII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU I, și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulative, a rezultatelor analizelor granulometrice.



Pl. XVIII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU II din Peștera Urșilor, și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV).

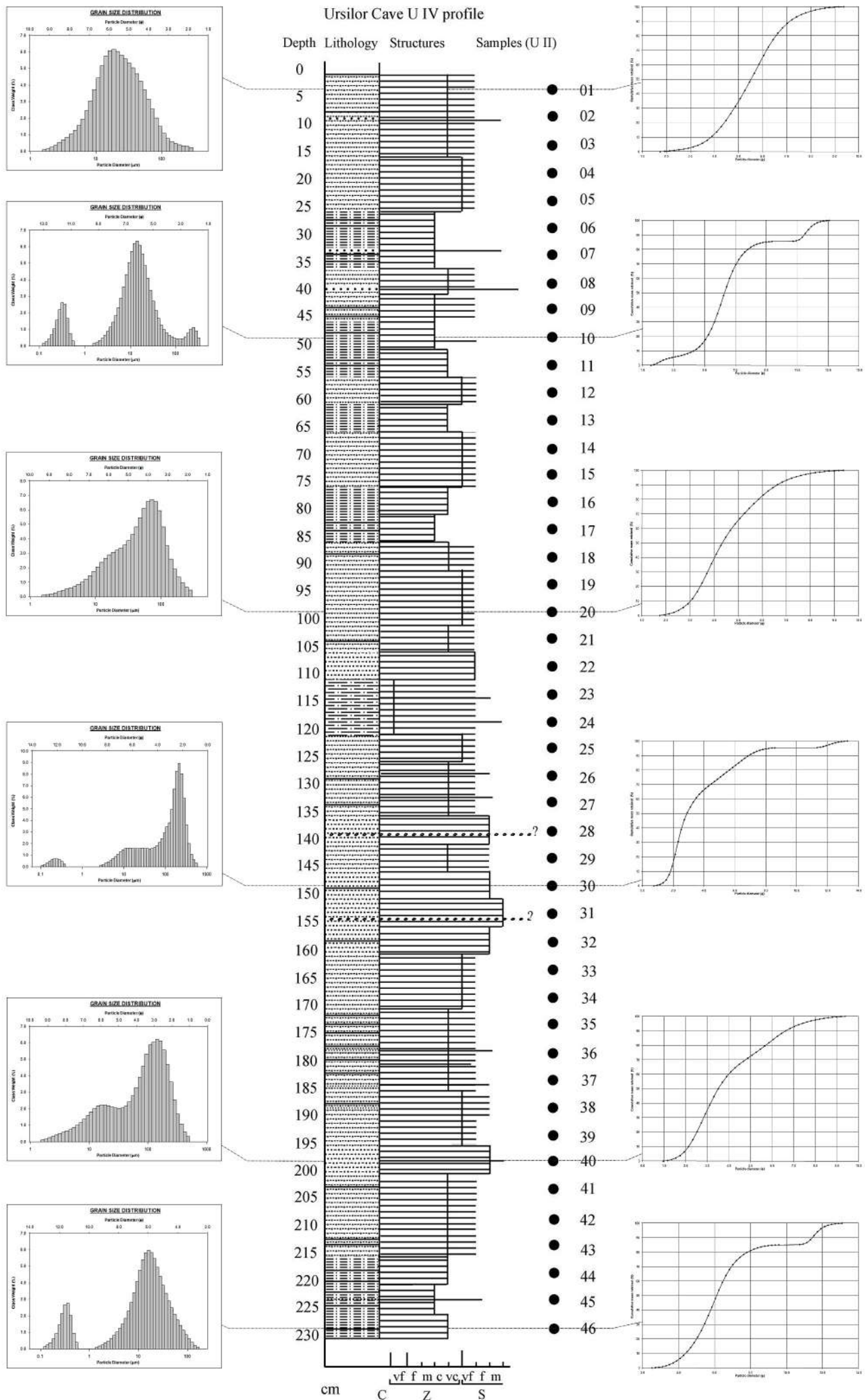


Pl. XIX. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU II, și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulate, a rezultatelor analizelor granulometrice.



Pl. XX. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU IV din Peștera Urșilor, și clasele granulometrice majore, parametrii statistici granulometrici și viteza estimativă de depunere a particulelor (ESV).

Ursilor Cave U IV profile



Pl. XXI. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU IV, și reprezentarea grafică, prin histograme și curbe cumulate, a rezultatelor analizelor granulometrice.

Parametrii sedimentologici descriu un litofacies de tip *backswamp* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), indicator pentru ape cvasi-stagnante, cu scurte tranziții la un litofacies de tip *channel* (cf. BOSCH & WHITE, 2004), dezvoltat în contextul unui regim hidrodinamic mai activ (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

