

**ACADEMIA ROMÂNĂ
INSTITUTUL DE BIOLOGIE BUCUREȘTI**

**TEZĂ DE DOCTORAT
- REZUMAT -**

**Contribuții la cunoașterea biologică integrată a
vegetației macrofitice din apele costiere
de la litoralul românesc al Mării Negre**

CONDUCĂTORI ȘTIINȚIFICI:

ACADEMICIAN Marian-Traian GOMOIU INSTITUTUL DE BIOLOGIE BUCUREȘTI
--

**ACADEMICIAN Octavian POPESCU
INSTITUTUL DE BIOLOGIE BUCUREȘTI**

**DOCTORAND
DUMITRESCU (MARIN) Oana Alina**

**BUCUREȘTI
2021**

CUPRINS

INTRODUCERE.....	1
PARTEA I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII.....	4
1. EVOLUȚIA CERCETĂRILOR FITOBENTALE.....	5
1.1. ISTORICUL CERCETĂRILOR FITOBENTALE LA MAREA NEAGRĂ.....	5
1.2. ANALIZA STADIULUI ACTUAL AL CUNOAȘTERII VEGETAȚIEI SUBMERSE DE LA ȚĂRMUL ROMÂNESC AL MĂRII NEGRE.....	9
1.2.1. Etapa de pionerat (începutul sec. XX).....	9
1.2.2. Perioada interbelică (anii 1918 – 1938)	10
1.2.3. Perioada celui de al doilea război mondial (anii 1939 – 1945)	10
1.2.4. Perioada postbelică (1946 – începutul anilor '70)	11
1.2.5. Perioada de diversificare a cercetărilor (anii '70 – '90)	14
1.2.6. Perioada anilor '90 – începutul anilor 2000.....	19
1.2.7. Cercetările în prezent	21
PARTEA a II-a. CONTRIBUȚII PERSONALE.....	22
2. MATERIAL ȘI METODE DE LUCRU.....	23
2.1. COLECTAREA ȘI ANALIZA PROBELOR FITOBENTALE LA NIVELUL BAZINULUI MĂRII NEGRE.....	23
2.2. DESCRIEREA METODOLOGIILOR UTILIZATE ÎN STUDIUL BIOLOGIC INTEGRAT AL VEGETAȚIEI MACROFITICE DE LA LITORALUL ROMÂNESC AL MĂRII NEGRE.....	26
2.2.1. Prezentarea zonelor de prelevare a probelor fitobentale.....	26
2.2.2. Metode de observare și colectare a probelor.....	34
2.2.3. Analiza calitativă și cantitativă a probelor.....	40
2.2.4. Metode utilizate în prelucrarea datelor.....	46
3. REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	48
3.1. CARACTERIZAREA VEGETAȚIEI SUBMERSE MACROFITICE DIN APELE COSTIERE DE LA LITORALUL ROMÂNESC AL MĂRII NEGRE.....	48
3.1.1. Analiza calitativă a vegetației submerse de la litoralul românesc al Mării Negre ..	48
3.1.1.1. Asociațiile fitobentale și factorii lor de control.....	48
3.1.1.2. Conspectul speciilor fitobentale identificate la litoralul românesc în ultimul secol.....	64
3.1.1.3. Particularitățile morfologice ale principalelor specii fitobentale identificate în ultimii 10 ani.....	65
3.1.1.4. Analiza stării ecologice actuale comparativ cu deceniile trecute.....	75

3.1.2. Distribuția cantitativă a vegetației submerse la litoralul românesc în ultimul deceniu.....	92
3.1.2.1. Variația multianuală a biomasei umede a comunităților fitobentale din perioada dezvoltării maxime.....	92
3.1.2.2. Analiza similarității între zonele de studiu pe baza valorilor de biomasă umedă.....	106
3.1.2.3. Variația multianuală a biomasei umede pentru speciile oportuniste dominante.....	114
3.1.2.4. Analiza comparativă a zonelor de studiu în funcție de evoluția anuală a biomasei umede pentru speciile oportuniste.....	122
3.1.2.5. Evaluarea cantitativă a macrofitelor cu rol ecologic cheie la litoralul românesc.....	126
3.1.2.6. Evaluarea cantitativă a fanerogamelor de la țărmul românesc	141
3.2. INFLUENȚA CONSTRUCȚIILOR ANTROPICE ASUPRA COMUNITĂȚILOR FITOBENTALE.....	148
3.2.1. Consecințe ale lucrărilor recente de protecție a zonei costiere asupra vegetației submerse.....	148
3.3. COMUNITĂȚILE FITOBENTALE CA INDICATORI AI STĂRII ECOLOGICE PENTRU MEDIUL MARIN COSTIER ÎN CONFORMITATE CU PRINCIPIILE DIRECTIVEI CADRU STRATEGIE PENTRU MEDIUL MARIN.....	160
3.3.1. Rezultatele aplicării indicelui <i>Ecological Evaluation (EI)</i> în vederea evaluării stării ecologice a corpurilor de apă costiere de la litoralul românesc.....	163
3.3.2. Rezultatele aplicării indicelui <i>Ecological Evaluation (EI)</i> în vederea evaluării stării ecologice a habitatelor din zona costieră.....	170
3.4. PREZENTAREA REZULTATELOR CULTURILOR MACROALGALE REALIZATE ÎN CONDIȚII CONTROLATE DE LABORATOR.....	182
3.4.1. Rezultatele culturii algei roșii <i>Porphyra leucosticta</i>	182
3.4.2. Rezultatele culturii <i>ex-situ</i> pentru alga brună <i>Cystoseira barbata</i> , inclusă în Lista Roșie a speciilor marine periclitate.....	190
4. CONCLUZII.....	202
5. BIBLIOGRAFIE.....	207
6. ANEXĂ.....	217

INTRODUCERE

Vegetația submersă macrofitică (fitobentosul) reprezintă o componentă majoră a producătorilor primari, ce stă la baza existenței și dezvoltării vieții în mediul marin, fiind un adevărat motor subacvatic al fluxurilor materiale și energetice. Această componentă include macroalgele (Chlorophyta, Ocrophyta, Rodophyta) și fanerogamele marine (Tracheophyta). Valoarea ecologică a comunităților fitobentale este inestimabilă, prin simplul fapt că acestea reprezintă o verigă importantă a lanțului trofic, spațiu de hrănire, apărare și reproducere pentru comunitățile zoobentale dar și pentru speciile de pești care își desfășoară procesele vitale în desigururile pe care acestea le formează. De asemenea, au un rol important în stabilizarea substratului, prevenind eroziunea costieră, un fenomen îngrijorător al ultimilor ani. Algele reprezintă un domeniu unic ce mențin echilibrul biologic în mediul acvatic, valoarea lor ecologică fiind dublată de importanța economică pe care o prezintă multe specii. Acestea oferă posibilități de explorare în domenii dintre cele mai diverse (farmaceutic, cosmetic, etc.), principiile active pe care acestea le dețin putând fi în viitor un răspuns la anumite probleme cu care se confruntă societatea. Atât macroalgele, cât și fanerogamele marine sunt amenințate permanent de fenomene de degradare a populațiilor, declin al speciilor sau chiar extincție, datorită faptului că sunt cantonate în zona costieră, o zonă aflată sub permanenta influență antropică.

În ultimele decenii pentru litoralul românesc există puține studii ce tratează detaliat aspectul biologic și ecologic al vegetației macrofitice, aspect deosebit de important ce este necesar a fi pe deplin cunoscut înainte de o potențială valorificare economică a acestei componente. Ținând cont de importanța vegetației submerse macrofitice, s-a impus cunoașterea detaliată a condiției actuale pentru această componentă de mediu. Teza a fost redactată pe 243 de pagini și contribuie la actualizarea bazei de date științifice cu informații noi referitoare la starea populațiilor fitobentale în contextul transformărilor din zona costieră, ca urmare a activităților antropice tot mai intense. Contribuțiile personale acoperă o perioadă de 11 ani (2009 – 2019), în acest interval conturându-se cinci direcții majore, care definesc condiția actuală a comunităților fitobentale:

- 1) uniformitatea frapantă a asociațiilor fitobentale.
- 2) numărul redus de specii perene comparativ cu deceniile trecute.
- 3) dominanța clară a algelor verzi pe durata sezonului cald.
- 4) reidentificarea unor specii considerate dispărute.
- 5) semnalarea unui proces de ușoară regenerare a speciilor cu rol ecologic cheie pentru mediul marin.

Teza cuprinde 156 figuri, 32 tabele (originale), peste 150 de fotografii originale, o listă bibliografică de 109 referințe și o anexă. Lucrarea cuprinde o primă parte teoretică, ce se referă la stadiul actual al cercetării, în care este prezentat pe scurt istoricul cercetărilor fitobentale la Marea Neagră și este realizată o analiză critică a stadiului actual al cunoașterii vegetației submerse de la țărnul românesc al Mării Negre de la începutul secolului XX până în prezent.

Această parte însumează 21 de pagini. Partea a doua conține contribuțiile personale, redactate pe 222 de pagini.

Scopul acestei teze este acela de a furniza date recente cu referire la diversitatea și distribuția speciilor fitobentale, la arealul de distribuție al speciilor perene cu valoare ecologică, la evaluarea cantitativă a macrofitelor și fanerogamelor și la evaluarea tendințelor de evoluție a speciilor fitobentale la litoralul românesc, informații obținute ca urmare a cercetărilor personale. Teza este completată de prezentarea listei speciilor fitobentale identificate la țărmul românesc al Mării Negre din 1930 până în prezent, realizată în baza unei sinteze bibliografice minuțioase și a cercetărilor personale.

Obiectivele specifice ale tezei, realizabile printr-un program de monitoring constant și dedicat și prin experimente specifice, sunt următoarele:

- 1) Stabilirea compoziției calitative actuale a vegetației submerse de la litoralul românesc al Mării Negre.
- 2) Întocmirea conspectului speciilor fitobentale identificate la litoralul românesc în ultimul secol.
- 3) Analiza stării ecologice actuale comparativ cu cea a deceniilor trecute.
- 4) Analiza distribuției cantitative a vegetației submerse la litoralul românesc în ultimul deceniu.
- 5) Stabilirea influenței recentelor construcții antropice asupra comunităților fitobentale.
- 6) Analiza stării ecologice a mediului marin costier prin prisma elementelor fitobentale.
- 7) Realizarea de culturi macroalgale în condiții controlate de laborator, prin manipularea exclusivă a elementelor reproducătoare.

1. EVOLUȚIA CERCETĂRILOR FITOBENTALE

Primul capitol al tezei prezintă un scurt istoric al cercetărilor fitobentale la Marea Neagră în general, cu referire directă la litoralul românesc al Mării Negre (**subcapitolul 1.1**), alături de o amplă analiză a stadiului actual al cunoașterii vegetației submerse, în care se analizează în mod critic gradul de cunoaștere al componentei fitobentale la nivelul litoralului românesc al Mării Negre (**subcapitolul 1.2**). Studiul vegetației submerse la litoralul românesc al Mării Negre a debutat acum mai bine de un secol și a fost abordat de către diverși specialiști în domeniu, facilitat fiind de înființarea în 1926 a Stațiunii de Cercetări Zoologice de la Agigea și a Institutului Bioceanografic Constanța, în 1932. Specialiștii nu s-au rezumat la o simplă analiză calitativă a acestei componente ecosistemice, ci au aprofundat acest domeniu atât de variat, ajungând până la studiul relațiilor interspecifice din cadrul populațiilor, al distribuției sezoniere și chiar a posibilităților de valorificare ale acestei resurse.

În cadrul tezei s-au analizat detaliat toate etapele pe care le-au parcurs cercetările vegetației submerse la litoralul românesc, de la începutul secolului XX, până în prezent. Studiile au debutat cu observații de teren și descrieri ale caracterelor morfologice ale algelor verzi, roșii și brune, urmate apoi de evaluări cantitative și de descrierea relației lor cu factorii de mediu.

Studiul macroflorei la litoralul românesc al Mării negre debutează în anul 1907, odată cu lucrarea lui Emanoil Teodorescu „Materiaux pour la flore algologique de la Mer Noire”, în care autorul prezintă o primă listă a speciilor de macrofite identificate la litoralul românesc, cu descrierile morfologice aferente (Porumb, 1999 - 2000). Perioada interbelică și cea de după cel de al doilea război mondial sunt dominate de de abordarea sistematică și descriptivă a marelui algolog Maria Celan (Celan, 1935, Celan, 1940). Încă din anii '40, Maria Celan abordează un aspect cu totul nou pentru studiul comunităților macroalgale și anume posibilitatea de valorificare a biomasei algale, cercetătoarea dovedindu-și încă o dată caracterul vizionar (Celan, 1943). Începând cu mijlocul anilor '50 până la începutul anilor '70, studiile se diversifică, abordările devin din ce în ce mai complexe și apar colaborări între specialiști. Cercetarea comunităților fitobentale este dominată de lucrările Mariei Celan, dar se remarcă noi cercetători, precum Hilarius Skolka, Adrian Bavaru, Maria Stadniciuc, etc. Apar noi direcții de cercetare, precum identificarea și descrierea unor specii noi pentru litoralul românesc (Celan, 1962 b), abordarea unor aspecte de embriologie și citologie (Celan, Bavaru, 1968) sau analiză a influenței succesiunii sezoniere asupra comunităților fitobentale (Celan *et al.*, 1969).

Perioada de la începutul anilor '70 până la mijlocul anilor '80 este cea în care studiile vegetației submerse au cunoscut cea mai mare diversificare, fiind considerată perioada cea mai complexă din punct de vedere al direcțiilor de cercetare, cu lucrări detaliate referitoare la perioadele de reproducere și stadiile embrionare ale speciilor (Bavaru, 1971), până la evaluări cantitative ale speciilor cu potențial valorificabil (Vasiliu, Bodeanu, 1972). Începând cu anii '90 articolele științifice se reduc ca număr, însă domeniile de cercetare abordate se diversifică, de la lucrări de sinteză până la probleme de radioecologie, eutrofizare și analiză a principiilor active deținute de macrofite. În prezent, abordările sunt din ce în ce mai complexe, însă rămâne valabilă concluzia Mariei Celan, formulată încă din anii '60 și anume aceea că vegetația submersă a suferit un declin calitativ accentuat la litoralul românesc al Mării Negre.

2. MATERIAL ȘI METODE DE LUCRU

Capitolul debutează cu o prezentare a metodei de colectare, analiză calitativă și cantitativă a probelor fitobentale la nivelul țărilor riverane (**subcapitolul 2.1**), ulterior prezentându-se programul de cercetare abordat în cei 11 ani de studiu la nivelul litoralului românesc (**subcapitolul 2.2**), program care a permis o monitorizare constantă a componentei fitobentale, prin care au fost surprinse modificările survenite (dezvoltări abundente ale macroalgelor pe durata sezonului estival, apariția de noi specii, modificare a gradului de periclitare al speciilor incluse în Lista Roșie). Rețeaua de monitoring a componentei fitobentale de mediu a fost inițial stabilită în baza analizei literaturii de specialitate și a expedițiilor de teren în vederea observării concrete a condițiilor locale. În sprijinul acestui demers, studiile anilor '70 (Bavaru, 1972), '80 (Vasiliu, 1984), și mai târziu, '90 (Sava, 2000) au oferit informații de bază cu privire la stațiile monitorizate în aceste perioade și tipul speciilor dominante fiecărei zone.

