

**UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI”
CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE BIOLOGIE ȘI GEOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOLOGIE TEORETICĂ ȘI APLICATĂ**

**Algele roșii și faciesurile carbonatice
badeniene din Formațiunea de Gârbova de
Sus (Bazinul Transilvaniei)**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**Doctorand:
Chelaru Paula-Ramona**

**Conducător de doctorat:
Acad. Prof. univ. dr. Ioan Bucur**

**Cluj-Napoca
2020**

Cuvinte cheie:

*Rhodophyta; Rhodoid; Taxonomie; Badenian; Microfacies; Facies;
Paleogeografie; Paleoecologie; Bazinul Transilvaniei;*

Cuprins

Introducere.....	1
1. Istoricul cercetărilor geologice	3
2. Cadrul geologic.....	4
2.1 Fundamentul Bazinului Transilvaniei	4
2.2 Succesiunea sedimentară din Bazinului Transilvaniei	1
2.2.1 Cretacicul superior.....	1
2.2.2 Paleogenul	1
2.2.3 Neogenul.....	1
2.3 Badenianul de pe rama vestică a Bazinului Transilvaniei	2
2.3.1 Formațiunea de Gârbova de Sus	3
3. Materiale și metode	4
3.1 Etapa de teren.....	4
3.2 Etapa de laborator	4
3.3 Analize microscopice	5
3.3.1. Analiza de microfacies	5
3.3.2. Analiza micropaleontologică	5
4. Descrierea profilurilor	6
4.1 Profilul Moldovenești-Pietroasa	6
4.2 Profilul Pietroasa	6
4.3 Profilul Podeni	7
4.4 Profilul Lopadea Veche	7
4.5 Profilul Gârbova de Sus.....	8
5. Alge roșii – Paleontologie sistematică.....	9
5.1 Alge roșii – trăsături diagnostice, remarci.....	9
5.1.1 Identificarea algelor roșii geniculate (articulate).....	10
5.1.2 Identificarea algelor roșii non-geniculate	11
5.2. Descrierea sistematică a algelor roșii	13
6. Paleogeografia și paleoecologia algelor roșii	17
6.1 Paleogeografie.....	17
6.2 Elemente generale de ecologie și paleoecologie.....	17
6.3 Asociații majore de microfacies și asociații de rhodofite.....	18
6.4 Mediul depozitional.....	21
7. Concluzii.....	23
Bibliografie selectivă	25

Introducere

Obiectivul principal al acestui studiu este de a aduce noi contribuții la cunoașterea asociațiilor de alge roșii din depozitele carbonatice badeniene de pe bordura vestică a Bazinului Transilvaniei prin crearea unui inventar actualizat al speciilor de rhodofite. Luând în considerare studiile efectuate asupra algelor roșii badeniene din Bazinul Transilvaniei, se remarcă faptul că acestea au fost identificate într-un număr restrâns, ținând cont de dominanța acestora în Formațiunea de Gârbova de Sus. Pe de altă parte trebuie să subliniem importanța algelor roșii în reconstituirile de paleomediū (evidențiată prin multiple studii efectuate la sfârșitul secolului 20 și în cele două decenii ale secolului 21).

În urma identificării prin metode moderne a speciilor care apar în depozitele badeniene din bazinul Transilvaniei, metode utilizate și la identificarea speciilor actuale, am propus utilizarea asociațiilor de rhodofite în interpretări ale condițiilor de paleomediū. În final, după identificarea și descrierea microfaciesurilor, a asociațiilor de microfosile și determinarea asociațiilor majore de microfacies, am propus interpretarea mediului depozițional, dar și efectuarea unor comparații cu alte depozite badeniene din Paratethysul Central.

Teza este structurată pe 7 capitole, iar rezultatele acestui studiu sunt prezentate în capitolele 4, 5 și 6. Tipurile principale de microfacies și asociațiile de microfosile sunt descrise în capitolul 4, iar descrierea sistematică a speciilor de alge roșii identificate este prezentată în capitolul 5. Distribuția stratigrafică și paleogeografică a speciilor de rhodofite, asociațiile majore de microfacies și comparațiile acestora cu cele descrise din alte depozite badeniene din Paratethysul Central, interpretarea condițiilor de paleomediū și reconstituirea mediului depozițional sunt descrise și discutate în capitolul 6.

Doresc să mulțumesc în primul rând domnului Acad. Prof. dr. Ioan Bucur pentru încrederea acordată pe parcursul elaborării acestui studiu și pentru încurajarea constantă și îndrumarea acordată pe parcursul activităților științifice. Mulțumesc, în mod deosebit, domnului Prof. dr. Sorin Filipescu pentru revizuirea capitolelor de istoric al cercetărilor și de geologia regiunii și pentru toate observațiile aduse. De asemenea, mulțumesc domnului Conf. dr. Ioan Tanțău pentru recomandările și observațiile aduse, domnilor Conf. dr. Emanoil Săsăran și Șef lucr. dr. Tudor Tămaș pentru încurajările acestora oferite încă de la elaborarea lucrării de licență și lui George Pleș pentru observațiile aduse la descrierea microfaciesurilor. Mulțumesc, de asemenea, colegilor Andrei Diaconu, Sergiu Drăgușanu,

Alexandru Săsăran și Gabi Trombitas pentru ajutorul acordat în campaniile de teren, și colegilor Lucian Pascariu, dr. Cristian Mircescu și Alin Oprișa care m-au ajutat în etapa de laborator. Nu în ultimul rând, aș dori să mulțumesc părinților mei, surorii mele și lui George pentru sprijinul moral și practic acordat pe parcursul anilor de studii doctorale.

1. Istoricul cercetărilor geologice

Primele studii geologice asupra depozitelor din zona marginal-vestică a Bazinului Transilvaniei s-au efectuat începând cu a doua jumătate a secolului al XVIII-lea. Un rezumat scurt al geologiei regiunii a fost inițial întocmit de Beudant (1822) iar Hauer & Stache (1863) au descris ulterior succesiunea geologică din arealul Masivului Trascău.

Popescu (1970) a definit Formațiunea de Dej (Complexul Tufului de Dej) de vârstă Badenian inferior în care a separat Membrul de Ciceu-Giurgești reprezentat prin conglomerate sau pietrișuri, calcare și marne. Aceste depozite au fost asociate cu zona NN5 cu *Sphenolithus heteromorphus* (Badenian inferior), pe baza asociațiilor de nannoplancton calcaros (Mészáros, 1991a). Ulterior, Filipescu & Gîrbacea (1994) au descris Formațiunea de Gârbova de Sus, sedimentată sincron cu partea superioară a Formațiunii de Dej și reprezentată prin depozitele Badenianului inferior de pe marginea vestică a Bazinului Transilvaniei.

Bucur & Filipescu (1994) au realizat primul inventar al speciilor de alge roșii din depozitele badeniene de pe marginea vestică a Bazinului Transilvaniei. Până în acel moment, „*Lithothamnium ramosissimum*” era singura specie menționată în studiile de specialitate; această specie era considerată reprezentativă pentru depozitele badeniene de tip „Lithothamniumkalke” din această zonă (Pávay-Vajna, 1910; Șuraru, 1992). În descrierea Stratelor de Dej (Popescu, 1973) se menționează, de asemenea, prezența genului *Lithophyllum* reprezentat prin concrețiuni de alge roșii în partea superioară.

Un studiu detaliat asupra aflorimentelor badeniene de la Gârbova de Sus a fost efectuat de Zágoršek et al. (2010). Pe lângă descrierea taxonomică a speciilor de briozoare și revizuirea celor menționate de Ghiurcă (1964, 1972, 1974), analiza asociațiilor de nannoplancton calcaros și de foraminifere a contribuit la interpretarea paleomediului și determinarea vârstei depozitelor. Prima și singura mențiune a algelor verzi halimedaceae și dasycladale din Formațiunea de Gârbova de Sus a fost efectuată de Bucur et al. (2011).

Într-un studiu mai recent privind depozitele calcaroase cu rhodoide din localitatea Lopadea Veche (Bucur & Filipescu, 2011), algele roșii rămân descrise la nivel de gen. Chelaru & Bucur (2016) au abordat studiul taxonomic al acestor alge dintr-un punct de vedere modern și au descris în detaliu 17 specii.

2. Cadrul geologic

Bazinul Transilvaniei corespunde unui areal de sedimentare intra-carpatic care a evoluat începând cu Cretacicul superior. Acesta s-a dezvoltat în cea mai mare parte pe parcursul Miocenului superior și a continuat până în Pliocen (Krézsek & Filipescu, 2005). Alături de celelalte bazine intra-carpaticice (Bazinul Vienei, Bazinul Panonic, Bazinul Slovaciei, Bazinul Croației), Bazinul Transilvaniei reprezintă, de asemenea, o parte a Paratethysului Central (Rögl et al., 1978; Popescu, 1987; Popov et al., 2004; Krézsek & Filipescu, 2005).

2.1 Fundamentul Bazinului Transilvaniei

Fundamentul Bazinului Transilvaniei este alcătuit dintr-o stivă de unități șariate aparținând domeniilor Tisza, Dacia și Transilvanide (Săndulescu, 1984; Schmid et al., 2008) asamblate în timpul tectogenezei mezocretacice (Csontos & Vörös, 2004; Krézsek & Bally, 2006). Ele au în componență metamorfite paleozoice, ofiolite mezozoice, vulcanite de arc insular și depozite mezozoice (Triasic-Cretacic inferior) (Bucur & Săsăran, 2004; Krézsek & Bally, 2006). Asamblarea acestor unități din fundamentul bazinului a fost influențată direct de evoluția "Oceanului Meliata-Maliac-Vardar" (sensu Schmid et al., 2008) și a marginilor sale pasive (Tisza și Dacia). Începând cu finalul Cretacicului inferior (mișcările austriece/mezocretacice) începe subducția domeniului oceanic, ulterior realizându-se coliziunea între fostele sale margini pasive (unitățile Tisza și Dacia sau Blocul Tisza-Dacia sensu Csontos & Vörös, 2004) (Săndulescu, 1984; Krézsek & Bally, 2006; Schmid et al., 2008). Vestigiile acestui domeniu oceanic sunt reprezentate printr-o centură ofiolitică mezozoică obdusă peste blocul Tisza-Dacia (Sutura Ofiolitică Transilvană) și prin sedimentarul Pânzelor Transilvane (Săndulescu, 1984; Krézsek & Bally, 2006; Schmid et al., 2008). Sfârșitul evenimentului mezocretacic este documentat prin prezența unei cuverturi sedimentare post-tectonice (Albian–Cenomanian) care acoperă (sigilează) direct unitățile șariate din subasmentul Bazinului Transilvaniei (Krézsek & Bally, 2006). Astfel, Bazinul Transilvaniei reprezintă un bazin post-Cenomanian intra-Carpatic format în spatele prisme de acreție a zonei de forland a Carpaților peste o stivă îngroșată de unități mezocretacice din subasment (backstop-ul Carpatic) (Krézsek & Bally, 2006; Schmid et al., 2008).