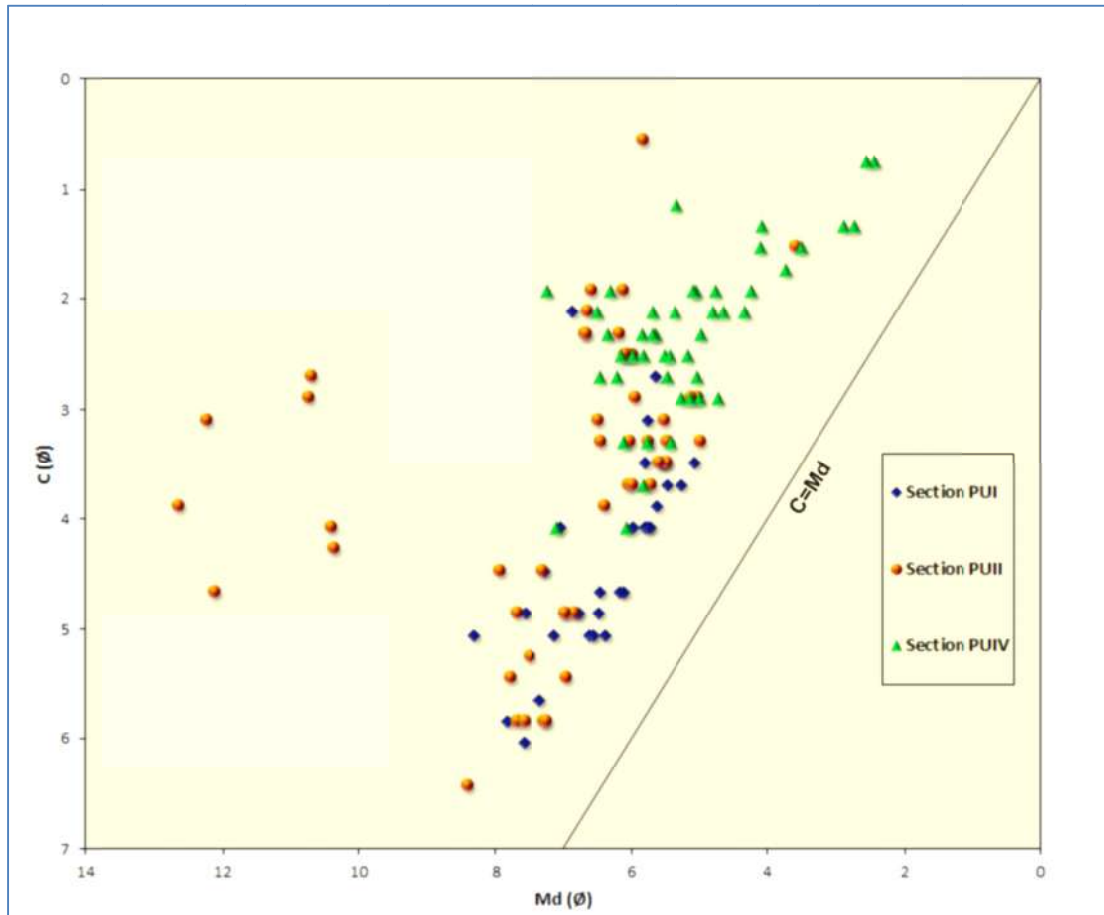


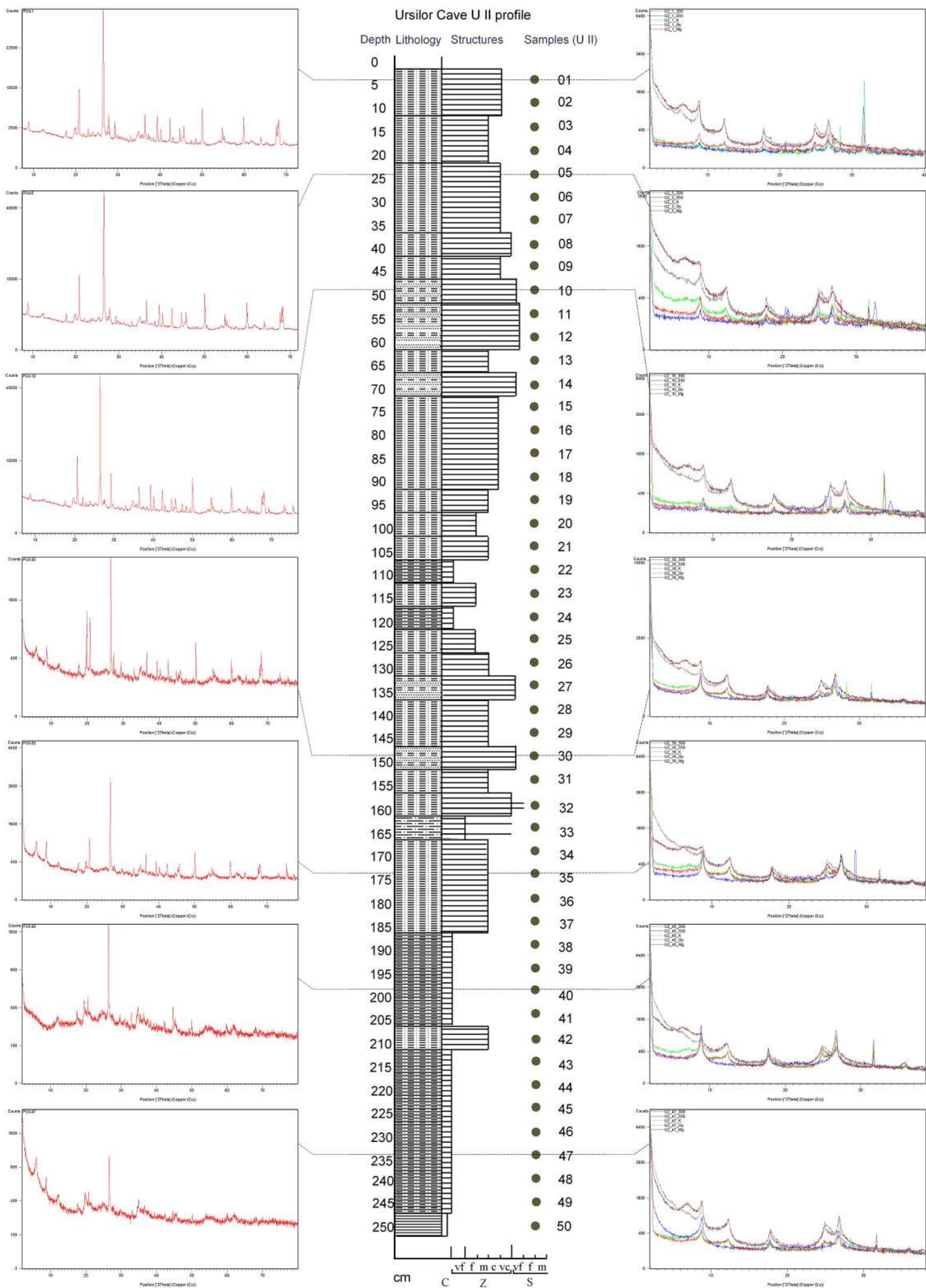
Fig. 7 - Diagrama C/Md (Passega) a sedimentelor din nivelul inferior al Peșterii Urșilor (după CONSTANTIN *et al.*, 2013).