În intervalul 2009 – 2019, probele au fost colectate de-a lungul fâșiei litorale Năvodari – Vama Veche, de la următoarele stații considerate reprezentative pentru asociațiile algale actuale: Năvodari, Mamaia, Pescărie, Constanța Nord, Cazino Constanța, Agigea, Eforie Nord, Eforie Sud, Tuzla, Costinești, Saturn, Mangalia, 2 Mai și Vama Veche (Fig.1). În ultimii ani, efortul de cercetare s-a concentrat pe zona sudică extremă, respectiv fâșia litorală Mangalia – 2 Mai – Vama Veche (Fig.1), ca urmare a existenței în aceste zone a unor specii periclitate, cu rol ecologic deosebit, care necesită o monitorizare constantă, fiind extrem de sensibile la perturbările de natură antropică.

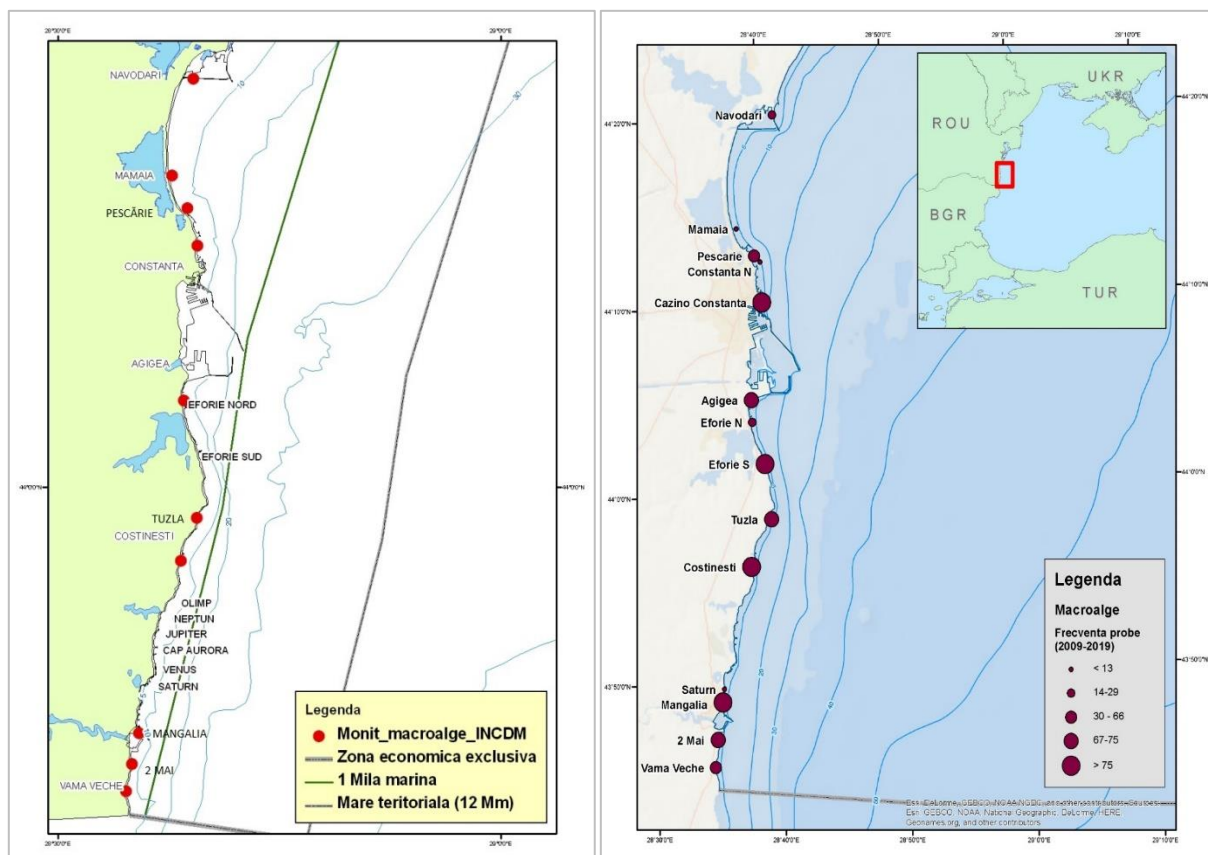


Fig.1. Harta cu stațiile de prelevare a probelor de macroalge și fanerogame marine (stânga) și frecvența de colectare a probelor de la nivelul fiecărei stații (dreapta) în intervalul 2009 – 2019

Probele au fost prelevate în urma expedițiilor care au avut loc în fiecare an, în sezonul cald (începând cu luna mai, până în septembrie-octombrie), atunci când se consideră a fi perioada de maximă dezvoltare a componentei fitobentale. De la nivelul fiecărei stații au fost colectate câte 3 replici pe fiecare gradient de adâncime (în general intervalul 0 – 3 m, cu excepția zonei Năvodari, cu prelevări între 0 – 5 m, zonei Mamaia, cu prelevări între 1 – 5 m și Constanța Nord cu prelevări între 0 – 8 m adâncime), cu un cadru metalic de 20x20 cm, respectând așa-numita „metodă a pătratelor”, de pe substrat dur (pentru prelevarea macroalgelor) și nisipos-mâlos (pentru prelevarea fanerogamelor marine). În cazul speciilor periclitate (*Cystoseira*,

Coccolytus, Zostera) s-a colectat doar o probă de la nivelul fiecărui gradient de adâncime, pentru a nu deteriora materialul algal aflat într-un echilibru fragil la țărmul românesc. A fost analizat un număr total de 789 de probe, materialul algal fiind supus în laborator analizei calitative (măsurători ale talului și celulelor, analiza terminațiilor celulare, semnalarea prezenței epifitelor, identificarea și observarea elementelor reproducătoare) și cantitative (stabilirea biomasei umede pentru fiecare specie în parte și raportarea acestei valori la metru pătrat).

Analizele materialului biologic se realizează în stare proaspătă, dar există și metode de de conservare pe termen lung a macrofitelor, pentru analize suplimentare sau confirmări ulterioare ale unor specii rare. Păstrarea acestora în soluții conservante (formaldehidă 4% sau alcool etilic într-o concentrație mai mare de 40⁰) este una din metode, dezavantajul fiind acela că după o anumită perioadă de timp aceste soluții duc la depigmentarea talurilor și astfel unele analize pot fi compromise. Cea mai utilizată metodă de conservare a algelor este sub formă de coli de ierbar, păstrate în condiții ambientale speciale. Analiza parametrilor fizico-chimici și bio-chimici a fost realizată de colegii din Laboratorul de Măsurări și Analize Fizico-Chimice din cadrul INCDM „Grigore Antipa”.

Un alt domeniu abordat în prezenta teză a fost cel al culturilor macroalgale. Culturile experimentale s-au derulat în laboratoarele INCDM „Grigore Antipa”, prin manipularea exclusivă a elementelor reproducătoare ale speciilor. Au fost selectate două specii macroalgale – alga roșie stenotermă, *Porphyra leucosticta* și alga brună perenă, *Cystoseira barbata*, spre a fi cultivate în condiții controlate de laborator, selecția acestora fiind în strânsă legătură cu serviciile ecosistemice pe care acestea le oferă. Astfel, *P. leucosticta* este o specie cu o remarcabilă activitate antioxidantă (Mayalen *et al.*, 2009), cantitate mare de vitamina C, carotenoizi și clorofilă *a*, cultivarea ei în laborator putând furniza material algal disponibil pentru diverse ramuri industriale. *C. barbata* este o specie care se remarcă prin valoarea ei ecologică, fiind inclusă în Lista Roșie a speciilor marine periclitare, creșterea ei în laborator oferind informații importante cu privire la procesul reproductiv al acesteia și fazelor intermediare de dezvoltare. Cultura de *C. barbata* în condiții controlate de laborator oferă material algal pentru o eventuală reconstrucție ecologică.

De asemenea, au fost aplicați indici ecologici caracteristici care definesc starea ecologică a zonei costiere pe baza elementului biologic macrofite, în concordanță cu cerințelor directivelor europene - Directiva Cadru Apă și Directiva Cadru Strategie Marină. Datele au fost prelucrate prin metode statistice, utilizând programul PRIMER 7 (v.7.0.17), iar pentru o reprezentare grafică a variației sezoniere a biomasei umede, s-a utilizat Ocean Data View versiunea 4.5.3 și ArcGIS 10.5.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

3.1. CARACTERIZAREA VEGETAȚIEI SUBMERSE MACROFITICE DIN APELE COSTIERE DE LA LITORALUL ROMÂNESC AL MĂRII NEGRE

3.1.1. Analiza calitativă a vegetației submerse de la litoralul românesc al Mării Negre

În cadrul acestui capitol s-a realizat analiza calitativă a populațiilor fitobentale de la țărmul românesc, de la evidențierea variabilității numărului de specii de-a lungul deceniilor, până la prezentarea detaliată a particularitățile morfologice ale principalelor specii fitobentale identificate în perioada de studiu.

Capitolul debutează cu prezentarea variației anuale a factorilor fizico-chimici reglatori ai asociațiilor fitobentale, de la tipul substratului până la factorii abiotici (**subcapitolul 3.1.1.1**) (Tabel 1). Factorii abiotici au fost analizați pe baza selecției datelor colectate în 11 expediții oceanografice efectuate în perioada 2009-2019 în cadrul INCDM Constanța. Astfel, au fost selectate datele (N=59) corespunzătoare sezonului cald (lunile mai-septembrie) din 6 stații (Constanța Nord, Cazino, Eforie Sud, Costinești, Mangalia și Vama Veche) cu adâncimi între 5 m și 8 m, învecinate punctelor de prelevare a probelor fitobentale.

Tabel 1. Statistica descriptivă a factorilor abiotici (intervalul 2009 - 2019, sezoane calde)

	Valid N	Media	Mediana	Minimum	Maximum	Dev. std.
T [°C]	58	21,80	23,05	12,20	27,80	4,07
S [‰]	58	14,24	14,32	7,61	18,91	2,60
O ₂ [μM]	59	308,35	306,10	204,10	436,30	49,39
O ₂ [%]	58	121,35	119,70	89,40	184,40	17,44
O ₂ [mg/L]	59	9,86	9,79	6,53	13,96	1,58
(PO ₄) ³⁻ [μM]	59	0,35	0,30	0,01	1,93	0,38
(SiO ₄) ⁴⁻ [μM]	59	5,60	4,04	0,23	27,40	4,90
(NO ₂) ⁻ [μM]	59	2,58	0,30	0,05	42,26	7,23
(NO ₃) ⁻ [μM]	59	7,90	3,28	0,01	69,23	12,27
(NH ₄) ⁺ [μM]	59	6,95	5,90	0,37	33,10	6,18

Ca o particularitate, sezonul estival 2010 s-a caracterizat prin temperaturi extrem de ridicate ale apei mării (de aproximativ 28 – 29°C) care au condus la fenomene anoxice cu repercusiuni grave asupra ecosistemului marin. Temperaturile extrem de ridicate ale aerului au condus la încălzirea apelor costiere la valori rar înregistrate în apele românești, acestea atingând 26 – 28°C la suprafață. De excepție a fost extinderea spre larg a acestor ape foarte calde pe profilul din dreptul Constanței, temperatura înregistrând valori de 25 – 27°C la distanța de peste 35 km de mal. Ca o consecință, s-au înregistrat fenomene de mortalități piscicole în masă de-a

lungul întregului țărm românesc, înflorii algale și dezvoltări abundente ale macroalgelor oportuniste, cu formarea de depozite algale însemnate pe țărm. Pe fondul creșterii temperaturii apei și a influenței surselor de poluare de pe uscat, precum și a intensificării turismului estival, în sezoanele calde aferente perioadei 2009 - 2019 s-au observat concentrații diminuate ale fosfaților față de perioada de intensă eutrofizare, dar care înregistrează încă valori ridicate față de perioada de referință 1959 - 1969. Concentrațiile azotului anorganic s-au menținut ridicate în mod special în vecinătatea surselor de poluare de pe uscat. Cantitățile crescute de nutrienți sunt cele care determină în principal dezvoltarea abundentă a macroalgelor pe durata sezonului estival. Răspunsul asociațiilor macrofitice este în strânsă corelație cu factorii de mediu din zona costieră. Astfel, într-o zonă cu intense activități antropice, o încărcătură mare de nutrienți și o turbiditate ridicată a apei, se vor dezvolta în general specii oportuniste, cu un grad ridicat de efemeritate, incapabile de a asigura un habitat stabil pentru fauna asociată. Dacă gradul de perturbare este extrem de ridicat, se poate ajunge până la dispariția totală a asociațiilor fitobentale, locul acestora fiind luat de un substrat denudat, lipsit de viață.

Conspectul speciilor fitobentale de la litoralul românesc în ultimul secol (**subcapitolul 3.1.1.2**), cu alte cuvinte întocmirea listei speciilor identificate, s-a realizat pe baza analizei minuțioase a unui număr de peste 100 de titluri bibliografice din perioada 1930 – 2019 și a cercetărilor personale, fiind analizați 90 de ani de studii asupra componentei fitobentale. Lista de specii este prezentată sub formă de anexă, în dreptul fiecărei specii fiind precizate și referințele bibliografice care atestă prezența acesteia la nivelul litoralului românesc. În urma analizei bibliografice și a propriilor observații, se poate spune că doar pentru 135 de specii există dovezi concrete ale existenței la litoralului românesc.