2.2 Succesiunea sedimentară din Bazinului Transilvaniei

Evoluția sedimentară a Bazinului Transilvaniei a fost influențată de o serie de evenimente tectonice care au controlat și modelat arhitectura petrofaciesală a depozitelor prezente în acest areal. Existența unor discontinuități regionale majore în succesiunea stratigrafică a bazinului a permis identificarea unor megasecvențe tectonostratigrafice pentru intervalul Cretacic superior–Neogen (Krézsek & Bally, 2006; Filipescu, 2011): (1) megasecvența Cretacicului superior (colaps extensional); (2) megasecvența paleogenă (deformare și subsidență); (3) megasecvența flexurală a Miocenului inferior; (4) megasecvența de tip back-arc a Miocenului mediu-superior.

2.2.1 Cretacicul superior

Depozitele Cretacicului superior (Santonian-Maastrichtian) formează un ciclu transgresiv-regresiv de depozite marine pelagice, sedimente de apă puțin adâncă și depozite continentale (Proust & Hosu, 1996; Krézsek & Bally, 2006) și sunt reprezentate prin conglomerate, gresii, calcare bioclastice și, mai rar, depozite de apă adâncă.

2.2.2 Paleogenul

Sedimentarul paleogen se dispune peste depozitele Cretacicului superior și este caracterizat de o sedimentație ciclică care reflectă oscilații ale nivelului marin (Proust & Hosu, 1996; Krézsek & Bally, 2006). Această succesiune sedimentară depășește 500 m grosime stratigrafică înspre nord-vestul Bazinului Transilvaniei (Filipescu, 2011).

2.2.3 Neogenul

Pe parcursul Miocenului, Bazinul Transilvaniei este influențat de schimbările de mediu ce au loc la nivelul Paratethysului Central, evoluând astfel de la un mediu marin la unul salmastru, respectiv lacustru. Inițierea vulcanismului neogen calco-alcalin a indus, de asemenea, un vulcanism acid în urma căruia are loc depunerea tufurilor în Bazinul Transilvaniei și alte bazine intra-carpătice adiacente (Szakács et al., 2012; Lexa et al. 2010). Vârsta formațiunilor depuse pe parcursul Oligocenului superior și Miocenului inferior este dificil de estimat din pricina prezenței depozitelor non-marine dar și a lacunelor din succesiunile sedimentare (Filipescu 2011).

Depozitele Miocenului inferior află în cea mai mare parte în nordul Bazinului Transilvaniei fiind reprezentate prin turbidite și sedimente de tip fan-deltă (Formațiunea de

Hida). In zona marginal-vestică a bazinului Miocenul inferior este reprezentat printr-un facies de litoral cu gresii (Formațiunea de Coruș) și un facies de șelf extern cu marne fosilifere (Formațiunea de Chechiș) (Krézsek & Bally, 2006). Succesiunea sedimentară miocenă este constituită în cea mai mare parte din depozite siliciclastice marine (Krézsek & Bally, 2006; Filipescu et al., 2011). Pe parcursul Badenianului mediu nivelul eustatic scade global iar Bazinul Transilvaniei se izolează (Krézsek & Filipescu, 2005). Depozitele de sare acoperă astfel bazinul pe parcursul evenimentului denumit „*Criza de Salinitate Badeniană*” (Kováč et al, 2018). Badenianul superior (Kossovian) este reprezentat în cea mai mare parte din depozite siliciclastice tipice unui mediu marin de apă adâncă (Kováč et al., 2007). Sarmatianul este reprezentat prin depozite deltaice caracteristice unui mediu de la salmastru până la hipersalin (Krézsek & Filipescu, 2005). Începutul Pannonianului este caracterizat printr-o continuare a scăderii salinității apelor, cauzând transformarea progresivă a domeniului acvatic într-un mediu lacustru oligohalin, prielnic doar unor foraminifere aglutinante dar cu condiții la care ostracodele s-au putut adapta și prospera (Filipescu, 1996).

2.3 Badenianul de pe rama vestică a Bazinului Transilvaniei

Pe parcursul Badenianului (Langhian–Serravallian inferior), sedimentarea de pe marginea vestică a Bazinului Transilvaniei debutează cu depunerea Formațiunii de Gârbova de Sus. Depozitele formațiunii sunt dispuse transgresiv peste structurile mezozoice din partea estică a Munților Apuseni, mai precis ale Munților Trascăului (Filipescu, 1996). Fundamentul mezozoic este reprezentat prin ofiolite, vulcanite de arc insular și depozitele sedimentare ale Pânzei de Bedeleu (calcare de tip Štramberg) ori ale Formațiunii de Râmeți (Filipescu, 1996). Sedimentarul Paleogenului-Miocenului inferior a fost erodat în acest areal, fiind astfel absent în partea marginal-vestică a bazinului.

Deasupra Formațiunii de Gârbova de Sus se găsesc gipsurilor wieliciene de tip Sabkha ale **Formațiunii de Cheia** (Filipescu, 1996) sau o discordanță care separă depozitele badeniene de argilele și nisipurile panoniene, caracteristice Formațiunii de Lopadea (Lubenescu & Lubenescu, 1977). În continuarea succesiunii sedimentare se observă **Formațiunea de Pietroasa** (Badenian superior) între localitățile Pietroasa și Podeni, în cariera de la Cheia dar și în arealul Gârbova de Sus, depozitată în partea superioară a Formațiunii de Cheia. Peste depozitele acestei formațiuni sunt dispuse argilele siltice sarmatiene ale Formațiunii de Măhăceni (Filipescu, 1996).

2.3.1 Formațiunea de Gârbova de Sus

Formațiunea de Gârbova de Sus (Filipescu, 1996) atinge o grosime de 30-40 m și se extinde între Valea Arieșului și Valea Ampoiului, mărginind partea vestică a Bazinului Transilvaniei și cea estică a Munților Trascău (Filipescu, 1996). Vârsta formațiunii a fost inițial considerată Badenian inferior (Filipescu, 1996) dar a fost ulterior extinsă până la Badenian mediu (Wielician/Langhian superior) (Filipescu, 2001).

Formațiunea de Gârbova de Sus se poate corela cu partea superioară a Formațiunii de Dej (Popescu, 1970), cu zona M6 de foraminifere planctonice și zona NN5 de nannoplancton calcaros (Filipescu, 1996). Asociația de foraminifere este caracteristică „Zonei Superioare de Lagenide”, dar sunt de asemenea prezente și specii planctonice care aparțin Biozonei *Orbulina suturalis* (Filipescu, 1996). Din punct de vedere litologic, aceasta este constituită în cea mai mare parte, din calcare bioclastice algale de apă puțin adâncă (Filipescu & Gîrbacea, 1997) și subordonat din nisipuri carbonatice.

Partea superioară a formațiunii este caracterizată prin prezența calcarelor algale, dar și abundența forminiferelor elphidiide, cibicide și foraminifere bentonice mari (*Amphistegina*) sugerând un mediu de apă puțin adâncă, de 20 până la 50 m (Filipescu & Gîrbacea, 1997). Din succesiunile sedimentare de la Moldovenești, Podeni, Lopadea Veche și Gârbova de Sus s-au identificat 13 specii de alge roșii, constituind primul inventar al acestora din cadrul formațiunii.

Pe baza asociației de alge roșii și prezenței foraminiferelor pelagice și hemipelagice în matricea depozitelor, Bucur & Filipescu (1994) sugerează depunerea faciesului algal cu rhodoide într-un mediu marin cu o adâncime moderată, de aproximativ 30-50 m. Cu toate acestea, interpretarea paleomediului pentru acest facies rhodoidic rămâne problematică. Asociația de foraminifere din cadrul faciesului cu rhodoide, din partea superioară a succesiunii de la Lopadea Veche, sugerează un mediu marin cu ape puțin adânci, de câțiva metri, iar printr-o comparație cu rhodoidele din Polonia se concluzionează că acestea au fost depuse la o adâncime de 30 m (faciesul algal cu briozoare), respectiv 50-80 m (Bucur & Filipescu, 2011).

3. Materiale și metode

3.1 Etapa de teren

În etapa de teren, rezoluția de probare a fost de 10–30 cm, însă doar în cazul în care particularitățile succesiunii sedimentare și accesul au permis. În general, s-a încercat prelevarea eșantioanelor la intervale cât mai mici. Au fost prelevate în total 380 eșantioane din succesiunile sedimentare care afloră în localitățile Moldovenești-Pietroasa, Pietroasa, Podeni, Lopadea Veche, Poiana Aiudului și Gârbova de Sus - Pârâul Pietrii. Eșantioanele sunt reprezentate prin calcare marnoase, marne calcaroase și calcare bioclastice (inclusiv rhodoide de dimensiuni centimetrice).

3.2 Etapa de laborator

În etapa de laborator s-au prelucrat eșantioanele prelevate în etapa de teren, în vederea efectuării suprafețelor lustruite și a secțiunilor subțiri. Prelucrarea materialului micropaleontologic s-a efectuat în următoarele etape: tăiere, șlefuire, lipire, decupare, degroșare, finalizare. S-au efectuat în total aproximativ 500 de secțiuni subțiri de dimensiuni diferite. Abrevierile utilizate la denumirea secțiunilor subțiri sunt următoarele: Pi (Moldovenești-Pietroasa), PT (Pietroasa), LV (Lopadea Veche, cu LVC, LVB și LVC pentru eșantioanele reprezentate prin rhodoide), P (Podeni), Gârbova de Sus (G).

Analiza microfaciesală și micropaleontologică a fost efectuată ulterior la microscop. Cu ajutorul unui aparat foto digital montat pe microscopul cu lumină polarizată, s-au efectuat fotografiile utilizate la crearea figurilor/plașelor. Trăsături importante au putut fi analizate atât macroscopic cât și microscopic prin corelarea imaginilor scanate cu fotografiile la microscop. În cazul rhodoidelor, acestea au fost măsurate (axul scurt, intermediar și lung) înainte de tăiere, șlefuire și scanarea suprafețelor lustruite. Pentru determinarea formelor rhodoidelor s-au creat diagrame ternare (modelul Sneed & Folk, 1958), utilizând foaia de calcul TRI-PLOT (Microsoft Excel) întocmită de Graham & Midgley (2000). Pentru clasificarea și descrierea rhodoidelor (forma și structura, inclusiv gradele de densitate a rhodoidelor ramificate) s-a folosit modelul propus de Bosence (1983a).