5.3.2. Date mineralogice

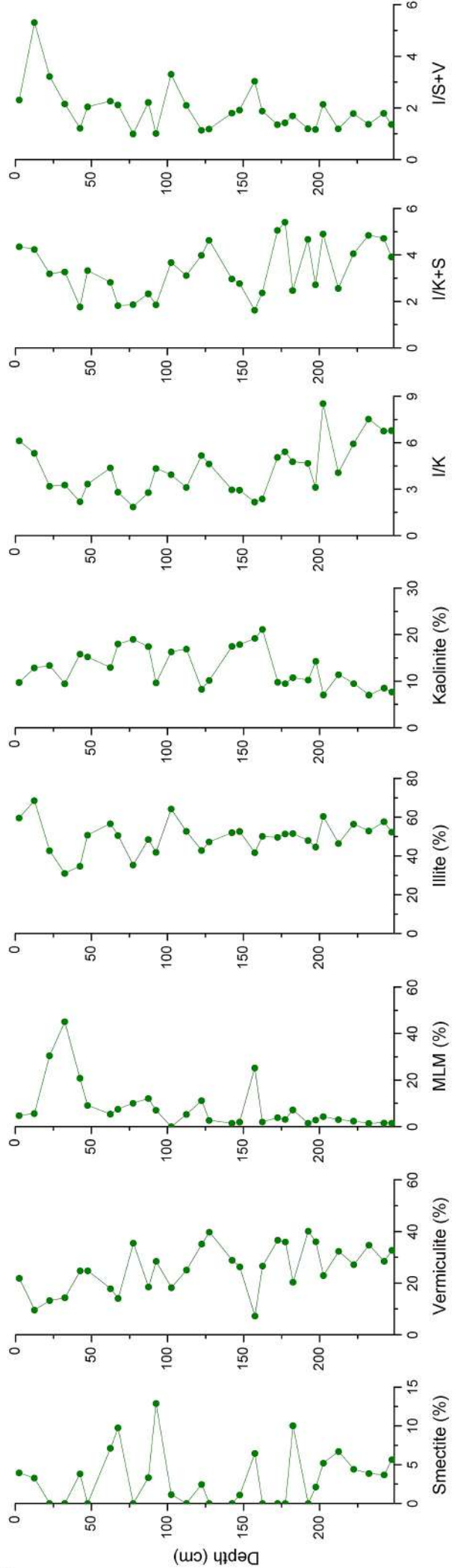
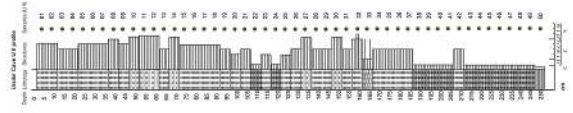
Compoziția mineralogică a probelor globale (Pl. XXII) este dominată de cuarț și muscovit, alături de care au mai fost identificate minerale argiloase (illit, vermiculit, caolinit și smectit), oxizi (hematit și magnetit) și carbonați (calcit).

Participarea procentuală a illitului (I), determinată în urma analizelor efectuate asupra fracției <2 μm (Pl. XXIII), variază între 31-69%. Conținutul de caolinit (K) se încadrează între 7-21%. Raportul I/K oscilează între 1,9-8,5; rezultatele obținute sugerează, în general, nivele relativ reduse ale temperaturii și umidității.

Conținutul de smectit (S) fluctuează între 0-13% (Pl. XXIII), valorile apropiate de 0



Pl. XXII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU II din Peștera Urșilor, și difractogramele unor probe reprezentative: în stânga - probe globale; în dreapta - fracția <2 μm, după saturarea în K⁺ (curba verde) și Mg²⁺ (curba maro), respectiv după glicolare (curba gri) și după tratamentul termic la 300°C (curba roșie) și la 550°C (curba albastră).



Pl. XXIII. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU II din Peștera Urșilor, conținuturile procentuale ale principalelor minerale argiloase, și rapoartele semnificative dintre acestea.

sugerând un paleoclimat mai arid, iar cele maxime - perioade cu umiditate mai ridicată. Raportul I/K+S variază între 1,6-5,4.

Conținutul procentual de vermiculit (V) atinge valori relativ ridicate: 7-40% (Pl. XXIII), care susțin ipoteza unui paleoclimat mai rece. Raportul I/S+V fluctuează între 1-5,31.

Procentajul de minerale argiloase mixte (MLM), de tip illit-smectit-vermiculit (I-S-V), oscilează între 0-45% (Pl. XXIII).

5.3.3. Conținutul de carbonat de calciu

Procentajul de CaCO₃ al sedimentelor variază între 2,98-5,46% (în cazul Profilului PU I), respectiv între 2,23-8,51% (pentru Profilul PU II) și între 2,83-37,22% (pentru Profilul PU IV). Valorile foarte ridicate ale conținutului de CaCO₃ sunt explicate de prezența unor fragmente fine de cruste stalagmitice.

5.3.4. Date geochemice

Profilul PU I

Concentrația de potasiu fluctuează între 1,65-3,47%, iar conținutul de magneziu oscilează ușor, între 0,40-1,65%. Concentrația calciului variază într-un interval limitat - între 0,69-4,58%, valorile mai ridicate fiind asociate cu prezența detritusului carbonatic fin. Raportul Ca/Mg oscilează între 0,66-5,95 (Pl. XXIV).

Conținutul procentual de titan variază între 0,46-3,18%; valoarea maximă sugerează un posibil flux detritic de la exterior. Concentrația zirconiului oscilează între 0,02-0,37%, iar raportul Ti/Zr fluctuează puternic, între 3,59-63,60 (Pl. XXIV). Conținutul de mangan variază între 0,06-0,34%, iar fierul prezintă concentrații care oscilează între 3,72-7,28%. Valorile raportului Fe/Ti sunt cuprinse între 1,63-10 (Pl. XXIV), iar cele ale raportului Fe/Mn - între 20,29-67,50 (Pl. XXIV); valorile mari înregistrate pentru raportul Fe/Mn sugerează un paleo-mediu depozitional reducător (Eh<0).

Concentrația aluminiului, corelată pozitiv cu conținutul de K, oscilează între 4,38-8,24%. Raportul Al/Ca variază între 1,24-8,68 (Pl. XXIV), raportul Al/Ti - între 2,01-11,02 (Pl. XXIV), iar raportul Al/Fe - între 0,78-1,85 (Pl. XXIV).

Siliciul prezintă concentrații de 27,78-35,76%; raportul Si/Al fluctuează între 3,49-8,16 (Pl. XXIV), iar raportul Si/K între 8,47-20,79 (Pl. XXIV).

Într-o serie de probe au fost identificate și următoarele elemente chimice: Zn (0,01%), P (0,13-0,17%) și S (0,07-0,34%).

Profilul PU II

Concentrația de potasiu fluctuează între 1,3%-3,19%, iar magneziul prezintă un conținut procentual care variază între 0,5-3,28%.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Participarea procentuală a calciului oscilează între 0,38-8,18%, valorile mai ridicate fiind asociate cu prezența detritusului carbonatic fin. Raportul Ca/Mg fluctuează între 0,23-5,68 (Pl. XXV).

Conținutul de titan variază ușor, între 0,29-1,29%, iar concentrația zirconiului oscilează între 0,01-0,11%; raportul Ti/Zr oscilează amplu, între 4,14-65 (Pl. XXV). Participarea procentuală a manganului variază între 0,04-0,78%, iar cea a fierului - între 2,5-9,89%. Raportul Fe/Ti oscilează între 2,65-16,52 (Pl. XXV), iar raportul Fe/Mn fluctuează foarte puternic, între 11,71-113,75 (Pl. XXV); valorile mari înregistrate pentru raportul Fe/Mn indică un paleomediu depozițional reducător ($Eh < 0$).

Concentrația aluminiului, corelată pozitiv cu Mz_1 și cu conținuturile procentuale de K, Mg și Fe, este cuprinsă între 5,74-11,78%. Valorile raportului Al/Ca variază între 0,91-18,39 (Pl. XXV), cele ale raportului Al/Ti oscilează între 6,19-26,32 (Pl. XXV), iar cele ale raportului Al/Fe fluctuează între 0,20-25,44 (Pl. XXV).