Fiecare specie menționată ca fiind prezentă în zona românească a Mării Negre a fost validată prin consultarea site-urilor de specialitate Algaebase (<http://www.algaebase.org/>) și WORMS (<http://www.marinespecies.org/>), în vederea actualizării denumirii speciei și stabilirea gradului de sinonimie între specii. Din cele 36 de specii identificate în perioada 2009 – 2019 la litoralul românesc al Mării Negre, un număr redus de specii a fost semnalat constant în majoritatea stațiilor monitorizate. Este cazul speciilor genurilor *Ulva* (*U. rigida*, *U. intestinalis*, *U. compressa*, *U. flexuosa*) *Cladophora* (*C. vagabunda*, *C. sericea*, *C. laetevirens*, *C. albida*) și *Ceramium* (*C. virgatum*, *C. siliquosum* var. *elegans*, *C. diaphanum*), principalele componente ale depozitelor algale formate pe țărm în sezonul estival. Pentru toate aceste specii oportuniste, dar și pentru speciile perene, importante din punct de vedere ecologic (*Cystoseira barbata*, *Phyllophora*, *Zostera noltei*), s-au evidențiat particularitățile morfologice prin intermediul a 51 de fotografii originale care surprind aspecte calitative macro și microscopice ale acestora (**subcapitolul 3.1.1.3**). Tabloul calitativ este completat de specii rare, identificate ca urmare a unui monitoring constant. Este cazul algelor roșii *Lomentaria clavellosa*, *Dasya baillouviana* și *Spermothamnion strictum*, a căror semnalare este deosebit de importantă pentru starea biodiversității componentei fitobentale, deoarece de-a lungul timpului au devenit periclitare, ajungând până în punctul de a fi considerate dispărute de la litoralul românesc (cazul *D. baillouviana* - Fig.2 și *S. strictum*). De altfel, pentru *S. strictum*, ultima raportare (și singura de

altfel), datează din 1935, atunci când a fost identificată de către Maria Celan, în timp ce *D. baillouviana* nu a mai fost observată din anii '70. Capitoul are valoare didactică, putând fi folosit ca un mic determinant în diferențierea principalelor specii fitobentale de la litoralul românesc.

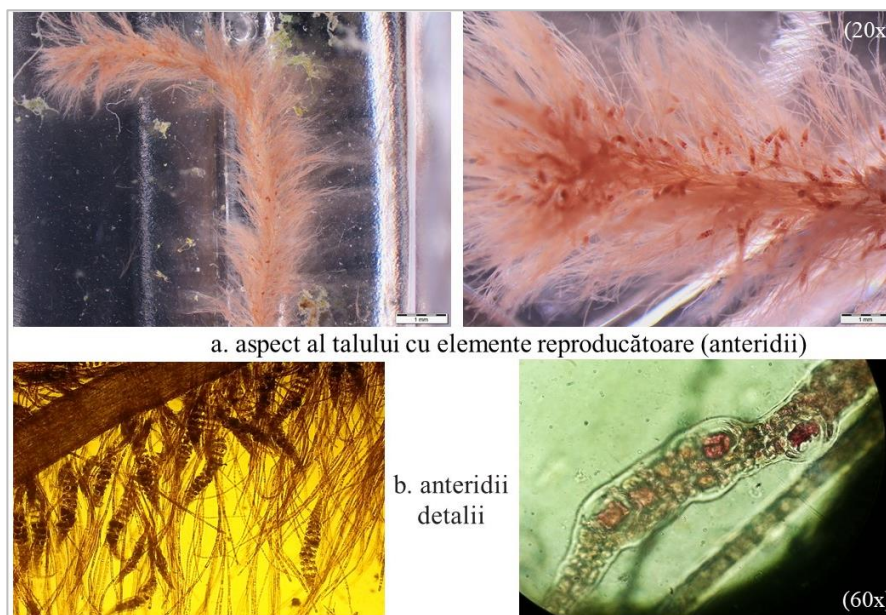


Fig.2. *Dasya baillouviana* – aspect al talului cu elemente reproductive (foto original)

Subcapitolul 3.1.1.4. prezintă o analiza detaliată a stării ecologice actuale comparativ cu cea a deceniilor trecute, concluzia fiind că numărul de specii fitobentale a suferit un declin accentuat de-a lungul timpului. La litoralul românesc, cel mai mare număr de specii a fost semnalat în perioada 1950 – 1960 (96 de specii). De asemenea, un număr ridicat de specii a fost observat și în intervalele de studiu 1962 – 1972 (81 de specii) și 1970 – 1981 (81 de specii), după aceste perioade înregistrându-se o scădere calitativă (Tabel 2). Factorii cauzatori au fost naturali, dar mai ales antropici, aceștia din urmă acutizându-se de-a lungul deceniilor, devenind factori declanșatori ai reducerii numărului de specii fitobentale la litoralul românesc al Mării Negre.

Tabel 2. Numărul de specii (pe încregături) identificate în perioada 1930 – 2019

ÎNCRENGĂTURA	1930-1950	1950-1960	1962-1972	1970-1981	1976-1995	1996-2005	2004-2007	2009-2019
CHLOROPHYTA	9	30	28	31	22	16	14	14
OCROPHYTA	8	22	17	12	9	4	5	4
RHODOPHYTA	27	44	36	36	24	10	9	14
TRACHEOPHYTA	-	-	-	2	-	-	1	4
NR. TOTAL DE SPECII	44	96	81	81	55	30	29	36

Perioada de declin maxim al numărului de specii, se consideră a fi cea a anilor '90 - începutul anilor 2000 (Tabel 2), ca o consecință a fenomenului de eutrofizare care s-a manifestat intens la litoralul românesc al Mării Negre și care a influențat negativ în principal speciile perene din genurile *Cystoseira*, *Phyllophora*, *Laurencia* și *Zostera*, gazdă la rândul lor pentru alte specii. În prezent, deși incomparabil cu bogăția calitativă a deceniilor trecute, se remarcă o ușoară creștere a numărului de specii. Această afirmație este valabilă doar dacă se compară situația actuală cu cea de la începutul anilor 2000. Comparând însă perioada 2009 – 2019 cu cea a anilor '50 – '80, devine frapant declinul numărului de specii într-o perioadă relativ scurtă de timp.

Comunitățile fitobentale au fost dominate până în anii '80 de rodofite, pentru ca după această perioadă să domine clorofitele, în general reprezentate de speciile oportuniste din genurile *Ulva* și *Cladophora*. Dominanța clorofitelor s-a menținut și în ultimul deceniu (Tabel 2), astfel că în mare parte litoralul românesc este populat în prezent de asociații macroalgale formate din alge verzi oportuniste cu dezvoltare abundentă cu precădere în sezonul estival. Speciile de alge brune, alături de algele roșii, au suferit un declin accentuat la litoralul românesc. În perioada 2009 – 2019 au fost semnalate doar 4 specii de alge brune, un număr extrem de mic comparativ cu maximum de 22 de specii raportate pentru perioada 1950 – 1960. În ceea ce privește algele roșii, în prezent s-au identificat 14 specii, reprezentat în mare parte de speciile oportuniste din genul *Ceramium*, *Callithamnion corymbosum* sau *Polysiphonia*, de asemenea un număr incomparabil mai mic cu maximum de 44 de specii raportate pentru perioada 1950 – 1960, însă într-o ușoară creștere comparativ cu anii '90 (când au fost identificate doar 9 specii).

Studiul fanerogamelor marine este mult mai redus comparativ cu cel al macroalgelor, astfel că în referințele bibliografice din deceniile trecute există foarte puține date cu privire la aceste componente fitobentale. În general informațiile, acolo unde există, se referă la cele două specii de *Zostera*, respectiv *Z. marina* și *Z. noltei*. În ultimii ani (2009 – 2019) au fost semnalate 4 specii de fanerogame în zona costieră: *Z. noltei*, *Ruppia cirrhosa*, *Zannichelia palustris* și *Stuckenia pectinata*. Însă specia cu cea mai mare valoare ecologică, respectiv *Z. marina*, nu a mai fost identificată în ultimul deceniu de-a lungul fâșiei litorale Năvodari – Vama Veche. Cea mai recentă raportare a acestei specii datează de la începutul anilor '80.

Declinul accentuat al speciilor macroalgale roșii și brune în primul rând, a avut drept consecință includerea unui număr de 10 specii pe actuala Listă Roșie a speciilor marine periclitare, valabilă începând cu 09 aprilie 2020, în baza Ordinul nr. 488/2020¹. Pe aceeași listă se regăsesc și cele două fanerogame marine (*Z. noltei* și *Z. marina*).

¹ Ordinul nr. 488/2020 privind aprobarea Listei speciilor marine periclitare de la litoralul românesc al Mării Negre în vederea protejării și conservării lor, publicat în M.Of.300 din 9 aprilie 2020.

3.1.2. Distribuția cantitativă a vegetației submerse la litoralul românesc în ultimul deceniu

Perioada supusă analizei a fost reprezentată de sezoanele de vară 2009 – 2019, atunci când se consideră a fi perioada de maximă dezvoltare pentru vegetația fitobentală la țărmul românesc al Mării Negre. În prezent, comunitățile fitobentale sunt distribuite la litoralul românesc între 0 și 8 metri adâncime, biomasa maximă fiind de asemenea înregistrată în acest interval de adâncime. După acest interval nu se mai poate vorbi de asociații fitobentale bine structurate, ci doar de pâlcuri de alge distribuite răzleț. Pentru orizontul 0 - 8 m, în intervalul 2009 – 2019 valorile medii maxime de biomasă umedă au variat între 3500 g/m² și 13400 g/m² (Fig.3):

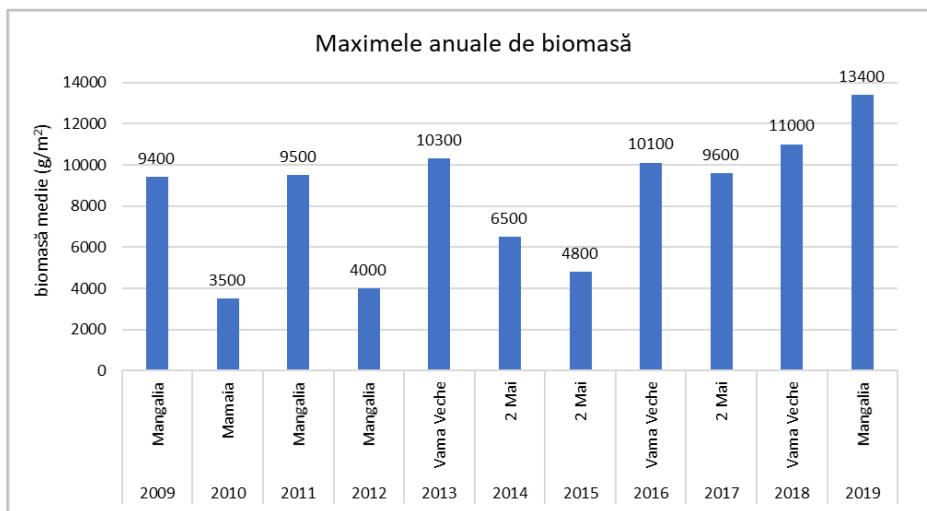


Fig.3. Valori medii maxime de biomasă umedă înregistrate în perioada 2009 – 2019

Analiza variației multianuale a biomasei umede (**subcapitolul 3.1.2.1.**) a arătat că valorile maxime de biomasă s-au înregistrat către extremitatea sudică a litoralului, respectiv de-a lungul fâșiei litorale Mangalia – 2 Mai – Vama Veche. S-a observat un gradient clar de la nord către zona sudică a litoralului, în sensul creșterii valorii biomasei de la Năvodari către Vama Veche. În aceste puncte sudice, domină componenta algelor brune și fanerogamelor (Fig.4). Nu se poate însă vorbi de o valorificare a acestor biomase umede, deoarece este generată de un număr extrem de redus de specii incluse în Lista Roșie a speciilor marine periclitare. În celelalte zone, pentru intervalul 2009 – 2019, dominante din punct de vedere cantitativ au fost algele verzi oportuniste din genurile *Ulva* și *Cladophora*.

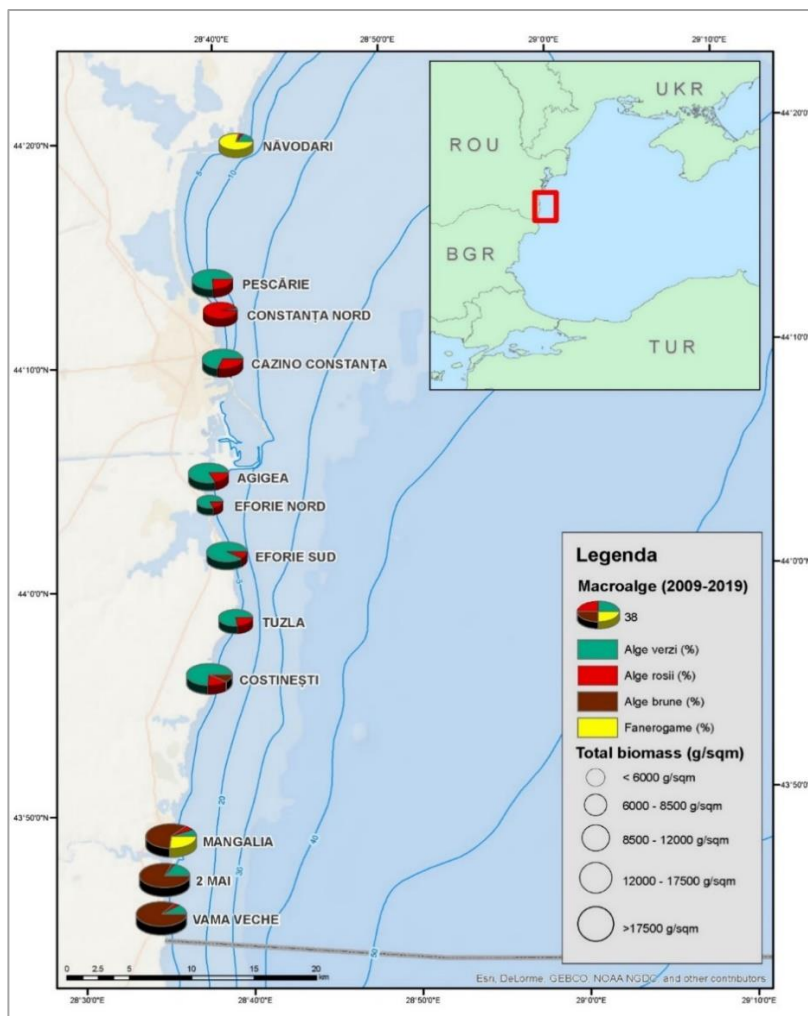


Fig.4. Proporția biomasei umede pentru componentele fitobentale în intervalul 2009 - 2019

Analiza similarității stațiilor, pe baza valorilor de biomasă umedă (**subcapitolul 3.1.2.2.**), a arătat similarități ridicate între zonele de studiu, explicabile datorită prezenței unui număr redus de specii fitobentale în ultimul deceniu, permanentei alternanțe a substratului dur cu cel nisipos de-a lungul întregii zone costiere, fapt ce imprimă un caracter de uniformitatea tabloului fitobental actual.

Cu toate acestea, pe durata întregii perioade de studiu, s-a observat o diferențiere clară a zonei Mangalia – 2 Mai – Vama Veche de restul zonelor monitorizate, în ceea ce privește diversitatea speciilor și biomasa dezvoltată de acestea (Fig.5). Explicația constă în existența în aceste puncte sudice ale litoralului a unor platforme compacte de piatră ce permit dezvoltarea unor specii perene cu biomase mult mai ridicate comparativ cu speciile sezoniere.