3.3 Analize microscopice

3.3.1. Analiza de microfacies

Secțiunile subțiri și suprafețele lustruite au fost analizate din punct de vedere microfaciesal, cu scopul de a determina principalele asociații de facies și de a interpreta mediile depoziționale. Analiza de microfacies a rocilor carbonatice presupune identificarea tuturor caracteristicilor sedimentologice și paleontologice (tipul de matrice și granule, recunoașterea texturilor și a structurilor interne, diageneză). În acest studiu s-a utilizat în principal clasificarea rocilor carbonatice a lui Dunham (1962) (Fig. 4) cu completările aduse de Embry & Klovan (1972) (Fig. 5).

3.3.2. Analiza micropaleontologică

Identificarea la nivel de gen și specie a algelor roșii nongeniculate a fost efectuată cu ajutorul ghidului de identificare prezentat de Harvey & Woelkerling (2007) și verificând încadrarea sistematică a acestora după Guiry & Guiry (2020). Tipul de dezvoltare al talului a fost identificat după Woelkerling et al. (1993). Dimensiunile măsurate la algele roșii au fost efectuate cu ajutorul aplicației ImageJ (Abràmof et al., 2004) conform modelelor prezentate de Basso et al. (1996) și Rasser & Piller (1999). Măsurătorile prezentate în capitolul de paleontologie sistematică (tabele) aparțin unui singur specimen care prezintă cât mai multe trăsături caracteristice, ori mai multor specimene aparținând aceleiași specii. Abundența rhodofitelor a fost calculată în fiecare tip de microfacies și asociație majoră de microfacies prin numărarea secțiunilor subțiri în care acestea au fost identificate. Prezența speciilor de rhodofite în secțiunile subțiri studiate a fost marcată în anexele atașate la sfârșitul lucrării.

4. Descrierea profilelor

4.1 Profilul Moldovenești-Pietroasa

Depozitele studiate în acest profil reprezintă o succesiune sedimentară carbonatică care aflurează pe partea vestică a drumului principal dintre localitățile Moldovenești și Pietroasa (județul Cluj). Grosimea stratigrafică a succesiunii studiate este de aproximativ 11m fiind reprezentată prin calcare bioclastice cu ichnofosile în partea inferioară și calcare bioclastice grosiere înspre partea superioară, în care domină brizoarele și algele roșii.

În aceste depozite calcaroase s-au identificat patru tipuri principale de microfacies (M-TPM): grainstone bioclastic cu brizoare (M-TPM1), grainstone/packstone bioclastic cu tuburi de viermi (M-TPM2), grainstone/rudstone bioclastic cu brizoare și *Amphistegina* (M-TPM3), rudstone bioclastic cu alge ramificate (M-TPM4).

4.2 Profilul Pietroasa

Depozitele studiate în cadrul profilului Pietroasa aflurează la intrarea în satul Pietroasa (județul Cluj, comuna Moldovenești), pe partea nordică a drumului principal). Rezoluția de probare variază de la 10 cm până la 40 cm. Grosimea succesiunii probate este de aproximativ 26 m. Succesiunea sedimentară de la Pietroasa este reprezentată în cea mai mare parte prin calcare bioclastice în care domină algele roșii. Pe lângă acestea, se remarcă și abundența ocazională a serpulidelor și a foraminiferelor bentonice mari (*Amphistegina*). În partea inferioară se regăsește un nivel de argile/marne siltice cu o grosime de aproximativ 1,7 m, peste care este dispus discordant un nivel de calcare bioclastice cu aspect microconglomeratic alcătuit din rhodoide mici și preponderent claste. Acest nivel are o grosime de aproximativ 4,7 m, remarcându-se o creștere a fracției dimensionale a clastelor înspre partea superioară. Partea mediană și superioară a succesiunii este reprezentată în cea mai mare parte prin calcare bioclastice masive. Se remarcă cinci niveluri de calcare masive cu grosimi variate de la 80 cm până la 6 m, separate de suprafețe erozionale. Fiecare nivel debutează cu calcare bioclastice mai fine, nisipuri și pietrișuri slab spre moderat compacte cu claste negricioase, bogate în foraminifere bentonice mari și cu o grosime de aproximativ 70 cm.

În cadrul profilului s-au identificat 3 tipuri principale de microfacies: grainstone grosier/rudstone bio-extracastic cu rhodoide, alge ramificate și extracaste rotunjite (Pt-TPM1), grainstone bioclastic cu tuburi de viermi și foraminifere bentonice mari (Pt-TPM2) și rudstone bio-extracastic cu fragmente mari de rhodoide și alge ramificate (Pt-TPM3).

4.3 Profilul Podeni

Sucesiunea sedimentară din zona Podeni se poate urmări în Cariera Podeni, satul Podeni (județul Cluj, comuna Moldovenești) și în depozitele calcaroase dispuse în partea superioară a acesteia, aflorând pe dealul alăturat în direcția vestică. Partea inferioară a succesiunii probate (carieră) este reprezentată printr-un pachet de calcare bioclastice cu o grosime de 10 m. Se observă un nivel de calcare bioclastice fin poroase (4 m) peste care se dispun calcare bioclastice grosiere cu rhodoide mici, având diametrul maxim de 2 cm (6 m). În partea mediană-superioară a carierei se remarcă un nivel cu grosimea de aproximativ 50 cm în care sunt abundente bivalve mari. Nivelul rhodoidic caracterizează partea mediană a succesiunii. Acesta se poate observa în partea superioară a carierei în direcția N-V, și în proximitatea acesteia unde s-a identificat un alt afloriment. Rhodoidele au dimensiuni centimetrice și sunt dispersate într-o matrice fină marnoasă. În partea superioară a succesiunii, calcarele afloră în nivele de aproximativ 1 m grosime, sub formă de mici bioherme.

În cadrul profilului s-au identificat 5 tipuri principale de microfacies: packstone bioclastic cu fragmente de alge roșii (P-TPM1), packstone rhodoidic cu briozoare (P-TPM2), rudstone rhodoidic cu alge ramificate (P-TPM3), bindstone rhodoidic cu briozoare (TPM4) și bindstone algal cu briozoare și serpulide (P-TPM5).

4.4 Profilul Lopadea Veche

Sucesiunea sedimentară studiată de la Lopadea Veche este situată pe Valea Buhii, la ieșirea din partea vestică a localității Lopadea Veche (jud. Alba Iulia, comuna Mirăslău). Partea inferioară și cea mediană a succesiunii are o grosime de 27 m și este reprezentată prin calcare bioclastice algale cu intercalații marnos-nisipoase. Profilul debutează cu un nivel de calcare marnoase în care se observă fragmente și taluri subțiri de alge roșii. În partea sudică a profilului studiat, la aproximativ 100 m, se observă micro-conglomerate și calcare algale cu bivalve și rhodoide plasate discordant peste substratul mesozoic (ofiolite) al Munților

Apuseni. În acest nivel se remarcă rhodoidele de dimensiuni centimetrice formate în jurul unor fragmente rotunjite de vulcanite. În partea mediană a succesiunii, algele roșii sunt prezente prin forme ramificate și libere de dimensiuni milimetrice, cruste sau formează rhodoide de dimensiuni centimetrice spre partea superioară a succesiunii, unde se observă rhodoidele dispuse în straturi ușor înclinate. Se observă atât nivele cu rhodoide cu nucleu, cât și fără. Se remarcă, de asemenea, abundența briozoarelor deseori încrustate de taluri alge sau care formează brioides de dimensiuni centimetrice. Partea superioară a acestui profil este caracterizată printr-un nivel distinct, cu o grosime de aproximativ 3 m, constituit din rhodoide de dimensiuni centimetrice dispersate într-o matrice marnoasă. Rhodoidele sunt dispuse în general în șiruri orizontale și intră în contact unele cu celelalte (fabric condensat).

În succesiunea sedimentară s-au identificat 6 tipuri principale de microfacies: packstone bioclastic cu fragmente de alge și briozoare (LV-TPM1), rudstone rhodoidic cu briozoare și foraminifere bentonice mari (LV-TPM2), floatstone/rudstone rhodoidic cu briozoare și rare intercalații de packstone bioclastic (LV-TPM3), rudstone rhodoidic cu alge ramificate, briozoare și foraminifere bentonice mari (LV-TPM4), rudstone/floatstone cu alge ramificate și foraminifere bentonice mari (LV-TPM5) și bindstone rhodoidic cu sediment intern de tip grainstone/packstone (LV-TPM6).

4.5 Profilul Gârbova de Sus

Sucesiunea sedimentară studiată de la Gârbova de Sus (Municipiul Aiud, județul Alba) este situată pe valea pârâului Pietrii. Aflorimentul este situat în direcția nord-vestică de la ieșirea din satul Gârbova de Sus. Partea inferioară și cea mediană a succesiunii sedimentare studiate sunt reprezentate prin alternanțe de nisipuri și gresii, nisipuri grezoase cu bivalve, gresii nisipoase. Studiul microfaciesal a fost efectuat asupra rocilor calcaroase din partea superioară a succesiunii. Aceste calcare cu alge roșii sunt intercalate într-o matrice nisipoasă în care se observă fragmente mici de rhodofite iar în partea cea mai de sus a succesiunii se observă un nivel de aproximativ 30 cm de calcar bioclastic masiv. Eșantioanele calcaroase din acest profil au fost prelevate dintr-un nivel cu grosimea totală de aproximativ 3 m.

S-au identificat două tipuri de microfaciesuri în această succesiune sedimentară: rudstone rhodoidic cu briozoare și foraminifere mari încrustante (G-TPM1) și rudstone cu alge ramificate, briozoare și foraminifere bentonice mari (G-TPM2).

5. Alge roșii – Paleontologie sistematică

5.1 Alge roșii – trăsături diagnostice, remarci

Specimenele de rhodofite fosilizate prezintă o serie de trăsături morfologice care sunt utilizate și de biologi pentru identificarea speciilor actuale (Rösler et al., 2015; Chelaru & Bucur, 2016; Coletti et al., 2020). Cu toate că o mare parte din aceste caracteristici morfologice se pot urmări în materialul fosilizat, este important de evidențiat imposibilitatea determinării exacte a conținutului din camerele cu structuri reproductive. Drept urmare, fazele ciclului reproductiv la rhodofitele fosilizate sunt mai dificil de identificat decât la cele actuale, iar majoritatea studiilor din secolul 20 au exclus posibilitatea identificării unor plante gametangiale sau carposporangiale în materialul fosilizat, cu câteva excepții (Conti, 1943; Mastroilli, 1968, Basso et al., 1996).

La rhodofite (Ord. Corallinales, Hapalidiales, Sporolithales) se recunosc următoarele tipuri de camere cu structuri reproductive: conceptacule monoporate, conceptacule multiporate și compartimente sporangiale. Acestea conțin, în general, tetraspori (în conceptacule tetrasporangiale monoporate sau multiporate sau în compartimente sporangiale), reprezentând astfel plante sporangiale cu reproducere asexuată. Plantele carposporangiale, dar și cele gametangiale caracteristice unei faze de reproducere sexuată, prezintă doar conceptacule monoporate. Acestea conțin carpospori, respectiv gameți de sex masculin sau feminin. Astfel, conceptaculele monoporate sunt prezente la plantele tetrasporangiale din Ord. Corallinales, dar și la toate plantele carposporangiale și gametangiale din încrengătura Rhodophyta.

În lipsa determinării fazei reproductive în care se află o algă roșie, numeroase specimene cu conceptacule monoporate au fost încadrate în mod eronat în ord. Corallinales, reprezentând o plantă tetrasporangială. Începând cu secolul 21, studiile taxonomice asupra rhodofitelor fosilizate s-au concentrat pe reviziunea colecțiilor din secolul anterior. În acest studiu am urmărit identificarea speciilor de rhodofite pe baza criteriilor morfologice de diagnoză utilizate pentru specimenele actuale, dar și recunoașterea speciilor în fazele tetrasporangiale, carposporangiale și gametangiale. Fazele carposporangiale sau gametangiale s-au identificat în general în aceeași secțiune subțire cu planta aflată în fază tetrasporangială. Tipul de creștere și anatomia vegetativă a plantelor sunt similare atât în plantele aflate în fază asexuată cât și în fază sexuată. Drept urmare, toate specimenele cu

conceptacule monoporate și cu măsurători biometrice similare cu alte specii identificate în aceeași secțiune subțire, au fost studiate cu scopul de a determina faza asexuată sau sexuată în care acestea se aflau. S-a determinat faza gametangială/carposporangială la 12 din cele 39 de specii identificate.

Identificarea acestora s-a efectuat cu ușurință în următoarele cazuri: trăsăturile vegetative ale plantelor gametangiale sunt deja documentate pentru specia respectivă (*Sporolithon praeerythraeum*, *Sporolithon ptychoides*, *Lithophyllum racemus*, *Neogoniolithon* cf. *propinquum*, *Mesophyllum alternans*, *Mesophyllum crassiusculum*); planta bi/tetrasporangială este în fuziune cu planta carposporangială/gametangială (*Spongites fruticulosus*, *Lithothamnion* sp. 2, *L.* sp. 3, *L.* sp. 6) sau o încrustează (*Sporolithon irinae*). În cazul speciei *Sporolithon* sp. 1, planta gametangială încrustează *Lithothamnion* sp. 1 dar a fost identificată în aceeași secțiune subțire cu planta în fază asexuată.

5.1.1 Identificarea algelor roșii geniculate (articulate)

Speciile de alge roșii geniculate pot fi asociate atât subfamiliei Corallinoideae (*Jania*, *Corallina*, *Arthrocardia*), în cazul prezenței fuziunilor celulare, cât și subfam. Lithophylloideae (*Amphiroa*), în cazul prezenței legăturilor secundare. În cazul prezenței fuziunilor celulare, specia poate fi atribuită genului *Arthrocardia* dacă se remarcă mai mult de 20 de zone formate din filamentele ventrale, în fragmentul de intergenicula identificat (Guiry & Guiry, 2020). *Jania* și *Corallina* au intergenicula constituită din 20 sau mai puține astfel de zone (Guiry & Guiry, 2020), dar identificarea trebuie făcută cu precauție, luând în considerare faptul că materialul fosilizat este reprezentat în general prin fragmente incomplete de intergenicula. Descrierea revizuită a genului *Jania* (Kim et al., 2020) menționează prezența în intergenicula a celulelor medulare cu lungimea de 90-130 μm. Cu toate acestea, *Jania*, singurul gen al tribului *Janieae* Johansen & Silva, 1978 (Kim et al., 2020), se deosebește de speciile tribului Corallineae Areschoug, 1852 pe baza unor diferențe la nivel de celule reproductive și structura conceptaculelor. Drept urmare, *Jania* și *Corallina* nu pot fi diferențiate pe baza trăsăturilor morfologice în absența conceptaculelor, remarcate în general foarte rar în material fosilizat.

Fragmentele de intergenicula identificate în succesiunile sedimentare studiate din Formațiunea de Gârbova de Sus prezintă legături secundare între celulele ventrale și au fost asociate speciei *Amphiroa* sp. 1.

5.1.2 Identificarea algelor roșii non-geniculate

În cadrul Ord. Sporolithales, determinarea speciilor de *Sporolithon* a fost efectuată urmărind următoarele caracteristici morfologice: prezența sau absența unui șir de celule alungite sub compartimentele sporangiale, dimensiunile celulelor și a compartimentelor sporangiale și numărul de celule care constituie parafizele (Bahia et al., 2011; Henriques et al., 2014). Cu toate acestea, aplicabilitatea acestor criterii diagnostice este discutabilă și la identificarea speciilor actuale. Leão et al. (2020) a descris din rhodoidele actuale din Brazilia o specia nouă, *Sporolithon franciscanum* Leão & Bahia, pe baza studiilor moleculare. Specia poate fi identificată doar prin confirmarea unei secvențe ADN iar din punct de vedere morfologic, aceasta este similară cu alte 5 specii actuale de *Sporolithon*. Acest studiu evidențiază faptul că diversitatea acestui gen este de fapt mult mai amplă în anumite medii marine actuale.

Luând în considerare caracteristicile morfologice prezentate, s-au identificat 6 specii de *Sporolithon* în succesiunile sedimentare studiate din Formațiunea de Gârbova de Sus. Dintre acestea, *Sporolithon praeerythraeum* și *Sporolithon ptychoides* prezintă șir de celule alungite sub compartimentele sporangiale și s-au separat pe baza dimensiunilor acestora. Celelalte 4 specii au fost separate conform măsurătorilor biometrice diferite ale celulelor și ale compartimentelor reproductive, dar și pe baza numărului diferit de celule care formează parafizele.

În cadrul Ord. Corallinales, toate speciile au conceptacule monoporate și au fost separate în familii și subfamilii (Hydrolithoideae, Lithophylloideae, Mastophoroideae, Neogoniolithoideae) conform trăsăturilor morfologice caracteristice (construcția talului dimeră/monomeră, prezența/absența celulelor palisade, nucleu de celule ventrale coaxial/non-coaxial, prezența/absența legăturilor secundare între celule, dispunerea celulelor care mărginesc canalul porului, paralelă sau perpendiculară cu acesta), iar speciile au fost separate și identificate în general pe baza tipului de creștere a talului și pe baza măsurătorilor biometrice diferite. Toate speciile acestui ordin au fost evaluate cu scopul de a evita identificări eronate, în cazul în care speciile ar fi reprezentat plante carposporangiale/gamentagiale din ord. Sporolithales sau Hapalidiales. Atât plantele carposporangiale/gametangiale ale genului *Sporolithon* cât și cele tetrasporangiale ale genului *Lithophyllum* prezintă conceptacule monoporate, filamente ventrale non-coaxiale și legături secundare între celule. Ambele genuri au fost identificate împreună doar într-o secțiune subțire (G2, profilul Gârbova de Sus). Cu toate acestea, măsurătorile biometrice ale acestora nu sunt asemănătoare (*L. racemus* și *S. Ivovicum*), excluzând astfel posibilitatea

interpretări paleoecologice sau paleogeografice. În lipsa unor revizuirii complete a speciilor extinse de rhodofite descrise în secolul 20, care să abordeze și criteriile moderne diagnostice, determinările efectuate pot, în general, doar să menționeze asemănările cu speciile ne-revizuite, identificările fiind nesigure. Excepții ar fi situațiile rare în care trăsăturile morfologice observate sunt vizibile și în figurile publicate cu specia ne-revizuită, însă în anumite cazuri confirmarea acestor trăsături ar implica transferul speciei la alt gen (ex. *Neogoniolithon* sp. 1 și *Lithophyllum bassanense* Mastrorilli). Drept urmare, în procesul de identificare a speciilor de rhodofite, speciile s-au comparat în cel mai eficient mod doar cu cele descrise complet, extinse sau actuale. Dintre plantele gametangiale identificate, se remarcă *Lithothamnion* sp. 3 care prezintă conceptacule monoporate similare cu *Lithophyllum heteromorphum* Mastrorilli. Cu toate acestea, revizuirea materialului tip este necesară pentru a determina prezența/absența fuziunilor celulare și a altor trăsături morfologice, ulterior luându-se în considerare posibilitatea transferului la genul *Lithothamnion* și sinonimizării acestora.

5.2. Descrierea sistematică a algelor roșii

Din succesiunile sedimentare studiate s-au identificat 39 de specii de alge roșii (Încrângătura Rhodopyhta) care aparțin ordinelor Sporolithales, Corallinales și Hapalidiales.

Ordin **Sporolithales** Le Gall, Payri, Bittner & Saunders, 2009

Familia **Sporolithaceae** Verheij, 1993

Subfamilia **Sporolithoideae** Setchell, 1943

Genul *Sporolithon* Heydrich, 1897

Specia tip. *Sporolithon ptychoides* Heydrich, 1897, Actual, Peninsula Sinai, Egipt.

Sporolithon irinae (Maslov, 1956) Bassi et al., 2007

Sporolithon lvovicum (Maslov, 1956) Bassi et al., 2007

Sporolithon praeerythraeum (Airoldi, 1932) Vannucci et al., 2000

Sporolithon ptychoides Heydrich, 1897

Sporolithon sp. 1

Sporolithon sp. 2

Ordin **Corallinales** Silva & Johansen, 1986

Familia **Hydrolithaceae** Townsend & Huisman, 2018

Subfamilia **Hydrolithoideae** Kato & Baba în Kato et al. 2011

Genul **Hydrolithon** (Foslie) Foslie, 1909

Specia tip. *Hydrolithon reinboldii* (Weber-van Bosse & Foslie) Foslie, 1909, Actual, Reciful Muras, Kalimantanul de Est, Indonesia.

Hydrolithon corculumis (Maslov, 1962) Braga, Bassi, Zakrevskaya & Petrovna-Radionova, 2005

Hydrolithon lemoinei (Miranda, 1935) Aguirre, Braga & Bassi, 2011

Hydrolithon sp. 1

Familia **Lithophyllaceae** Athanasiadis, 2016

Subfamilia **Lithophylloideae** Setchell, 1943

Trib **Amphiroeae** Cabioch, 1972

Genul **Amphiroa** Lamouroux, 1812

Specia tip. *Amphiroa tribulus* (Ellis & Solander) Lamouroux, 1816, Actual, Indiile de Vest, Oceanul Atlantic de Nord, Insulele Leeward.