Siliciul prezintă un conținut de 21,45-36,4%, corelat negativ cu Mz_1 . Raportul Si/Al variază între 1,82-6,34 (Pl. XXV), iar raportul Si/K - între 8,53-24,72 (Pl. XXV).

Participarea procentuală a fosforului oscilează între 0,01-0,52%. Valorile extreme ale rapoartelor Ca/P, Fe/P și Al/P (Pl. XXV) delimitează intervale de variație foarte extinse: 6,56-517 (Ca/P), 13,96-474 (Fe/P) și, respectiv, 14,08-860 (Al/P).

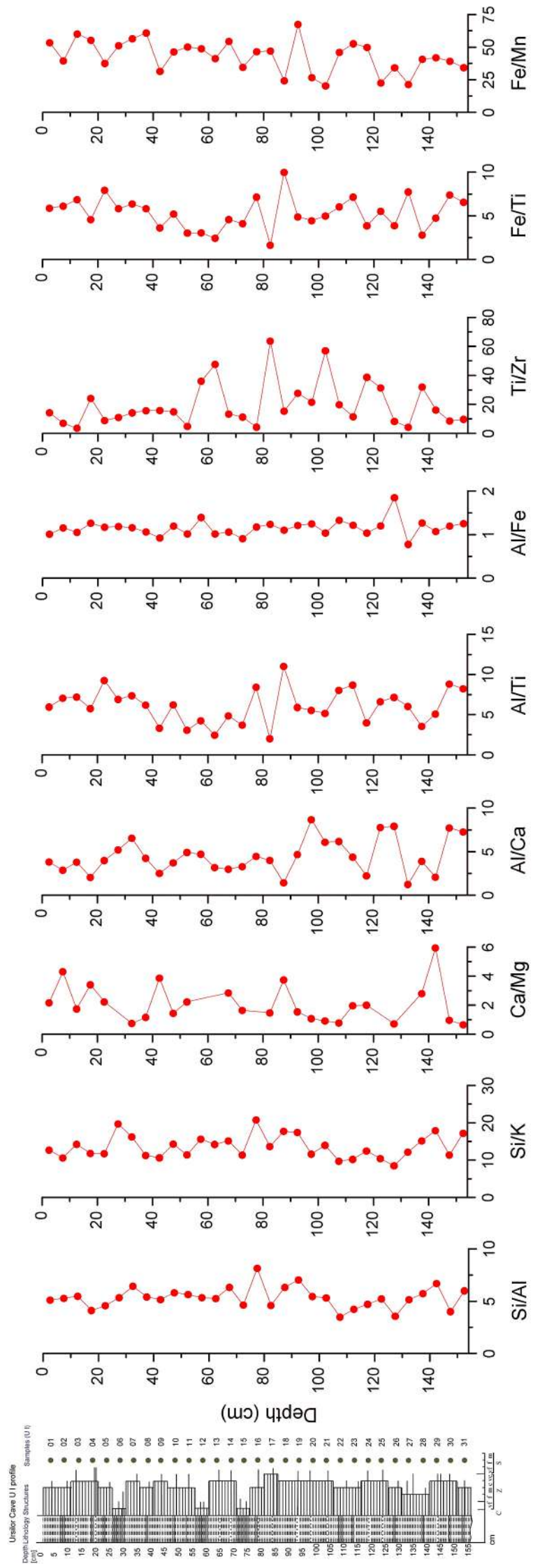
Profilul PU IV

Concentrația potasiului fluctuează între 1,34%-3,93%, iar cea a magneziului - între 0,32-2,12%. Conținutul de calciu oscilează într-un interval mai extins decât în cazul profilelor PU I și PU II - între 0,86-18,31%. Pentru o serie de probe, prelevate mai ales din partea superioară și mediană a succesiunii, a fost înregistrat un procentaj superior de Ca, determinat de prezența unui detritus carbonatic fin. Raportul Ca/Mg fluctuează între 0,98-28,69 (Pl. XXVI).

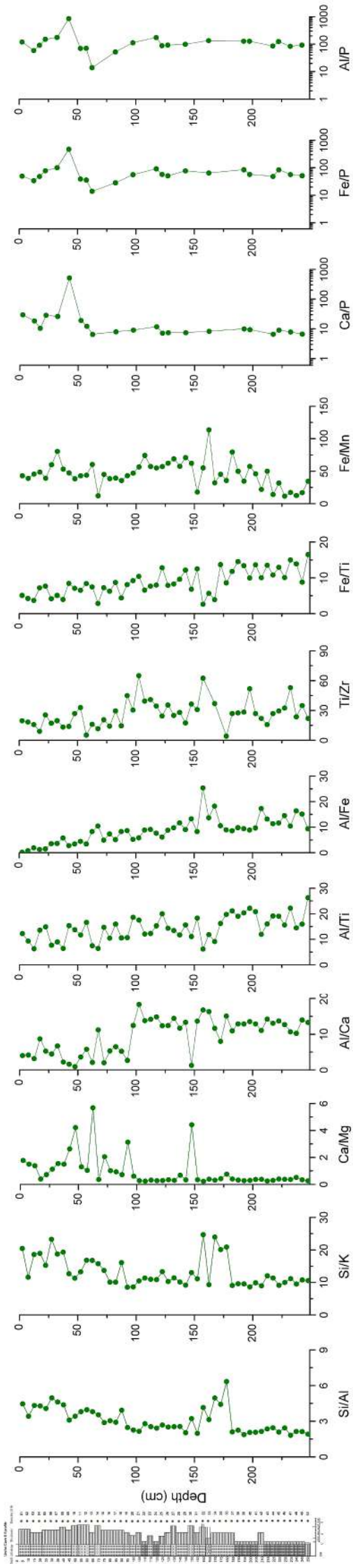
Participarea procentuală a titanului variază între 0,37-2,26%, iar cea a zirconiului - între 0,02-0,82%. Raportul Ti/Zr este cuprins între 1,28-70 (Pl. XXVI). Manganul prezintă concentrații de 0,07-0,29%, în timp ce conținutul de fier oscilează între 2,88-8,88%. Raportul Fe/Ti fluctuează între 2,23-13,84 (Pl. XXVI), iar raportul Fe/Mn - între 15,52-96,89 (Pl. XXVI); valorile mari ale raportului Fe/Mn indică un paleomediu depozițional reducător ($Eh < 0$).

Conținutul procentual de aluminiu variază între 4,88-8,84%. Raportul Al/Ca oscilează între 0,32-7,16 (Pl. XXVI), raportul Al/Ti - între 2,55-13,59 (Pl. XXVI), iar raportul Al/Fe - între 0,72-1,69 (Pl. XXVI). Siliciul prezintă o concentrație de 17,15-37,23%. Raportul Si/Al fluctuează între 2,41-6,09 (Pl. XXVI), iar raportul Si/K - între 6,90-20,89 (Pl. XXVI).

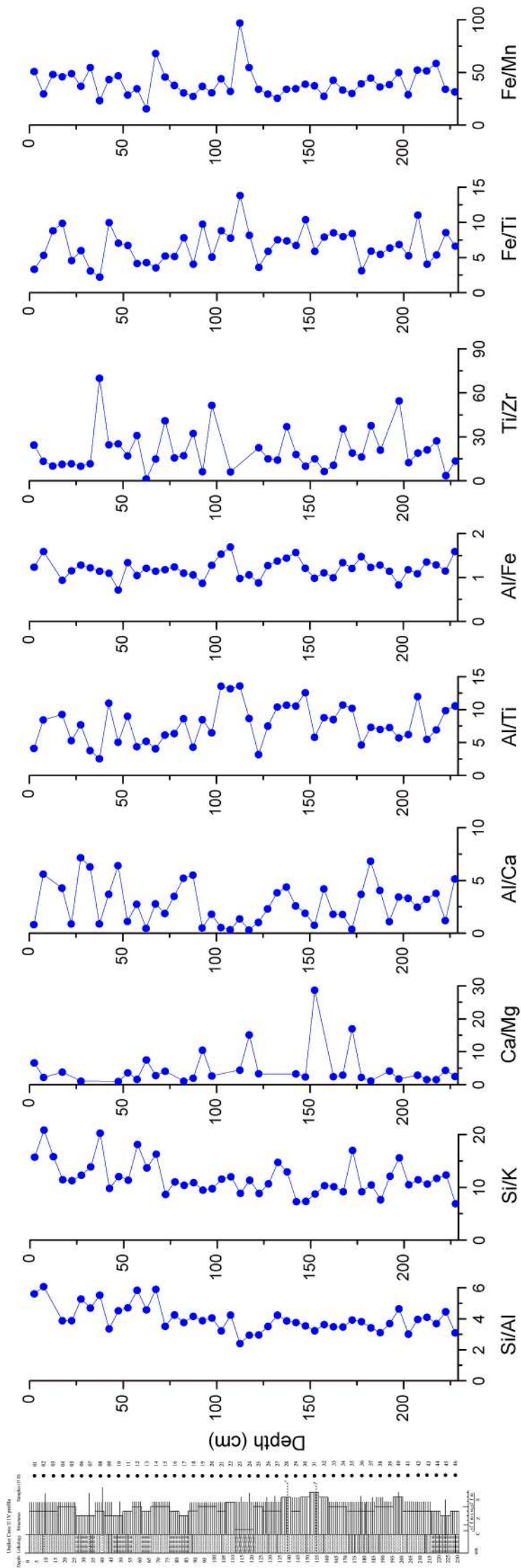
Într-o serie de probe au fost decelate și următoarele elemente chimice: V (0,06%), Cr (0,05%), Zn (0,02%), P (0,11-0,43%) și S (0,04-0,35%).



Pl. XXIV. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU I din Peștera Urșilor, și principalele rapoarte geochemice elementale determinate prin analize XRF.



Pl. XXV. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU II din Peștera Urșilor, și principalele rapoarte geochemice elementale determinate prin analize XRF.



Pl. XXVI. Coloana litologică a sedimentelor Profilului PU IV din Peștera Urșilor, și principalele rapoarte geochemice elementale determinate prin analize XRF.

Din punct de vedere geochemic, au fost observate similități între profilele PU I și PU IV, în cazul anumitor conținuturi procentuale (de K, Mg, Mn, Al, S) sau rapoarte elementale (Ti/Zr, Fe/Mn, Al/Fe, Si/K).

5.3.5. Conținutul total de materie organică

Conținutul total de materie organică al depozitelor variază între 2,14-4,33% (pentru Profilul PU I), între 2,20-8,49% (pentru Profilul PU II) și între 2,14-6,69% (pentru Profilul PU IV). Valorile ridicate ale conținutului organic sugerează proveniența materialului sedimentar din soluri, și, implicit, derularea unor procese de pedogeneză la suprafață.

5.3.6. Proprietăți magnetice

Profilul PU I - Susceptibilitatea magnetică a sedimentelor clactice (k) variază între $\sim 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ și $\sim 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, iar dependența acesteia de frecvență fluctuează între $\sim 1,67$ - $7,45\%$ (kd_{12}) și, respectiv, între ~ 8 - 16% (kd_{13}).

Valorile ridicate ale k , kd_{12} (indicatoare pentru prezența magnetitului) și kd_{13} pot sugera proveniența majoritară a sedimentelor din soluri. Oscilațiile k în cadrul Profilului PU I reflectă un climat variabil, cu episoade reci și calde, și nu o perioadă glaciară în sens strict, deoarece kd_{12} și kd_{13} ating valori mari.

Profilul PU II - Intervalul de variație a susceptibilității magnetice a sedimentelor clactice este mai extins decât în cazul Profilului PU I, k fluctuând între $3,02$ - $8,58 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Dependența de câmp a susceptibilității magnetice (fd) variază între $-1,98\%$ și $-0,42\%$, iar dependența acesteia de frecvență oscilează între $3,19$ - $8,04\%$ (kd_{12}) și între $7,82$ - $16,95\%$ (kd_{13}). Valorile scăzute ale fd indică absența pirotitului, în timp ce valorile ridicate ale k , kd_{12} (care atestă prezența magnetitului fin) și kd_{13} sugerează că sedimentele provin, cel puțin parțial, din soluri. Astfel, baza profilului ilustrează o perioadă de optim climatic, între ruptă de un episod mai rece, de scurtă durată, evidențiat de valorile mai scăzute ale k , kd_{12} și kd_{13} . Oscilațiile acestor trei parametri în partea mediană și superioară a succesiunii sunt similare cu variațiile obținute pentru Profilul PU I, și reflectă un climat variabil, cu episoade reci și calde (kd_{12} și kd_{13} prezintă valori mari).

Profilul PU IV - Susceptibilitatea magnetică a sedimentelor clactice variază într-un interval extins, apropiat de cel corespunzător Profilului PU II: $2,41$ - $7,16 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Evoluția k în cadrul Profilului PU IV reflectă un climat fluctuant, cu episoade calde și reci.