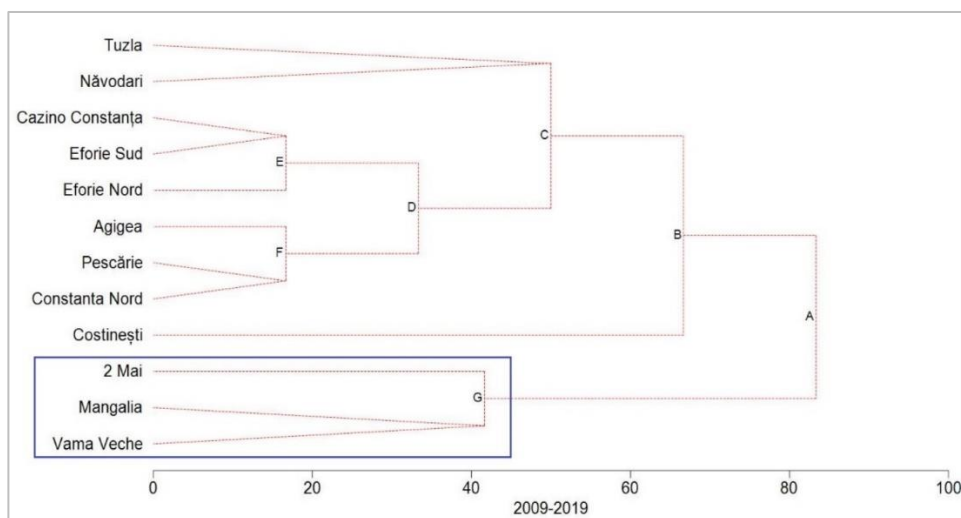


Fig.5. Linktree – similaritatea zonelor de studiu pe baza valorilor de biomasă umedă pentru întreg intervalul de studiu 2009 – 2019 (valori transformate pe rădăcina de ordinul 2)

Variația multianuală a biomasei umede pentru speciile oportuniste dominante (**subcapitolul 3.1.2.3.**) a arătat dominanța cantitativă exclusivă a speciilor oportuniste din genurile *Ulva*, *Cladophora* și *Ceramium*. Dintre acestea, clorofitele *U. rigida* și *C. sericea* s-au dezvoltat mult mai intens (Fig.6.).

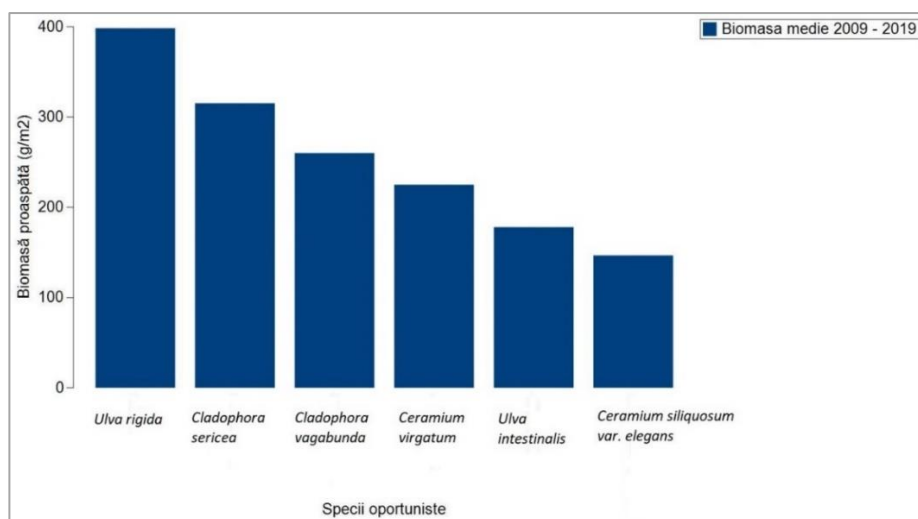


Fig.6. Variația biomasei medii umede pentru speciile oportuniste în intervalul 2009 – 2019

În ceea ce privește evoluția cantitativă a speciilor oportuniste, trei scenarii s-au manifestat în ultimul deceniu pe durata sezonului estival. Astfel, în primul scenariu (raportat în 2009), genul dominant din punct de vedere cantitativ a fost *Ulva*. Cel de-al doilea scenariu a început în vara 2010, ale cărei valori anormale de temperatură, salinitate și concentrații ale nutrienților s-au dovedit a fi favorabile dezvoltării intense a speciilor de *Cladophora*. Cel de al treilea scenariu s-a conturat începând cu vara 2014, când dominanța cantitativă a revenit speciilor de

Ulva. Un nou scenariu pare a se contura începând cu 2019, când s-a înregistrat iar o creștere a valorilor de biomasă pentru speciile de *Cladophora*, însă dacă acest gen oportunist va cunoaște la țărmul românesc aceiași dezvoltare masivă ca în anii precedenți, rămâne să fie confirmat sau infirmat de studiile viitoare.

Analiza comparativă a zonelor de studiu în funcție de evoluția anuală a biomasei umede pentru speciile oportuniste (**subcapitolul 3.1.2.4.**) a arătat că algele verzi au fost dominante din punct de vedere cantitativ în ultimul deceniu, în sezonul cald, de altfel o caracteristică a țărmului românesc, deoarece aceste dezvoltări explozive ale speciilor cu perioadă scurtă de vegetație s-au observat încă din anii '70 (Țigănuș, 1979).

Analizând prin comparație toate speciile oportuniste dominante calitativ și cantitativ în ultimul deceniu, se observă în primul rând prezența lor la nivelul tuturor stațiilor de-a lungul fâșiei litorale Năvodari – Vama Veche. Acest aspect imprimă și susține caracterul de uniformitate care se remarcă în prezent la țărmul românesc. Configurația MDS arată o similaritate de 70% între toate cele 12 stații monitorizate constant pe durata celor 11 ani. Se detașează în mod evident zona Constanța Nord (Fig.7). Explicația constă în specificitatea zonei. La Constanța Nord există o platformă de piatră de dimensiuni reduse, întreruptă de zone nisipoase, pe care pentru moment se dezvoltă pâlcuri de dimensiuni variabile de *Coccotylus brodiaei* (specie perenă cu valoare ecologică deosebită, înrudită cu speciile de *Phyllophora*, inclusă în Lista Roșie). În această zonă, speciile oportuniste nu au dezvoltat biomase ridicate comparativ cu alte zone ale litoralului.

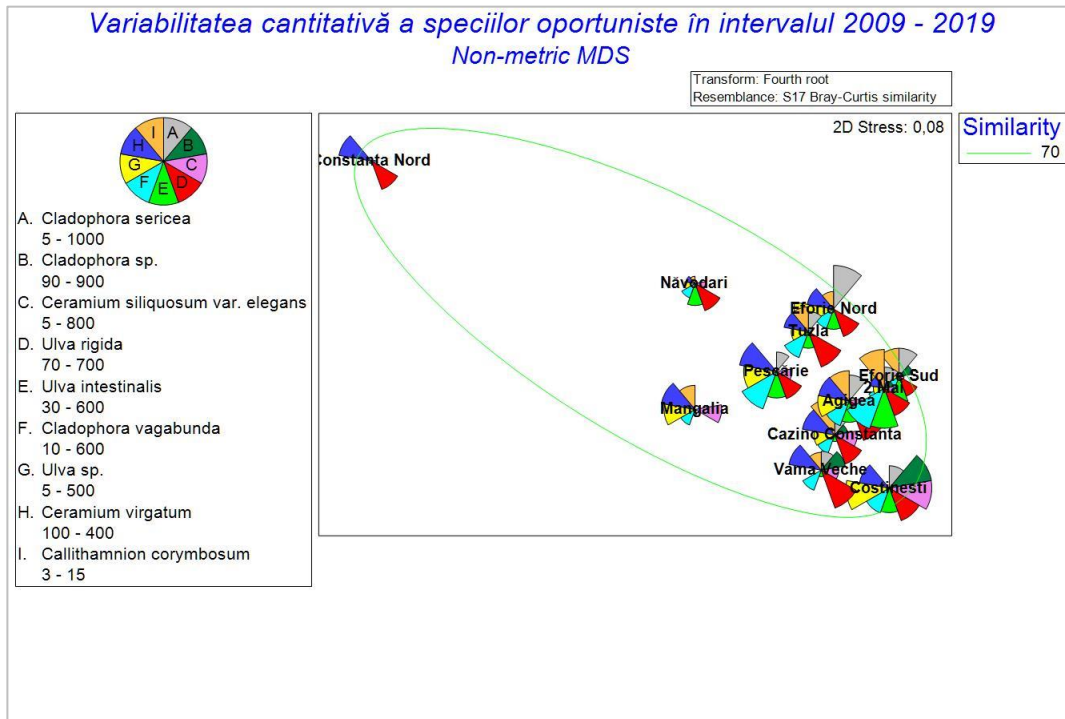


Fig.7. Configurația MDS bidimensional în cazul speciilor oportuniste dominante pentru intervalul 2009 – 2019 (valori de biomasă transformate pe rădăcina de ordinul 4)

Teza analizează din punct de vedere cantitativ și speciile perene cu rol ecologic cheie pentru mediul marin, respectiv speciile formatoare de habitate, *Cystoseira barbata*, *Coccolytus brodiaei* (subcapitolul 3.1.2.5.) și *Zostera noltei* (subcapitolul 3.1.2.6.). Toate aceste specii sunt periclitare și necesită un monitoring constant pentru a surprinde eventualele modificări în structura populațională.

În prezent, distribuția speciei *C. barbata* este punctiformă, cu populații fragmentate, cu prezență doar în sudul litoralului, de la Saturn către Vama Veche. Analiza cantitativă s-a realizat prin raportare la datele istorice. Anul de referință a fost considerat 1969, înainte de o serie de fenomene extreme, care au generat distrugerea populațiilor de *Cystoseira*: înghețul mării din iarna 1971 – 1972, furtunile puternice și temperaturile foarte scăzute ale apei care au perturbat activitatea fotosintetică și procesul de reproducere. Valoarea de biomasă medie pentru anul 1969 a fost de 10600 g/m², pe când cea din intervalul actual de studiu (2009 – 2019) a fost mult mai scăzută, la jumătatea acestei valori, respectiv 5750 g/m² (Fig.8).

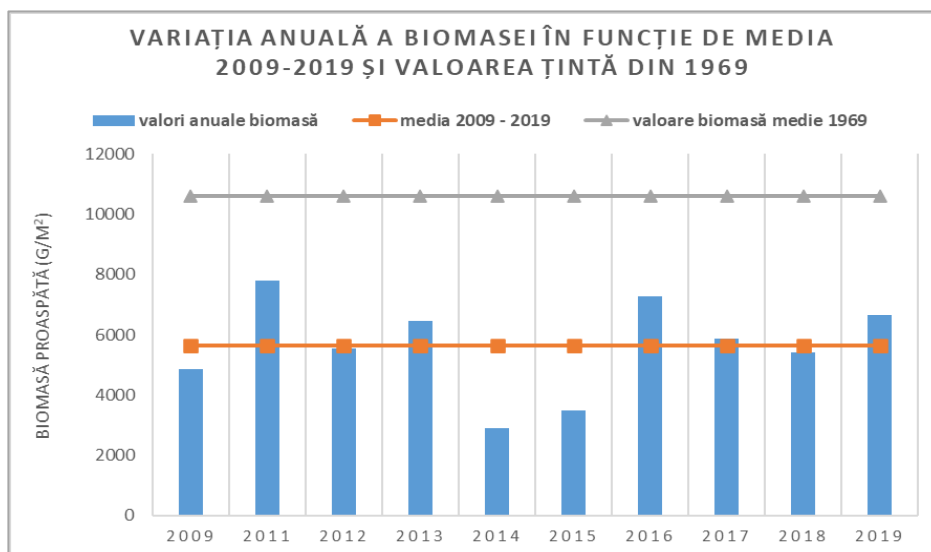


Fig.8. *C. barbata* – variația anuală a biomaselor medii comparativ cu valoarea țintă din anul 1969

Comparând situația deceniilor trecute cu cea din prezent, se observă că valorile actuale de biomasă umedă sunt mult mai reduse comparativ cu cele din perioada anilor '60, dar mult mai ridicate raportându-ne la perioada de declin maxim al speciei considerate a fi cea din intervalul 1971 – 1972, de aici și ipoteza regenerării speciei la litoralul românesc (Fig.9).

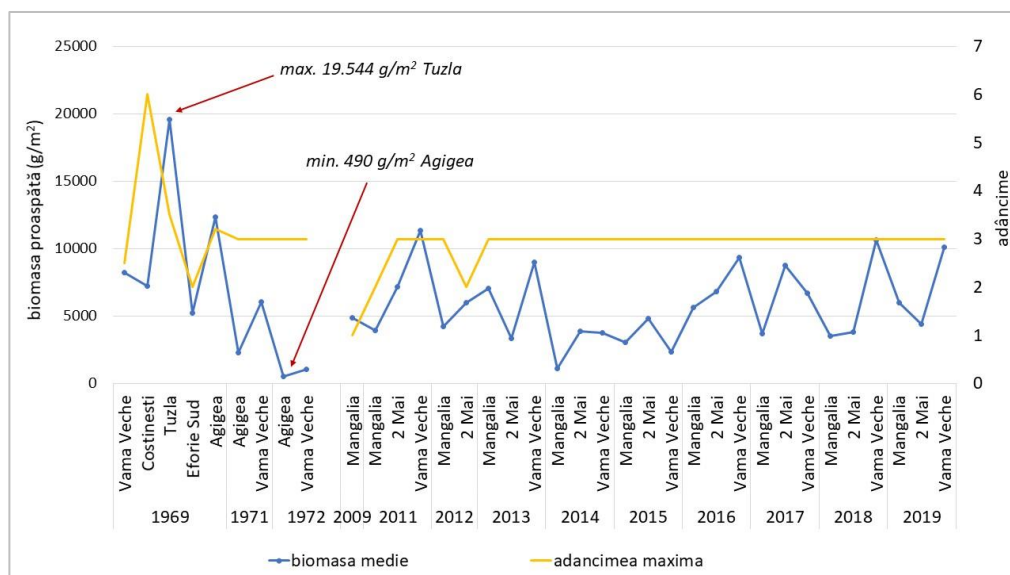


Fig.9. *C. barbata* – variația adâncimii de dezvoltare și a biomasei umede medii în intervalul 2009 – 2019 comparativ cu perioada 1969 – 1972

Analiza Bray – Curtis pe baza valorilor medii de biomasă arată două scenarii în ceea ce privește evoluția cantitativă a speciei *C. barbata* la litoralul românesc de-a lungul deceniilor:

- ✓ o similaritate ridicată (de 70%) în ceea ce privește situația ultimului deceniu (între anii de studiu), deci o variabilitate redusă a valorilor de biomasă pentru intervalul 2009 – 2019.
- ✓ la polul opus se află situațiile din perioada 1971 – 1972 (considerată perioada de declin drastic al populațiilor de *Cystoseira*, cu valori de biomasă extrem de scăzute (Fig. 9), respectiv situația anului 1969 (considerată perioada de referință), etape care nu au un corespondent în condițiile actuale de mediu (atât cantitativ, cât și calitativ) (Fig.10).