Amphiroa sp. 1

Trib **Lithophylleae** Zanardini, 1844

Genul **Lithophyllum** Philippi, 1837

Specia tip *Lithophyllum incrustans* Philippi, 1837, Actual, Sicilia, Marea Mediterană, Italia.

Lithophyllum racemus (Lamarck) Foslie, 1901

Lithophyllum sp. 1

Lithophyllum sp. 2

Familia **Mastophoraceae** (Setchell) Townsend & Huisman, 2018

Subfamilia **Mastophoroideae** Setchell, 1943

Genul **Karpathia** Maslov, 1962

Specia tip *Karpathia sphaerocellulosa* Maslov, 1962, Paleocen, Starîi Sambir, Ucraina.

Karpathia sphaerocellulosa Maslov, 1962

Genul *Lithoporella* (Foslie, 1902) Foslie, 1909

Specia tip. *Lithophorella melobesioides* (Foslie, 1903) Foslie 1909, Actual, Insula Nilandu de Sud, Insulele Maldive.

Lithoporella melobesioides (Foslie) Foslie, 1909

Lithoporella sp. 1

Familia **Spongitaceae** Kützing, 1843

Subfamilia **Neogoniolithoideae** (Kato & Baba, în Kato et al., 2011) emendat Rösler, Perfectti, Peña & Braga, în Rösler et al., 2016

Genul **Neogoniolithon** Setchell & Manson, 1943

Specia tip. *Neogoniolithon fosliei* (Heydrich) Setchell și Manson 1943, Actual, El Tor, Peninsula Sinai, Egipt.

Neogoniolithon cf. *propinquum* (Foslie) Lemoine, 1966

Neogoniolithon sp. 1

Genul *Spongites* Kützing, 1841

Type species. *Spongites fruticosus* Kützing 1841, Actual, Marea Mediterană..

Spongites fruticosus Kützing, 1841

Spongites sp. 1

Spongites sp. 2

Ordin **Hapalidiales** Nelson, Sutherland, Farr & Yoon, în Nelson et al., 2015

Familia **Lithothamniaceae** Haas, 1886

Trib **Phymatolitheae** Adey & Johansen, 1972

Genul *Phymatolithon* Foslie, 1898

Specia tip. *Phymatolithon calcareum* (Pallas, 1766) Adey & McKibbin, 1970, Actual, Falmouth Harbour, Anglia.

Phymatolithon calcareum (Pallas) Adey & McKibbin ex Woelkerling & Irvine, 1986

Trib **Lithothamnieae** Foslie, 1908

Genul *Lithothamnion* Heydrich, 1897

Specia tip. *Lithothamnion muelleri* Lenormand ex Rosanoff, 1866, Actual, Western Port Bay, Victoria.

Lithothamnion crispatum Hauck, 1878

Lithothamnion ramosissimum (Reuss) Piller, 1994

Lithothamnion roveretoi Airoidi, 1932

Lithothamnion valens Foslie, 1909

Lithothamnion sp. 1

Lithothamnion sp. 2

Lithothamnion sp. 3

Lithothamnion sp. 4

Lithothamnion sp. 5

Lithothamnion sp. 6

Familia **Mesophyllumaceae** Schneider & Wynne, 2019

Genul *Mesophyllum* Lemoine, 1928

Specia tip. *Mesophyllum lichenoides* Lemoine, 1928, Actual, Cornwall, Anglia.

Mesophyllum alternans (Foslie, 1907) Cabioch & Mendoza, 1998

Mesophyllum crassiusculum (Foslie, 1902) Lebednik, 2004

Mesophyllum curtum Lemoine, 1939

Mesophyllum cf. *incisum* (Foslie) Adey, 1970

Mesophyllum cf. *obsitum* Airoidi, 1932

Mesophyllum cf. *sancti-dionysii* Lemoine, 1939

Mesophyllum sp. 1

6. Paleogeografia și paleoecologia algelor roșii

6.1 Paleogeografie

Din cele 39 de specii de rhodofite identificate, 11 sunt identificate și în mediile actuale, în Marea Mediterană, Marea Adriatică, Marea Roșie, Oceanul Atlantic, Oceanul Pacific sau Oceanul Indian. O parte dintre acestea (6 specii) au apărut doar în Paratethys, sau și în arealul mediteranean, pe parcursul Paleocenului (*K. sphaerocellulosa*), al Eocenului (*Lithothamnion roveretoi*) și al Oligocenului (*S. preerythraeum*, *H. lemoinei*, *Lithophyllum bassanense* – *Neogoniolithon* sp. 1, *M. obsitum*), când acestea erau în conexiune prin „coridorul sloven” (Popov et al., 2004) și au dispărut după „criza de salinitate” din Badenianul mediu, iar 3 specii au supraviețuit până în prezent (*Lithoporella melobesioides*, *Spongites fruticulosus*, *Phymatolithon calcareum*). *Lithophyllum racemus* a apărut în Miocenul inferior (Aquitanian) din Paratethysul de Vest, a fost abundentă în Miocenul mediu (Badenian inferior) și a supraviețuit până în Pliocenul din zona mediteraneană și din actuala Mare Mediterană. În total, 7 specii au apărut în depozitele Badenianului din Paratethysul Central (*Sporolithon irinae*, *S. lvovicum*, *H. corculumis*, ?*Lithophyllum perrandoi* – *Spongites* sp. 1, *Lithothamnion rammosissimum*, *Mesophyllum curtum*, *M. sancti-dionysii*) și nu au supraviețuit Badenianului mediu. *S. ptychoides* a migrat în Pliocenul și Pleistocenul din domeniul mediteranean și a supraviețuit până în prezent, iar alte 6 specii (*N. cf. propinquum*, *Lithothamnion valens*, *L. crispatum*, *Mesophyllum alternans*, *M. crassiusculum*, *M. incisum*) nu au mai fost raportate din intervalul Badenian - Actual. Asociația de rhodofite identificată în Formațiunea de Gârbova de Sus se aseamănă în special cu asociațiile descrise din Polonia, indicând astfel condiții marine și un mediu depozițional similar pe perioada Badenianului, evidențiate și prin identificarea unor faciesuri asemănătoare.

6.2 Elemente generale de ecologie și paleoecologie

Rhodofitele reprezintă unul dintre cei mai importanți producători de carbonat de calciu încă din Cretacicul inferior (Tomás et al., 2007; Simone et al., 2012; Pleș et al., 2017), dar au dominat într-un facies rhodalgial în special pe perioada Miocenului (Aguirre et al., 2000). În mediile actuale, rhodofitele sunt componente biogene principale în special în stratele rhodoidice/maërl (Tâmega et al., 2014), identificate în întreaga lume de la Ecuator până la

Cercurile polare și din zona intertidală până la 120 m adâncime (Amado-Filho et al., 2012). Capacitatea acestora de a se adapta în condiții marine variate, cu luminozitate scăzută, la adâncimi foarte mari sau la temperaturi scăzute chiar în zona polară, a contribuit la supraviețuirea și evoluția acestui grup de alge (Aguirre et al., 2000). Atât rhodofitele fosilizate cât și rhodoidele și depozitele pe care acestea le-au format de-a lungul timpului au fost utilizate cu succes în interpretări paleoecologice, oferind detalii despre temperatură, turbulența apelor, batimetrie sau luminozitate și fiind astfel buni indicatori ai condițiilor de paleomediul (Bracchi et al., 2014; Brandano et al., 2016; Colleti et al., 2018).

6.3 Asociații majore de microfacies și asociații de rhodofite

În literatura științifică, talurile libere (neatașate) de alge roșii non-geniculate identificate în sediment au fost descrise de-a lungul timpului folosindu-se diferiți termeni. Cele mai comune denumiri sunt „rhodolith” și „maërl” și sunt considerate sinonime, alături de alți 10 termeni întâlniți în literatură: „boxwork rhodolith”, „coating”, „coralline algal nodules”, „nucleated rhodoliths”, „nodules”, „prâlines”, „oncolith/onkoid”, „rhodoid”, „rubble”, „unattached branches” (Riosmena-Rodríguez, 2017). Structurile libere constituite în cea mai mare parte din alge roșii non-geniculate și acumulate pe suprafețe extinse sunt descrise în general sub denumirea de straturi rhodoidice („rhodolith beds” sau „maërl beds”), în mediile actuale. Structurile sedimentare în care domină rhodoidele fosilizate au fost, de asemenea, descrise prin diferiți termeni: straturi rhodoidice (rhodolith beds) (Foster, 2001), pavaje rhodoidice (rhodolith pavements) (Bassi et al., 2009; Bassi & Nebelsick, 2010), maërls (Basso et al., 2008), bancuri rhodoidice (rhodolith bank) (Wilson, 2013), pietriș algal (algal gravels) (Freiwald et al., 1991), biostrome (Bosence, 1983a), facies rhodoidic (rhodolith facies) (Hetzinger et al., 2006), rudstone/floatstone rhodoidic (Basso et al., 2012; Martinuš et al., 2013).

Algele roșii non-geniculate identificate în succesiunile sedimentare studiate sunt prezente sub toate formele existente și în mediile actuale: fragmente de taluri, taluri încrustante, taluri ramificate libere și rhodoide cu sau fără nucleu, constituite din una sau mai multe specii de rhodofite.

Conform studiului microfaciesal, fragmentele de taluri ale rhodofitelor domină în partea inferioară a succesiunilor studiate din Moldovenești-Pietroasa, Podeni și Lopadea Veche (M-TPM1, P-TPM1, și LV-TPM1). Această asociație majoră de microfaciesuri reprezintă **faciesul algal detritic** (AMF1; Tab. 1). Tot în partea inferioară a succesiunilor,

se remarcă prezența unui facies în care domină tuburile de viermi (serpulide) în asociație cu foraminiferele bentonice mari (*Amphistegina* și *Planostegina*). Acesta este prezent doar în succesiunile studiate din Moldovenești-Pietroasa (M-TPM2) și Pietroasa (Pt-TPM2) și reprezintă **faciesul cu serpulide și foraminifere bentonice mari** (AMF2; Tab. 1). În continuarea succesiunilor se remarcă prezența unui nivel în care apar rhodoide cu diametrul de maxim 2 mm, reprezentate prin taluri nodulare fără nucleu, protuberanțe rotunjite sau taluri ramificate. Aceste forme neatașate, libere în matrice sunt prezente în asociație cu briozoare, care au dominat local habitatul. Nivelul acesta a fost identificat în succesiunile Moldovenești-Pietroasa (M-TPM3) și Podeni (P-TPM2) și marchează inițierea **faciesului rhodoidic** (AMF3; Tab. 1). Faciesul rhodoidic domină în partea mediană și cea superioară a succesiunilor și este caracterizat prin dominanța rhodoidelor prezente sub diferite forme și dimensiuni, cu diametrul de la 2 mm până la 19 cm.

Main microfacies assemblages	AMF1	AMF2	AMF3				AMF4
			I	II	III	IV	
Facies type	Algal debris facies	Facies with serpulid and large benthic foraminifera	Rhodolithic facies				Algal facies
Main microfacies types	M-TPM1, P-TPM1, LV-TPM1	M-TPM2, Pt-TPM2	M-TPM3, P-TPM2	M-TPM4, Pt-TPM1, P-TPM3, LV-TPM5, G-TPM2	LV-TPM2, LV-TPM3, LV-TPM4, G-TPM1	P-TPM4, LV-TPM6	Pt-TPM3, P-TPM5

Tab. 1. Facies types identified in the studied deposits from the Gârbova de Sus Formation and the corresponding main microfacies types..

AMF3(I) este reprezentat prin rhodoide fără nucleu, formate dintr-o singură specie de alge roșii și cu diametrul de maxim 2 mm. Rhodoidele cu diametrul de maxim 5 cm, fără nucleu și reprezentate prin taluri ramificate rareori încrustate de alte organisme, caracterizează AMF3(II). AMF3(III) este reprezentat prin rhodoide cu diametrul de maxim 10 cm. AMF3(IV) este reprezentat prin cele mai mari rhodoide, având diametrul de până la 19 cm, prezintă nucleu, alte organisme participă de asemenea la formarea acestora și constituie nivele rhodoidice cu fabric condensat.

În partea cea mai dus a succesiunilor de la Podeni și Pietroasa s-a identificat un **facies algal** (AMF4; Tab. 1) caracterizat prin prezența algelor verzi halimedacee în asociație cu rhodofite și alte organisme.

În **asociația de alge roșii** din Formațiunea de Gârbova de Sus s-au identificat 11 genuri și 39 specii (Anexe 1-6) aparținând ordinelor Sporolithales (*Sporolithon*), Corallinales (*Hydrolithon*, *Amphiroa*, *Lithophyllum*, *Karpathia*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon*, *Spongites*) și Hapalidiales (*Phymatolithon*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*). Cele mai abundente genuri de rhodofite sunt *Spongites*, *Lithothamnion* și *Mesophyllum*, urmate de *Sporolithon*, *Phymatolithon* și *Hydrolithon* (Fig. 1). Genurile cel mai puțin abundente sunt *Amphiroa*, *Lithophyllum*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon* și *Karpathia*. *Sporolithon*, *Spongites* și *Lithothamnion* au fost identificate în toate succesiunile sedimentare studiate (Fig. 2). *Hydrolithon* și *Mesophyllum* sunt absente doar în profilul Moldovenești-Pietroasa. *Amphiroa*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon* și *Phymatolithon* sunt prezente doar în profilele Pietroasa, Lopadea Veche și Podeni, iar *Lithophyllum* doar în Pietroasa, Lopadea Veche și Gârbova de Sus. *Karpathia* a fost identificată doar în profilul Lopadea Veche.

În succesiunea sedimentară de la Lopadea Veche se remarcă cea mai ridicată abundență a rhodofitelor, dar și cea mai mare diversitate (Fig. 2), 36 de specii fiind identificate din acest profil. Dintre cele 39 specii de rhodofite identificate în Formațiunea Gârbova de Sus, se remarcă următoarele specii dominante: *Spongites fruticosus*, *Mesophyllum alternans*, *Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion valens* și *Lithothamnion* sp. 5 (Fig. 3).

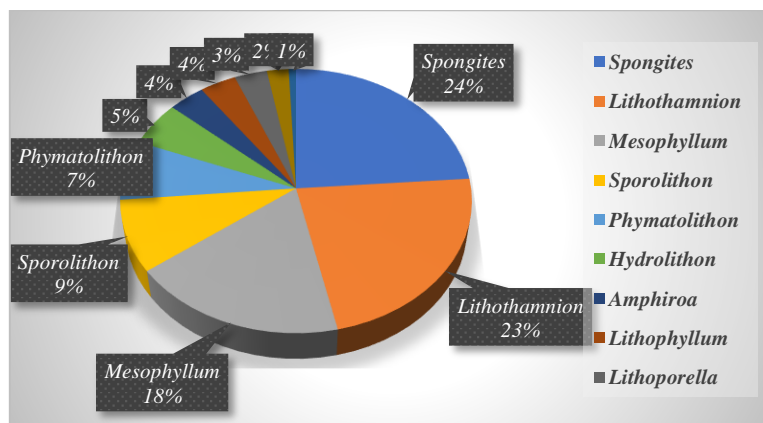


Fig. 1. Abundența genurilor de rhodofite în succesiunile studiate din Formațiunea Gârbova de Sus. *Spongites*, *Lithothamnion* și *Mesophyllum* sunt cele mai abundente genuri de rhodofite.

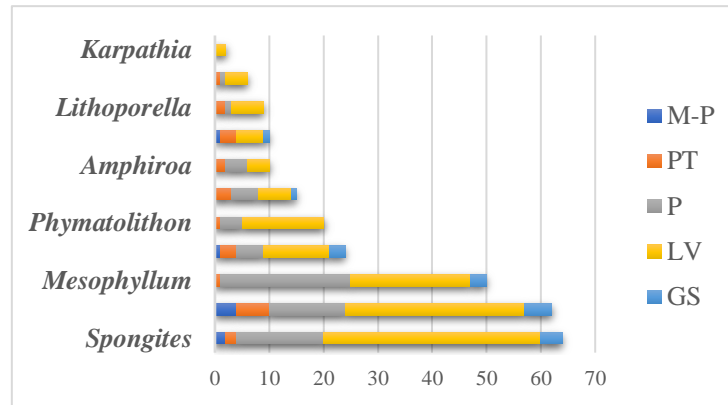


Fig. 2. Abundența genurilor de rhodofite în succesiunile sedimentare studiate. Cel mai abundent gen este *Spongites*, identificat în 64 de secțiuni subțiri din care 40 reprezintă profilul Lopadea Veche. M-P, Moldovenești-Pietroasa; PT, Pietroasa; P, Podeni; LV, Lopadea Veche; GS, Gârbova de Sus.

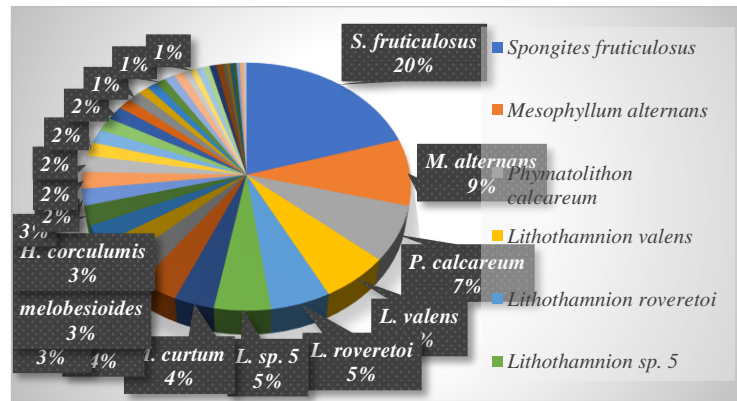


Fig. 3. Abundența speciilor de rhodofite în succesiunile sedimentare studiate. *Spongites fruticulosus*, *Mesophyllum alternans*, *Phymatolithon calcareum* și *Lithothamnion valens* sunt cele mai abundente specii de rhodofite în Formațiunea Gârbova de Sus.

6.4 Mediul depozitional

Faciesurile identificate în depozitele carbonatice ale Formațiunii Gârbova de Sus s-au format în partea mediană a unei rampe carbonatice. Partea inferioară a acesteia este reprezentată prin faciesul algal detritic (AMF1) identificat în toate profilele și faciesul cu serpulide și foraminifere bentonice mari (AMF2) prezent doar în partea nordică a formațiunii (Moldovenești-Pietroasa), sugerând un aport siliciclastic mai ridicat în acest nivel, cel mai probabil corelat cu începutul secvenței superioare (carbonatice) și cu a doua transgresiune din cadrul formațiunii, descrise de Filipescu & Gîrbacea (1997). Faciesul rhodoidic AMF3(I) marchează prima etapă a dezvoltării bioconstrucțiilor dominată de alge roșii non-geniculate,

iar AMF3(II) (facies de tip „maeri”) marchează sfârșitul evenimentului transgresiv. Asociația de rhodofite din acest nivel indică un mediu cu adâncimea de 50-80 m, putându-se corela, cel mai probabil, cu a doua suprafață maximă de inundare, descrisă de Filipescu & Gârbacea (1997). Faciesul rhodoidic AMF3(III) identificat în profilul Lopadea Veche și Gârbova de Sus prezintă asociații mixte de rhodofite, sugerând o adâncime de 3-40 m dar și 30-60 m, marcând o descreștere a nivelului marin și trei nivele în care s-a trecut de la hidrodinamică scăzută-moderată la hidrodinamică ridicată, indicând poziționarea acestui facies între baza valurilor normale și baza valurilor de furtună. Faciesul rhodoidic (straturi rhodoidice cu fabric condensat sau „rhodolith pavement”) s-a format cel mai probabil într-o depresiune din partea superioară a rampei mediane, într-un mediu cu adâncimea de maxim 40 m și cu hidrodinamică moderată. În final, faciesul algal (AMF4) din partea superioară a succesiunilor Pietroasa și Podeni marchează partea cea mai de sus a rampei mediane, formarea bioconstrucțiilor având loc într-un mediu subtropical cu hidrodinamică scăzută spre moderată și o adâncime de maxim 40 m în apropierea zonei interne a rampei carbonatice.

Pe baza trăsăturilor morfologice a talurilor de rhodofite, a speciilor de rhodofite identificate și abundența acestora în faciesurile separate, se poate constata ca formarea secvenței carbonatice care caracterizează partea superioară a formațiunii Gârbova de Sus începe cu un episod transgresiv care a avantajat formarea nivelelor detritice și cu rhodoide milimetrice și a nivelului bogat în FBM și tuburi de viermi (AMF1, AMF2, AMF3(I), AMF3(II), formarea nivelelor rhodoidice bine dezvoltate (AMF3(III), AMF3(IV) și a bioconstrucțiilor cu alge verzi (AMF4) fiind favorizată de un episod regresiv.

7. Concluzii

Rezultatele obținute în urma acestui studiu aduc numeroase contribuții la cunoașterea asociațiilor de alge roșii și a condițiilor de paleomediului din timpul depunerii secvenței carbonatice a Formațiunii de Gârbova de Sus din Bazinul Transilvaniei.

În urma studiului taxonomic efectuat asupra algelor roșii, în care s-au aplicat cele mai actuale criterii diagnostice utilizate atât asupra speciilor actuale cât și fosilizate, s-au identificat 39 de specii asociate cu 11 genuri ale ordinelor Sporolithales, Corallinales și Hapalidiales. Anterior acestui studiu, doar 6 din aceste specii au mai fost raportate din această formațiune (Bucur & Filipescu, 1994). *Sporolithon praeerythreum*, *Neogoniolithon* cf. *propinquum* și *Mesophyllum* cf. *incisum* sunt raportate pentru prima oară din domeniul Paratethysului Central. Talurile gametangiale ale speciei *Sporolithon praeerythraeum* sunt pentru a doua oară raportate din material fosilizat, prima raportare fiind cea din materialul tip. Identificarea acesteia în depozitele studiate a permis extinderea intervalului stratigrafic al speciei până în Badenian (Chelaru & Bucur, 2016), fiind anterior cunoscută doar din depozitele Eocenului și Oligocenului. *N.* cf. *propinquum* și *M.* cf. *incisum* sunt pentru prima oară identificate în stare fosilă. De asemenea, *Sporolithon ptychoides* este a doua oară raportat din depozitele Paratethysului Central, prima raportare fiind din depozitele badeniene din partea nord-vestică a Bazinului Transilvaniei (Chelaru et al., 2019).

Utilizarea trăsăturilor diagnostice moderne a avut ca rezultat identificarea fazelor carposporangiale și gametangiale din ciclul de viață al rhodofitelor, pentru prima oară în speciile fosilizate din Bazinul Transilvaniei. S-au identificat taluri care corespund fazelor carposporangiale/gametangiale la 12 dintre cele 39 de specii descrise. Talurile carposporangiale/gametangiale ale speciilor *Sporolithon irinae*, *Sporolithon ptychoides*, *Neogoniolithon* cf. *propinquum*, *Spongites fruticosus* și *Mesophyllum alternans* sunt pentru prima oară descrise din material fosilizat. În urma identificării talurilor gametangiale masculine și feminine de *Spongites fruticosus*, *Lithophyllum platticarpum* a fost sinonimizată cu *S. fruticosus* (Chelaru & Bucur, 2016). *Neogoniolithon* sp. 1 și *Spongites* sp. 1 vor putea fi asociate cu *Lithophyllum bassanense*, respectiv *Lithophyllum perrandoi* în urma revizuirii materialului tip al acestora.

S-au studiat, din punct de vedere microfaciesal și micropaleontologic, 5 succesiuni sedimentare (Moldovenești-Pietroasa, Pietroasa, Podeni, Lopadea Veche, Gârbova de Sus) din Formațiunea de Gârbova de Sus. Corelarea acestora a evidențiat 4 asociații majore de

microfacies: facies algal detritic, facies cu tuburi de viermi și foraminifere bentonice mari, facies rhodoidic și facies algal.

Unsprezece din cele 39 de specii de rhodofite descrise sunt raportate și din mediile actuale, din Marea Mediterană, Marea Adriatică, Marea Roșie, Oceanul Atlantic, Oceanul Pacific sau Oceanul Indian. Caracteristicile ecologice ale acestora, în special cele batimetrice au fost utilizate cu succes în procesul de interpretare a condițiilor de paleomediul în faciesul rhodoidic și faciesul algal.

Depozitele studiate s-au format pe parcursul Badenianului în partea mediană a unei rampe carbonatice, extinsă pe bordura vestică a Bazinului Transilvaniei. În urma unor comparații cu depozitele badeniene descrise din Paratethysul Central, am ajuns la concluzia că atât asociațiile de rhodofite cât și faciesurile identificate în depozitele studiate prezintă cele mai multe asemănări cu cele descrise din Polonia (Studencki 1988a, 1988b; 1999; Pisera & Studencki, 1989; Pisera, 1996).

Bibliografie selectivă

1. Abràmof, M.D., Magalhães, P.J., & Ram, S.J., 2004. Image processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 11(7): 36-42.
2. Aguirre, J., Riding, R. & Braga, J.C., 2000. Integrating phylogeny, molecular clocks and the fossil record in the evolution of coralline algae (Corallinales, Rhodophyta). *Paleobiology*, 36:519–533.
3. Aguirre, J., Braga, J. C., De Reviere, B. & Woelkerling, J., 2012. Reassessment of Lemoine's newly Discovered Types of Fossil Corallines (Corallinales, Rhodophyta) Preserved at the Muséum National D'histoire Naturelle, Paris. *Cryptogamie, Algologie*, 33(3): 289-326.
4. Amado-Filho, G.M., Pereira-Filho, G.H., Bahia, R.G., Abrantes, D.P., Veras, P.C. & Matheus, Z., 2012. Occurrence and distribution of rhodolith beds on the Fernando de Noronha archipelago of Brazil. *Aquatic Botany*, 101: 41–45.
5. Areschoug, J.E., 1852. Ordo XII. Corallineae. În: *Species genera et ordines algarum...Volumen secundum: algas florideas complectens*: 506-576.
6. Bahia, R.G., Riosmenza-Rodriguez, R., Maneveldt, G.W. & Amado Filho, G., 2011. First report of *Sporolithon ptychoides* (Sporolithales, Corallinophycidae, Rhodophyta) for the Atlantic Ocean. *Phycological Research*, 59(1): 64-69.
7. Bassi, D. & Nebelsick, J.H., 2010. Components, facies and ramps: Redefining Upper Oligocene shallow water carbonates using coralline red algae and larger foraminifera (Venetian area, northeast Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 295: 258-280.
8. Bassi, D., Nebelsick, J.H., Checconi, A., Hohenegger, J. & Iryu, Y., 2009. Present-day and fossil rhodolith pavements compared: Their potential for analysing shallow-water carbonate deposits. *Sedimentary Geology*, 214: 74-84.
9. Basso, D., Fravega, P. & Vannucci, G., 1996. Fossil and Living Corallinaceans Related to the Mediterranean Endemic Species *Lithophyllum racemus* (Lamarck) Foslie. *Facies*, 35: 275-292.
10. Basso, D., Vrsaljko, D. & Grgasović, T., 2008. The coralline flora of a Miocene maërl: the Croatian 'Litavac'. *Geologia Croatica*, 61(2-3): 333–340.
11. Basso, D., Quaranta, F., Vannucci, G. & Piazza, M., 2012. Quantification of the coralline carbonate from a Serravallian rhodolith bed of the Tertiary Piedmont Basin (Stazzano, Alessandria, NW Italy). *Geodiversitas*, 34(1): 137-149.
12. Beudant, F. S., 1822. Voyage minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818.
13. Bosence, D.W.J., 1983a. Description and Classification of Rhodoliths (Rhodoids, Rhodolites). În: Peryt, T.M. (ed.) – Coated Grains. Springer-Verlag, Berlin, pp. 217-224.
14. Bosence, D.W.J., 1983b. Coralline algae from the Miocene of Malta. *Palaeontology*, 26: 147-173.

15. Bracchi, V., Nalin, R. & Basso, D., 2014. Paleoeology and dynamics of coralline dominated facies during a Pleistocene transgressive–regressive cycle (Capo Colonna marine terrace, Southern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414: 296-309.
16. Braga, J. C., Bassi, D., Aguirre, J., Zakrevskaya, E. & Radionova, E.P., 2015. Re-assessment of the type collections of Maslov’s species of Hapalidiales (Rhodophyta). Species originally attributed to *Lithothamnium*, *Mesophyllum* and *Plaeothamnium*. *Spanish Journal of Palaeontology*, 30(2): 189-208.
17. Brandano, M., Tomassetti, L., Sardella, R. & Tinelli, C., 2016. Progressive deterioration of trophic conditions in a carbonate ramp environment: The *Lithothamnion* Limestone, Majella Mountain (Tortonian–Early Messinian, Central Apennines, Italy). *Palaios*, 31: 125-140.
18. Bucur, I.I. & Filipescu, S., 1994. Middle Miocene red algae from the Transylvanian Basin (Romania). *Beiträge zur Paläontologie*, 19: 39-47.
19. Bucur, I.I. & Filipescu S., 2011. Middle Miocene red algae from Lopadea Veche (Western border of the Transylvanian Basin). În: Bucur, I.I. & Săsăran, E. (eds.) - Calcareous algae from Romanian Carpathians, Field Trip Guidebook, 10th International Symposium on Fossil Algae, Cluj Napoca, Romania: 115-122.
20. Chelaru, R. & Bucur, I.I., 2016. The taxonomy of middle Miocene red algae from the Gârbova de Sus Formation (Transylvanian Basin, Romania). *Carnets de Geologie*, Madrid, 16(11): 307-336.
21. Chelaru, R., Săsăran, E., Tămaş, T. & Pleş, G., 2019. Middle Miocene carbonate facies with rhodoliths from the NW Transylvanian Basin (Vălenii Şomcutei Cave, Romania). *Facies*, 65(4): 1-16.
22. Coletti, G., Basso, D. & Corselli, C., 2018. Coralline algae as depth indicators in the Sommières Basin (early Miocene, Southern France). *Geobios*, 51(1): 15-30.
23. Coletti, G., Hrabovský, J. & Basso, D., 2020. *Chamberlainium pentagonum* (Conti) comb. nov. and *Spongites fruticulosus* (Corallinales, Rhodophyta) in the Miocene carbonates of the western Mediterranean. *Carnets de Geologie*, 20(10): 223-237.
24. Conti, S., 1943. Contributo allo studio delle Corallinaceae de terziario italiano. II: Le Corallinaceae del Miocene del Bacino Ligure-Piemontese. *Palaeontographia Italica*, 41: 37–61.
25. Csontos, L. & Vörös, A., 2004. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 210(1): 1-56.
26. Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks according to Depositional Texture. *Mem. Amer. Association of Petroleum Geologists*, 1: 108-121.
27. Embry, A.F. & Klovan, J.E., 1971. Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*, 61(2): 672-686.
28. Filipescu, S., 1996. Stratigraphy of the Neogene from the western border of the Transylvanian Basin. *Studia Universitatis Babeş - Bolyai, Geologia*, Cluj Napoca, XLI(2): 3-78.

29. Filipescu, S., 2011. Cenozoic lithostratigraphic units in Transylvania. În: Bucur I & Săsăran E (eds.) - *Calcareous algae from Romanian Carpathians*. Field Trip Guidebook. Presa Universitară Clujeană, 37-48.
30. Filipescu, S. & Gîrbacea, R., 1994. Stratigraphic remarks on the Middle Miocene deposits from Gârbova de Sus (Transylvanian Basin, Romania). *Studia Universitatis Babeş - Bolyai, Geologia*, Cluj Napoca, 39(2): 275–286.
31. Filipescu, S. & Gîrbacea, R., 1997. Lower Badenian sea-level drop on the western border of the Transylvanian Basin: Foraminiferal paleobathymetry and stratigraphy. *Geologica Carpathica*, 48(5): 325-334.
32. Foster, M.S., 2001. Rhodoliths: between rocks and soft places – Minireview. *Journal of Phycology*, 37: 659-667.
33. Fravega, P., Grasso, M. & Pedley, H.M., 1993. Paleoenvironment and sedimentology of Sperlinga bioclastic carbonate deposits (centre-north Sicily). *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana*, 112: 191-200.
34. Freiwald, A., Henrich, R., Schäfer, P. & Willkomm, H., 1991. The Significance of High-Boreal to Subarctic Maerl Deposits in Northern Norway to Reconstruct Holocene Climatic Changes and Sea Level Oscillations. *Facies*, 25: 315-340.
35. Graham, D.J & Medley, N.G., 2000. Graphical representation of particle shape using triangular diagrams: an Excel spreadsheet method. *Earth surface Processes and Landforms*, 25: 1473–1477.
36. Guiry, M.D. & Guiry, G.M., 2020. Algaebase. World – wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Updated at <http://www.algaebase.org>; căutat în data de 10 Ianuarie 2020.
37. Harvey, A. & Woelkerling, W., 2007. A guide to nongeniculate coralline red algal (Corallinales, Rhodophyta) rhodolith identification. *Ciencias Marinas*, 33(4): 411–426.
38. Hauer, F. & Stache, G., 1863. *Geologie Siebenbürgens*. Braumüller, Wien, 637 pp.
39. Hetzinger S., Halfar, J., Riegl, B. & Godinez-Orta, L., 2006. Sedimentology and acoustic mapping of modern rhodolith facies on a non-tropical carbonate shelf (Gulf of California, Mexico). *Journal of Sedimentary Research*, 76: 670-682.
40. Henriques, M.C., Coutinho, L.M., Riosmena-Rodríguez, R., Barros-Barreto, M.B., Khader & S., Figueiredo M.A.O., 2014. Three deep water species of *Sporolithon* (Sporolithales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf, with the description of *Sporolithon elevatum* sp. nov.. *Phytotaxa*, 190 (1), 320-330.
41. Hrabovský, J., Basso, D. & Doláková, N., 2015. Diagnostic characters in fossil coralline algae (Corallinophycidae: Rhodophyta) from the Miocene of southern Moravia (Carpathian Foredeep, Czech Republic). *Journal of Systematic Palaeontology*, 1–27.

42. Kim, J.H., Guiry, M.D., Oak, J.H., Choi, D., Kang, S., Chung, H. & Choi, H., 2020. Phylogenetic relationships within the tribe Janieae (Corallinales, Rhodophyta) based on molecular and morphological data: A reappraisal of *Jania*. *Journal of Phycology*, 43: 1310-1319.
43. Kishore, S., Misra, P.K., Pandey, D.K., Jauhri, A.K., Bahadur, T., Singh, S.K., Chauhan, R.S. & Tripathi, S.K., 2012. Coralline Algae from the Aramda Reef Member of the Chaya Formation, Mithapur, Gujarat. *Journal Geological Society of India*, 80: 215-230.
44. Kováč, M, Hudáčková, N., Halásová, E., Kováčová, M., Holcová, K., Oszczypko-Clowes, M., Báldi, K., Less, G., Nagymarosy, A., Ruman, A., Klučiar, T. & Jamrich, M., 2017. The Central Paratethys palaeoceanography: a water circulation model based on microfossil proxies, climate, and changes of depositional environment. *Acta Geologica Slovaca*, 9(2): 75-114.
45. Kováč, M, Halásová, E, Hudáčková, N, Holcová, K, Hyžný, M., Jamrich, M. & Ruman, A., 2018. Towards better correlation of the Central Paratethys regional time scale with the standard geological time scale of the Miocene Epoch. *Geologica Carpathica*, 69(3): 283–300.
46. Krézsek, C. & Bally, A.W., 2006. The Transylvanian Basin (Romania) and its Relation to the Carpathian Fold and Thrust Belt: Insights in Gravitational Salt Tectonics. *Marine and Petroleum Geology*, 23(4): 405-442.
47. Krézsek, C. & Filipescu, S., 2005. Middle to late Miocene sequence stratigraphy of the Transylvanian Basin (Romania). *Tectonophysics*, 410: 437-463.
48. Leão, L.A.S., Bahia, R.G., Jesionek, M.B., Adey, W.H., Johnson, G., Salgado, L.T., Pereira, R.C., 2020. *Sporolithon franciscanum* sp. nov. (Sporolithales, Rhodophyta), a New Rhodolith-Forming Species from Northeast Brazil. *Diversity*, 12, 199.
49. Maneveldt, G.W., Van der Merwe, E. & Keats D.W., 2016. Updated keys to the non-geniculate coralline red algae (Corallinophycidae, Rhodophyta) of South Africa. *South African Journal of Botany*, 206: 158-164.
50. Martinuš, M., Fio, K., Pikelj, K., Aščić, Š., 2013. Middle Miocene warm-temperate carbonates of Central Paratethys (Mt. Zrinska Gora, Croatia): paleoenvironmental reconstruction based on bryozoans, coralline red algae, foraminifera, and calcareous nannoplankton. *Facies*, 59: 481-504.
51. Mastrorilli, V.I., 1968a. Nuovo contributo allo studio delle corallinacee dell'Oligocene Ligure-Piemontese: I repertir della Tavoletta Ponzone. *Atti dell' Instituto di geologia della Università di Genova*, 5: 154–406.
52. Mészáros, N., 1991. Nannoplankton zones in the Miocene deposits of the Transylvanian Basin. In: INA Newsletter, 4th INA Conference, Prague Abstracts, Londra, 13(2): 59-60.
53. Pávay-Vajna, F., 1910. Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Olah-Lapada. *Földtani Közlöny*, XL, Budapesta, 420-434.
54. Pisera, A., 1996. Miocene reefs of the Paratethys: a review. In: Franseen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C. & Rouchy, J. (eds.) - *Models for Carbonate Stratigraphy From Miocene Reef Complexes*

of Mediterranean Region. *Concepts in Sedimentology and Paleontology*, vol. 5. SEPM, Tulsa, 97–104 pp.

55. Pisera, A. & Studencki, W., 1989. Middle Miocene rhodoliths from the Korytnica basin (Southern Poland): environmental significance and paleontology. *Acta Palaeontologica Polonica*, 34: 179-209.

56. Pleş, G., Bârtaş, T., Chelaru, R. & Bucur, I.I., 2017. *Crescentiella morronensis* (Crescenti) (incertae sedis) dominated microencruster association in Lower Cretaceous (lower Aptian) limestones from the Rarău Massif (Eastern Carpathians, Romania), *Cretaceous Research*, 79: 91-108.

57. Popescu, G., 1970. Planktonic foraminiferal zonation in the Dej Tuff Complex. *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographaphie, Serie de Geologie*, 14(2): 189-203.

58. Popescu, G., 1973. Contribuții la microbiostratigrafia miocenului mediu din nordul Transilvaniei. În: Popescu, G. & Cioflica, G. (eds.) - *Studii și Cercetări de Geologie, Geofizică și Geografie*, Bucharest, Romania, 18: 1-195.

59. Proust, J.N. & Hosu, A., 1996. Sequence stratigraphy and paleogene tectonic evolution of the Transylvanian Basin (Romania, eastern Europe). *Sedimentary Geology*, 105(3-4): 117-140.

60. Rasser, M. W. & Piller, W. E., 1999. Application of neontological taxonomic concepts to Late Eocene coralline algae (Rhodophyta) of the Austrian Molasse Zone. *Journal of Micropalaeontology*, 18(1): 67–80.

61. Riosmena-Rodríguez, R., 2017. Natural History of Rhodolith/Maërl Beds: Their Role in Near-Shore Biodiversity and Management. În Riosmena-Rodríguez et al. (eds.), *Rhodolith/Maërl Beds: A Global Perspective*, Coastal Research Library, 15, pp. 3-26.

62. Rösler, A., Pretković, V., Novak, V., Renema, W. & Braga, J.C., 2015. Coralline Algae From The Miocene Mahakam Delta (East Kalimantan, Southeast Asia). *Palaios*, v.30, p. 83-93.

63. Schmidt, D. N., Elliott & T, Kasemann, S. A., 2008. The influences of growth rates on planktic foraminifers as proxies for palaeostudies - a review. *Geological Society*, London, Special Publications, 303(1): 73-85.

64. Simone, L., Bassi, D., Carannante, G. & Cherchi, A., 2012. Rudist-bearing rhodalgal facies in the post-Turonian recovery of the periTethyan carbonate systems: the case history from the Nurra Region (northwestern Sardinia, Italy). *Geodiversitas*, 34:167–187.

65. Sneed, E.D. & Folk, R.L., 1958. Pebbles in the Lower Colorado River, Texas: a study in particle morphogenesis. *The Journal of Geology*, 66:114–150.

66. Studencki, W., 1988a. Red algae from the Pinczow limestones (Middle Miocene, Swietokrzyskie Mountains, Poland). *Acta Paleontologica Polonica*, 33: 3-57.

67. Studencki, W., 1988b. Facies and sedimentary environment of the Pinczow limestones (Middle Miocene; Holy Cross Mountains, Central Poland). *Facies*, 18: 1-25.

68. Studencki, W., 1999. Red-algal limestones in the Middle Miocene of the Carpathian Foredeep in Poland: facies variability and palaeoclimatic implications. *Geological Quarterly*, 43(4): 395-404.
69. Şuraru, N., 1992. Biostratigraphische Erwägungen über das obere Badenian aus dem Gebiet von Lopadea Veche (Kreis Alba) – Pietroasa (Kreis Cluj). *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Seria Geologia–Geographia*, 37(2): 49–63.
70. Tâmega, F.T.S., Riosmena-Rodríguez, R., Mariath, R. & Figueiredo, M.A.O., 2014. Nongeniculate coralline red algae (Rhodophyta: Corallinales) in coral reefs from Northeastern Brazil and a description of *Neogoniolithon atlanticum* sp. nov. *Phytotaxa*, 190(1): 277–298.
71. Tomás, S., Aguirre, J., Braga, J.C. & Martín-Closas, C., 2007. Late Hauterivian coralline algae (Rhodophyta, Corallinales) from the Iberian Chain (E Spain). Taxonomy and the evolution of multisporengial reproductive structures. *Facies*, 52: 79-95.
72. Wilson, B., 2013. *The biogeography of the Australian North West Shelf: Environmental Change and Life's Response*. Elsevier, 640 pp.
73. Woelkerling, W.J. & Harvey, A.S., 1993. An account of southern Australian species of *Mesophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Australian Systematic Botany*, 6(6): 571-637.
74. Zágoršek, K., Filipescu, S. & Holcová, K., 2010. New Middle Miocene Bryozoa from Gârbova de Sus (Romania) and their relationship to the sedimentary environment. *Geologica Carpathica*, 61(6): 495-512.