Pentru toate cele 3 secțiuni sedimentare studiate, elipsoidul de anizotropie a susceptibilității magnetice (AMS) are o formă oblată, cu foliație magnetică mai bine definită pentru profilele PU I și PU II. Axele k_3 sunt apropiate de verticală, iar k_1 și k_2 prezintă o distribuție împrăștiată în plan orizontal. AMS descrie fabricul primar al unor mături nedeformate, sedimentate într-un paleomediul depozitional cu energie moderată (TAUXE, 2002).

5.3.7. Date geocronologice

Pentru speleotemele calcitice, date radiometric prin metoda U/Th, au fost obținute vârste care atestă MIS 8, MIS 6, MIS 5b și MIS 4 (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

Vârstele fragmentelor scheletice, date prin metoda AMS ¹⁴C, se încadrează în MIS 3 (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

Pentru sedimentele clastice, date prin metoda OSL, au fost înregistrate vârste din cadrul MIS 7, MIS 5b și MIS 4 (CONSTANTIN *et al.*, 2013).

CAP. 6. CONCLUZII GENERALE

Teza reprezintă una dintre primele abordări integrate, în manieră multiproxy, a studiului depozitelor clastice speleice, utilizând date sedimentologice, mineralogice, geochemice, precum și proprietăți magnetice, și încercând în premieră realizarea unor posibile corelații între acestea.

Depozitele clastice speleice din peșterile investigate au fost încadrate în tipuri lito-faciesale, din perspectivă dinamică, ținând cont de funcționarea rețelelor endocarstice, și, implicit, de procesele care au contribuit la transportul și acumularea materialului sedimentar în mediul subteran.

BIBLIOGRAFIE

ANASTASIU, N. (1988): *Petrologie sedimentară*. Ed. Tehnică, București, 365 p.

BASSINOT, F.C. (2007): *Oxygen Isotope Stratigraphy of the Oceans*. In: ELIAS, S.A. (ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science, 1740-1748*, Elsevier, Amsterdam.

BELLA, P. (1995): Territorial structure of the karst geosystems and the interpretation of negative anthropogenic interventions. *Acta Carsologica*, 24:83-95.

BLEAHU, M.D. (1982): *Relieful carstic*. Ed. Albatros, București, 296 p.

BLOTT, S.J. (2010): *GRADISTAT Version 8.0 - A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer*.

BOGENSCHUTZ, P. (2006): *An Orbital Theory for Glacial Cycles*. Online: http://www.met.utah.edu/reichler/6030/presentations/Pete_Milankovitch.pdf.

BOND, G.C. & LOTTI, R. (1995): Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation. *Science*, 267(5200):1005-1010.

BOSÁK, P. (2002): *Karst Processes from the Beginning to the End: How Can They Be Dated?* In: GABROVŠEK, F. (ed.): *Evolution of Karst: From Prekarst to Cessation*. *Carsologica*, 191-223, Založba ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana.

BOSÁK, P., PRUNER, P. & KADLEC, J. (2003): Magnetostratigraphy of cave sediments: application and limits. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 47(2):301-330.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

BOSCH, R.F. & WHITE, W.B. (2004): *Lithofacies and Transport of Clastic Sediments in Karstic Aquifers*. In: SASOWSKY, I.D & MYLROIE, J.E. (eds.): *Studies of Cave Sediments: Physical and Chemical Records of Paleoclimate*, 1-22, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

BÖGLI, A. (1980): *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer-Verlag, Berlin, 284 p.

CONSTANTIN, S. & LAURITZEN, S.E. (1999): Speleothem datings in SW Romania. Part 1: Evidence for a continuous speleothem growth in Peștera Closani during Oxygen Isotope stages 5-3 and its paleoclimatic significance. *Theoretical and Applied Karstology*, 11-12:35-46.

CONSTANTIN, S. & LAURITZEN, S.E. (2012): *Uranium-Series Dating on Speleothems from the Peștera cu Oase*. In: TRINKAUS, E., CONSTANTIN, S. & ZILHÃO, J. (eds.): *Life and Death at the Peștera cu Oase. A Setting for Modern Human Emergence in Europe*, 56-72, Oxford University Press, New York.

CONSTANTIN, S., LAURITZEN, S.E., ȘTIUCĂ, E. & PETCULESCU, A. (2001): Karst evolution in the Danube Gorge from U-series dating of a bear skull and calcite speleothems from Peștera de la Gura Ponicevei (Romania). *Theoretical and Applied Karstology*, 13-14:39-50.

CONSTANTIN, S., BOJAR, A.V., LAURITZEN, S.E. & LUNDBERG, J. (2007): Holocene and Late Pleistocene climate in the sub-Mediterranean continental environment: a speleothem record from Poleva Cave (Southern Carpathians, Romania). *Paleontology, Paleogeography, Paleoecology*, 243, 3-4:322-338.

CONSTANTIN, S., MUNTEANU, C.M., MILOTA, Ș., SARCINĂ, L., GHERASE, M. & ZILHÃO, J. (2012): *The Ponor-Plopa Cave System: Description, Sediments, and Genesis*. In: TRINKAUS, E., CONSTANTIN, S. & ZILHÃO, J. (eds.): *Life and Death at the Peștera cu Oase. A Setting for Modern Human Emergence in Europe*, 41-55, Oxford University Press, New York.

CONSTANTIN, S., ROBU, M., MUNTEANU, C.M., PETCULESCU, A., VLAICU, M., MIREA, I.C., KENESZ, M., DRĂGUȘIN, V., HOFFMAN, D., ANECHIȚEI, V., TIMARGABOR, A., ROBAN, R.D. & PANAIOTU, C.G. (2013): Reconstructing the evolution of cave systems as a key to understanding the taphonomy of fossil accumulations. The case of Urșilor Cave (Western Carpathians, Romania). *Quaternary International (in press)*.

DIACONU, G. (1990): Cloșani Cave. Mineralogical and genetic study of carbonates and clays. *Misc. Speol. Rom.*, 2:3-194.

DIACONU, G., DUMITRAȘ, D.G. & MARINCEA, Ș. (2008): Mineralogical analyses in Peștera Polovragi (Oltețului Gorges) and Peștera Muierii (Galbenului Gorges), Gorj County.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Travaux de l'Institut de Speologie "Émile Racovitza", XLVII:89-105.

DIETRICH, E.W. (1982): Settling velocity of natural particles. *Water Resources Research*, 18(6):1626-1982.

ELLWOOD, B.B., ZILHÃO, J., HARROLD, F.B., BALSAM, W., BURKHART, B., LONG, G.J., DEBÉNATH, A. & BOUZOUGGAR, A. (1998): Identification of the last glacial maximum in the Upper Paleolithic of Portugal using magnetic susceptibility measurements in Caldeirão Cave sediments. *Geoarchaeology*, 13:55-71.

EMILIANI, C. (1955): Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, 63:538-578.

FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin-Hyman, London, 601 p.

FORTI, P. (1998): Seismotectonic and paleoseismic studies from speleothems: the state of the art. *Speleochronos ("Karst & Tectonics" International Symposium, Han-sur-Lesse)*, 79-81.

GILLIESON, D. (1986): Cave sedimentation in the New Guinea Highlands. *Earth Surf. Processes Landforms*, 11:533-543.

GILLIESON, D. (1996): *Caves. Processes, Development, Management*. Blackwell Publishers, Oxford, 324 p.

GORAN, C. (2001): Structura și limitele mediului carstic - considerații teoretice. *EcoCarst*, 2:12-20.

GOSPODARIČ, R. (1974): Fluvial sediments in Krizna Jama. *Acta Carsologica*, 6:327-366.

GOSPODARIČ, R. (1976): The Quaternary caves development between the Pivka basin and Polje of Planina. *Acta Carsologica*, 7:5-139.

GOSPODARIČ, R. (1988): Paleoclimatic record of cave sediments from Postojna karst. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 111:91-95.

GRANGER, D.E. & FABEL, D. (2005): *Cosmogenic Isotope Dating*. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.): *Encyclopedia of Caves*, 137-141, Elsevier Academic Press, New York.

GRANGER, D.E., FABEL, D. & PALMER, A.N. (2001): Pliocene-Pleistocene incision of the Green River, Kentucky, determined from radioactive decay of cosmogenic ²⁶Al and ¹⁰Be in Mammoth Cave sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 113:825-836.

GRÜN, R., KELLY, T. & AUBERT, M. (2012): *Electron Spin Resonance Dating of Vertebrate Remains from the Peștera cu Oase*. In: TRINKAUS, E., CONSTANTIN, S. & ZILHÃO, J. (eds.): *Life and Death at the Peștera cu Oase. A Setting for Modern Human Emergence in Europe*, 73-76, Oxford University Press, New York.

HADNAGY, A. (1977a): Studiul micromineralogic și rolul mineralelor grele în corela-

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

rea sedimentelor de peșteră. *Nymphaea*, V:107-128.

HADNAGY, A. (1977b): Aspecte istorice și contribuții noi în sedimentologia peșterilor. *Nymphaea*, V:129-156.

HOROI, V. (1993): Sedimentological studies in Racovița Gallery - Topolnița Cave (Mehedinți Plateau, Romania) - An evolutive interpretation. *Theoretical and Applied Karstology*, 6:129-144.

HOROI, V. (2004): *Principii generale în carstologie - Note de curs*, 1-28, București.

JONES, W.K. (1971): Characteristics of the Underground Floodplain. *NSS Bulletin*, 33(3):105-114.

JURCSÁK, T., PLOPIȘ, R., IGNAT, D., ȘERBAN, M. & POPA, E. (1981): Date privind fauna fosilă a Peșterii Urșilor (Munții Bihor). *Nymphaea*, VIII-IX:161-257.

KRANJC, G. (1981): Sediments from Babja Jama, near Most na Soci. *Acta Carsologica*, 10(9):201-211.

LARSEN, E. & MANGERUD, J. (1989): Marine caves: On-off signals for glaciations. *Quaternary International*, 3-4:13-19.

LAURITZEN, S.E. & ONAC, B.P. (1995): Uranium-series dating of speleothems from Romanian caves. *Theoretical and Applied Karstology*, 8:25-36.

LOWE, J.J., WALKER, M.J.C. & PORTER, S.C. (2007): *Understanding Quaternary Climatic Change*. In: ELIAS, S.A. (ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science*, 28-39, Elsevier, Amsterdam.

MANGIN, A. (1975): Contribution à l'étude des aquifères karstiques. Thèse de Doctorat, UD, Dijon, 124 p.

MILSKÉ, J.A., ALEXANDER, Jr., E.C. & LIVELY, R.S. (1983): Clastic Sediments in Mystery Cave, Southeastern Minnesota. *Natl. Speleol. Soc. Bull.*, 45(3):55-75.

MOLDOVAN, O.T., MILOTA, Ș., SARCINĂ, L., TRINKAUS, E., BĂLTEAN, I.C., SOFICARU, A. & RAJKA, G. (2003): The oldest modern humans in Europe. *Theoretical and Applied Karstology*, 16:77-81.

ONAC, B.P. (2000): *Geologia regiunilor carstice*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 400 p.

ONAC, B.P., CONSTANTIN, S., LUNDBERG, J. & LAURITZEN S.E. (2002): Isotopic climate record in a Holocene stalagmite from Urșilor Cave (Romania). *Journal of Quaternary Sciences*, 17(4):319-327.

OTAVA, J. & VÍT, J. (1992): Paleohydrography of the northern tributaries of the Punkva River reconstructed from the analysis of cave sediments (Moravian Karst, Drahaný Upland). *Scripta Fac. Sci. Univ. Brun., Geol.*, 22:141-156.

PANAOTU, C.G., HOROI, V., PETREA, C., CONSTANTIN, S. & PANAIOTU, C.E.

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

(2006): Magnetic record of the isotope stage 3 in the Carpathian Mountains (Romania). *Geophysical Research Abstracts*, 8, 05167, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-05167.

PANAOTU, C.G., CONSTANTIN, S., PETREA, C., HOROI, V. & PANAIOTU, C.E. (2012): *Rock Magnetic Data of Late Pleistocene sediments from the Peștera cu Oase and their Paleoclimatic Significance*. In: TRINKAUS, E., CONSTANTIN, S. & ZILHÃO, J. (eds.): *Life and Death at the Peștera cu Oase. A Setting for Modern Human Emergence in Europe*, 86-99, Oxford University Press, New York.

PARKER, G. (2004): *1D Sediment Transport Morphodynamics with Applications to Rivers and Turbidity Currents*. E-book: http://vtchl.uiuc.edu/people/parkerg/morphodynamics_e-book.htm.

PETREA, C., PANAIOTU, C.E., HOROI, V., PANAIOTU, C.G. & CONSTANTIN, S. (2006): *Preliminary Climatic Interpretation of Sedimentologic and Rockmagnetic Data from the Cave Peștera cu Oase (Southern Carpathians, Romania)*. In: ONAC, B.P., TĂMAȘ, T., CONSTANTIN, S. & PERȘOIU, A. (eds.): *Archives of Climate Change in Karst, Karst Waters Institute USA Special Publication*, 10:153-156.

PONTA, G. & ALDICA, G. (2009): Geology and tectonics of Polovragi Cave - Romania. *Proceedings of the 15th International Congress of Speleology*, Kerrville, Texas, 3:1638-1642.

POURCHET, M., MÉLIERES, M.A., SILVESTRU, E., RAJKA, G., CANDAUDAP, F. & CARBONNEL, J.P. (1996): Radionuclides in a cave lake sediment core from Ghețarul de sub Zgurăști (Romania). *Theoretical and Applied Karstology*, 9:23-28.

QUILÈS, J., PETREA, C., MOLDOVAN, O.T., ZILHÃO, J., RODRIGO, R., ROUGIER, H., CONSTANTIN, S., MILOTA, Ș., GHERASE, M., SARCINĂ, L. & TRINKAUS, E. (2006): Cave bears (*Ursus spelaeus*) from the Peștera cu Oase (Banat, Romania): Paleobiology and taphonomy. *Comptes Rendus Palévol*, 5:927-934.

QUINIF, Y. (1981): Thermoluminescence: a method for sedimentological studies in caves. *8th International Congress of Speleology*, Bowling Green, 309-313.

RICHARDS, M.P., PACHER, M., STILLER, M., QUILÈS, J., HOFREITER, M., CONSTANTIN, S., ZILHÃO, J. & TRINKAUS, E. (2008): Isotopic evidence for omnivory among European cave bears: Late Pleistocene *Ursus spelaeus* from the Peștera cu Oase, Romania. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 105:600-604.

ROATĂ, S. (1990): Peștera Polovragi - sediment și evoluție. *Lucrările celui de al III-lea simpozion "Proveniența și Efluența Aluviunilor"*, 371-385, Stațiunea de Cercetări "Stejarul", Piatra Neamț.

ROATĂ, S. (1998): *Evoluția geomorfologică a reliefului carstic din munții dintre Olt, Jiu și Strei și umpluturile sedimentare ale golurilor carstice*. Teză de Doctorat, Academia

Dinamica sedimentelor clactice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Română, Institutul de Geografie, București, p. 55-74.

ROUGIER, H. (2008): Le peuplement de l'Europe par l'Homme anatomiquement moderne: apport de la Peștera cu Oase (Roumanie). *Annales Fyssen*, 23:74-85.

SASOWSKY, I.D. (2004): *Sediments: Autochthonous Clastic*. In: GUNN, J. (ed.): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*, 634-636, Fitzroy Dearborn, New York.

SASOWSKY, I.D. (2005): *Paleomagnetic Record in Cave Sediments*. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.): *Encyclopedia of Caves*, 427-431, Elsevier Academic Press, New York.

SASOWSKY, I.D. (2007): Clastic sediments in caves - imperfect recorders of processes in karst. *Acta carsologica*, 36(1):143-149.

SASOWSKY, I.D. & MYLROIE, J.E. (eds.) (2004): *Studies of Cave Sediments: Physical and Chemical Records of Paleoclimate*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 329 p.

SCHMIDT, V.A. (1982): Magnetostratigraphy of sediments in Mammoth Cave, Kentucky. *Science*, 217:827-829.

SPRINGER, G.S. (2012): *Clastic Sediments in Caves*. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.): *Encyclopedia of Caves*, 134-140, Elsevier Academic Press, London.

SPRINGER, G.S. & KITE, J.S. (1997): River derived slackwater sediments in caves along Cheat River, West Virginia. *Geomorphology*, 18:91-100.

TAUXE, L. (2002): *Paleomagnetic Principles and Practice*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 299 p.

TERZEA, E. (1978): Dépôts de remplissage et mammifères quaternaires de "Peștera Urșilor" de Chișcău, Département de Bihor (note préliminaire). *Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"*, XVII:139-144.

TERZEA, E. (1989): Les Arvicolidés (Rodentia, Mammalia) du Pléistocène Moyen de Chișcău-1 (Depart. de Bihor, Roumanie). *Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"*, XXVIII:57-72.

THRAILKILL, J. (1968): Chemical and hydrological factors in the excavation of limestone caves. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 79:19-46.

TRINKAUS, E., MOLDOVAN, O.T., MILOTA, Ș., BÂLGĂR, A., SARCINĂ, L., ATHREYA, S., BAILEY, S.E., RODRIGO, R., GHERASE, M., HIGHAM, T., BRONK RAMSEY, C. & van der PLICHT, J. (2003): An early modern human from the Peștera cu Oase, Romania. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100:11231-11236.

TRINKAUS, E., ZILHÃO, J., ROUGIER, H., RODRIGO, R., MILOTA, Ș., GHERASE, M., SARCINĂ, L., MOLDOVAN, O.T., BĂLTEAN, I.C., CODREA, V., BAILEY, S.E., FRANCISCUS, R.G., PONCE DE LEÓN, M. & ZOLLIKOFER, C.P.E. (2006): *The Peștera cu*

Dinamica sedimentelor clastice în mediul speleic, sub controlul schimbărilor climatice globale. Studii de caz

Oase and Early Modern Humans in Southeastern Europe. In: CONARD, N.J. (ed.): *When Neanderthals and Modern Humans Met*, 145-164, Kerns Verlag, Tübingen.

TRINKAUS, E., SOFICARU, A., DOBOȘ, A., CONSTANTIN, S., ZILHÃO, J. & RICHARDS, M. (2009): Stable isotope evidence for early modern human diet in southeastern Europe: Peștera cu Oase, Peștera Muierii and Peștera Cioclovina Uscată. *Materiale și Cercetări Arheologice*, 5:4-14.

UDDEN, J.A. (1914): Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25:655-744.

VALEN, V., LAURITZEN, S.E. & LØVLIE, R. (1997): Sedimentation in a high latitude karst cave: Sirijordgrotta, Nordland, Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 77:233-250.

VĂLENAȘ, L. (1979): Studiu complex al zonei Valea Crăiasa-Valea Vârtoape, cu referire specială la Peștera Urșilor (Munții Bihor). *Nymphaea*, VII:139-176.

WENTWORTH, C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30:377-392.

WHITE, W.B. (1988): *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, New York, 464 p.

WOLFE, T.E. (1973): Sedimentation in karst drainage basins along the Allegheny Escarpment in southeastern West Virginia, U.S.A. Ph.D. Thesis, McMaster University, Hamilton, Ontario, 455 p.

WUNSCH, C. (2004): Quantitative estimate of the Milankovitch-forced contribution to observed Quaternary climate change. *Quaternary Science Review*, 23:1001-1012.

ZUPAN HAJNA, N. (1998): Mineral composition of clastic cave sediments and determination of their origin. *Kras i Speleologia*, 9(XVIII):169-178.

ZUPAN HAJNA, N., MIHEVC, A., PRUNER, P. & BOSÁK, P. (2008): *Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia*. *Carsologica*, 8, Založba ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana, 266 p.

ZUPAN HAJNA, N., MIHEVC, A., PRUNER, P. & BOSÁK, P. (2010): Palaeomagnetic research on karst sediments in Slovenia. *International Journal of Speleology*, 39(2):47-60.