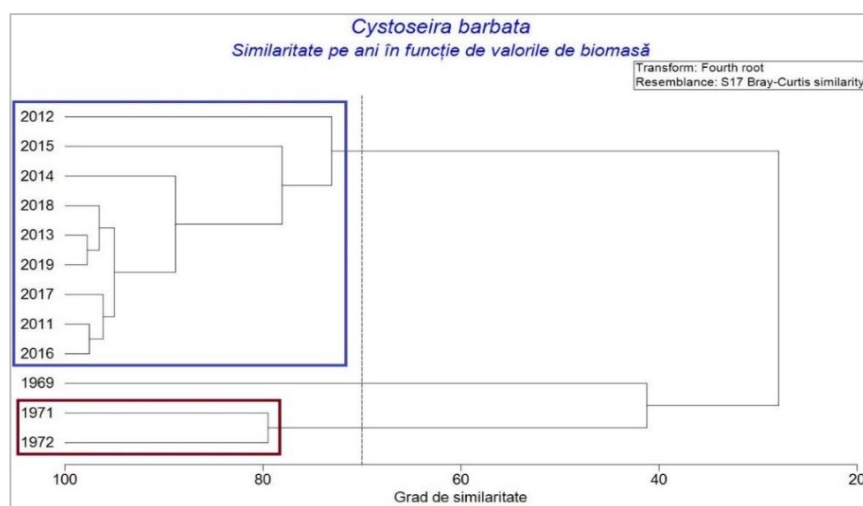


Fig.10. *C. barbata* - similaritatea Bray-Curtis 2009 – 2019 comparativ cu 1969 - 1972 (valori transformate pe rădăcina de ordinul 4)

Concluzia celor 11 ani de studiu, este aceea că cele mai scăzute valori de biomasă umedă pentru specia perenă *C. barbata* s-au înregistrat la Mangalia, iar cele mai ridicate la Vama Veche. Pe baza valorilor brute de biomasă umedă, s-a aplicat testul ANOVA Single Factor pentru a testa diferențele între seturile de date de la nivelul celor trei stații (Mangalia, 2 Mai și Vama Veche) pentru perioada 2009 – 2019. Rezultatele statistice arată că deși valorile de biomasă sunt diferite între cele trei zone pe parcursul celor 11 ani de studiu, în cadrul fiecărei stații variabilitatea în ceea ce privește evoluția biomasei este scăzută. Faptul că biomasa speciei a rămas relativ constantă pe termen lung este un aspect deosebit de important ținând cont de sensibilitatea speciei la factorii perturbatori de natură antropică.

Dintre cele trei specii de *Phyllophora* semnalate la țărmul românesc (*P. pseudoceranoides*, *Coccotylus brodiaei* și *P. crispa*), în prezent există date cantitative doar despre *C. brodiaei*. Specia este rară, inclusă în Lista Roșie, cu o distribuție punctiformă (doar în zona Constanța Nord, la o adâncime cuprinsă între 6 – 8 m), și valori de biomasă variabile, cu o tendință de creștere în 2019.

În ceea ce privește fanerogamele acvatice de la litoralul românesc, din cele 4 specii cunoscute (*Zostera noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Ruppia cirrhosa*, *Zannichellia pallustris*) evaluări cantitative s-au realizat pentru *Z. noltei* și *S. pectinata*. Celelalte două fanerogame acvatice nu formează comunități stabile în zona costieră de mică adâncime, fiind semnalate doar exemplare răzlețe. Populații de *Zostera* au fost semnalate la Năvodari și la Mangalia, în intervalul de adâncime 1 – 3 m, la ambele stații manifestându-se tendința de scădere a valorilor de biomasă umedă pe durata perioadei de monitorizare. Evoluția multianuală a biomasei arată o scădere a valorii acesteia, iar valoarea medie de biomasă nu mai este atinsă în ultimii ani (Fig.11).

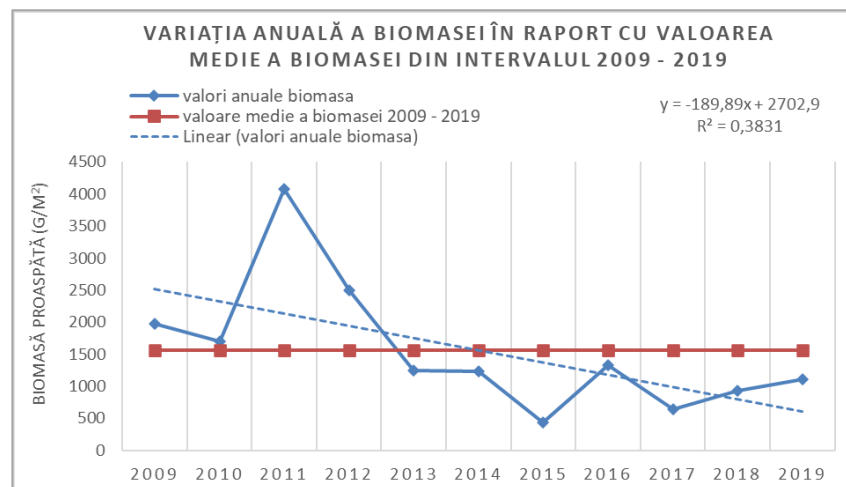


Fig.11. *Zostera noltei* – variația multianuală a biomasei umede medii comparativ cu media perioadei 2009 – 2019

Ca și în cazul speciei *C. barbata* și pentru *Z. noltei* s-a aplicat testul ANOVA Single Factor pentru a testa diferențele între seturile de date de la nivelul celor două stații (Năvodari și

Mangalia) pentru perioada 2009 – 2019. Testul statistic a arătat că valorile brute de biomasă pentru *Z. noltei* nu au diferit semnificativ între cele două stații în intervalul 2009 – 2019, tendința de scădere a valorilor de biomasă umedă fiind comună ambelor stații.

3.2. INFLUENȚA CONSTRUCȚIILOR ANTROPICE ASUPRA COMUNITĂȚILOR FITOBENTALE

3.2.1. Consecințe ale lucrărilor recente de protecție a zonei costiere asupra vegetației submerse

În acest capitol sunt prezentate informații referitoare la structura calitativă și cantitativă a comunităților macroalgale formate la baza celor 11 diguri nou construite în zona costieră (9 diguri în zona Mamaia - Constanța și 2 diguri în zona Eforie Nord), dar și informații cu privire la variabilitatea parametrilor fizico-chimici (Fig.12). În iulie, în zona digurilor de la Constanța au fost semnalate valori ridicate de temperatură (valori cuprinse între 23,2 și 24,9°C), iar condițiile de oxigenare au evidențiat suprasaturarea. Au fost de asemenea semnalate valori crescute de salinitate (17,19 – 17,69 PSU) ca urmare a evaporării, lipsei precipitațiilor și debitelor scăzute ale Dunării, înregistrate în acea perioadă (Fig.12). Pentru începutul lunii august, s-au menținut valorile crescute ale temperaturii apei, cu maxime de până la 27,8°C. În general însă s-a observat deficitul de oxigen la nivelul tuturor digurilor.

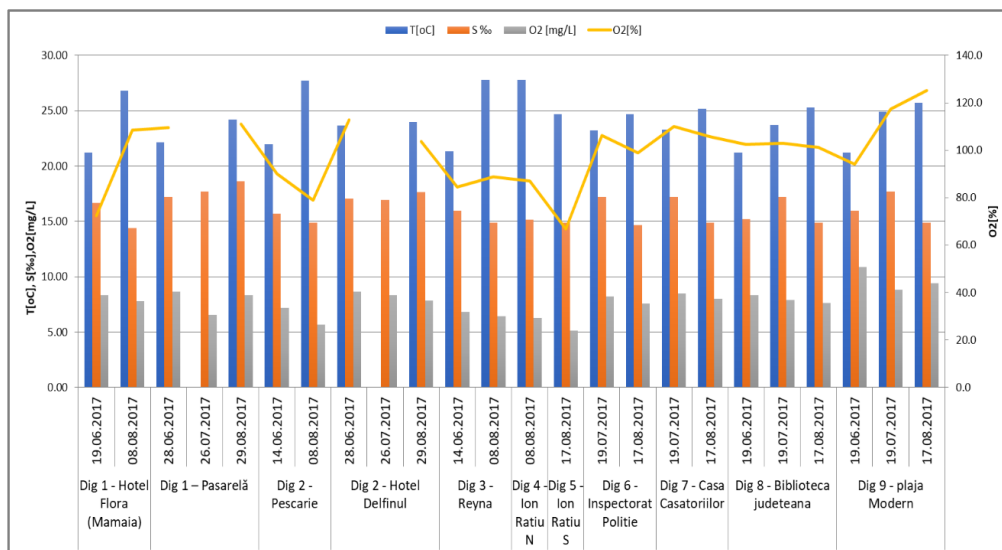


Fig.12. Variabilitatea spațială a parametrilor fizico-chimici în zona digurilor - vara 2017

Analiza calitativă a probelor a condus la identificarea unui număr de 12 specii macroalgale la nivelul acestor diguri. S-a observat dominanța clară a clorofitelor atât în zona digurilor de la Constanța, cât și în zona Eforie Nord, pionierii fiind speciile genurilor *Ulva* și *Cladophora*, specii rezistente la desicare și cu un pronunțat caracter oportunist (Fig.13).

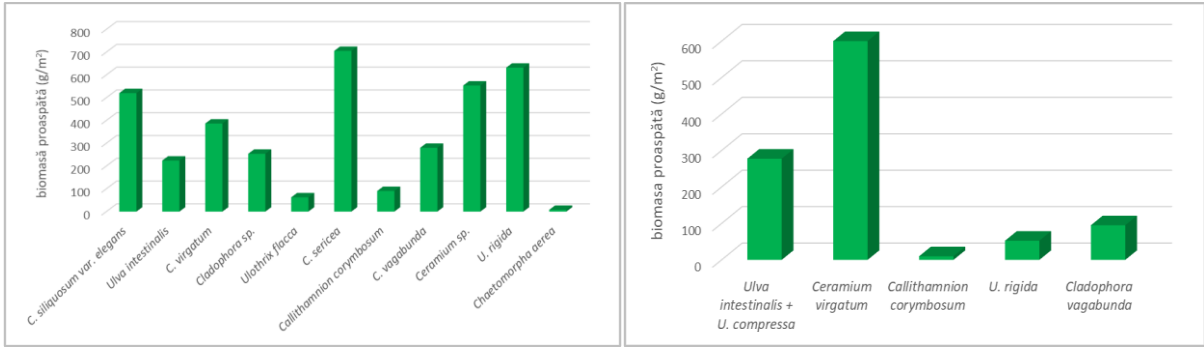


Fig.13.Variația biomasei umede pentru speciile fitobentale de la nivelul noilor diguri din zona Mamaia – Constanța (stânga) și Eforie Nord (dreapta)

Analiza calitativă a evidențiat prezența algei roșii considerată dispărută, *D. baillouviana*, inclusă în Lista Roșie a speciilor marine periclitare, la baza unui dig nou construit în zona Constanța.

3.3. COMUNITĂȚILE FITOBENTALE CA INDICATORI AI STĂRII ECOLOGICE PENTRU MEDIUL MARIN COSTIER ÎN CONFORMITATE CU PRINCIPIILE DIRECTIVEI CADRU STRATEGIE PENTRU MEDIUL MARIN

Evaluarea stării ecologice a corpurilor de apă costiere și a habitatelor din zona de mică adâncime de la litoralul românesc s-a realizat cu ajutorul indicelui Ecological Evaluation (EI), pe baza principiului raportării valorilor obținute la o „valoare – prag”, conform principiilor Directivei Cadru Strategie pentru Mediul Marin. Valoarea – prag înseamnă, în accepția Deciziei din 2017/DCSM, o valoare sau serie de valori care permit evaluarea nivelului de calitate asigurat pentru un anumit criteriu, contribuind astfel la evaluarea efectuată pentru a se determina în ce măsură se obține starea ecologică bună (COMMISSION DECISION (EU) 2017/848 of 17 May 2017). Realizarea acestui deziderat (atingerea sau menținerea stării ecologice bune) obligă Statele Membre, inclusiv România, să depună toate eforturile pentru adoptarea celor mai bune măsuri de protecție și conservare în regiunea marină din care fac parte, respectiv Marea Neagră pentru România (https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/index_en.htm). Indicele ecologic EI este un indice multiparametric ce se bazează pe proporția dintre speciile sensibile și tolerante la condițiile de eutrofizare dintr-o anumită zonă și include aspecte de biomasă umedă și diversitate specifică (Dencheva și Doncheva, 2014; Berov *et al.*, 2018).

3.3.1. Rezultatele aplicării indicelui Ecological Evaluation (EI) în vederea evaluării stării ecologice a corpurilor de apă costiere de la litoralul românesc

Evaluarea stării ecologice pe baza elementelor biologice macroalge și fanerogame marine s-a realizat pentru cele două corpuri de apă costiere naturale (stabilite de la Periboina la Cap Singol și de la Eforie Nord la Vama Veche) și pentru corpul de apă modificat (cuprins între Cap Singol și Eforie Nord), prin analiza comunităților fitobentale ce aparțin acestor corpuri de apă. În urma analizei, pentru perioada 2009 – 2019, s-a observat o ușoară tendință de îmbunătățire a stării ecologice de la nord către sudul extrem, respectiv de la corpul de apă Periboina – Cap Singol către corpul de apă Eforie Nord – Vama Veche (Fig.14).

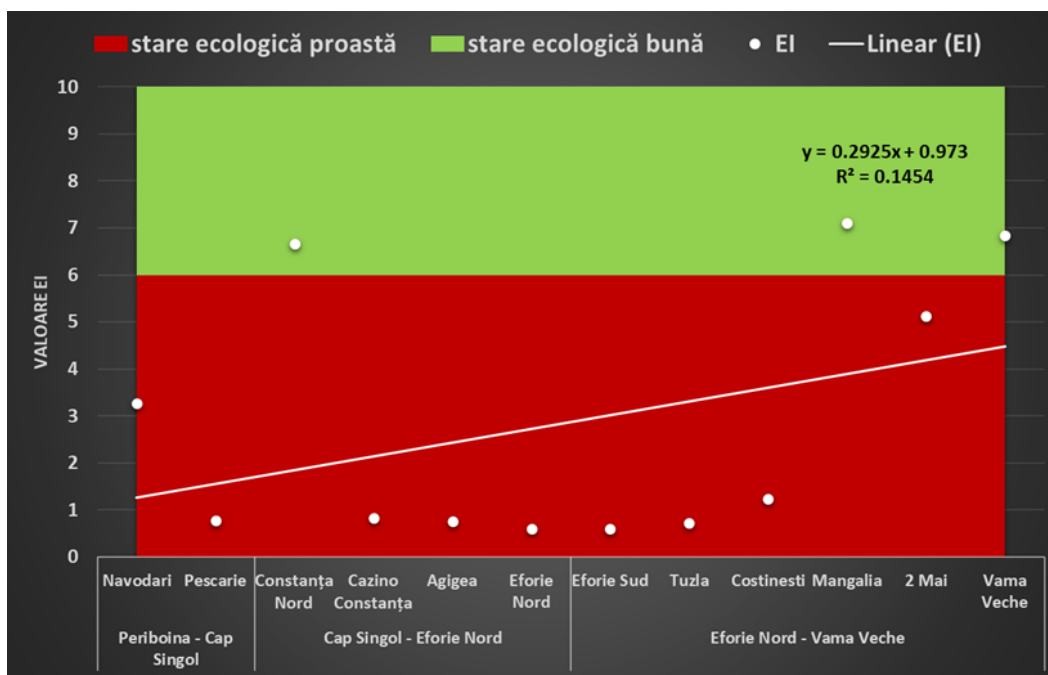


Fig.14. Starea ecologică a corpurilor de apă costiere în intervalul 2009 – 2019

3.3.2. Rezultatele aplicării indicelui Ecological Evaluation (EI) în vederea evaluării stării ecologice a habitatelor din zona costieră

Pentru zona infralitorală din dreptul țărmului românesc al Mării Negre, s-au delimitat două tipuri majore de habitate (Nisipuri infralitorale și Stâncă infralitorală și recifi biogeni) și patru subtipuri ale acestor habitate (Habitat cu *Zostera noltei*, Stâncă infralitorală cu alge fotofile, Habitat cu *Coccotylus brodiaei*, Habitat cu *Cystoseira barbata*), conform clasificării EUNIS (COMMISSION DECISION (EU) 2017/848 of 17 May 2017).

Evaluarea ecologică a habitatului Stâncă infralitorală și recifi biogeni arată neatingerea stării ecologice bune. Habitatul cu Nisipuri infralitorale s-a aflat pe durata evaluării în stare ecologică bună în proporție de 61% la nivelul întregii zone costiere (Fig. 15).

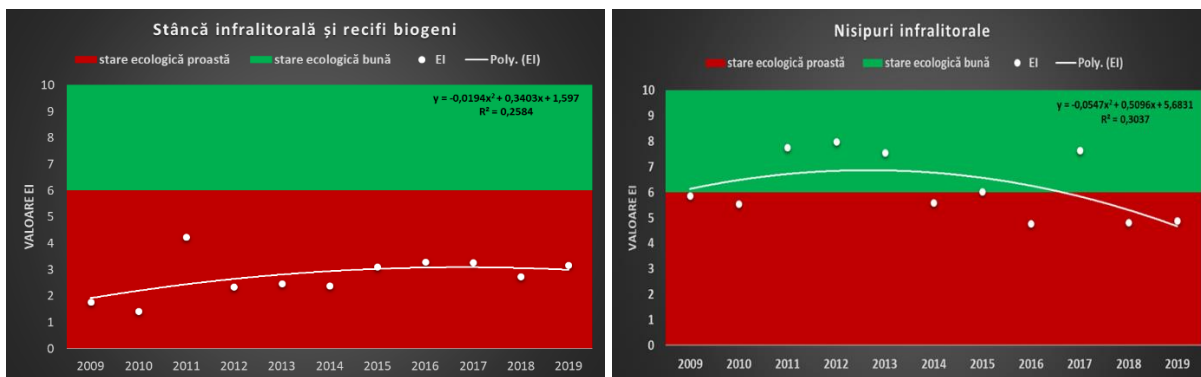
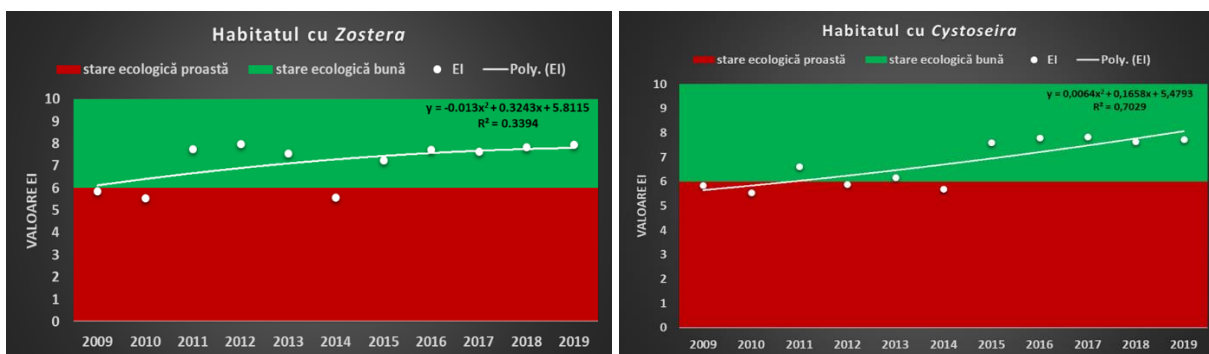


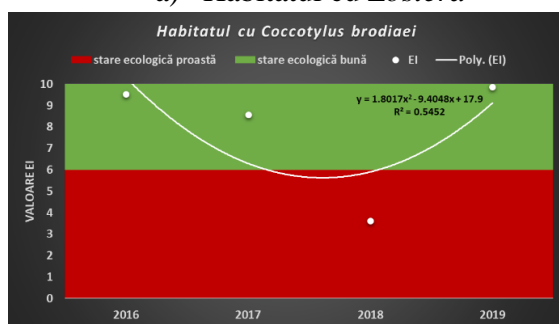
Fig.15. Tendința de evoluție a stării ecologice a habitatelor majore Stâncă infralitorală și recifi biogeni și Nisipuri infralitorale, în perioada 2009 - 2019

Habitatul cu *Zostera* (habitat de interes european) s-a aflat în perioada de evaluare într-o stare ecologică bună în proporție de 80%, observându-se menținerea acestei stări în ultimii cinci ani (Fig.16 a). Evaluarea anuală a habitatului cu *Cystoseira barbata* a arătat de asemenea o tendință clară de îmbunătățire a stării ecologice a acestui tip de habitat în ultimii cinci ani (Fig.16 b). Acest habitat s-a aflat în perioada de evaluare 2009 – 2019 într-o stare ecologică bună în proporție de 75 %. Habitatul cu *Coccotylus* s-a aflat în intervalul 2016 – 2019 într-o stare ecologică bună, în proporție de 75 %, dar este necesară o monitorizare constantă pentru a vedea evoluția (Fig. 16 c). Ținând cont de distribuția punctiformă a acestor habitate la litoralul românesc și de statutul lor de specii periclitate incluse în Lista Roșie, se poate afirma că starea ecologică a acestor habitate a fost satisfăcătoare pe durata perioadei de studiu.



a) Habitatul cu *Zostera*

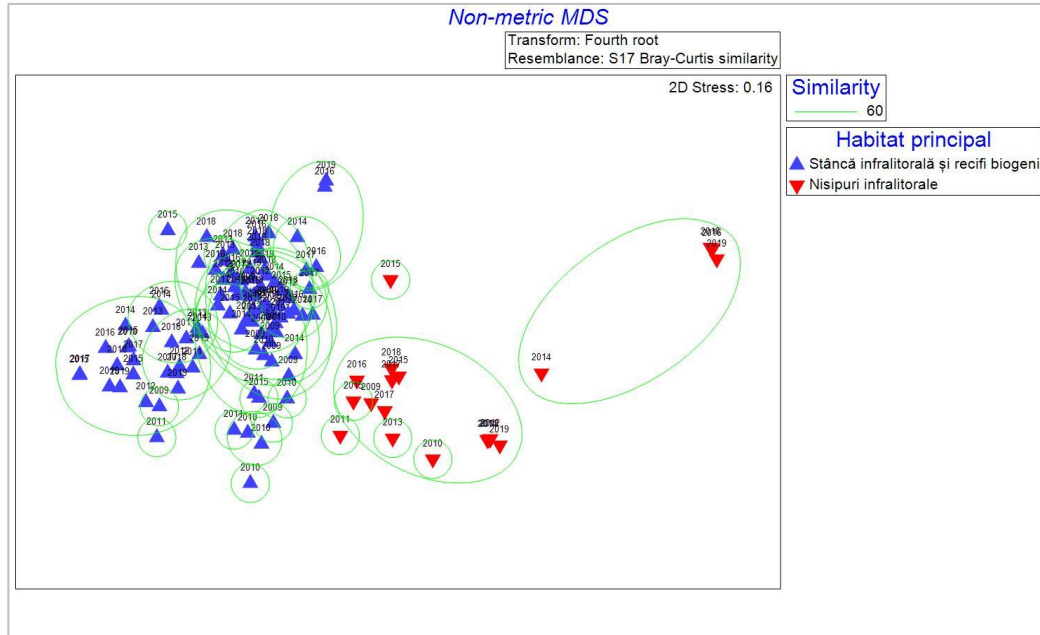
b) Habitatul cu *Cystoseira*



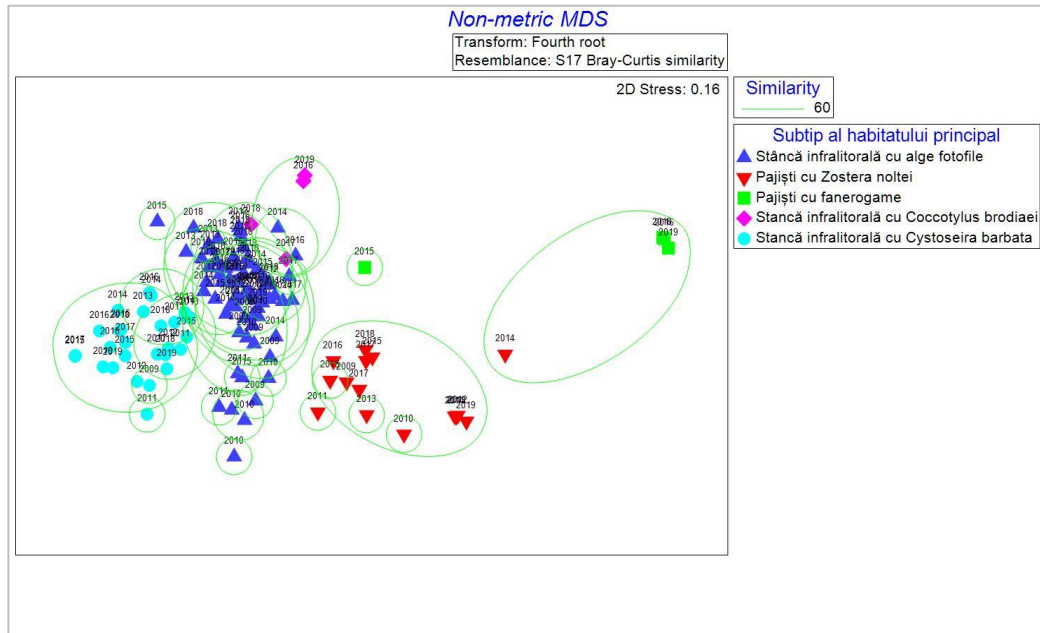
c) Habitatul cu *Coccotylus*

Fig.16. Tendința de evoluție a stării ecologice a habitatelor speciale în perioada 2009 - 2019

Analizând situația anuală a comunităților fitobentale din cadrul habitatelor costiere majore, dar și al subtipurilor acestora, se observă că nu au fost diferențe majore în ceea ce privește starea ecologică a asociațiilor fitobentale din cadrul acestor habitate. S-a menținut o situație constantă atât în ceea ce privește evoluția calitativă, cât și cantitativă a speciilor fitobentale pe parcursul celor 11 ani de monitorizare (Fig.17).



a) Habitate majore



b) Subtipuri ale habitatelor majore

Fig.17. Similaritatea comunităților fitobentale din cadrul habitatelor costiere (2009 – 2019)

3.4. PREZENTAREA REZULTATELOR CULTURILOR MACROALGALE REALIZATE ÎN CONDIȚII CONTROLATE DE LABORATOR

La nivel mondial, cultivarea algelor marine este o industrie care s-a extins rapid în ultimii ani, în special datorită cererii de pe piață care a depășit furnizarea disponibilă în resurse naturale. Cu toate acestea, culturile macroalgale sunt un domeniu nou la țărnul românesc. Prin această metodă se poate furniza material algal brut cu potențial valorificabil în domenii dintre cele mai diverse, fără o exploatare și inevitabil periclitare a resurselor naturale. În același timp, privind strict din punct de vedere biologic, culturile de macroalge furnizează informații interesante cu privire la stadiile intermediare de dezvoltare și modalitățile de reproducere ale algelor, aspecte care nu pot fi surprinse în mediul natural de viață. Acest ultim capitol al tezei prezintă rezultatele interesante obținute în urma realizării culturilor macroalgale în condiții controlate de laborator pentru două specii de interes – alga roșie stenotermă, *Porphyra leucosticta* și alga brună perenă, *Cystoseira barbata*. Toate etapele, de la colectarea materialului din mediul natural și până la obținerea exclusiv în cultură a unor noi exemplare algale, au fost ilustrate prin intermediul a 85 de fotografii originale realizate pe parcursul experimentelor. Concluziile experimentelor au fost că ambele specii se pretează culturilor controlate de laborator în vederea obținerii de material algal pentru diverse scopuri (valorificare sau reconstrucție ecologică).

3.4.1. Rezultatele culturii algei roșii *Porphyra leucosticta*

După colectarea materialului biologic donor din mediul natural, în laborator s-au derulat etape de analiză ale materialului algal, procesare și montare a experimentului (Redmond *et al.*, 2014). După 5 zile s-a observat deja germinarea sporilor și formarea de noi plantule (inițial cu diviziune pe un singur plan al celulelor). După 3 – 4 săptămâni de la debutul experimentului, numeroase exemplare juvenile, care au devenit vizibile macroscopic după aproximativ o lună (0,2 – 0,4 cm lungime), au putut fi observate (Fig.18).

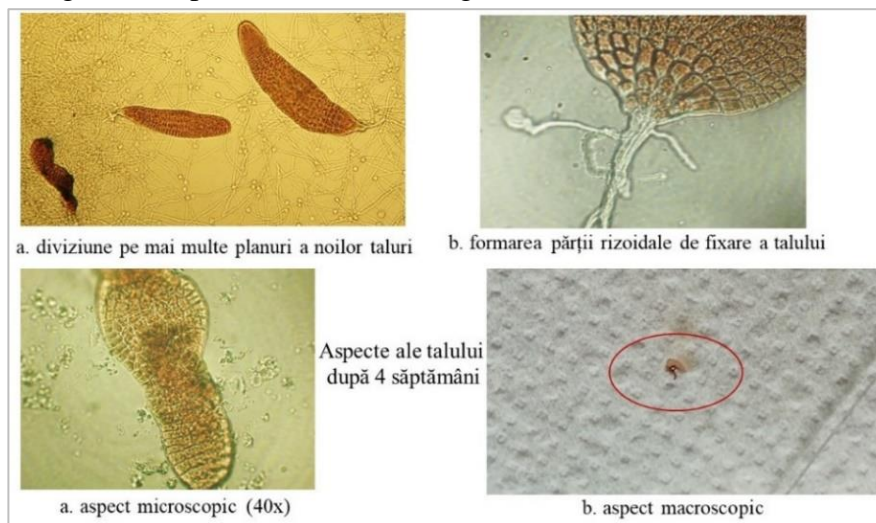


Fig. 18. *P. leucosticta* – Aspecte ale talurilor din cultură (după 4 săptămâni de experiment)

După 5 săptămâni, s-a observat un fenomen interesant și anume o nouă eliberare de spori din țesuturile nou formate și apariția de numeroase taluri într-un stadiu incipient de dezvoltare. Cu alte cuvinte, talurile obținute în cultură au devenit reproductivă la rândul lor. Aceasta este considerată generația a 2 a de exemplare, fiind astfel o manieră de obținere continuă de material algal. Noile exemplare juvenile au devenit vizibile macroscopic după alte 3 săptămâni. După 6 – 7 săptămâni, dimensiunea algelor din cultură a variat între 2 mm – 1,5 cm. (Fig.19).

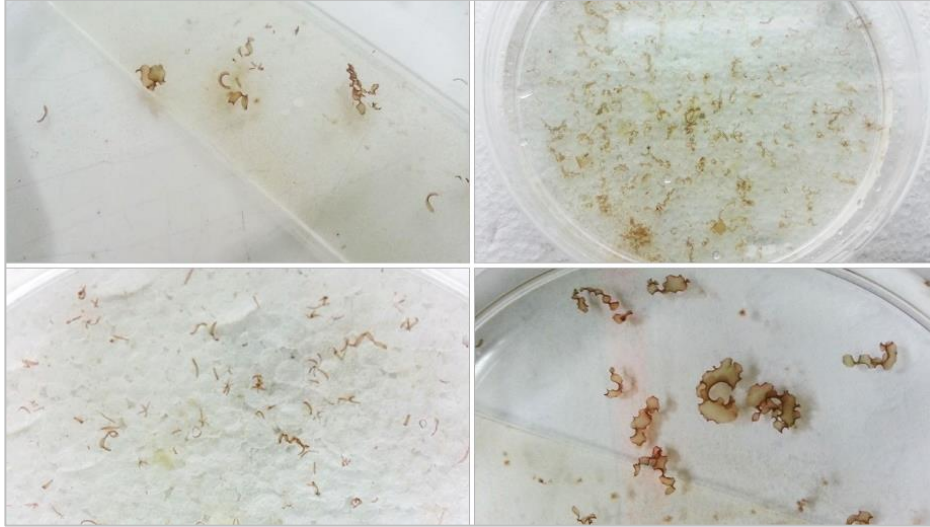


Fig.19. *P. leucosticta* – aspecte macroscopice ale exemplarelor obținute în cultură controlată de laborator după 2 - 3 luni

După 3 luni, algele care prezentau dimensiuni de minim 1 cm, au fost transferate în pahare Erlenmeyer de 250 ml, s-a introdus aerarea și s-a menținut un regim de iluminare cu o fotoperioadă de 12:12 (12 ore lumină: 12 ore întuneric), temperatura ambientală fiind de maxim 15°C. Toate acestea sunt condiții necesare pentru accelerarea creșterii talurilor (Redmond *et al.*, 2014) (Fig.20).



Fig.20. Aspecte din timpul culturii de *P. leucosticta* în mediu controlat de laborator

Către finalul experimentului, dimensiunea maximă a talurilor a ajuns până la 8 cm (Fig. 21); biomasa umedă a algelor din cultură a fost de 44,23 g, iar biomasa uscată prin liofilizare a fost de 4,94 g.

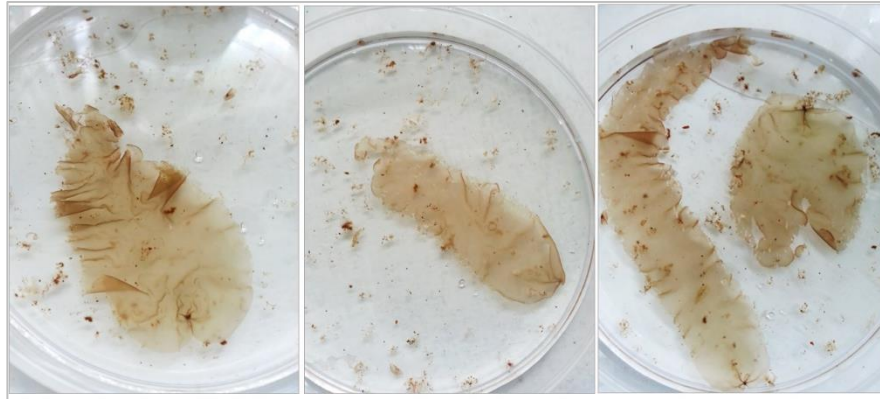


Fig.21. Aspect al talurilor de *P. leucosticta* obținute în cultură după 5 luni

3.4.2. Rezultatele culturii *ex-situ* pentru alga brună *Cystoseira barbata*, inclusă în Lista Roșie a speciilor marine periclitare

Refacerea populațiilor de *C. barbata* la litoralul românesc, dată fiind condiția acesteia de specie periclitată, ar presupune operațiuni de relocare ale speciei, respectiv translocarea de indivizi maturi din zone donor cu populații naturale, către alte zone. Cu toate acestea, având în vedere starea de conservare critică a populațiilor de *Cystoseira* și disponibilitatea redusă a materialului biologic, sunt recomandate tehnici mai puțin invazive (Verdura *et al.*, 2018). Obținerea de material biologic de *C. barbata* prin cultură controlată este o astfel de tehnică neinvazivă și un eventual răspuns la declinul cu care se confruntă această specie la țărmul românesc al Mării Negre. Pentru a urmări evoluția talurilor nou formate o perioadă cât mai îndelungată de timp și pentru a se crea o imagine de ansamblu asupra întregului proces, cultura s-a derulat pe parcursul a 13 luni. Experimentul a implicat două scenarii:

- ✓ Un scenariu inițial derulat pe parcursul sezonului cald 2019 (intervalul iunie – septembrie 2019), când experimentul s-a desfășurat în aer liber, în condiții de lumină naturală, pentru a simula cât mai aproape de realitate condițiile din mediul natural de viață al speciei. Acest aspect a fost absolut necesar în stadiile incipiente, când specia este extrem de sensibilă.
- ✓ Un scenariu secundar care a debutat după 16 săptămâni de la începutul experimentului și care a coincis cu scăderea temperaturii atmosferice o dată cu instalarea sezonului rece. Astfel, cultura a fost mutată în spațiu închis (laborator), unde a fost monitorizată până la sfârșitul experimentului.

După colectarea materialului donor din mediul natural (zona Mangalia), în momentul optim reproductiv al speciei, s-a trecut la montarea experimentului (Verdura *et al.*, 2018). După o săptămână de la debutul experimentului, s-au observat deja embrionii viitoarelor plante de *C. barbata*. Se definesc 4 stadii incipiente de dezvoltare pentru *C. barbata* (Falace *et al.*, 2018).

Inițial, au fost semnalate primele două stadii de dezvoltare ale speciei (formațiunea rotundă – stadiul I și cea elongată – stadiul II) (Fig. 22).

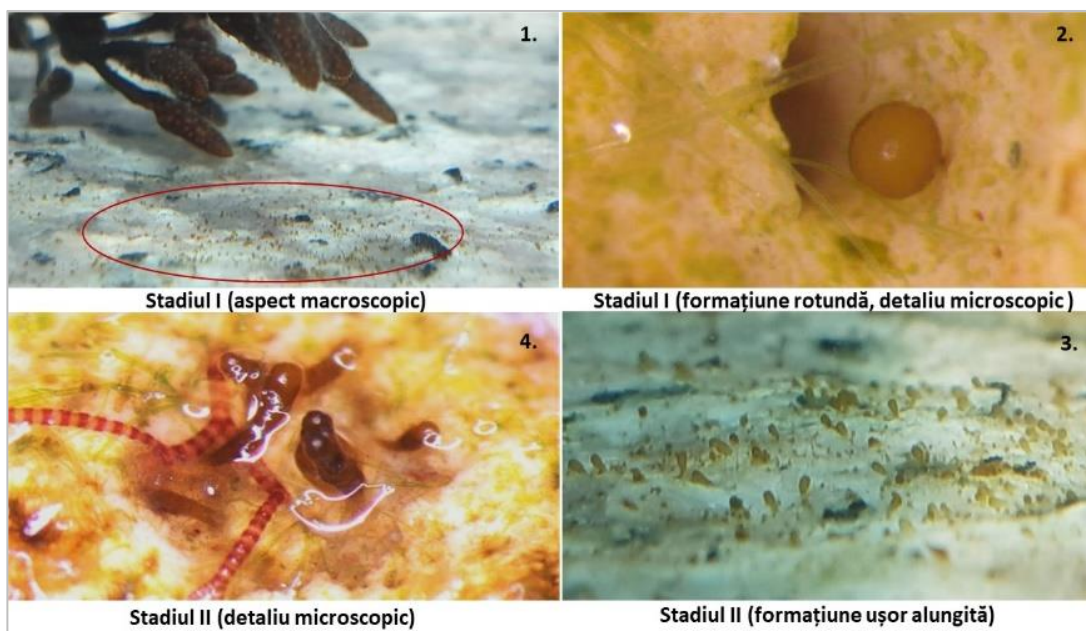


Fig.22. *C. barbata* - stadii incipiente de dezvoltare în cultură (stadiile I și II)

După 40 zile se remarcă apariția stadiului III de dezvoltare, cel în care apar primele ramificații. Creșterea talurilor este diferită, dimensiunea exemplarelor variază între 0,5 cm și 1,5 cm, dar se poate afirma cu siguranță că după o lună toate exemplarele sunt vizibile din punct de vedere macroscopic. După 2 luni s-a remarcat prezența stadiului IV (Fig.23).

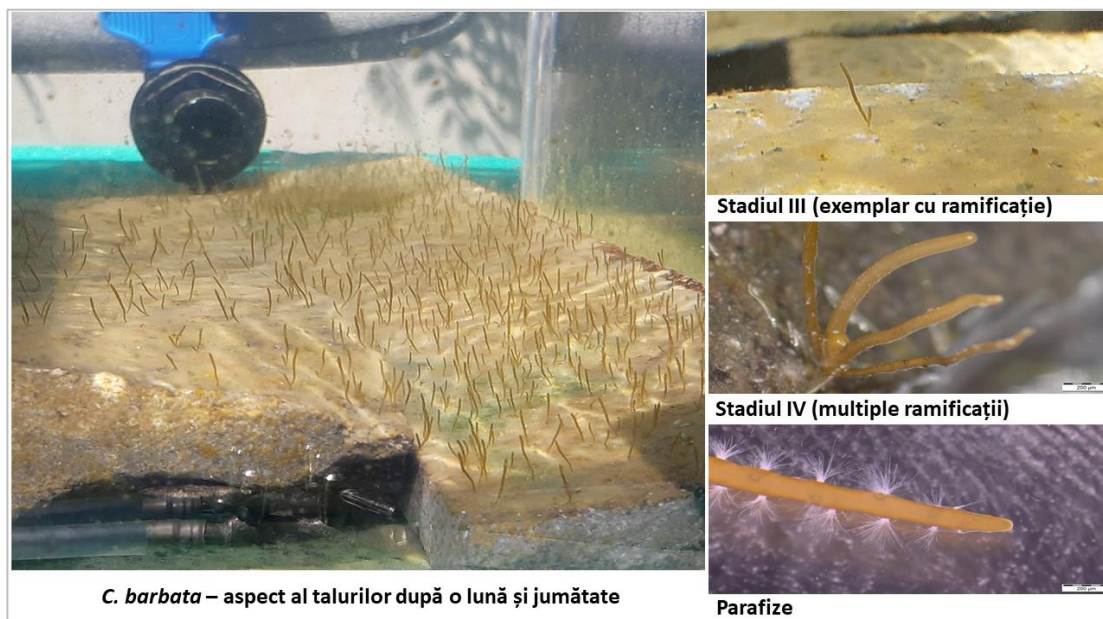


Fig.23. *C. barbata* – diverse stadii de dezvoltare în cultură (stadiile III și IV)

După 2 luni și jumătate, unele exemplare au și 3 cm înălțime și prezintă multiple ramificații. Discul bazal de fixare al speciei de substrat este bine definit. După 16 săptămâni, algele au fost mutate în laborator, în condiții controlate de lumina și temperatură, unde au fost monitorizate constant. Astfel, după 1 an de experiment s-au obținut exclusiv în cultură controlată, 1220 de noi exemplare de *C. barbata*, cu dimensiuni ce au variat între 5 și 10 cm înălțime (Fig.24).



Fig.24. Dimensiuni variabile ale exemplarelor de *C. barbata* obținute în cultură

4. CONCLUZII

La baza elaborării acestei teze a stat un număr de 789 de probe colectate din zona costieră, de la nivelul a 14 stații situate de-a lungul fâșiei litorale Năvodari – Vama Veche, de la adâncimi cuprinse între 0 – 8 m adâncime. Astfel, în urma cercetărilor efectuate în intervalul 2009 – 2019 și a interpretării rezultatelor obținute, următoarele concluzii au fost formulate:

1. Conspectul speciilor fitobentale de la litoralul românesc din ultimul secol s-a realizat pe baza analizei a peste 100 de titluri bibliografice din perioada 1930 – 2019 și a cercetărilor personale, în urma cărora s-a găsit, pentru litoralul românesc, pentru ultimii 90 de ani, dovada existenței a 135 de specii fitobentale.
2. În prezent, asociațiile fitobentale sunt bine reprezentate din punct de vedere calitativ și cantitativ între 0 – 8 m adâncime, după acest interval fiind întâlnite doar taluri izolate și nu comunități algale bine structurate.
3. În perioada de studiu dedicată componentei fitobentale de mediu au fost identificate 36 de specii, ceea ce reprezintă doar 37,5% din inventarul algelor din perioada 1950 - 1960, considerată perioada în care a fost semnalat cel mai mare număr de specii macroalgale la țărmul românesc. Numărul de specii semnalat în perioada de cercetare, deși mic, este ușor mai ridicat decât cel raportat pentru perioada anilor '90 - începutul anilor 2000 (29 de specii), considerată perioada de declin maxim. Menționăm acest aspect pentru a

sublinia faptul că în prezent vegetația submersă este într-un ușor proces de regenerare la țărnul românesc.

4. Din punct de vedere calitativ (al numărului de specii), componenta fitobentală a sărăcit progresiv de-a lungul deceniilor, factorii declanșatori fiind atât naturali (condiții meteo extreme) dar mai ales de natură antropică (diverse activități în zona costieră).
5. Comunitățile fitobentale au fost dominate până în anii '80 de algele roșii, pentru ca după această perioadă să domine algele verzi, în general reprezentate de speciile oportuniste din genurile *Ulva* și *Cladophora*. Speciile de alge brune, alături de algele roșii, au fost cele mai afectate de-a lungul timpului la litoralul românesc, de aici și numărul redus de specii din prezent.
6. În intervalul 2009 – 2019 au fost identificate 14 alge verzi, 4 alge brune, 14 alge roșii și 4 fanerogame acvaticе.
7. În ceea ce privește clorofitele, speciile oportuniste de *Cladophora*, *Bryopsis* și *Ulva* au dominat calitativ și cantitativ în perioada de studiu. Discutând despre rodofite, acestea au fost dominate de speciile oportuniste din genul *Ceramium*, *Callithamnion corymbosum* și *Polysiphonia*.
8. Pentru 2009 – 2019 au fost raportate următoarele specii de fanerogame: *Zostera noltei*, *Ruppia cirrhosa*, *Zannichelia palustris* și *Stuckenia pectinata*. Fanerogama cu cea mai mare valoare ecologică, *Z. marina*, nu a mai fost identificată în ultimul deceniu de-a lungul fâșiei litorale Năvodari – Vama Veche. Cea mai recentă raportare a acestei specii datează de la începutul anilor '80. Specia înrudită, *Z. noltei*, a fost însă identificată la Mangalia și la Năvodari, între 1 – 3 m adâncime.
9. În perioada de studiu nu au fost raportate specii cu potential invaziv. Singura specie de acest tip (*Desmarestia viridis*) a fost doar o prezență întâmplătoare în 2005 – 2006, nu s-a aclimatizat la litoralul nostru și nu a avut o evoluție ulterioară.
10. În ultimul deceniu s-a remarcat refacerea câmpurilor de *Cystoseira barbata* (specie perenă cu valoare ecologică deosebită), însă doar punctiform (la Saturn, Mangalia, 2 Mai și Vama Veche). Zona de distribuție este între 1 – 4 m adâncime, în general cu un optim între 1,5 – 3 m.
11. În condițiile actuale de mediu, cel mai important reprezentant al algelor roșii la litoralul românesc, din punct de vedere al valorii ecologice, este genul *Phyllophora*. Astfel, *Coccotylus brodiei* (syn. *Phyllophora brodiei*) a fost semnalată în zona Constanța Nord, cu o distribuție între 6 - 8 m adâncime, în timp ce *P. crispa* fost identificată la Sf. Gheorghe, la o adâncime de 30 - 35 m.
12. Alga roșie *Spermothamnion strictum*, a cărei ultimă raportare (și singura de altfel), datează din 1935, atunci când a fost identificată de către Maria Celan, a fost identificată în 2017, la Sf. Gheorghe, în asociație cu *P. crispa*.
13. În urma analizei cantitative, valorile maxime de biomasă umedă s-au înregistrat în general către extremitatea sudică a litoralului, respectiv de-a lungul fâșiei litorale Mangalia – 2 Mai – Vama Veche. Pe durata studiului a putut fi observat un gradient clar

de la nord către zona sudică a litoralului, în sensul creșterii valorii biomasei de la Năvodari către Vama Veche.

14. Pe durata sezonului estival, atunci când se consideră a fi perioada de maximă dezvoltare pentru vegetația submersă la litoralul românesc, se dezvoltă abundant speciile oportuniste *Ulva*, *Cladophora* și *Ceramium*, componente principale ale depozitelor algale de pe țărm. Dezvoltarea algelor este o consecință a condițiilor sezoniere – temperatură ridicată a apei, cantitate crescută de nutrienți. Faptul că acestea ajung pe țărm, este un rezultat al acțiunii furtunilor, curenților și valurilor care smulg exemplarele de pe substrat și le aduc la mal. Toate aceste aspecte corelate au drept consecință formarea acelor depozite algale generatoare de disconfort pentru turiști.
15. În perioada 2009 – 2019, pentru *C. barbata*, cele mai scăzute valori de biomasă umedă au fost semnalate la Mangalia, iar cele mai ridicate la Vama Veche. Rezultatele statistice obținute (testul ANOVA Single Factor) arată că deși valorile de biomasă sunt diferite între Mangalia, 2 Mai și Vama Veche în cei 11 ani de studiu, în cadrul fiecărei stații variabilitatea în ceea ce privește evoluția biomasei este scăzută. Faptul că biomasă speciei a rămas relativ constantă la nivelul fiecărei stații este un aspect deosebit de important ținând cont de sensibilitatea speciei la factorii perturbatori de natură antropică.
16. Pentru *Z. noltei*, analiza statistică (testul ANOVA Single Factor) a arătat că valorile de biomasă nu au diferit semnificativ între Mangalia și Năvodari în intervalul 2009 – 2019. La nivelul ambelor stații, pe durata perioadei de studiu, s-a manifestat tendința de scădere a biomasei umede.
17. Pentru *C. brodiaei*, valorile de biomasă umedă au fost variabile, cu o tendință de creștere în 2019.
18. În ceea ce privește comunitățile fitobentale de la nivelul digurilor nou construite din zona Mamaia - Constanța și Eforie Nord, acestea s-au remarcat printr-o uniformitate specifică ridicată, cu o dezvoltare sezonieră mai abundentă a speciilor de *Ulva* (dintre algele verzi) și *Ceramium* (dintre algele roșii). Au fost semnalate 12 specii macroalgale, în general alge verzi oportuniste. Excepția a constat în identificarea în 2019 în zona digurilor nou construite din dreptul orașului Constanța a rodofitei *Dasya baillouviana* (syn. *Dasya elegans*), specie considerată dispărută de la litoralul românesc, inclusă în prezent în Lista Roșie a speciilor marine periclitare.
19. Vegetația submersă este un instrument util în caracterizarea stării de calitate a apelor costiere românești în conformitate cu cerințele directivei europene „Directiva Cadru Strategia pentru mediul marin”. În ceea ce privește evaluarea stării ecologice a corpurilor de apă costiere, pentru perioada 2009 – 2019 s-a observat o ușoară tendință de îmbunătățire a stării ecologice de la nord către sudul extrem, respectiv de la corpul de apă Periboina – Cap Singol către corpul de apă Eforie Nord – Vama Veche. Pentru evaluarea ecologică a habitatelor costiere, s-au remarcat următoarele:
 - ✓ Habitatul Stâncă infralitorală și recifi biogeni s-a aflat într-o stare ecologică proastă.

- ✓ Habitatul cu Nisipuri infralitorale s-a aflat pe durata evaluării în stare ecologică bună în proporție de 73%.
 - ✓ Habitatul cu *Zostera*, subtip al habitatului major Nisipuri infralitorale, s-a aflat în perioada de evaluare într-o stare ecologică bună în proporție de 90 %.
 - ✓ Habitatul cu *Cystoseira*, subtip al habitatului major Stâncă infralitorală și recifi biogeni, s-a aflat în perioada de evaluare într-o stare ecologică bună în proporție de 82 %.
 - ✓ Habitatul cu *Coccotylus*, subtip al habitatului major Stâncă infralitorală și recifi biogeni, s-a regăsit într-o stare ecologică bună.
20. Experimentele derulate pe durata perioadei de studiu cu scopul de a crește în culturi controlate de laborator două specii macroalgale importante, au arătat rezultate foarte interesante:
- ✓ *Porphyra leucosticta* este o alga roșie stenotermă, care a dovedit că se pretează culturii în laborator în condiții controlate, cu o capacitate reproductivă ridicată și o rată de creștere accentuată. După 5 luni de cultură experimentală, biomasa algală obținută a fost colectată și cântărită: biomasa umedă a fost de 44,23 g; biomasa uscată de 4,94 g. Talurile obținute exclusiv în cultură au prezentat dimensiuni maxime de până la 8 cm.
 - ✓ *C. barbata*, specia inclusă în Lista Roșie a speciilor marine periclitare, se pretează a fi crescută în condiții controlate de laborator pentru necesitățile viitoare de reconstrucție ecologică la litoralul românesc al Mării Negre. După un an de experiment s-au obținut exclusiv în cultură, peste 1200 de noi exemplare de *C. barbata*, cu o înălțime maximă de 10 cm.
21. Modificările majore suferite de comunitatea fitobentală de-a lungul deceniilor la litoralul românesc al Mării Negre, unele dintre ele continuând și în prezent, sunt: reducerea drastică a numărului de specii, dispariția unor specii perene sensibile datorită incapacității de a se adapta unor condiții degradate de mediu, proliferarea unui număr redus de specii oportuniste, reducerea arealului speciilor de *Cystoseira*, *Phyllophora* și *Zostera*, dar și reidentificarea unor specii considerate dispărute.

5. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Bavaru A., 1971 - Contribuții la cunoșterea biologiei *Cystoseirelor* de la litoralul românesc al Mării Negre. Lucr. St. Instit. Pedagog., Constanța, 1: 23-26.
2. Bavaru A., 1972 - Evaluări cantitative în populațiile de *Cystoseira* de la țărmul românesc al Mării Negre. St. Cerc. Biol. ser. bot., Acad. RSR, București, 24, 2: 95-101.
3. Berov D., Todorov E., **Marin O.**, Herrero S. F., 2018 - Coastal Black Sea Geographic Intercalibration Group. Macroalgae and angiosperms ecological assessment methods; EUR 29556; Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-98336-8, doi:10.2760/28858, JRC114306, 1 – 38 pag.

4. Celan M., 1935 - Note sur la flore algologique du littoral roumain de la Mer Noire. I. Sur les *Cystoseira*. Bull. Sect. Sc. Acad. Rom., București, 17 (5-6): 81-94.
5. Celan M., 1940 - Recherches citologique sur les algues rouges. These pour le doctorat es sciences naturelles Botanique, Paris: 1 - 168 pag.
6. Celan M., 1943 – Importanța economică a algelor din Marea Neagră. Rev.St."V.Adamachi" 29, 2:204-205.
7. Celan M., 1962 b - Alge marine noi pentru litoralul românesc al Mării Negre. An. Șt.Univ. "Al.I.Cuza" Iași, s.n., 8 (1):129-141.
8. Celan M., Bavaru A., 1968 - Quelques observations sur l'embryologie des especes de *Cystoseira* de la Mer Noire. Lucr. Ses. St. a Stat. de Cerc. marin "Prof. I. Borcea" Agigea, Univ. "Al.I.Cuza" Iași, 2: 95-100.
9. Celan M, Bavaru A., Elefteriu R., 1969 - Sur la vegetation algale a Agigea, pendant le mois d'octobre 1968 Lucr. Ses. St. a Stat. de Cerc. marin "Prof. I. Borcea" Agigea Univ. "Al.I.Cuza" Iași, 3: 59-64.
10. Dencheva K., Doncheva V., 2014 - Ecological Index (EI) - tool for estimation of ecological status in coastal and transitional waters in compliance with European Water Framework Directive, in: Roceedings of Twelfth International Conference On Marine Sciences And Technologies September 25th - 27th, 2014, Varna, Bulgaria. Varna, pp.219–226.
11. Falace A., Zanelli E., Bressan G., 2006 - Algal transplantation as a potential tool for artificial reef management and environmental mitigation. Bulletin of Marine Science, 78(1): 161–166, 2006.
12. Falace A., Kaleb S., De La Fuente G., Asnaghi V., Chiantore M., 2018 - Ex situ cultivation protocol for *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Fucales, Phaeophyceae) from a restoration perspective. PLoS ONE 13(2): e0193011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193011>.
13. **Marin O.**, 2017 - The State of the Phytobenthic Communities along the Romanian Black Sea Coast during Summer 2016. Cercetări marine – Recherches marines, Issue no. 47, pp.166 - 177.
14. **Marin O.**, Abaza V., Sava D., 2013 – Phytobenthos – key biological element, Cercetări marine – Recherches marines, INCDM, Constanța, 43:197-218.
15. **Marin O.**, Timofte F., 2011 – Atlasul macrofitelor de la litoralul românesc, Editura Boldăș, ISBN 978-606-8066-33-2. 1 - 170 pag.
16. Mayalen Z., Fabre M. S., Kerjean V., Deslandes E., 2009 - Antioxidant and Cytotoxic Activities of Some Red Algae (Rhodophyta) from Brittany Coasts (France). Botanica Marina, 52, 268 (2009).
17. Milchakova N., 2011 - Marine plants of the Black Sea. An illustrated field guide. Digit Print Press, Sevastopol, 1 - 144 pag.
18. Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A., 2015 - Black Sea Monitoring Guidelines Macrophytobenthos. 1 -78 pag.

19. Peterfi Ș., Ionescu A., 1977 – Tratat de algologie, Ed. Acad. RSR, București, 2: 1 - 298 pag.
20. Peterfi Ș., Ionescu A., 1979 - Tratat de algologie, Ed. Acad. RSR, București, 3: 1 - 374 pag.
21. Porumb F., 1999-2000 - L'histoire des recherches marines roumaines en Mer Noire. Cercetări Marine, INCDM Constanța, 32/33: 37-40.
22. Redmond S., Green L., Yarish C., Kim J., Neefus C., 2014 - New England Seaweed Culture Handbook-Nursery Systems. Connecticut Sea Grant CTSG-14-01. 2014. 1 - 92 pag.
23. Sava D., 2000 - Observații preliminare asupra biomasei algelor macrofite marine de la litoralul românesc al Mării Negre. Acta Botanici Bucurestiensis 28 :199-206.
24. Țigănuș V., 1979 - The associated fauna of the main macroalgae fields from the Romanian Black Sea coast. Phd Thesis. MEI, Inst.de Științe Biologice. Bucharest.
25. Vasiliu F., Bodeanu N., 1972 - Repartition et quantites d'algues rouges du genre *Phyllophora* sur la plate-forme roumaine de la Mer Noire. Cercetări Marine IRCM, Constanța, 3: 47-52.
26. Vasiliu F., 1984 - Producția algelor macrofite de la litoralul românesc al Mării Negre. Teză de doctorat, București MEI, Inst. de Șt. Biologice, 1 - 201 pag.
27. Verdura J., Sales M., Ballesteros E., Cefali Me., Cebrian E., 2018 - Restoration of a Canopy-Forming Alga Based on Recruitment Enhancement: Methods and Long-Term Success Assessment. Front. Plant Sci. 9:1832. doi: 10.3389/fpls.2018.01832.

<http://www.algaebase.org/>

<http://www.marinespecies.org/>

https://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm