

Innovation in Climate
INNO
EDU
CO₂ Change Education

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



**ITINERAR DE FORMARE CU
GHID METODOLOGIC
PENTRU PROFESORII E-
INNOEDUCO2**



Concelho de Oeiras



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Agrupamento
de Escolas
de Aveiro



ALEXANDRU IOAN CUZA
UNIVERSITY of IAȘI

AUTORI

Francisco Sónora Luna (Coordonare. Modulele II și III - Universitatea din Santiago de Compostela)

Carlota Barañano (Coordonare științifică, cadru științific, Modulul I și Anexa I - Universitatea din Vigo)

Emilio Fernández Suárez (Coordonare științifică, cadru științific, Modul I și Anexa I - Universitatea din Vigo)

Gabriel-Ionuț Plavan (Marea Neagră și Anexa III – Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași)

Mircea Nicoară (Marea Neagră și Anexa III – Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași)

Barbara Przygodzka (Marea Baltică și Anexa II - Liceul XXVI din
Lodz)

VERIFICAREA ȘI CORECTAREA PROBELOR DE TIPAR

Aitor Alonso Méndez (IES Lope de Vega)

DESIGN

Cíntia Alves (Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro - Universitatea din Aveiro)

TRADUCERE

Carmen Marques (Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro - Universitatea din Aveiro)

Tomasz Siuta (Liceul XXVI din Lodz)

DOCUMENTAȚIA PRIVIND MAREA BALTICĂ

Liceul XXVI din Lodz (Polonia)

DOCUMENTAȚIA PRIVIND MAREA NEAGRĂ

Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași (România)

ILUSTRAȚIE

Jorge Villanueva

Iván Rodríguez Arós de la "Esfenodón".

FOTOGRAFIE

Pedro García Losada

Platformele Freepik și

Pixabay

Renunțare de responsabilitate Sprijinul acordat de Comisia Europeană pentru realizarea acestei publicații nu constituie o aprobare a conținutului, care reflectă doar opiniile autorilor, iar Comisia nu poate fi considerată responsabilă pentru orice utilizare care ar putea fi dată informațiilor conținute în aceasta.

ISBN:

Ediție: Edicións USC © Universidade de Santiago de Compostela, 2023

E-InnoEduCO₂ | Învățământ școlar e-learning în domeniul științelor ONE HEALTH | 2020-1-ES01-KA226-SCH-095765

INDEX

MODULUL 1: ITINERAR DE FORMARE A BAZELOR ȘTIINȚIFICE CU GHID METODOLOGIC

1. Contextul ecologic

- 1.1 Sănătatea ecosistemelor și bunăstarea umană
- 1.2 Structura, funcția, serviciile și beneficiile ecosistemelor
- 1.3 Impactul antropogen și degradarea furnizării de servicii ecosistemice

2. Ecosistemele de iarbă de mare

- 2.1 Ce sunt pajiștile cu iarbă de mare?
- 2.2 Evoluția și adaptările fanerogamelor marine
- 2.3 Reproducere
- 2.4 Serviciile ecosistemice ale ierbii marine
- 2.5 Impacturi și amenințări

3. Studii de caz

- 3.1 Regiunea de afluență din Atlanticul de nord-vest (Galicia)
 - 3.2.1 Caracteristici oceanografice
 - 3.2.2 Forțe motrice și presiuni antropice
 - 3.2.3 Atlanticul de nord-vest: productivitate ridicată și exploatare a resurselor marine
 - 3.2.4 Exploatarea resurselor și pierderea de servicii ecosistemice de la ierburile marine
- 3.2 Marea Baltică
 - 3.1.1 Caracteristici oceanografice
 - 3.1.2 Marea Baltică: procese de eutrofizare
 - 3.1.3 Eutrofizarea și pierderea serviciilor ecosistemice ale ierburilor marine
- 3.3 Marea Neagră
 - 3.3.1 Caracteristici oceanografice
 - 3.3.2 Forțe motrice și presiuni antropice
 - 3.3.3 Infrastructura de coastă și pierderea serviciilor ecosistemice ale ierbii marine

MODULUL 2: CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ PENTRU TRANSPUNEREA DIDACTICĂ

1. Descrierea potențialului de a demonstra capacitatea ierburilor marine de a îmbunătăți sănătatea umană

1.1 Problema reală 1: Poate *Zostera* ajuta la reducerea toxinelor cauzate de marea roșie?

1.2 Problema autentică 2: Algele invazive din ierburile marine pot afecta activitatea inhibitoare a dinoflagelatelor?

1.3 Problema reală 3: Poate *Zostera* să ajute la reducerea bacteriilor patogene?

2. Descrierea potențialului de argumentare privind influența sechestrării carbonului de către pajiștile *Zostera* (funcția carbonului albastru) asupra atenuării schimbărilor climatice

2.1 Problema reală 4: Zonele cu vegetație protejate de pescuitul de scoici în partea superioară a zonei intertidale testale (Ría de Muros și Noia) au o capacitate mai mare de captare a materiei organice decât zonele neprotejate?

MODULUL 3: GHID DIDACTIC PENTRU ARGUMENTAREA ÎN ANCHETELE ȘTIINȚIFICE ȘCOLARE PENTRU RĂSPUNSURI LA SCHIMBĂRILE GLOBALE

1. Dezvoltarea activității pe teren

1.1 Contextualizarea pentru cunoașterea situată

1.2 Organizarea activității experimentale

1.3 Abundența și diversitatea faunei, numărul de picioare de *Zostera* care vor permite calcularea în laborator a biomasei (greutate uscată).

1.4 Abundența *Zostera*: acoperire

2. Dezvoltarea activității de laborator

2.1 Prelucrarea și rezultatele biodiversității și ale biomasei colectate în saci

2.2 Rezultatele privind materia sedimentară în parcelele cu vegetație și nevegetate la nivelurile superior, mediu și inferior.

MODULUL 3: GHID DIDACTIC PENTRU ARGUMENTAREA ÎN ANCHETELE ȘTIINȚIFICE ȘCOLARE PENTRU RĂSPUNSURI LA SCHIMBĂRILE GLOBALE

3. Argumentarea în cadrul punerii în comun

3.1 Contextul schimbului de informații

3.2 Date și analiza acestora

3.3 Analiza rezultatelor extrase din notele de pe teren

3.3.1 Argumentarea și modelarea relației dintre acoperirea cu pășuni și biodiversitate

3.3.2 Argumentarea și modelarea capacității de filtrare și relația sa cu pH-ul

3.3.3 Argumentarea și modelarea capacității pajiștilor de a acționa ca un rezervor de CO₂

3.4 Concluzii

4. Concluzii

BIBLIOGRAFIE



MODULUL 1: ITINERAR DE FORMARE A BAZELOR ȘTIINȚIFICE CU GHID METODOLOGIC

Acest itinerar de formare este împărțit în două părți, prima parte structurează bazele științifice pentru transpunerea didactică, un ghid metodologic care exprimă transpunerea didactică a acestor baze științifice.

Acest parcurs de formare se bazează pe conceptele de structură a ecosistemelor ca factori determinanți ai funcției ecosistemice și pe furnizarea de servicii ecosistemice, denumite și beneficii derivate din natură. Acesta pune accentul pe relația dintre furnizarea de servicii ecosistemice, sănătatea acestor ecosisteme și beneficiile pentru bunăstarea umană, inclusiv pentru sănătatea umană.

Acesta este structurat în patru secțiuni principale:

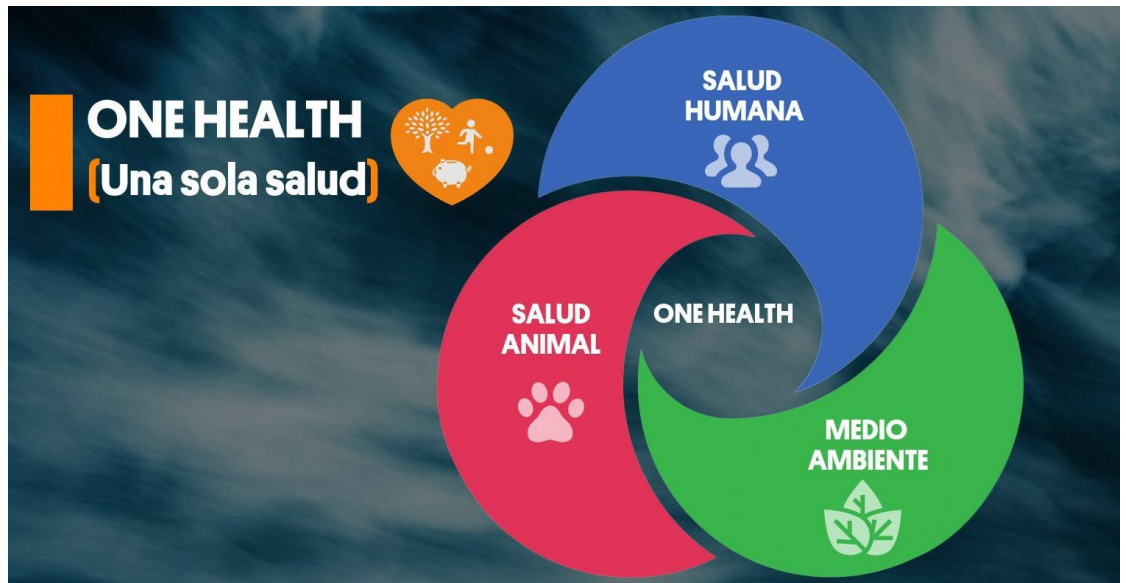
1. Contextul ecologic,
2. Ecosistemele de iarbă de mare,
3. Trei studii de caz: Upwelling din Atlanticul de nord-vest, Marea Baltică, Marea Neagră
4. Descrierea activităților de formare pentru fiecare studiu de caz

1. CONTEXTUL ECOLOGIC

1.1 SĂNĂTATEA ECOSISTEMELOR ȘI BUNĂSTAREA UMANĂ

Convingerea că atingerea unui nivel satisfăcător de sănătate în societățile umane actuale necesită o abordare interdisciplinară și, prin urmare, complexă, a devenit deosebit de răspândită în ultimele decenii. Conceptul de "One Health" (o singură sănătate) a devenit un element central al politicilor de sănătate publică ale majorității statelor, de obicei ca răspuns la unele dintre urgențele de sănătate publică care au provocat zoonoze, cum ar fi cele asociate virusurilor H1N1, Ebola sau Zika. Abordarea "O singură sănătate" are ca scop obținerea unei sănătăți optime a oamenilor, a animalelor și a mediului prin eforturile de colaborare ale mai multor discipline care acționează la scară locală, națională sau globală. Deși a devenit foarte popular în prezent, conceptul nu poate fi considerat nou. Încă din secolul al XIX-lea, patologul german Rudolf Virchow și-a arătat interesul pentru relația dintre medicina umană și cea veterinară prin inventarea termenului "zoonoză".

Câteva decenii mai târziu, în 1964, Dr. Calvin Schwabe a folosit termenul "One medicine" în manualul său de medicină veterinară și medicină umană. Dar a fost la începutul secolului XXI, în 2004, când au fost publicate cele douăsprezece principii Manhattan, care proclamă necesitatea unei abordări interdisciplinare a prevenirii bolilor, inclusiv a transferului de boli între oameni, animale și mediul natural. De atunci, numeroase evenimente au marcat dezvoltarea conceptului, culminând cu publicarea, în 2008, a documentului "Contribuirea la "O lume, o singură sănătate: un cadru strategic pentru reducerea riscurilor de boli infecțioase la interfața dintre animale, oameni și ecosisteme", document aprobat de reprezentanții a peste 120 de țări și 26 de organizații internaționale și regionale. De la acest moment de referință, dezvoltarea conceptului și punerea în practică a aplicării sale s-a desfășurat cu un consens larg în rândul statelor. Dovadă stau, de exemplu, Declarația de la Hanoi, nota conceptuală tripartită sau recomandările Națiunilor Unite, ale Băncii Mondiale sau ale Uniunii Europene în acest sens.



Abordarea ONE HEALTH (Sursa: ISGlobal)

Mediul înconjurător joacă un rol central în bolile mediate de animale. Acesta acționează ca un rezervor în care substanțele se acumulează și sunt transportate și mediază transferul de boli la om. Astfel, există tot mai multe dovezi care indică rolul crucial al mediului în bunăstarea fizică și psihică a oamenilor. Abordarea "O singură sănătate" se bazează, prin urmare, pe triada sănătate umană, sănătate animală și sănătate a ecosistemului, dintre care ultimul termen este cel mai des uitat, după cum reiese din absența sa dintr-un număr semnificativ de documente strategice, deși această situație se schimbă rapid. Rolul relevant al mediului în conceptul "O singură sănătate" a devenit evident prin studierea a două fenomene care devin deosebit de vizibile în prezent: rezistența la antibiotice și schimbările climatice. Cazul schimbărilor climatice este paradigmatic în acest context, deoarece acestea compromit integritatea sistemelor vii prin faptul că determină schimbări în ciclurile de viață ale agenților patogeni, ale vectorilor și ale organismelor-gazdă ale acestora, favorizând dezvoltarea de noi boli emergente la plante și animale, favorizând cascadele trofice, afectând interacțiunile interspecifice și prin capacitatea sa de a modifica habitatele. În consecință, devine clar că abordarea "O singură sănătate" necesită o înțelegere aprofundată a funcționării ecosistemelor, inclusiv a structurii fizice, a biodiversității, a dinamicii temporale și spațiale, a interacțiunilor dintre specii, a buclelor de feedback între specii și mediu și a fluxurilor de materie și energie.

Timp de milenii, sistemele naturale au contribuit la asigurarea condițiilor adecvate pentru dezvoltarea multor culturi, furnizând hrană, apă și energie sau eliminând deșeurile. Cu toate acestea, activitatea umană însăși a afectat ecosistemele în așa fel încât legătura dintre mediu și sănătatea animală și umană este întreruptă de procesele antropogene care cauzează degradarea ecosistemelor, cum ar fi schimbările în utilizarea terenurilor. Pierderea biodiversității sau schimbările climatice și poluarea.

Atingerea unui echilibru corect între dezvoltarea activităților socio-economice și protecția mediului a devenit un obiectiv esențial pentru atingerea unei bune stări ecologice din perspectiva "O singură sănătate".

1.2 STRUCTURA, FUNCȚIA, SERVICIILE ȘI BENEFICIILE ECOSISTEMELOR

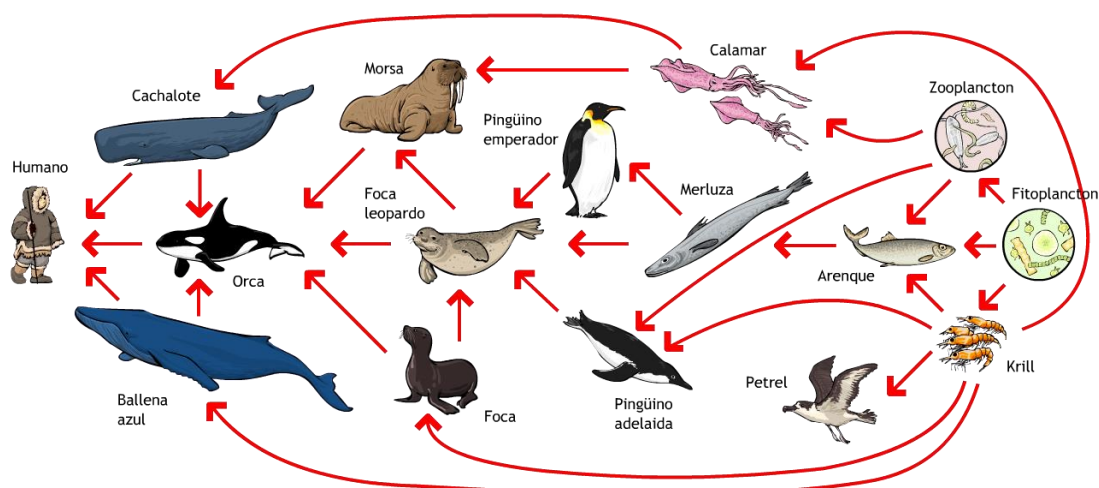
Încă din primele momente ale apariției societăților umane pe Pământ, acestea au interacționat cu mediul înconjurător pentru a-și satisface nevoile de hrană, adăpost sau chiar cele legate de cultură sau de ritualuri sacre. În ultimele decenii, combinația dintre creșterea numărului de oameni și, mai ales, dezvoltarea tehnologică pe care această specie a generat-o, a dus la o creștere masivă a capacității sale de a transforma mediul înconjurător. În prezent, aproximativ trei sferturi din suprafața pământului este ocupată de teritorii gestionate de om, fie că este vorba de terenuri agricole, păduri, zone rezidențiale etc. Prin urmare, este din ce în ce mai necesar să se abordeze rolul omului în natură dintr-o perspectivă holistică, care să ia în considerare nu numai impactul direct al omului asupra ecosistemelor, ci și rețeaua complexă de interacțiuni care stau la baza funcționării acestora. Înțelegerea modului în care funcționează ecosistemele și evaluarea serviciilor și beneficiilor obținute de la acestea sunt acum esențiale dacă dorim să gestionăm prezența noastră pe planetă din perspectiva "unei singure sănătăți".

Ecosistemul este unitatea structurală și funcțională a ecologiei în care organismele interacționează între ele și cu mediul fizic care le înconjoară. Fiecare ecosistem este alcătuit dintr-o componentă fizică, așa-numitul biotop, adică apă, sol, sedimente, aer etc. Pe această structură fizică de susținere se inserează componenta biologică, biocenoza, formată din organisme vii, care grupate în populații de diferite specii formează comunitățile.



Un ecosistem poate fi caracterizat pe baza unor variabile care oferă informații despre starea sa. Astfel, în cazul componentei fizice, variabile precum temperatura, salinitatea, turbiditatea, umiditatea etc., permit definirea condițiilor de mediu în care se dezvoltă organismele vii. Starea populațiilor și a comunităților poate fi, de asemenea, caracterizată prin variabile precum abundența, structura pe mărimi sau pe vârste, rata de creștere a populației, structura spațială, bogăția speciilor sau diversitatea ecologică. Toate aceste variabile permit descrierea structurii ecosistemelor, oferind cunoștințe care, deși foarte importante, ilustrează doar parțial realitatea acestor ecosisteme.

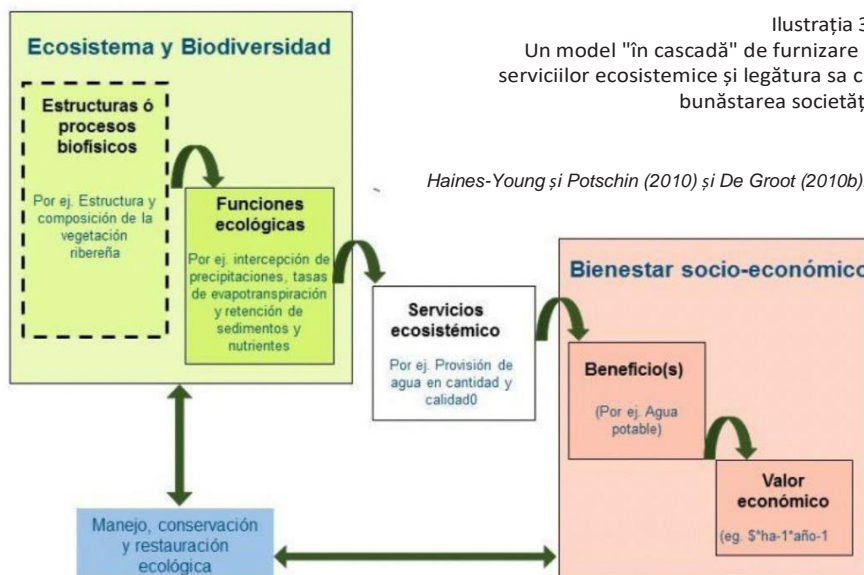
Pe de o parte, speciile care alcătuiesc comunitatea biologică nu sunt părți statice ale mecanismului ecosistemului. Dimpotrivă, fiecare dintre aceste părți interacționează cu celelalte printr-o gamă largă de procese cunoscute sub numele de relații interspecifice, inclusiv competiția, prădarea, facilitarea, mutualismul și parazitismul. Pe de altă parte, comunitatea biologică a unui ecosistem, ca orice grupare de ființe vii, necesită un flux continuu de energie care duce la sinteza de compuși organici reduși din materia anorganică, uneori oxidată, precum și la circulația acestei materii prin rețele de interacțiuni bazate pe procese de prădare sau de degradare a materiei organice moarte. Această abordare a studiului ecosistemelor include, de asemenea, variabile care ilustrează modul în care acestea funcționează. Printre acestea se numără producția primară, care reprezintă rata de producere a materiei organice de către organismele fotosintetice, producția secundară, adică rata de producere a materiei organice de către organismele heterotrofe, sau rata de remineralizare, adică transformarea compușilor organici în compuși anorganici, legată în principal de acțiunea componentei microbiene. Aceste variabile se referă la funcțiile pe care le îndeplinesc ecosistemele și care apar ca urmare a interacțiunilor ecologice care au loc atât între organismele vii, cât și între organismele vii și mediul fizic. Prin urmare, funcțiile ecosistemelor se referă la procesele prin care acestea fac schimb de materie, energie și informații cu mediul fizic.



Structura rețelei trofice a unui ecosistem

Existența acestor funcții ecologice pe un anumit teritoriu are consecințe care pot fi traduse în servicii care, la rândul lor, generează beneficii, dintre care unele au valoare economică, în timp ce altele sunt primite de societate sub formă de valori. Conform definiției din "Evaluarea ecosistemelor mileniului" a ONU, serviciile ecosistemice reprezintă beneficiile pe care ecosistemele le oferă oamenilor pentru a-și realiza întregul potențial.

Astfel, de exemplu, dacă luăm în considerare vegetația ripariană, caracterizată de o structură comunitară care dezvoltă o serie de procese biofizice, putem identifica o serie de funcții ecologice, cum ar fi absorbția apei, evapotranspirația și retenția sedimentelor și a nutrienților. Aceste funcții, care operează independent de dorința omului, au ca rezultat furnizarea unui serviciu care, în acest caz, ar fi furnizarea de apă de calitate, un serviciu care se transformă în mod direct într-un beneficiu pentru oameni sub forma unei rezerve de apă potabilă cu valoare economică directă (figura 3).



Ilustrația 3:
Un model "în cascadă" de furnizare a
serviciilor ecosistemice și legătura sa cu
bunăstarea societății

Haines-Young și Potschin (2010) și De Groot (2010b).

Acțiunea umană are un efect asupra ecosistemului, fie prin afectarea structurii, fie prin afectarea funcțiilor sale, fie prin ambele, prin utilizarea și gestionarea acestuia. Acest efect poate deveni un impact negativ sau poate avea un efect pozitiv prin reglementări care vizează conservarea ecosistemelor sau prin punerea în aplicare a unor acțiuni de restaurare.

Abordarea ecosistemică bazată pe analiza furnizării de servicii oferă o viziune integrată a interacțiunii om-natură, permițând încorporarea multiplelor componente care stau la baza dependenței societăților umane de ecosisteme. Pentru multe dintre aceste componente, furnizarea de servicii este considerată ca fiind de la sine înțeleasă, cum ar fi, de exemplu, în cazul calității aerului sau a apei sau al capacității de stocare a carbonului, iar valoarea lor este în general ignorată.

În general, sunt luate în considerare patru tipuri de servicii ecosistemice: servicii de furnizare, de reglementare, de sprijin și culturale. Serviciile de furnizare oferă produse specifice pe care oamenii le extrag din mediul natural, cum ar fi lemnul, alimentele, materiile prime sau produsele farmaceutice. Serviciile de reglare și de sprijin se referă la procesele de bază care asigură funcționarea ecosistemului, cum ar fi, de exemplu, schimbul de gaze între componenta biotică și atmosferă sau apă, sau capacitatea de purificare a compușilor dăunători.

Ambele tipuri de servicii sunt uneori denumite servicii de reglementare, având în vedere dificultatea de a le separa în multe cazuri. În sfârșit, serviciile culturale sunt cele care iau în considerare valorile intrinseci ale naturii, valorile peisagistice, patrimoniul cultural și toate manifestările turismului în mediul natural (figura 2).

Ilustrația 4. Relația dintre serviciile ecosistemice clasificate pe tipologii.
 Preluat de la WWF

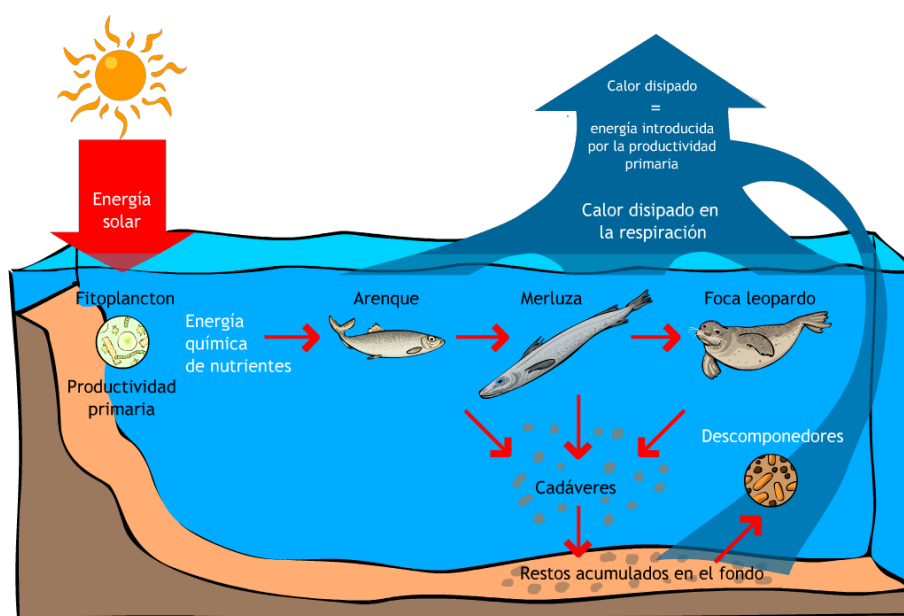


Abordarea serviciilor ecosistemice face posibilă abordarea mai eficientă a diferitelor compromisuri care trebuie rezolvate în mod obișnuit în tensiunea dintre utilizarea naturii în beneficiul omului și menținerea funcționalității acesteia.

Recent, Platforma interguvernamentală științifico-politică privind biodiversitatea și serviciile ecosistemice (IPBES), care ar putea fi considerată echivalentul IPCC pentru biodiversitate (<https://www.ipbes.net>), a revizuit cadrul conceptual pentru serviciile ecosistemice care a luat naștere în urma Evaluării ecosistemice a mileniului pentru a pune accentul pe două aspecte importante. Pe de o parte, prin recunoașterea și consolidarea rolului central al culturii în definirea legăturilor dintre oameni și natură și, pe de altă parte, prin ridicarea rolului cunoștințelor locale și indigene în înțelegerea relației dintre natură și oameni. În urma acestei analize a apărut noul termen "contribuția naturii la oameni" (NCP), care este definit ca fiind toate contribuțiile, atât pozitive, cât și negative, ale naturii vii (de exemplu, diversitatea organismelor, ecosistemele și procesele ecologice și evolutive asociate acestora) la calitatea vieții oamenilor.

Impactul uman asupra ecosistemelor poate fi de natură foarte diversă. Acestea pot afecta componenta abiotică, modificând structura substraturilor solide (soluri, roci, sedimente) sau a învelișurilor fluide (ciclul apei, calitatea apei sau compoziția atmosferică). De asemenea, ele pot modifica componenta biotică, alterând structura, biodiversitatea, interacțiunile interspecifice, structura trofică etc. sau funcțiile, fluxurile energetice, ratele de circulație a materiei etc. În oricare dintre aceste cazuri, schimbările pe care le suferă ecosistemul vor avea ca rezultat modificări pozitive sau negative în furnizarea de servicii ecosistemice și, prin urmare, în beneficiile potențiale pe care oamenii le pot obține de la natură.

Fluxuri de energie





Managementul conservării ecosistemelor are ca scop menținerea integrității ecosistemelor. Integritatea biotică este înțeleasă ca fiind prezența tuturor elementelor dintr-un ecosistem la densitatea adecvată, inclusiv a proceselor la ritmurile lor adecvate. În general, se referă la starea unui ecosistem în raport cu o stare de referință, starea sa naturală. Integritatea ecosistemului (denumită uneori sănătatea ecosistemului) include termenul de integritate biotică, dar se extinde și la procesele fizice și chimice. Ea este evaluată pe baza funcțiilor ecosistemului, cum ar fi productivitatea sau rata de remineralizare. Această abordare nu pornește de la o perspectivă statică, în care ecosistemul nu se schimbă în timp sau spațiu, ci încorporează variabilitatea spațio-temporală ca o componentă a integrității ecosistemice în sine. Chiar și impactul antropic, în măsura în care oamenii fac parte din componenta biotică a ecosistemului, poate fi considerat ca parte a dinamicii acestuia.

Din această perspectivă, în care schimbările și impacturile sunt o parte intrinsecă a ecosistemului, acțiunile de conservare trebuie să urmărească menținerea capacității ecosistemelor de a se reface după impact. Această capacitate de a reveni la starea inițială după o perturbare asociată cu un impact este ceea ce numim reziliență. Spre deosebire de sistemele mecanice, sistemele ecologice pot prezenta mai mult de un domeniu de stabilitate, iar reziliența este proprietatea care mediază între aceste stări. Numeroase exemple de tranziții de stare au fost descrise în diferite tipuri de ecosisteme, de la pajiști aride și semiaride, la lacuri, păduri, recife de corali, pajiști cu macroalge și așa mai departe. În toate acestea, reziliența ecologică este menținută de capacitatea acestor sisteme de a readapta biodiversitatea structurală și funcțională ca răspuns la stresul de mediu cauzat de perturbări. Menținerea acestei capacități de adaptare care asigură reziliența ecologică este esențială pentru a păstra funcționalitatea sistemelor naturale aflate sub influența antropogenă.

1.3. IMPACTUL ANTROPOGEN ȘI DEGRADAREA FURNIZĂRII DE SERVICII ECOSISTEMICE

Activitatea umană a afectat de mult timp ecosistemele acvatice, provocând efecte negative asupra calității apei și a stării ecologice. În multe părți ale lumii și, în special, în Uniunea Europeană, în ultimele decenii au fost luate măsuri drastice pentru a reduce aportul de ape uzate în mediul acvatic. Cu toate acestea, alterările hidromorfologice, eutrofizarea și pierderea biodiversității continuă să fie probleme majore atât în Europa, cât mai ales în alte părți ale lumii. Aceste impacturi împiedică sistemele noastre acvatice să atingă o "stare ecologică bună", așa cum este definită de Directiva-cadru privind apa a UE.



Aportul de ape uzate în mediul acvatic

Numeroase studii ilustrează degradarea ecosistemelor pământului. Unele dintre ele arată că 75% din suprafața planetei este afectată într-o anumită măsură de acțiunea umană. Organizația Națiunilor Unite estimează că 20% din suprafața continentală a fost degradată între 2000 și 2015. Aproape 60% din oceane se confruntă cu efecte cumulative cauzate de schimbările climatice, de supraexploatarea resurselor, de poluare sau de transportul maritim. Degradarea ecosistemelor terestre și acvatice amenință bunăstarea a peste 3 miliarde de oameni. Modificarea habitatelor naturale cauzată de activitățile umane reprezintă una dintre principalele amenințări la adresa biodiversității și compromite furnizarea de servicii ecosistemice și beneficiile asociate pentru societățile umane.

Valoarea acestor servicii este adesea ignorată. Acest lucru se datorează adesea lipsei de cunoștințe științifice suficiente despre acestea. Dar a ignora contribuțiile pe care natura le aduce oamenilor înseamnă a ignora existența structurii care susține societatea însăși.



Curățarea coastelor galiciene de deversarea de petrol rezultată în urma accidentului petrolierului Prestige din decembrie 2002

Preocuparea crescândă cu privire la pierderea serviciilor ecosistemice determină studierea acestora prin cuantificarea și reprezentarea lor în spațiu, deoarece cunoașterea magnitudinii și distribuției lor în spațiu și timp trebuie să devină instrumente cheie în gestionarea ecosistemelor, care ar trebui să fie utile în elaborarea și punerea în aplicare a unei game largi de politici. Însă acceptarea acestor politici și, prin urmare, eficacitatea lor, depinde în mod inevitabil de cunoașterea de către public a mecanismelor prin care ecosistemele furnizează servicii și prin care acestea sunt transformate în beneficii pentru societate. Pe scurt, este o prioritate pentru societate să înțeleagă rolul ecosistemelor în cadrul "O singură sănătate".

În următoarele secțiuni, ne vom concentra atenția asupra unui ecosistem marin special, care este reprezentat pe scară largă în toate mărilor Europei: ecosistemele de ierburi marine.



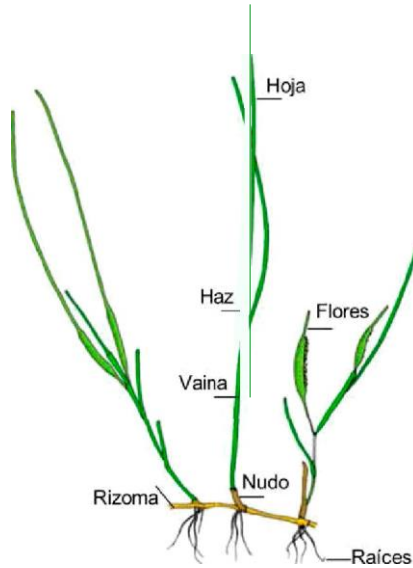
În primul rând, vor fi descrise cele mai relevante caracteristici generale ale pajiștilor de iarbă de mare și apoi vor fi studiate principalele caracteristici a trei regiuni marine europene, toate locuite de specii de iarbă de mare din genul *Zostera*: coasta de NV a Peninsulei Iberice, afectată de procesul de creștere a apei, Marea Baltică și Marea Neagră. Impactul antropic **I a c a r e** sunt supuse pajiștile de iarbă de mare în aceste trei regiuni este de natură foarte diferită. Exploatarea resurselor de crustacee asociate cu o productivitate ridicată afectează în mod negativ pajiștile de iarbă de mare din regiunea de creștere a apelor din Atlantic. În Marea Baltică, eutrofizarea este cea care are cel mai mare impact negativ asupra acestor ecosisteme, în timp ce, în cazul Mării Negre, cea mai mare amenințare la adresa pajiștilor marine provine din aportul de poluanți persistenți.

2. ECOSISTEMELE DE IARBĂ DE MARE

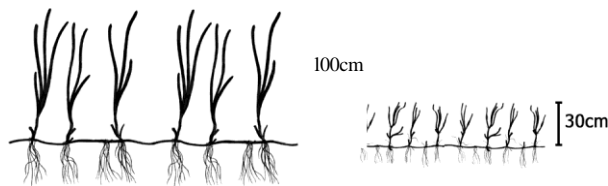
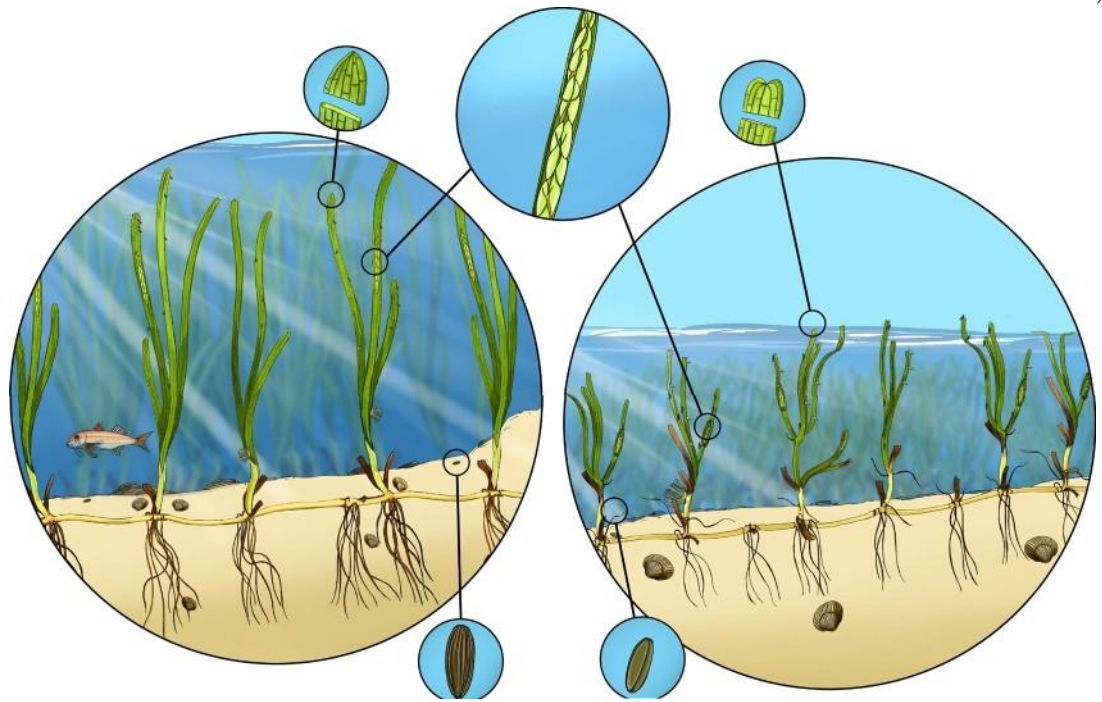
2.1 CE SUNT PAJIȘTILE DE IARBĂ DE MARE?

Iarba de mare este formată din plante cu flori, adică angiosperme. Sunt plante modulare, cu o structură clonală, compusă din unități repetate. Fiecare unitate este alcătuită dintr-un set de module: un rizom, din care crește în sus un mănunchi de frunze, numit "mănunchi", iar rădăcinile cresc în jos. În plus, unitățile pot conține flori sau fructe, în funcție de perioada de observare (între aprilie și august). Frunzele au o formă asemănătoare cu cea a acinului. La baza frunzelor se află teaca care grupează frunzele în mănunchiuri și le conectează la rizom prin intermediul nodurilor.

Iarba de mare crește atât pe verticală, cât și pe orizontală (frunzele se extind în sus, iar rădăcinile se extind în jos și în lateral). Se înmulțesc atât prin creștere clonală asexuată, cât și prin reproducere sexuată, cu flori sau inflorescențe, în general discrete, care produc fructe și semințe.



Morfologia și biologia Zoostera
 (Preluat din Barañano et al., 2021).



Structuri de reproducere
 (Preluat din Barañano et al., 2021)

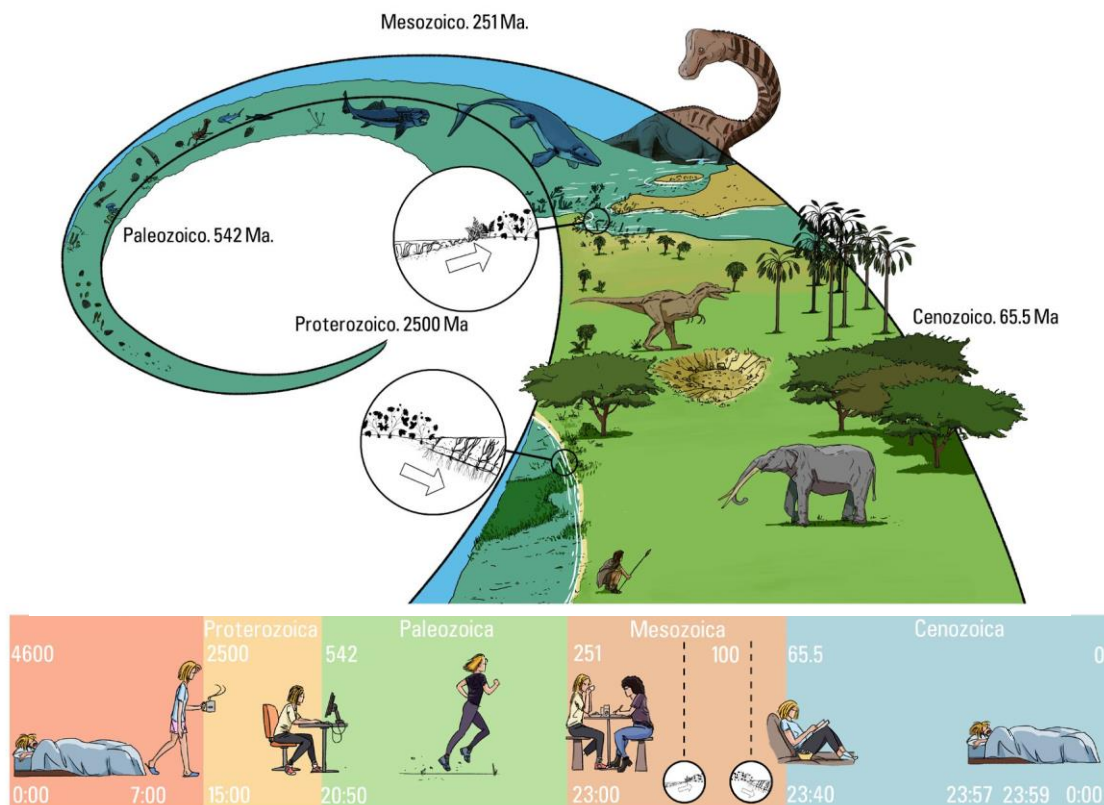


Aspectul pajiștilor se schimbă pe tot parcursul anului, prezentând un ciclu sezonier marcat de variațiile anuale de lumină și temperatură. Pentru a face față acestor schimbări de nutrienți și lumină, plantele stochează o parte din carbonul pe care îl fixează prin fotosinteză sub formă de rezerve de amidon în rizom. Iarna, apa este mai rece și, în general, mai tulbure din cauza furtunilor. Astfel, la fel ca în pădurile de foioase, își păstrează doar cele mai scurte și mai tinere frunze și începe să crească încet, folosind rezervele stocate în vara precedentă.

Primăvara, când zilele devin mai lungi, plantele beneficiază de un nivel mai ridicat de radiații solare pentru a face fotosinteză. Soarele încălzește apa de suprafață, iar pajiștile cresc rapid. Cele mai tinere frunze sunt de un verde intens și sunt colonizate progresiv de o succesiune de organisme diferite care se stabilesc pe ele, organisme pe care le numim epifite. La rândul lor, frunzele mai bătrâne sunt mai acoperite de epifite decât cele mai tinere, deoarece au fost colonizate de mai mult timp. La sfârșitul verii și începutul toamnei, pajiștea începe să îmbătrânească.

2.2 EVOLUȚIA ȘI ADAPTĂRILE FANEROGAMELOR MARINE

Cu aproximativ 140-100 de milioane de ani în urmă, în vremea marilor dinozauri, unele alge verzi au început să colonizeze timid apele dulci și au apărut pe uscat și, în acest proces, au dezvoltat adaptări care le-au permis să trăiască în medii terestre. Pentru a se adapta la noile medii, aceste plante au dezvoltat compuși precum lignina și structuri pentru a sta în picioare în aer, un mediu mult mai puțin dens decât apa. Dezvoltarea noilor adaptări la viața pe uscat le-a permis să extragă apă din sol și să o facă să circule în întreaga plantă (rădăcini și vase) și a împiedicat uscarea gameților și a sporilor.



Localizarea epocii dinozaurilor în timpurile geologice (Preluat din Barañano et al., 2021).

Astfel, plantele superioare trăiau pe continente, în timp ce algele ocupau mările, oceanele, lacurile și râurile. Marea era regatul incontestabil al algelor. Dar aceste plante au găsit în ecosistemele de coastă o oportunitate de colonizare într-un spațiu fără concurență pentru a se dezvolta. Cu toate acestea, acest nou mediu a necesitat noi adaptări la viața marină, care au derivat din structurile dezvoltate anterior în mediul terestru, cum ar fi rădăcinile, rizomii sau florile.

Viața scufundată într-un mediu apos și salin prezintă numeroase provocări care necesită adaptări fiziologice și morfologice. De exemplu, pe măsură ce radiația solară pătrunde în mare, aceasta suferă un proces de atenuare odată cu creșterea adâncimii, astfel încât intensitatea sa este mai mică decât pe uscat, astfel încât aparatul fotosintetic trebuie să fie modulată pentru a se adapta la aceste schimbări. Pe de o parte, au nevoie de un sistem fotosintetic mai eficient pentru a capta radiația la lungimile de undă potrivite. Pe de altă parte, efectul apei asupra stingerii radiațiilor solare face ca sistemele de protecție împotriva radiațiilor ultraviolete să nu fie necesare.

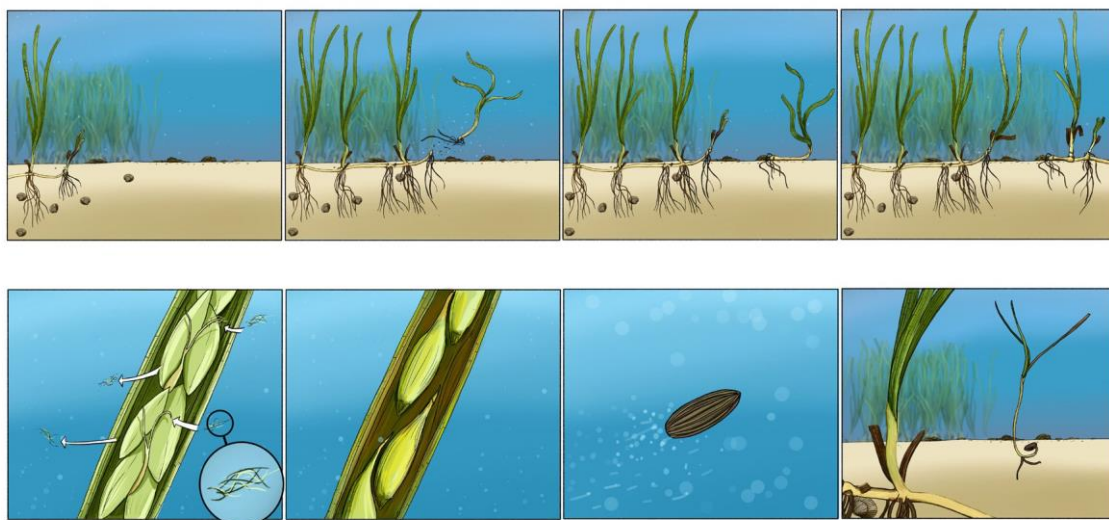
2.3 REPRODUCERE

La fel ca în cazul ierburilor terestre, mănunchiurile pe care le vedem la ierburile marine sunt conectate sub pământ printr-o rețea extinsă de structuri numite rizomi. Rizomii se pot răspândi sub sedimente și pot produce noi lăstari. Atunci când se întâmplă acest lucru, mai multe tulpini din cadrul aceleiași ierburi marine pot face parte din aceeași plantă și, prin urmare, vor avea același genom, motiv pentru care acest tip de creștere se numește creștere clonală. De fapt, cea mai veche plantă cunoscută este o clonă de iarbă de mare mediteraneană *Posidonia oceanica*, care ar putea avea o vechime de până la 200.000 de ani, datând din perioada glaciară a Pleistocenului târziu. La unele specii, o pajiste de iarbă de mare se poate dezvolta de la o singură plantă în mai puțin de un an, în timp ce la speciile cu creștere lentă, cum ar fi *Posidonia oceanica*, acest proces poate dura sute de ani.



O rețea de rizomi care generează o rețea de rădăcini care îngreunează pescuitul de scoici.
 (Preluat din Barañano et al., 2021).

Deși sunt plante clonale, ierburile de mare se bazează pe reproducerea sexuată pentru a coloniza noi zone și pentru a menține variabilitatea genetică după perturbări. În acest caz, polenizarea are loc în apă, este hidrofilă. Florile masculine ale acestor pajiști eliberează polenul în apă de la stamine. Acest polen se acumulează adesea în ciorchini, ceea ce favorizează transportul său prin apă. Ciorchinii sunt purtați de curenți până când aterizează pe pistilul unei flori feminine, unde are loc fecundarea. Există, de asemenea, dovezi că mici nevertebrate, cum ar fi amfipodele (crustacee mici asemănătoare creveților) și polichetele (viermi marini), se hrănesc cu polenul acestor specii, ceea ce ar putea contribui la fertilizarea florilor într-un mod similar cu cel în care insectele polenizează florile în ecosistemele terestre.



*Reproducerea asexuată a Zostera în partea de sus și reproducerea sexuată în partea de jos.
 (Preluat din Barañano et al., 2021).*

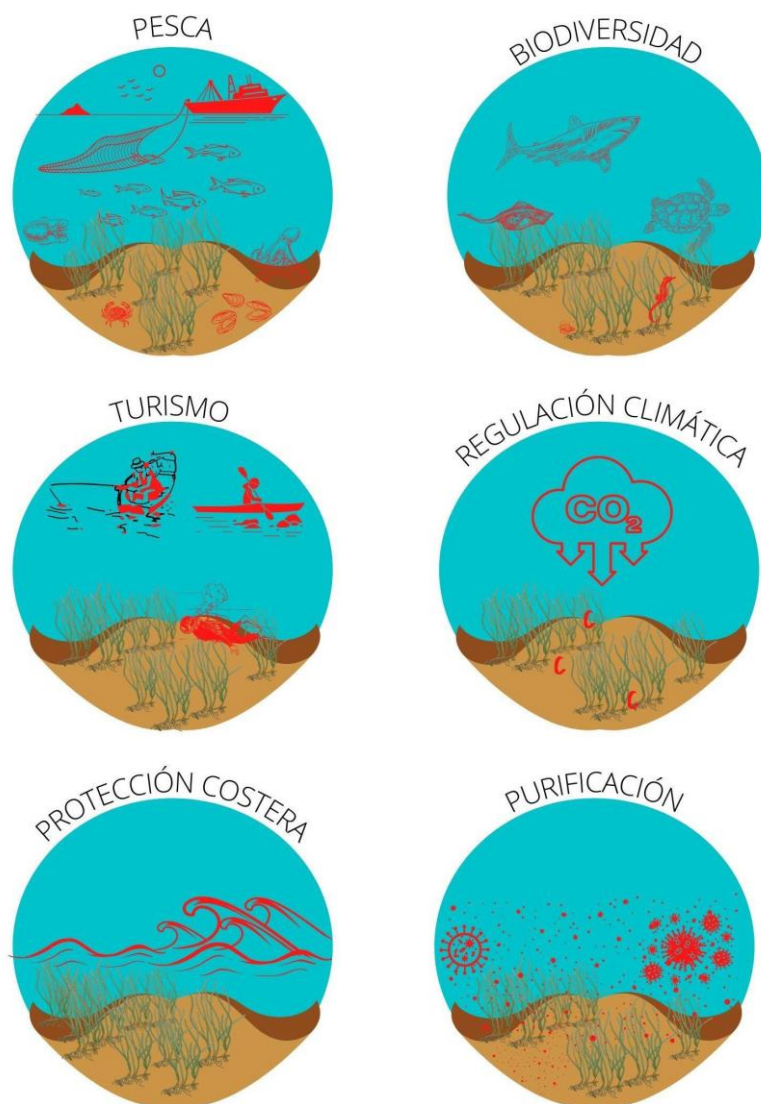
Acest mod de reproducere devine mult mai puțin eficient atunci când densitatea populației este scăzută. Acest lucru este cunoscut în ecologie sub numele de "efectul Allee". Acest efect rezultă dintr-o creștere a ratei mortalității sau o scădere a ratei natalității atunci când abundența populației este scăzută, ceea ce duce la existența unei anumite abundențe a populației, numită dimensiunea critică viabilă a populației, sub care succesul reproductiv este drastic redus, ducând chiar la dispariția locală a speciei. În cazul pajiștilor de iarbă de mare, disponibilitatea polenului poate fi un factor limitativ pentru producția de semințe sau fructe, provocând declinul reproductiv și declinul accelerat al populațiilor dispersate sau fragmentate.

2.4. SERVICIILE ECOSISTEMICE ALE PAJIȘTILOI DE IARBĂ DE MARE

La fel ca toate ecosistemele de pe planetă, ierburile marine oferă o gamă largă de servicii oamenilor. Cu toate acestea, în cazul acestor ecosisteme, există foarte puține cunoștințe cu privire la beneficiile pe care le oferă societății, după cum s-a demonstrat în mai multe studii de percepție socială. În paginile următoare este prezentat un scurt rezumat al acestor servicii, clasificate conform tipologiei definite în secțiunile anterioare: servicii de furnizare, servicii de sprijin și de reglementare și servicii culturale.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

(Preluat din Barañano et al., 2021).



SERVICII DE ACHIZIȚII PUBLICE

Pajiștile de iarbă de mare oferă un habitat de reproducere valoros pentru mai mult de 25% din cele mai importante zone de pescuit din lume, inclusiv pentru știucă, cea mai pescuită specie de pe planetă. În plus, dezvoltarea activităților de pescuit și de pescuit de scoici în zonele intertidale asociate cu iarba de mare este un fenomen global.

În cazul Galiciei, trebuie să evidențiem pescuitul de sepie. Pajiștile de iarbă de mare sunt zone cheie pentru reproducerea acestei specii, deoarece constituie un habitat ideal care oferă adăpost organismelor și, datorită structurii lor tridimensionale, le permite să își fixeze icrele.



Sepie (preluat de la Fundación Aqualae) Sepia se



reproduce (preluat de la Biodiversidad virtual)

Pajiștile nu sunt doar o sursă de hrană indirectă, prin crearea de habitate pentru speciile de interes comercial, ci au fost folosite de-a lungul istoriei și pentru alimentația umană directă. Astfel, indienii Seri colectau aceste plante pentru a extrage semințele în vederea folosirii lor ca grâne sau cereale. În plus, frunzele plantelor din genul *Zostera* au fost folosite în trecut ca îngrășământ pentru câmpuri, pentru fabricarea de saltele sau pentru a asigura izolarea termică a clădirilor.



Paturile de iarbă de mare contribuie la reducerea expunerii la agenți patogeni bacterieni la pești, nevertebrate și oameni. S-a demonstrat că, în zonele în care sunt prezente pajiști de iarbă de mare, există o reducere cu 50% a abundenței populațiilor de bacterii care provoacă boli atât la oameni, cât și la organismele marine, cum ar fi coralii.

- **Stabilizarea sedimentelor**

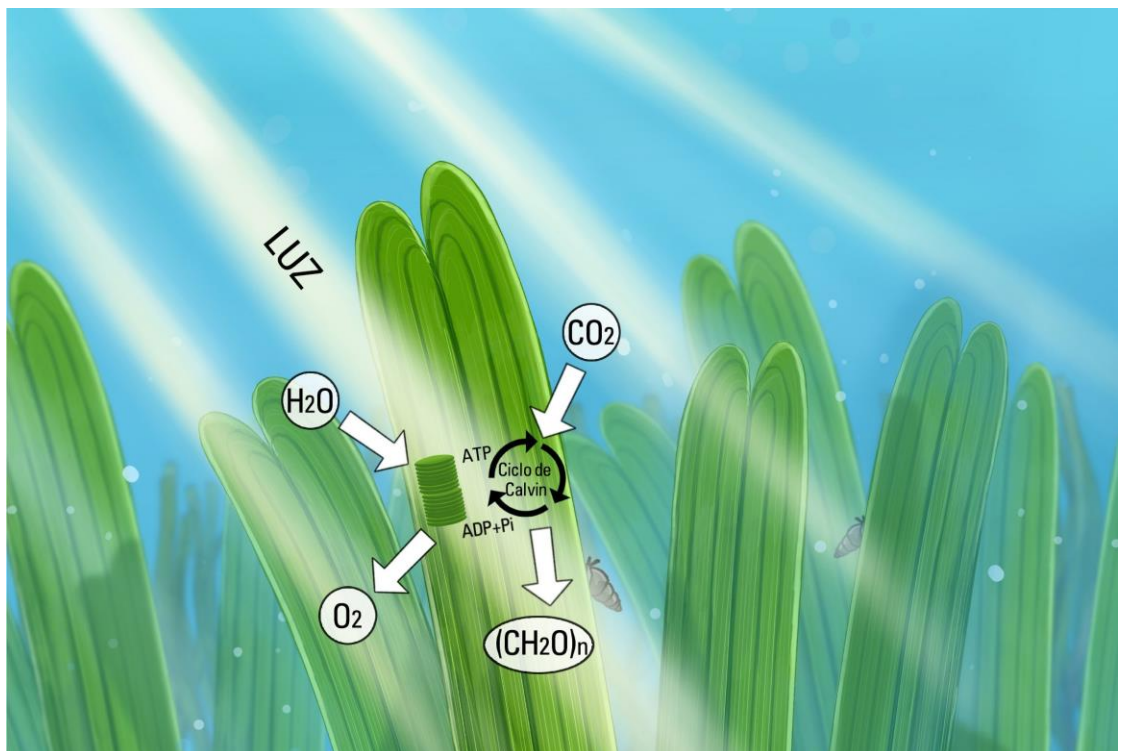
Pajiștile de iarbă de mare încetinesc curenții marini care transportă sedimentele și alte particule și favorizează captarea particulelor de sedimente de către rizom și frunze. Rețeaua de rădăcini împiedică resuspendarea și încorporarea acestor particule în substrat, stabilizând astfel sedimentele.



Diagrama de stabilizare a sedimentelor
(Preluată din Barañano et al.,
2021).

Ca plante, ierburile marine absorb CO_2 din apă, care provine din atmosferă, și îl transformă în materie organică prin fotosinteză. Această materie organică, formată în principal din carbon, este parțial stocată în sedimentele de coastă, unde poate rămâne îngropată timp de secole, ceea ce face din ea un sistem foarte eficient de sechestrare a carbonului, în parte ca o consecință a condițiilor scăzute de oxigen din aceste sedimente, care fac ca descompunerea lor să fie foarte lentă.

În urmă cu aproape două secole, oamenii au început să folosească masiv combustibilii fosili pentru energie. În consecință, acest lucru a stimulat eliberarea în atmosferă a unor gaze, cum ar fi CO_2 , care au capacitatea de a provoca o creștere a temperaturii atmosferei, cunoscute sub numele de gaze cu efect de seră. Combustibilul utilizat provenea din adâncurile pământului, unde se acumulasă de-a lungul a milioane de ani sub formă de cărbune și petrol.



Absorbția de CO_2 de către plantele de iarbă de mare
 (Prețut din Barañano et al., 2021).

Creșterea cantității de carbon (CO₂) detectată în atmosfera Pământului provoacă modificări ale climei terestre și ale compoziției chimice a oceanelor, ceea ce duce la acidificarea progresivă a acestora. În acest scenariu, ecosistemele care au capacitatea de a capta și reține carbonul din atmosferă prezintă un interes deosebit. Când ne gândim la astfel de ecosisteme, ne gândim adesea la păduri și pășuni. Cu toate acestea, deși mult mai puțin cunoscute, o mare parte din carbonul captat de ecosistemele planetei este reprezentat de habitatele marine, printre care se remarcă ierburile marine și mangrovele. Acest carbon absorbit de ocean se numește carbon albastru.



Fotografie a pașiștilor din Testal la marea joasă, cu o pădure de eucalipt în fundal.

Plantele marine acoperă mai puțin de 0,2% din fundul mării, dar stochează aproximativ 10% din carbonul îngropat în oceane în fiecare an. Importanța ecosistemelor de coastă ca rezervoare de CO₂ a fost ignorată până de curând. Cu toate acestea, aceste ecosisteme sunt acum recunoscute ca fiind unul dintre cele mai active sisteme naturale de captare a CO₂ de pe planeta noastră.

- **Servicii culturale**

Pajiștile de iarbă de mare oferă spații pentru recreere, agrement și turism, dar și medii pentru educație și cercetare. Biodiversitatea pe care o susțin pajiștile de iarbă de mare le face să fie zone de mare interes pentru dezvoltarea diverselor activități recreative, cum ar fi observarea naturii subacvatice prin activități precum Scuba Diving, fiind zone foarte vizitate de scafandri pentru a se bucura de peisajul subacvatic. În plus, întrucât susțin comunități importante de pești de interes pescăresc, aceste ecosisteme sunt folosite de pescarii de agrement.



Fotografie care arată potențialul turistic al pajiștilor marine din Testal.

În mod similar, bogăția de servicii pe care le furnizează pentru bunăstarea umană și complexitatea ecosistemelor pe care le cuprind le fac să fie medii de mare interes pentru cercetare, iar în ultimii 50 de ani au făcut obiectul a peste 1.000 de publicații științifice din întreaga lume. Accesibilitatea și proximitatea acestor ecosisteme de pe coastă, precum și ușurința gestionării lor, favorizează utilizarea lor ca mediu de învățare și de diseminare pentru punerea în aplicare a programelor de educație ecologică și de știință cetățenească.

2.5. IMPACTURI ȘI AMENINȚĂRI: EUTROFIZARE, DAUNE MECANICE, ALTERAREA HABITATULUI, AGENȚI PATOGENI, SCHIMBĂRI CLIMATICE

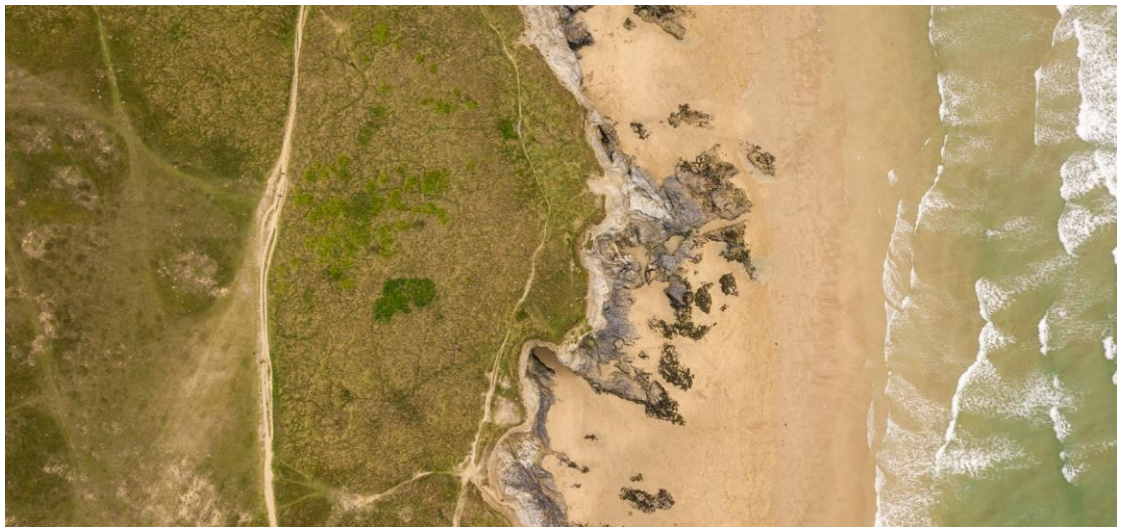
Estuarele și apele de coastă sunt deosebit de vulnerabile la o varietate de presiuni care rezultă din relația lor strânsă cu sistemul terestru și, în consecință, sunt sensibile la nivelurile ridicate de antropizare caracteristice acestor zone. Pajiștile de iarbă de mare sunt în declin într-un ritm alarmant. În medie, la fiecare 30 de secunde se pierde aproximativ un hectar de iarbă de mare și se estimează că 29% dintre ierburile marine au dispărut în ultimul secol.



Fotografie a guri de vărsare a râului Tambre care formează Ría de Muros - Noi

În Galicia, pășunile prezintă, de asemenea, o situație îngrijorătoare. Acest lucru este demonstrat de un studiu în care starea de conservare a mai multor pajiști de iarbă de mare *Zostera noltei* din Atlantic a fost evaluată prin intermediul a două variabile: acoperirea pajiștilor în raport cu acoperirea istorică maximă înregistrată și tendința, adică dacă acoperirea s-a îmbunătățit de-a lungul anilor sau, dimpotrivă, a scăzut. Conform acestui studiu, pajiștile de iarbă de mare din Rías Baixas au o stare favorabilă negativă, ceea ce înseamnă că au o acoperire mai mare sau egală cu 60% din starea de referință, deși tendința lor temporală este negativă, ceea ce înseamnă că acoperirea lor este în scădere.

Pierderea acestor habitate este legată de procesele care modifică calitatea sau claritatea apei, cum ar fi aportul de nutrienți și sedimente provenite din scurgerea apelor, canalizare sau dragare, ceea ce duce la procese de eutrofizare și, în consecință, la scăderea disponibilității luminii, la creșterea sedimentării sau la perturbări fizice directe, precum și la efectele schimbărilor de mediu la scară globală, cum ar fi acidificarea oceanelor, creșterea temperaturii oceanelor sau creșterea nivelului mării.



Eutrofizarea litoralului

Cea mai clară sursă de impact uman asupra ecosistemelor de iarbă de mare este reprezentată de impactul fizic, inclusiv pescuitul și acvacultura, navigația și ancorarea navelor și modificarea habitatului (dragare, asanare și construcții de coastă).

- **Eutrofizare**

Una dintre principalele cauze ale pierderii ierburilor marine este reducerea clarității apei, atât din cauza creșterii încărcăturii de nutrienți, care stimulează creșterea microalgelor, cât și din cauza turbidității crescute asociate cu resuspensia sedimentelor. Aporturile de nutrienți și sedimente provenite din activitățile umane din sistemul terestru au un impact major asupra acestor ecosisteme, deoarece cerințele relativ ridicate de lumină ale ierburilor marine le fac vulnerabile la o pătrundere redusă a luminii în apele de coastă.

- **Avarii mecanice: pescuit, ancorare și navigație**

Deteriorarea mecanică este o cauză majoră a declinului ierbii marine. Îndepărtarea plantelor și deteriorarea lăstarilor și a rizomilor duce la reduceri drastice ale acoperirii cu iarbă de mare. Iarba de mare nu este robustă din punct de vedere fizic, ceea ce o face vulnerabilă la dezrădăcinarea rizomilor, la ruperea frunzelor și la îngroparea semințelor la adâncimi care împiedică germinarea, toate acestea fiind rezultatul unor activități precum călcarea în picioare, operarea uneltelor de pescuit care lucrează pe fundul mării sau acțiunea ancorelor sau a elicelor navelor. Aceste tipuri de activități lasă cicatrici pe peisajele de iarbă de mare.



Fotografie de bărci ancorate pe o pajiște de mare care arată curățarea ancorei.

Un exemplu de impact asupra paturilor de iarbă de mare caracteristic zonei noastre este activitatea de pescuit de scoici, care utilizează dispozitive de pescuit precum raño sau gancha, cu care se greblează fundul mării în căutarea scoicilor și a altor bivalve de interes comercial, ridicând straturile superioare de sedimente, rupând și eliminând lăstarii și rizomii plantelor care formează paturile de iarbă de mare.



- **Construcții pe coastă**

Alterarea benzii de coastă de către acțiunea umană, în special în legătură cu creșterea presiunii demografice, duce la transformarea și fragmentarea habitatelor de iarbă de mare disponibile în apele de coastă.

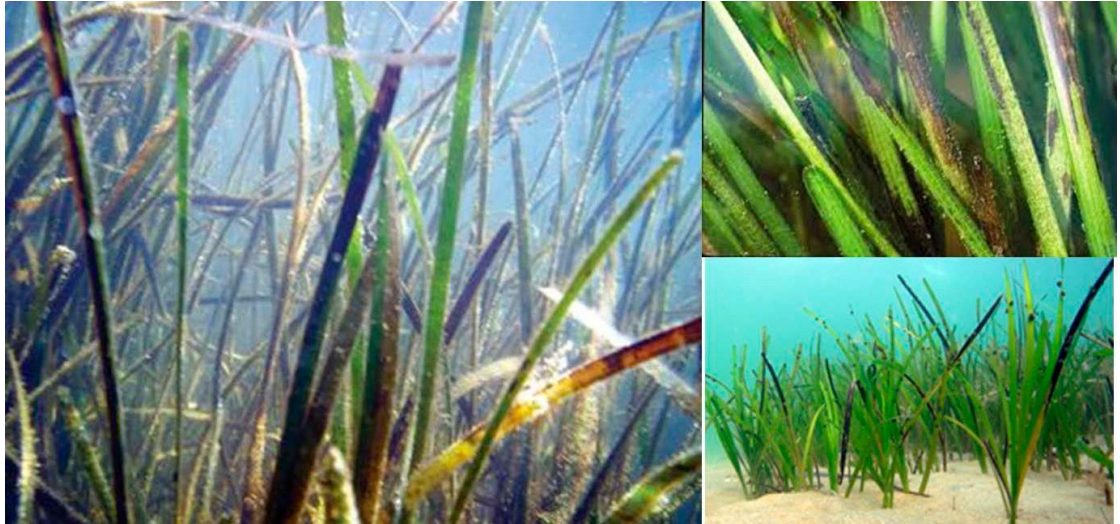


Presiune de dezvoltare pe Coasta de Aur din Australia

Dragarea și recuperarea mediilor marine, fie pentru extragerea sedimentelor, fie ca parte a construcțiilor sau a lucrărilor de inginerie costieră, pot afecta, de asemenea, în mod semnificativ aceste pajiști. Umplerea zonelor de coastă de mică adâncime poate elimina direct habitatul în care se găsesc aceste ecosisteme.

Agenți patogeni

Unele protiste marine, cum ar fi genul *Labyrinthula*, au fost recunoscuți ca agenți patogeni ai ierbii de mare care cauzează boala de epuizare. Simptomele infecțiilor cauzate de aceste organisme sunt prezența unor leziuni maro închis sau negre pe frunze, care se extind longitudinal și acoperă întreaga frunză după câteva săptămâni. Infecțiile apar de obicei pe frunzele mature, dar în timpul episoadelor de infecție severă pot fi afectate și frunzele tinere. La începutul anilor 1930, *Labyrinthula zosterae* a fost responsabilă pentru declinul dramatic al pajiștilor de *Zostera marina* de pe ambele coaste ale Atlanticului de Nord.



Efectele agenților patogeni asupra Zostera (Preluat din Barañano et al., 2021)

• Schimbările climatice

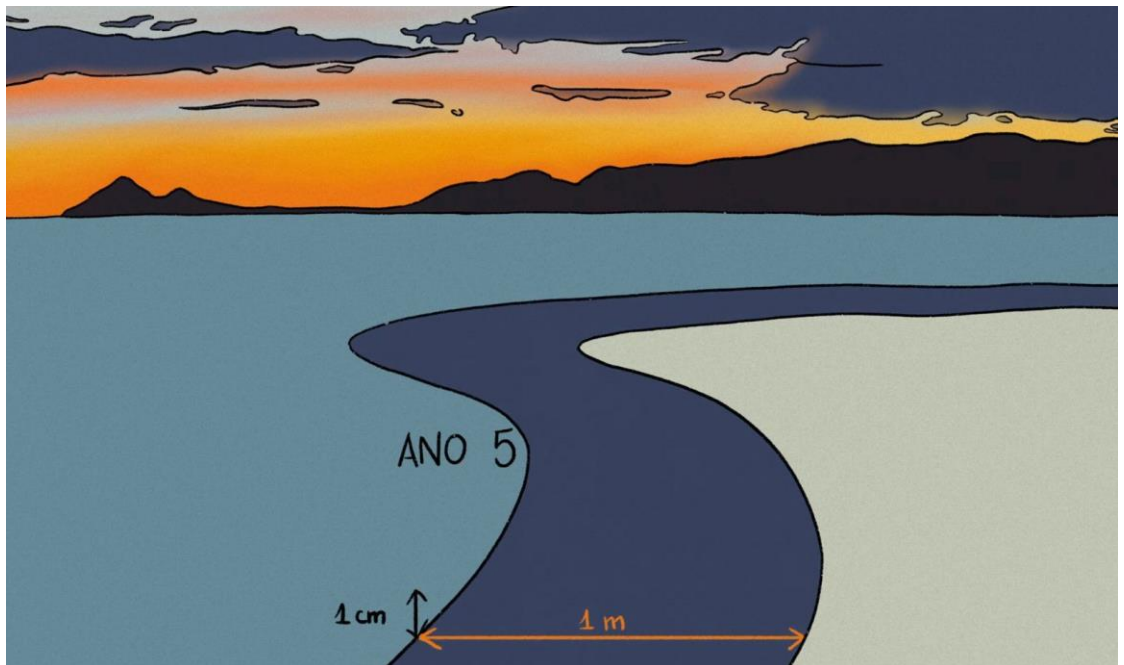
Schimbările climatice la scară globală sunt legate, cel puțin parțial, de arderea combustibililor fosili și de schimbările în utilizarea terenurilor, ceea ce duce la creșterea concentrațiilor de dioxid de carbon în atmosferă și la emisiile de alte gaze cu efect de seră. Aceste schimbări, care duc la creșterea concentrațiilor de dioxid de carbon în atmosferă, la încălzirea globală, la creșterea nivelului mării și la creșterea frecvenței și intensității furtunilor, sunt susceptibile de a avea un impact substanțial pe termen lung asupra ecosistemelor de iarbă de mare. În acest sens, studii recente stabilesc o legătură între valurile de căldură și efectele negative grave asupra acoperirii speciilor de iarbă de mare.

Creșterea temperaturii

Temperatura influențează aproape toate aspectele metabolismului, creșterii și reproducerii speciilor care formează iarba de mare și are implicații importante pentru modelele de distribuție geografică a acestor specii. Prin urmare, creșterile progresive ale temperaturii pot reprezenta o amenințare pentru populațiile locale ale acestor specii, în special pentru cele care locuiesc în regiuni apropiate de limitele lor de distribuție.

• Creșterea nivelului mării

Creșterea temperaturii în următorii 25 de ani va avea ca rezultat o creștere a nivelului mării de 10-15 cm, în principal din cauza expansiunii termice a oceanului și, într-o măsură mai mică, a topirii ghețarilor și a calotelor de gheață de pe continente. Creșterea nivelului mării ar putea avea numeroase implicații asupra circulației, amplitudinii mareelor, regimurilor de curenți și de salinitate, eroziunii costiere și turbidității apei, toate acestea putând avea un impact negativ semnificativ asupra ierbii marine.



Infografic privind creșterea nivelului de apă, care arată că un centimetru în înălțime înseamnă un metru în lungime.

• Fenomene meteorologice extreme

Modelele matematice prevăd că încălzirea globală va duce la o creștere a frecvenței și intensității furtunilor, ceea ce va duce la o eroziune costieră mai mare. Resuspensia sedimentelor determină creșterea turbidității apelor, reducând disponibilitatea radiațiilor solare pentru populațiile de producători primari bentici marini. Deși multe specii de iarbă de mare se adaptează și pot supraviețui perioadelor de radiații scăzute și de îngropare parțială, furtunile reduc adesea creșterea și supraviețuirea și necesită o nouă colonizare prin semințe pentru a restabili straturile de iarbă de mare.

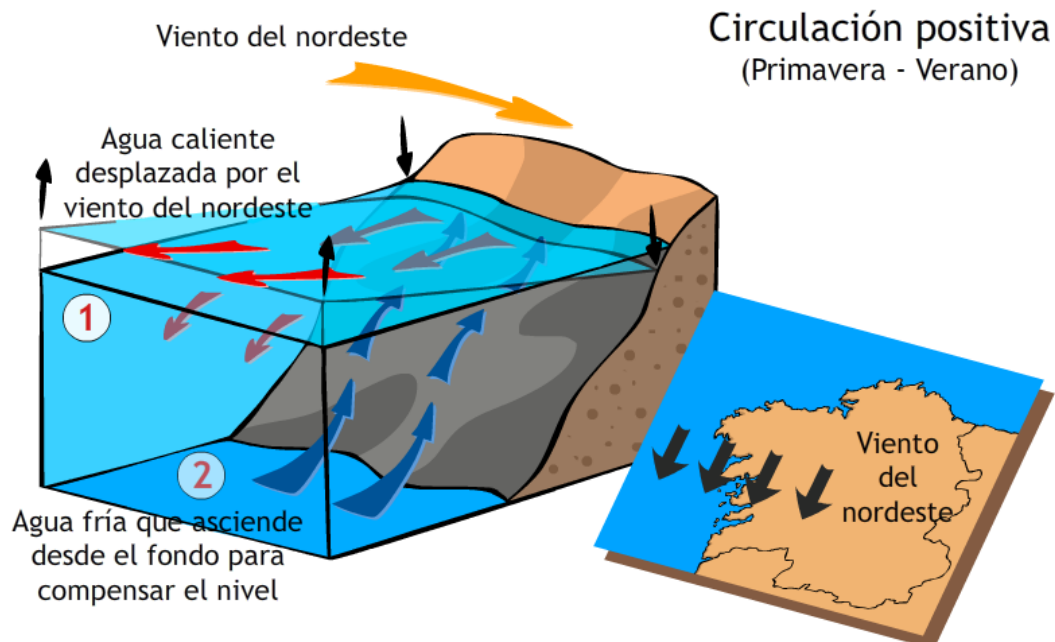
3. STUDII DE CAZ

3.1 REGIUNEA DE NORD-VEST A ATLANTICULUI DE SUSȚINERE A FLUXULUI ATMOSFERIC (GALICIA)

3.1.1 Caracteristici oceanografice

Sistemul costier al coastelor galiciene face parte din "Eastern North Atlantic Upwelling System", care se întinde de la paralela 10°N până la nord-vestul Peninsulei Iberice la 44°N, partea cea mai nordică a acesteia (Blanton et al., 1984).

Condițiile climatice din regiunea de creștere a apelor ascendente din Atlanticul de nord-vest și procesele atmosferice la scară largă care operează în această regiune condiționează caracteristicile termohaline ale coloanei de apă din largul coastei galiciene. În special, circulația atmosferică datorată migrației sezoniere a anticlonului din Azore, legat de presiunile înalte subtropicale, și a furtunii islandeze, asociată cu presiunile joase subpolare, modulează și determină variațiile interanuale ale procesului de creștere și de subsidență a maselor de apă. În plus, geomorfologia și condițiile locale de vânt de coastă exercită, de asemenea, o influență puternică asupra modelelor temporale și spațiale ale acestor procese (Nogueira et al., 1997).



Vânturile de NE sunt frecvente în Galicia primăvara și vara.



Vânturile locale influențează circulația și condițiile în care se află apele care bat în estuare datorită fenomenului de canalizare a vânturilor în direcția SW sau NE exercitat de munții adiacenți acestor sisteme geologice, care intervin, pe de o parte, în circulația estuariană și, pe de altă parte, în amestecul și omogenizarea primilor metri ai coloanei de apă (Rosón et al., 2008).

Pe coastele galiciene, aceste evenimente se produc frecvent primăvara și vara, când vânturile predominante sunt de nord. În consecință, transportul Ekman creează un deficit de apă pe coastă care dă naștere la apariția apelor centrale nord-atlantice, ape reci și bogate în nutrienți, situate la adâncimi cuprinse între 100 și 500 de metri. Acest fenomen modifică caracteristicile fizice (salinitate, temperatură) și chimice (nutrienți, CO₂) ale corpurilor de apă din largul coastelor Galiciei, provocând fertilizarea apelor de suprafață (Prego et al., 1999) și, în consecință, proliferarea masivă a fitoplanctonului (Castro et al., 1997, Rosón et al., 2008).

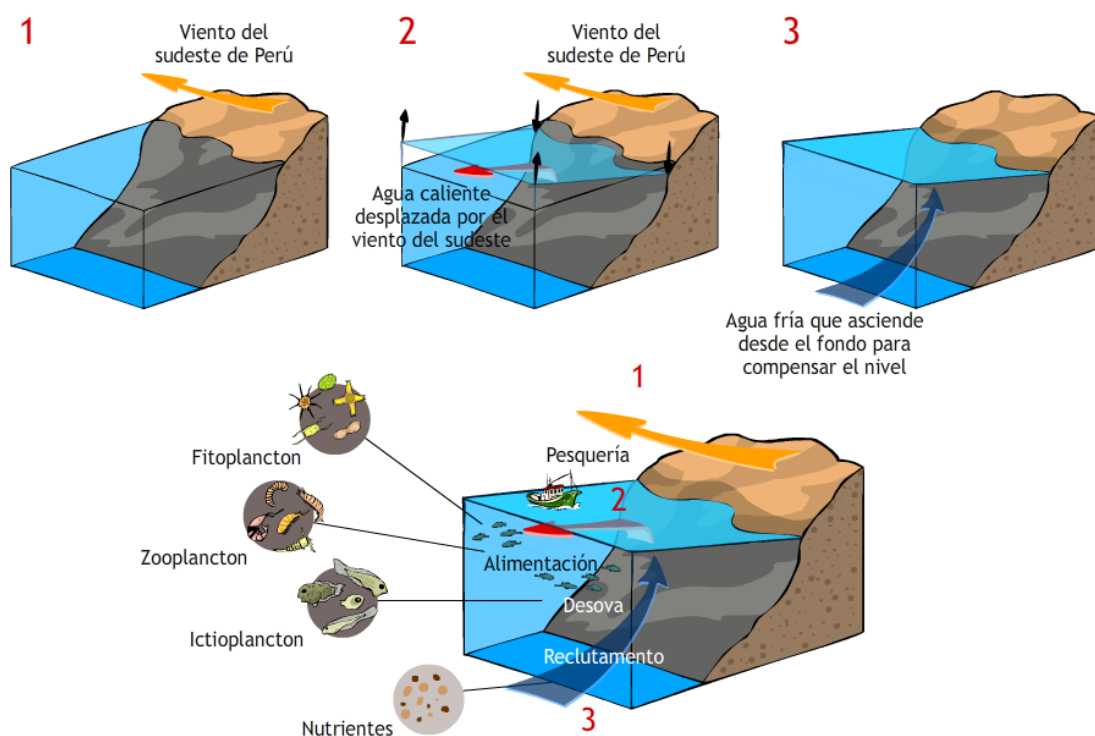
Producția caracteristică a sistemelor temperate de afluență este asociată cu o capacitate ridicată de a produce biomasă planctonică (Álvarez- Salgado et al., 1996; Figueras et al., 2002; Cermeño et al., 2006, printre altele), legată de proliferarea diatomeelor care formează rețele trofice erbivore relativ scurte. Aceste fenomene sunt asociate cu pescării importante și cu populații mari de păsări marine (Fraga, 1981; Velando, 1997; Figueiras et al., 2002).

Valoarea medie a producției primare brute în timpul sezonului de reflux a fost estimată la aproximativ 1,4 g C m⁻² d⁻¹, deși au fost înregistrate vârfuri sporadice de producție de 4 g C m⁻² d⁻¹ (Tilstone et al., 1999; Figueiras et al., 2002).

În timpul iernii, în special în perioada decembrie-februarie, această regiune este afectată de un alt eveniment oceanografic caracteristic: curentul Iberian Poleward Current (IPC) (Frouin et al. 1990; Haynes & Barton, 1990). Acest curent circulă spre pol, cuprinzând platoul continental superior al coastelor atlantice ale Peninsulei Iberice și ale Franței (Haynes & Barton, 1990), extinzându-se chiar și la latitudini mai boreale.

Acest curent are caracteristici fizico-chimice clar diferențiate, este mai cald și mai sărat decât cele tipice acestei regiuni în timpul iernii, modificând condițiile biogeochimice și modelele de distribuție spațială a comunităților planctonice (Álvarez-Salgado et al., 2003; Prego et al., 2007), și poate chiar pătrunde în interiorul Rías Baixas.

Variațiile în condițiile fizice ale coloanei de apă caracteristice episoadelor de afluență/fundare și relaxarea și stratificarea maselor de apă asociate evenimentului de afluență determină evenimente de productivitate ridicată, în care distribuția dimensională a fitoplanctonului asociată cu stările de amestecare/stratificare a coloanei de apă și forțarea hidrodinamică determină în mare măsură rata de export a materiei organice către nivelurile trofice superioare sau reciclarea acesteia înapoi în circuitul microbial (Cermeño et al., 2006).



Creșterea fluxului de apă legată de productivitatea de pe coasta peruană datorită vânturilor albastre care suflă dinspre SE, de pe uscat spre ocean.

Aceste evenimente de productivitate ridicată sunt, în general, asociate cu proliferarea anumitor populații de fitoplancton, de obicei diatomee relativ mari, care sunt favorizate de condițiile procesului de ridicare a apei, dominând astfel comunitatea fitoplanctonică și favorizând fluxul de carbon către lanțul trofic ierbivor și exportul ulterior către nivelurile trofice superioare, în timp ce în fazele de producție mai scăzută, tipice proceselor de intrare a apelor oligotrofe în timpul perioadelor de subsidență, acestea sunt asociate cu dominarea populațiilor de pico- și nanoplancton (Teira et al., 2001), care favorizează canalizarea materiei produse către reciclarea nutrienților de către comunitatea microbiană (Figueiras et al., 2002; Cermeño et al., 2006) și cu înflorirea dinoflagelatelor, inclusiv a speciilor producătoare de toxine care, acumulate de bivalvele care se hrănesc prin filtrare, reprezintă un risc pentru sănătatea umană și pentru exploatarea resurselor de crustacee (Fraga et al. 1988; Reguera et al. 2008). Aceste procese tind să genereze condiții foarte dinamice atât în coloana de apă, cât și în comunitățile vegetale, cu schimbări frecvente și cu o frecvență temporală ridicată (Bode et al., 1993).

Variațiile spațiale ale duratei și frecvenței fenomenelor de afluență, în combinație cu fenomenele de advecție a maselor de apă, guvernează ciclurile de producție ale pescuitului în largul coastelor galițiene (Tenore et al., 1995), a căror bogăție de resurse asigură menținerea unui mediu marin suficient de productiv pentru a susține diversele comunități care se dezvoltă în regiune și care permit dezvoltarea unor importante activități tradiționale de exploatare a peștilor și moluștelor.

3.1.2 Forțe motrice și presiuni antropice: populație, schimbări în utilizarea terenurilor, eutrofizare, poluare ...

Coasta galițiană este expusă la o serie de presiuni și amenințări antropice care au un impact negativ asupra ecosistemelor sale de coastă și a serviciilor pe care acestea le furnizează. Utilizările fâșiei marinocostiere sunt multiple și adesea se suprapun, cum ar fi rutele de navigație, ancorajele, zonele de pescuit, fermele de crustacee și plutele de midii, precum și activitățile portuare. Prin urmare, pe coasta galițiană, activitățile industriale și de dezvoltare urbană coexistă cu activități de servicii, cum ar fi turismul de coastă, cu prezența pescuitului la scară mică și a mariculturii, care reprezintă o parte importantă a economiei regionale.



Scoici (Cerastoderma edule) în Testal

Studiul analizei economice și sociale a strategiilor marine ale Demarcației marine a Atlanticului de Nord (MD) permite o descriere simplificată a principalelor presiuni care rezultă din interacțiunea om-costrău în Galicia. Acest studiu include o evaluare a principalelor activități economice de coastă din regiune cu un impact potențial asupra sistemelor costiere. Principalele activități identificate sunt rezumate mai jos:

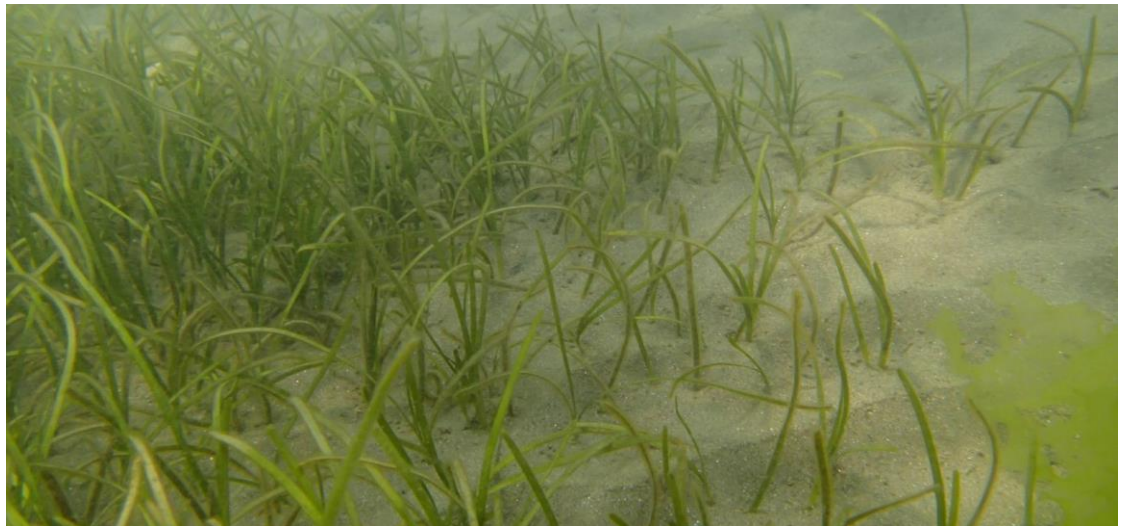
Tabelul I Principalele activități economice de coastă din regiune. Adaptat din Analiza economică și socială a strategiei marine de demarcație a Atlanticului de Nord.

Activitatea economică	Descriere	Principalele impacturi
Restructurarea fizică a râurilor, a liniei de coastă sau a fundului mării	Acesta include apărarea de coastă și protecția împotriva inundațiilor, precum și restructurarea morfologiei fundului mării	Alterarea habitatelor, poluarea, impactul asupra biodiversității

Activitatea economică	Descriere	Principalele impacturi
Extracția de resurse neviabile	Extracția de minerale, cum ar fi roci, minereuri metalice, pietriș, nisip și scoici	Degradarea habitatelor, pierderea biodiversității, perturbarea proceselor ecologice
Producția de energie	Producția de energie din surse regenerabile, inclusiv infrastructura și electricitate transport și comunicații	Impactul asupra ecosistemelor marine și costiere din cauza la instalarea infrastructurii
Extracția de resurse vii	Pescuit și pescuit de scoici, prelucrarea peștelui și a fructelor de mare	Pescuitul excesiv, degradarea ecosistemelor marine, declinul stocurilor de pește și crustacee
Cultivarea resurselor vii	Acvacultura marină, inclusiv infrastructura	Eutrofizare, pierderea habitatelor, introducerea de specii exotice
Transport	Infrastructura de transport și transportul maritim	Poluarea apei, perturbarea habitatelor, zgomotul subacvatic
Turism și agrement	Infrastructură de turism și petrecere a timpului liber și activități de turism și petrecere a timpului liber	Degradarea habitatului, poluarea, presiunea asupra resurselor naturale

• **Presiuni fizice**

Fundul mării poate fi perturbat atât în profilul său, cât și în natura sa, prin îndepărtarea sedimentelor ca urmare a instalării unor structuri îngropate, cum ar fi cablurile submarine; prin alterarea proceselor sedimentare produse de instalațiile de acvacultură; prin ancorarea navelor; prin aruncarea de materiale de dragare sau prin pescuitul cu traule, printre altele. Deși perturbările produse de aceste activități sunt temporare sau reversibile, ele produc modificări ale habitatelor și comunităților benthice.



Pajiștea de iarbă de mare Zostera din Marea Neagră perturbată de un dig

Tabelul II. Categorizarea presiunilor fizice. Adaptat din Analiza presiunilor și a impactului strategiei marine de demarcație a Atlanticului de Nord.

Tipul de presiune fizică	Descriere
Perturbări fizice ale fundului mării (temporare sau reversibile)	Acestea pot fi cauzate de diverse activități, cum ar fi apărarea de coastă, protecția împotriva inundațiilor și restructurarea morfologiei fundului mării.



Tipul de presiune fizică

Descriere

Pierderi fizice (datorate modificării permanente a substratului sau a morfologiei fundului mării și îndepărtării substratului de pe fundul mării)

Infrastructura portuară, infrastructura de apărare de coastă, recifele artificiale, platformele de explorare și exploatare a hidrocarburilor, parcurile eoliene offshore și alte infrastructuri offshore pot cauza pierderi fizice ale substratului marin.

Modificarea profilului și a naturii fondului

Extracția de sedimente de pe fundul mării, fie pentru regenerarea plajelor, pentru a mări sau a menține pescajul porturilor sau ca material de umplutură pentru infrastructura portuară, precum și crearea de plaje artificiale.

Printre presiunile fizice care cauzează schimbări permanente se numără instalarea în mediul marin a diferitelor infrastructuri care provoacă modificarea permanentă a substratului și, în consecință, alterarea comunităților benthice (infrastructuri portuare, parcuri eoliene offshore, crearea de plaje artificiale etc.).

Ancorarea navelor comerciale este activitatea evaluată care ar fi putut cauza cele mai multe perturbări ale fundului mării, deși corespunde unei probabilități scăzute de perturbare. Zonele cu o probabilitate ridicată de perturbare sunt situate în vecinătatea porturilor Marín și Vigo, în timp ce restul porturilor de interes general prezintă, în general, o zonă de perturbare mai mare decât restul porturilor, deși cu o probabilitate mai mică de perturbare, portul A Coruña ieșind în evidență cu o probabilitate moderată de perturbare în zone mai mari.

Perturbarea fundului mării duce la modificarea comunităților bentice și poate duce la distrugerea acestora, fie prin îndepărtare directă, fie prin îngropare. În cazul în care substanțele periculoase sau nutrienții sunt prezenți în sedimentele de pe fundul apei, acestea pot fi resuspendate și pot deveni parte a lanțului trofic atunci când sunt ingerate de organisme.

- **Presiuni de poluare (substanțe, deșeuri și energie)**

Acest grup de presiuni include aporturile de nutrienți din surse difuze, surse punctiforme, aporturi de alte substanțe, cum ar fi substanțele sintetice, și aporturi de deșeuri solide, inclusiv microdeșeuri. Principalele intrări terestre de nutrienți în estuare și în apele de coastă sunt evacuările directe și intrările din râuri, cu o probabilitate asociată mai mare de impact asupra corpurilor de apă cu un grad scăzut de reînnoire.

Tabelul III Clasificarea presiunilor de poluare. Adaptat din Analiza presiunilor și a impactului Strategiei marine de demarcație a Atlanticului de Nord.

Presiune	Descriere
Substanțe	Sosirea nutrienților, a materiei organice și a altor substanțe în mediul marin prin surse difuze, surse punctiforme, depunere atmosferică sau incidente majore.
Gunoaie	Prezența deșeurilor solide, inclusiv a microdeșeurilor, în mediul marin.
Energie	Aportul de energie în mediul marin prin intermediul sunetelor antropice, al descărcărilor termice și al surselor punctiforme de apă, cum ar fi saramura.

Coasta galiciană este afectată de diverse activități antropice, care se reflectă, de exemplu, în creșterea nivelului unor metale grele, cum ar fi plumbul și cuprul, în sedimente (Prego și Cobelo, 2003; Howarth et al., 2005; Evans et al., 2011). Cu toate acestea, una dintre cele mai importante probleme de mediu cu care se confruntă ecosistemul de coastă din Galicia este aportul de ape uzate urbane incomplet tratate în coloana de apă. Acest lucru are un impact semnificativ asupra unuia dintre cele mai remarcabile servicii ecologice ale coastei, cum ar fi producția anuală de cantități mari de midii sau crustacee. Acest lucru a dat naștere unei probleme socio-ecologice majore, afectând intens activitățile de producere a moluștelor, deoarece unele zone de producție de moluște au fost declarate zone B (atunci când depășesc 4 600 Escherichia coli la 100 g de carne și lichid intravalvular, în conformitate cu Regulamentul CE 854/2004) sau zone C (>46 000 E. coli la 100 g de carne și lichid intravalvular), pierzându-și valoarea comercială a produsului. Conform planului hidrologic al regiunii Galicia Costa, cele mai mari intrări directe de materie organică (cu excepția celei generate în mediul marin propriu-zis) sunt observate în estuarele Marín și Villagarcía. Cu toate acestea, doar Villagarcía este recunoscută ca fiind afectată de nutrienți, împreună cu estuarele Noia și A Coruña.



Culegător de scoici care îndepărtează scoicile moarte în Testal



Sursele de zgomot subacvatic pot fi de scurtă durată (impulsive, cum ar fi campaniile seismice sau pilotarea platformelor și a parcurilor eoliene), precum și de lungă durată (dragare, navigație și instalații energetice). Principalul aport continuu de sunete antropogene în mediul marin din această zonă de studiu este asociat cu activitatea de navigație și de transport maritim, al cărui indicator cel mai reprezentativ este densitatea traficului maritim. Cele mai ridicate niveluri de emisii sonore sunt asociate cu principalele rute de navigație, în special cu cele care trec prin dispozitivul de separare a traficului maritim Finisterre. Porturile cu cele mai ridicate niveluri medii de emisie de zgomot, apropiate de 150 dB re 1μPa, sunt cele din Vigo și Pontevedra și, într-o măsură mai mică, cele din Coruña și Ferrol, cu 140 dB.

Caz ilustrativ: Estuarul Vigo

Procesul de urbanizare, asociat pe scară largă cu dezvoltarea demografică și industrială a zonelor de coastă ale Galiciei, a dus la schimbări semnificative în ceea ce privește utilizarea terenurilor din teritoriul din jurul Rías. Cazul Ria Vigo este prezentat în mod ilustrativ ca un exemplu demonstrativ al coexistenței populațiilor umane, al activității economice asociate acestora, al modificării consecvente a ecosistemului marin, inclusiv al degradării condițiilor de calitate a apei, al producției unei cantități considerabile de crustacee și al prezenței unor ecosisteme marine bine conservate.

Studiul realizat de Fernandez et al. (2016) ilustrează rolul estuarului Vigo ca sistem model în care presiunile de mediu asupra ecosistemului costier coexistă cu o activitate importantă de extracție a peștelui și de producție de crustacee, precum și cu zone marine aproape virgine la o scară spațială redusă. În acest scop, intensitatea transformării și dinamica claselor de utilizare a terenurilor au fost evaluate cantitativ pentru perioada 1990-2006, arătând că, în această perioadă, terenurile artificiale au crescut cu 8 km², în principal din cauza noilor dezvoltări industriale și a urbanizărilor. Această valoare a corespuns la 2,1% din suprafața totală a municipiilor din zona studiată.

Analiza literaturii de specialitate privind impactul și presiunile acestui sistem a descris și cuantificat pierderea habitatelor de reproducere și de creștere a speciilor comerciale din cauza proliferării depozitelor de deșeuri și a deteriorării calității apei, în special ca urmare a aportului de nutrienți, materie organică și bacterii fecale prin intermediul râurilor mici și al stațiilor de epurare a apelor uzate care funcționează prost de-a lungul coastei.

În ciuda cantității considerabile de substanțe chimice și de bacterii fecale care pătrund în acest mediu, condițiile de calitate a apei sunt în mare măsură compatibile cu furnizarea de servicii de aprovizionare de către ecosistemul marin, datorită hidrodinamicii Rías. Cu toate acestea, poluarea în estuarul Vigo este încă semnificativă și generează o reacție socială intensă, evidențiind conflictele legate de poluare, activitățile de exploatare a peștelui și crustaceelor, urbanizarea litoralului, depozitele de deșeuri de coastă și regresul zonelor naturale protejate.

3.1.3 Atlanticul de nord-vest: productivitate ridicată și exploatare a resurselor marine

După cum s-a explicat în secțiunile anterioare, Rías Galicea sunt ecosisteme foarte productive care permit dezvoltarea unor importante activități tradiționale de piscicultură și de creștere a moluștelor, precum și o acvacultură intensă a midiilor în plute. În Galicia, pescuitul la scară mică susține peste 25.000 de locuri de muncă, cu aproximativ 10.000 de pescari (dintre care o treime sunt femei care lucrează în principal în domeniul pescuitului de scoici intertidale) și peste 17.000 de locuri de muncă indirecte (IGE - Instituto Galego de Estadística, 2021). Există peste 3.827 de nave de pescuit mici înregistrate, care operează în golfurile de coastă și în apele oceanice de mică adâncime (Xunta de Galicia, 2021). Cu mai mult de 80 de municipalități cu un sector social predominant bazat pe pescuit, multe dintre orașele și satele de coastă din nord-vestul Spaniei sunt foarte dependente de pescuit și de activitățile legate de pescuit (Villasante et al., 2022; Freire și García-Allut, 2000).

Pescuitul de scoici include creșterea, capturarea și recoltarea unei mari varietăți de specii marine clasificate în legislația privind pescuitul ca "resurse specifice". Resursele specifice includ specii sesile sau cu mobilitate redusă de mare interes comercial, inclusiv specii precum scoica de mare (*Pollicipes pollicipes*), ariciul de mare (*Paracentrotus lividus*), scoica de mare (*Ensis arcuatus*) și speciile de scoici *Venerupis rhomboides* și *Venerupis corrugata* (Navarrete, 2010). Aceste resurse sunt exploatare de pescari organizați istoric în grupuri de culegători de crustacee (cofradii și/sau cooperative), care elaborează un plan anual de exploatare (Decretul 423/1993), bazat pe cunoștințele locale ale pescarilor, cu avizul științific al tehnicienilor din cofrادی, care este supravegheat de departamentul autonom care deține competențele în acest domeniu. Aceste planuri de exploatare trebuie să includă un raport succint privind starea stocurilor de pește pe baza datelor din anii anteriori, obiectivele de producție și financiare, un plan de exploatare cu bancurile de pescuit care urmează să fie luate în considerare, precum și navele și operatorii pentru care se solicită autorizația.

Activitatea de pescuit de scoici se desfășoară atât pe jos, cât și din ambarcațiuni, în zone maritime sau maritime-terestre, cu ajutorul unor unelte selective, concepute special pentru fiecare specie. În Galicia, pescuitul de scoici are o mare importanță socială, deoarece asigură venituri pentru aproximativ 4.000 de persoane angajate în pescuitul pe jos, majoritatea femei. Pe de altă parte, pescuitul de scoici pe apă este practicat în principal de bărbați.

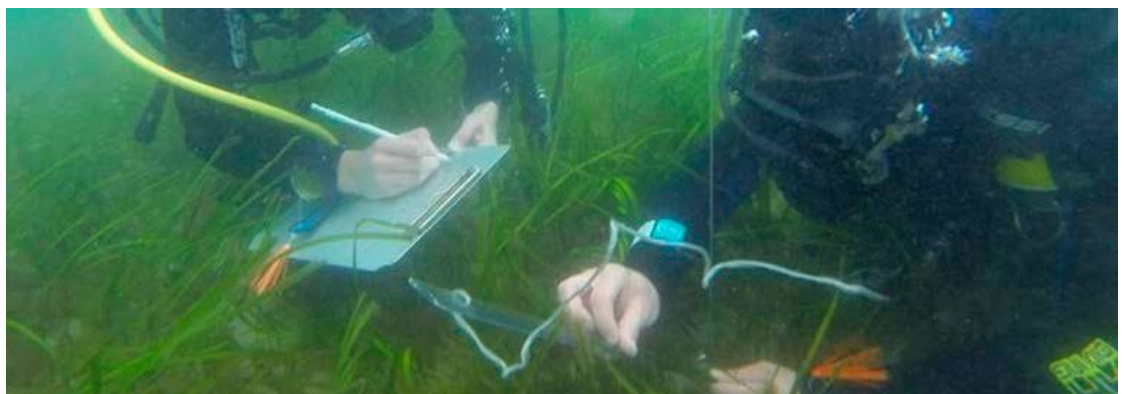


Ilustrare a pescuitului de scoici bivalve pe jos și cu barca ca impact major asupra ierburilor marine (Preluat din Barañano et al., 2021).

Conflictul de utilizări dintre pescuitul de scoici și conservarea ierburilor marine apare din cauza suprapunerii acestor două activități în aceeași zonă marină. Pe de o parte, pescuitul de crustacee este o activitate economică importantă care oferă locuri de muncă și venituri comunităților de coastă și care depinde în mare măsură de exploatarea bancurilor naturale de bivalve care se găsesc adesea în zonele în care se dezvoltă bancurile de iarbă de mare. Pe de altă parte, pajiștile de iarbă de mare sunt ecosisteme fragile și foarte productive care oferă servicii ecologice importante, cum ar fi protecția coastelor, îmbunătățirea calității apei și habitat pentru o varietate de specii marine.

- **3.1.4 Exploatarea resurselor și pierderea de servicii ecosistemice de la ierburile marine**

Iarba de mare se găsește în zonele de coastă în cadrul interfeței uscat-mare, dezvoltând pajiști dense și continue sau mozaicuri de zone cu vegetație și zone goale (Fonseca et al. 2000; McKenzie et al. 2020). Această structură spațială caracteristică a dus la formularea termenului "peisaj de iarbă de mare" în urmă cu mai bine de două decenii (Robbins și Bell 1994), care se referă la o matrice de pete de habitat conectate care prezintă o eterogenitate spațială și temporală ridicată (Boudouresque et al. 2009).



Cercetător care preia date privind acoperirea (Preluat din Barañano et al., 2021).



Trei tipuri de acoperire (Preluat din Barañano et al., 2021)

Procesul de fragmentare a habitatelor se referă atât la o reducere a ariei de distribuție a unei populații, cât și la o schimbare a configurației acesteia, modificând dispunerea spațială a petelor în care este distribuită, precum și distanțele dintre ele și conectivitatea sau juxtapunerea lor (Boström et al., 2011). Acest proces este asociat nu numai cu o pierdere a diversității, ci și cu o alterare a funcțiilor ecosistemului, în care apar o serie de modificări interdependente care afectează structura habitatului (modificări ale numărului, formei, dimensiunii și calității petelor), precum și procesele ecologice care au loc în sistem (Boström et al., 2011).

Antropizarea zonelor de coastă în care se dezvoltă pajiștile de iarbă de mare duce la o fragmentare sporită a habitatului (Montefalcone et al., 2010). În special, perturbările fizice ale pajiștilor de iarbă de mare, cum ar fi elicele navelor, ancorele pentru ambarcațiuni sau dragarea (Boström et al., 2011), nu numai că reduc întinderea pajiștilor, dar afectează și structura spațială a acestora (Montefalcone et al., 2010), ceea ce, la rândul său, modifică dinamica pajiștilor și structura trofică asociată acestui habitat (Rielly-Carroll și Freestone, 2017).



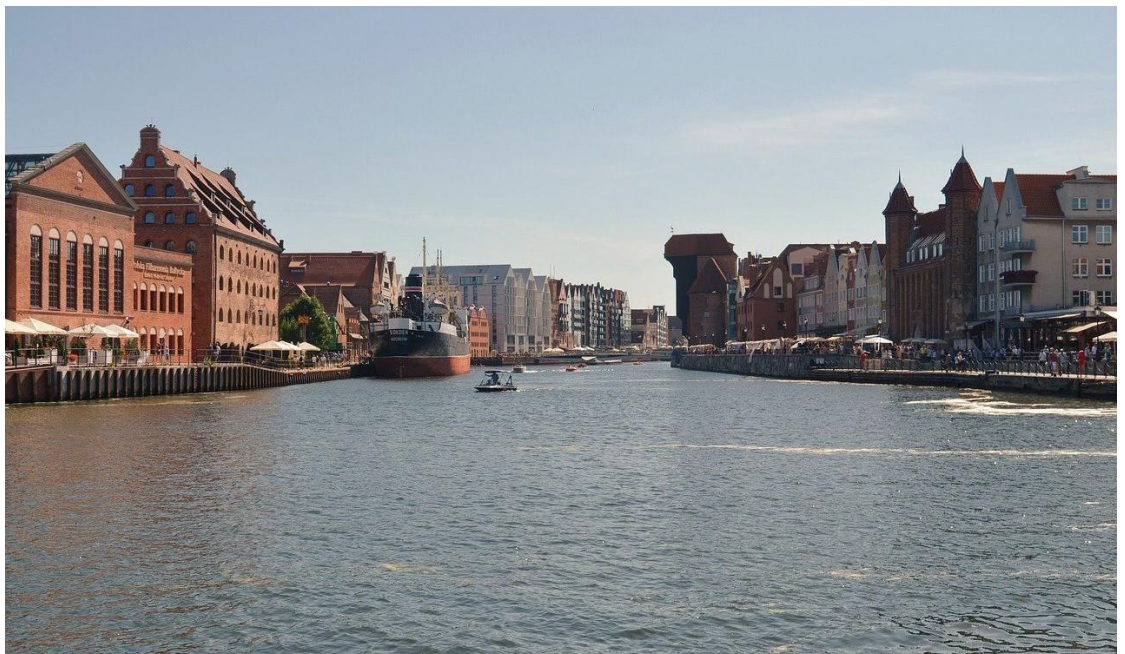
Lucrări publice și eutrofizare care pot afecta pajiștile de iarbă de mare

Cercetări recente în acest domeniu au înregistrat impactul pe care pescuitul de scoici îl are asupra ecologiei acestor ecosisteme, compromițându-le capacitatea de rezistență. S-a demonstrat că această interacțiune modifică dinamica spațială și temporală, scăzând densitatea și acoperirea, reducând capacitatea lor de stocare a carbonului și stocul de carbon sedimentar asociat. Au fost identificate, de asemenea, modele de diferențiere genetică între populațiile afectate și cele de control, legate de o scădere a variabilității genetice, care poate reduce potențialul lor evolutiv și rezistența pe termen lung.

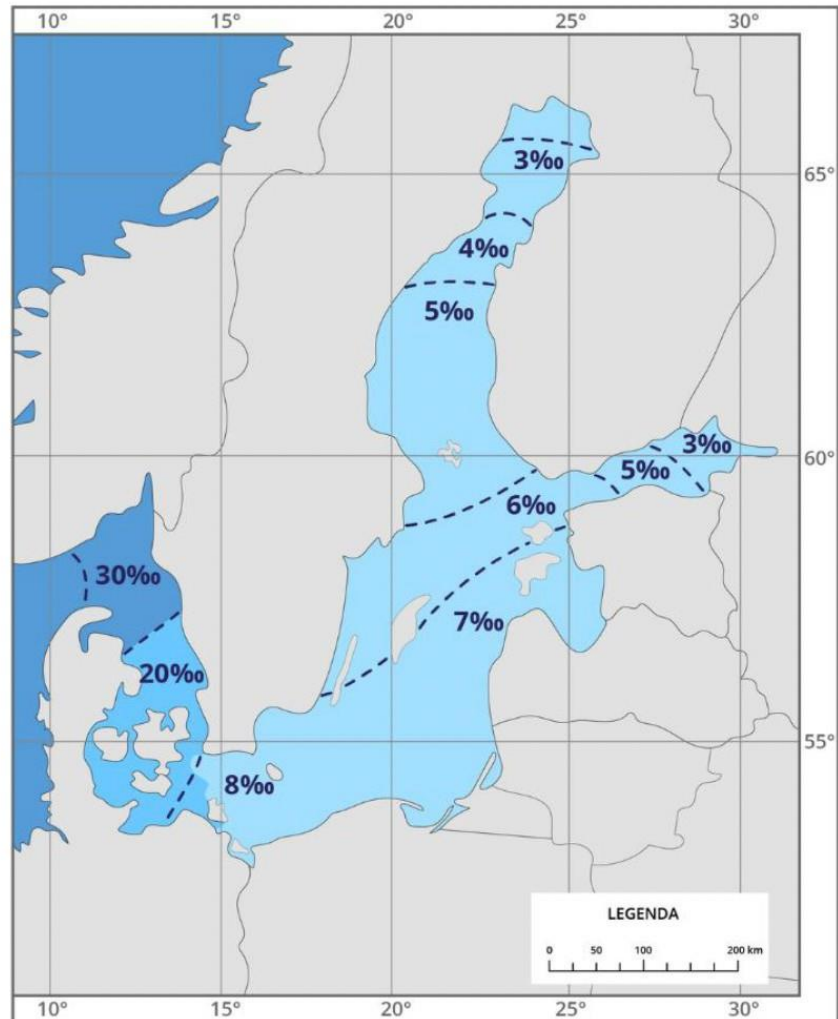
3.2 MAREA BALTICĂ

• 3.2.1 Caracteristici oceanografice

Marea Baltică este o mare interioară din nordul Europei. Este cea mai puțin salină mare din lume. Salinitatea medie a apelor baltice este de numai 7 la mie. Cele mai sărate ape ale Mării Baltice se găsesc în jurul Mării Nordului, unde salinitatea ajunge la 20 la mie.



Fotografie a Mării Baltice (preluată de la Surprising_Shot)



Harta Mării Baltice Exit

Apa sărată din Marea Baltică tinde să se scufunde pe fundul apei și să creeze acolo zone anaerobe. Apele din Marea Baltică sunt considerate salmastre, adică un amestec de apă dulce de râu și apă de mare, cu o salinitate mai mică decât cea a majorității mărilor, dar mai mare decât cea a râurilor. Ea se caracterizează printr-un bazin hidrografic foarte mare în care se varsă aproximativ 250 de râuri, dintre care cele mai mari sunt: Vistula, Oder, Neva, Neva, Kemi, Niemen, Lule, Gotha, Ångerman și Dvina, care furnizează o cantitate mare de apă dulce. Salinitatea scăzută a Mării Baltice se datorează, de asemenea, temperaturilor relativ scăzute și, în consecință, ratei mai mici de evaporare a apei.

Marea Baltică este o mare rece, temperatura apei variază în funcție de poziția geografică a localității, de la 12 la 22 de grade vara și de la 0 la 3 grade iarna. Temperatura medie a mării este de 18 grade.

Bazinul Mării Baltice este o zonă puternic industrializată și urbanizată, în care locuiesc peste 140 de milioane de oameni. Ca urmare a activităților industriale, agricole și municipale, în mare pătrund poluanți și deșeuri organice și anorganice care conțin, de exemplu, metale grele. Acestea se acumulează în apa de mare, în materiile în suspensie și în sedimente. Substanțele toxice pătrund în lanțurile alimentare, reprezentând o amenințare pentru sănătatea animală și umană.

3.2.2 Marea Baltică: procese de eutrofizare

Eutrofizarea este probabil cea mai mare problemă de mediu cu care se confruntă Marea Baltică în prezent. Principalele cauze sunt încărcăturile excesive de azot și fosfor, care provin din zonele terestre din bazinul Mării Baltice, precum și din zonele din afara bazinului. Marea Baltică a fost descrisă ca având un caracter schimbat de la oligotrofic (cu apă limpede) la puternic eutrofic în secolul XX. Cauza deteriorării transparenței apei este reprezentată de proliferarea excesivă a algelor verzi și a cianobacteriilor, cauzată de aportul de nutrienți.

Deoarece schimbul de apă cu Marea Nordului, mai sărată și mai bine oxigenată, este limitat, materia organică care cade pe fundul Mării Baltice în timpul descompunerii consumă oxigenul disponibil, activând calea de reducere a sulfatului, ceea ce duce la apariția hidrogenului sulfurat, cauzând formarea de zone moarte pe fundul apei, așa-numitele deșerturi de oxigen, unde viața peștilor și a altor organisme aerobe este împiedicată sau împiedicată. De la începutul secolului XX, suprafața zonelor moarte din Marea Baltică a crescut de peste zece ori. În prezent, acestea reprezintă aproape o cincime din fundul mării noastre și acoperă o suprafață mai mare decât Danemarca, care este cea mai mare zonă cu deficit de oxigen din mările europene.



Fotografie de eutrofizare a pajiștilor de Zostera

Râurile sunt principala sursă de nutrienți din Marea Baltică (peste 80% pentru azot și peste 90% pentru fosfor). Pe de altă parte, dacă ne uităm mai atent la poluarea transportată de râuri, cea mai importantă categorie dintre sursele antropice este poluarea provenită din activitățile agricole. Acestea reprezintă 46% din încărcătura totală de azot și 36% din încărcătura totală de fosfor care intră în Marea Baltică dinspre statele baltice. Unul dintre cei mai mari furnizori de compuși de azot și fosfor în bazinul Mării Baltice este Polonia. Acest lucru se datorează faptului că două râuri importante, Vistula și Oder, trec prin Polonia, facilitând transferul de nutrienți de pe uscat în mare. În plus, există alte trei râuri majore care contribuie la încărcarea cu nutrienți a Mării Baltice: Dvina, Neva și Neman.

Numai în 2010, 80 000 de tone de azot și 3 200 de tone de fosfor au pătruns în Marea Baltică (cifre după normalizarea în funcție de condițiile meteorologice). Aceasta reprezintă de aproape 5 ori mai mulți compuși de azot și de 9 ori mai mulți compuși de fosfor decât la începutul secolului trecut. În prezent, aproximativ 50% din nutrienții care se varsă în Marea Baltică provin din agricultură. Sursele sale sunt fecalele animalelor și îngrășămintele în exces pe care plantele nu le pot absorbi. Previziunile indică faptul că producția agricolă va continua să crească în anii următori datorită creșterii populației și a unei societăți mai bogate care consumă din ce în ce mai multă carne. Producția mondială de alimente s-ar putea dubla până în 2050, ceea ce va crește semnificativ concentrațiile de azot și fosfor în apă.

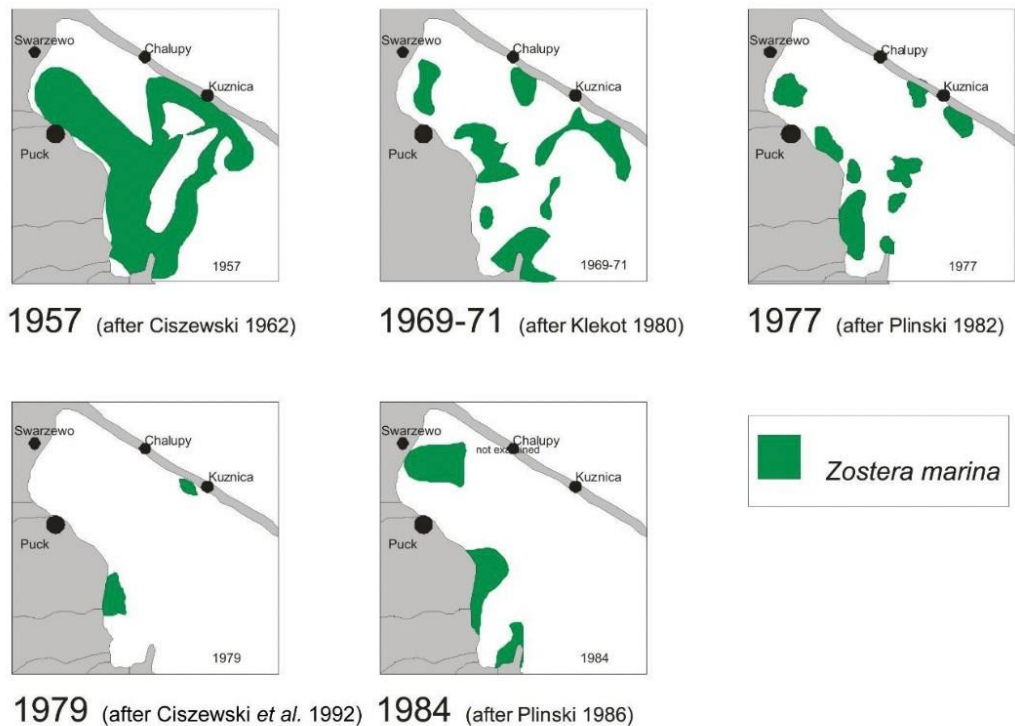
• 3.2.3 Eutrofizarea și pierderea serviciilor ecosistemice ale ierbii marine

Plantele acvatice sunt utile în combaterea efectelor eutrofizării, deoarece utilizează elementele biogene pentru procesele lor de viață, reducând concentrația acestora în corpurile de apă. Un exemplu de astfel de plantă este fanerogamul marin *Zostera marina*, care în urmă cu câteva decenii a acoperit aproape tot golful Puck, formând pajiști subacvatice la 1-2 m adâncime. Astăzi, această specie se găsește în foarte puține locuri din bazin. Pajiștile de iarbă de mare oferă habitat și zone de hrănire pentru numeroase specii de animale acvatice, stabilizează sedimentele și reduc eroziunea costieră. De asemenea, ele duc la o mai bună oxigenare a apelor de coastă și îmbunătățesc calitatea apei prin acumularea de poluanți (de exemplu, metale grele) și nutrienți în exces.

Pajiștile de iarbă de mare oferă, de asemenea, un habitat natural pentru viața și reproducerea multor specii de pești și nevertebrate, care au adesea o mare importanță economică. Exemple de specii întâlnite în pajiștile de iarbă de mare din Marea Baltică sunt scoica de nisip (*Mya arenaria*) și scoica serpentină comună (*Cerastoderma glaucum*), printre bivalve, bibanul (*Perca fluviatilis*), babușca (*Rutilus rutilus*), șalăul (*Sander lucioperca*), știuca (*Esox lucius*), plătica (*Abramis brama*) și cambula (*Platichthys flesus*) dintre pești, precum și acul de mare (*Syngathus typhle*) și ața de mare (*Nerophis ophidion*).

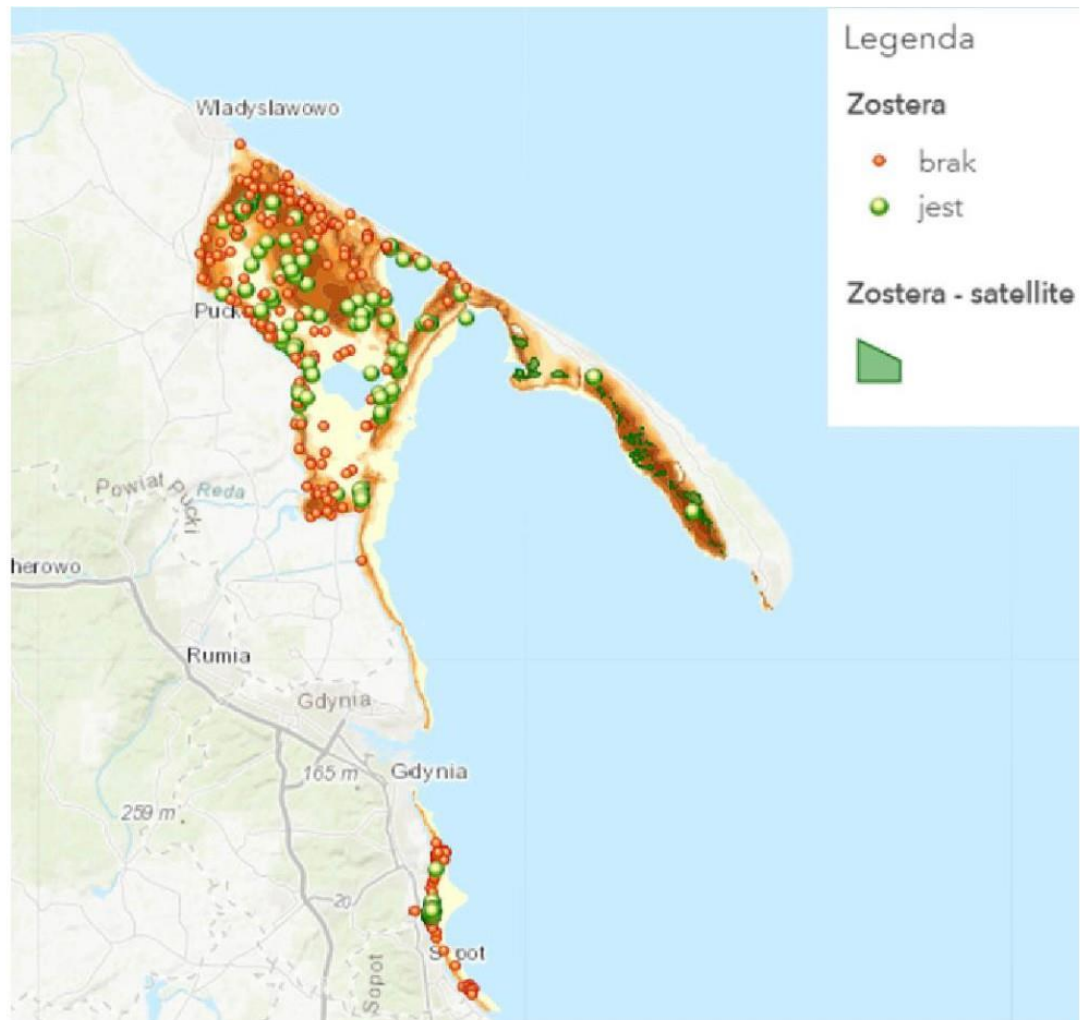
Eutrofizarea Mării Baltice contribuie la declinul a numeroase specii de plante și animale. Un exemplu de specie care se află în declin semnificativ în apele baltice ca urmare a eutrofizării este tocmai *Zostera marina*. Un alt motiv al declinului pajiștilor de iarbă de mare a fost pescuitul în masă și utilizarea acesteia în industria tapițeriei în anii 1960 ca material pentru saltele și mobilier. Începând cu anii '70, în zona de coastă s-a înregistrat, de asemenea, o creștere a exploatării nisipului, ceea ce a afectat, de asemenea, negativ populația de iarbă de mare.

Figura de mai jos arată schimbările în ceea ce privește prezența ierburilor marine în Golful Gdansk între 1957 și 1984.



Modificări în apariția pajiștilor de iarbă de mare în Golful Gdansk între 1957 și 1984

Golful Gdansk este un corp de apă cu condiții tipice pentru Marea Baltică în ceea ce privește temperatura și salinitatea (aproximativ 7-8 PSU) (SatBaltyk, 2019), iar tipul dominant de sedimente este sedimentar nisipos (HELCOM, 2018). În Golful Gdansk este posibil să se distingă regiuni caracterizate de o biodiversitate mai mare decât alte zone ale fundului mării. Una dintre acestea sunt comunitățile de așa-numite pajiști de iarbă de mare, care pot fi găsite, de exemplu, pe coasta poloneză (Fig. 1). *Z. marina* este una dintre plantele vasculare care se găsesc în Marea Baltică (Podbielkowski și Tomaszewicz, 1979).



Prezența *Z. marina* în Golful Gdansk [1].

Pajiștile submerse de *Z. marina* se caracterizează printr-o densitate mai mare de nevertebrate decât zonele adiacente neplantate (Bostrom și Bonsdorff, 1997; Włodarska-Kwalczuk et al, 2014; Dąbrowska et al, 2016). Ele oferă habitat și zone de hrănire pentru multe specii de animale, zone de reproducere pentru pești și adăpost împotriva prădătorilor pentru o mare varietate de animale (Howard și Short, 1986; Nelson și Bonsdorff, 1990; Gonciarz, 2014).

Diversitatea și densitatea ridicată a animalelor se poate datora, printre altele, numărului mai mare de refugii pe care le oferă față de prădători pentru organismele aflate în vârful lanțului trofic (Bostrom și Bonsdorff, 1997). În plus, ierburile marine joacă un rol important ca specii care pot modifica direcția curenților oceanici și stabilizează sedimentele, împiedicând astfel eroziunea fundului (Hemminga și Duarte, 2000). Sedimentele care se găsesc în straturile de iarbă de mare sunt caracterizate de o cantitate mai mare de materie organică (Bostrom și Bonsdorff, 1997), care asigură o bază alimentară pentru detritivori.

Ecosistemele pajiștilor submerse de *Zostera* sunt foarte diverse. Aici pot fi găsite multe specii de alge, plante vasculare și animale. Cele mai comune specii fitobentonice care formează acest habitat sunt, pe lângă *Z. marina*, *Zanichella palustris* și *Stuckenia pectinata* (Dąbrowska et al., 2016). Fitobentosul oferă habitat pentru multe specii de nevertebrate și vertebrate. Speciile epifaunale caracteristice complexului de pajiști *Zostera* includ melci, crustacee și larve de insecte. Midiile sunt, de asemenea, comune, de exemplu, *Cerastoderma glaucum* și midii juvenile (*Mytilus trossulus*). Moluștele, cum ar fi scoica de nisip (*Mya arenaria*) și oligochetele sunt abundente în bancurile de iarbă de mare. Alte organisme aparținând infaunei constituie o fracțiune mică (aproximativ 10 %) și includ crustacee, larve de insecte și polichete (în principal *Pygospio elegans* și *Hediste diversicolor*) (Bostrom și Bonsdorff, 1997; Dąbrowska et al., 2016). Printre macrofauna bentonică din pajiștile submerse se pot găsi mai multe specii care acționează ca specii-cheie. Printre aceste specii se numără crustacee erbivore din genul *Idotea* și midii care se hrănesc cu materie organică în suspensie. În ceea ce privește abundența, pajiștile submerse conțin un număr mare de moluște: forme juvenile de midii și melci din familia Hydrobiidae și crustacee (Bostrom și Bonsdorff, 2000; Leidenberger et al., 2012; cercetări proprii).



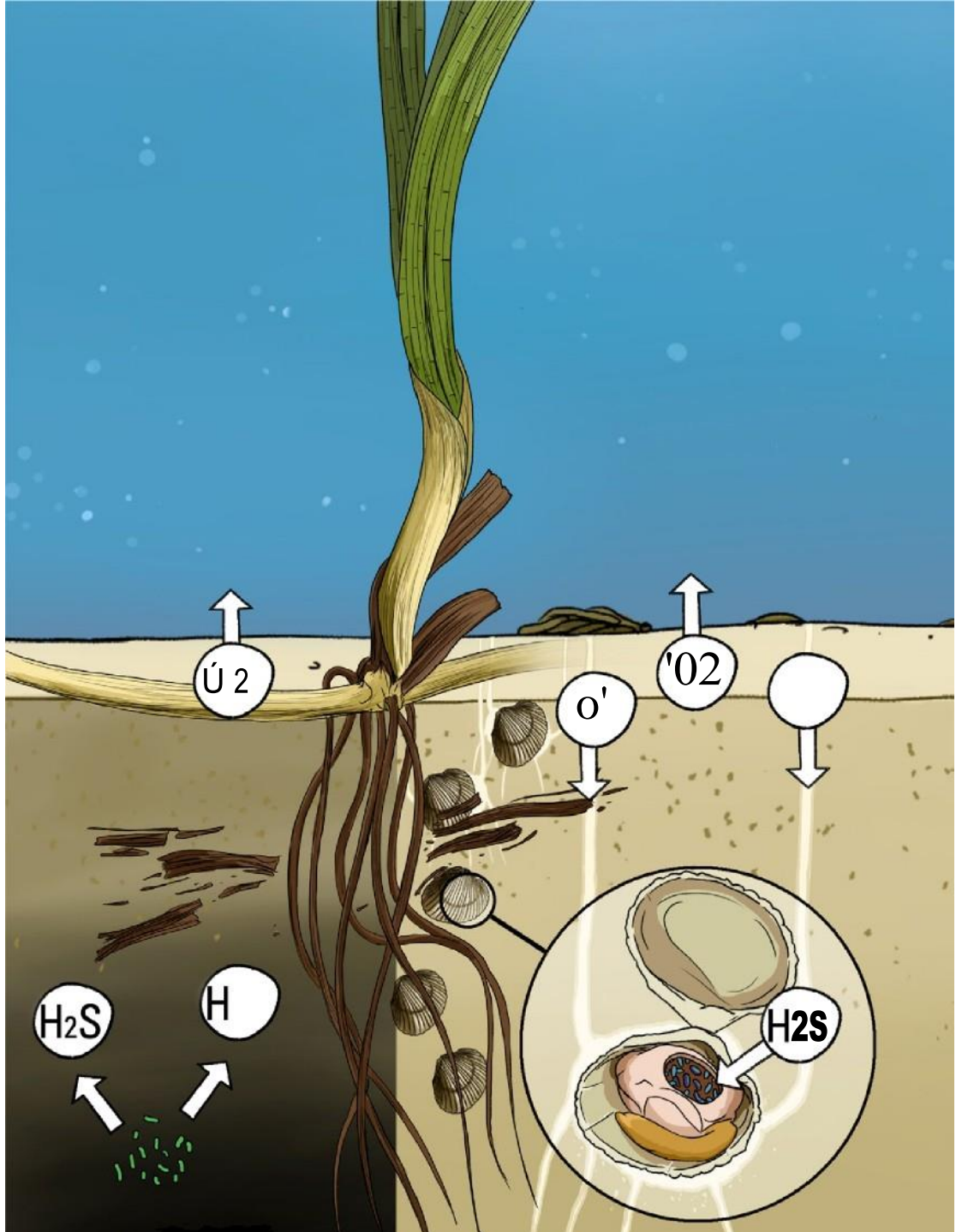
Macrofauna din straturile de iarbă de mare

Macroalgele și plantele vasculare care formează pajiștile sunt adesea acoperite de perifiton, care include flagelate fotosintetice, diatomee sedentare, alge filamentoase și organisme animale precum protozoarele și rotiferele. Microfenozele de perifiton se caracterizează prin relații trofice bine definite și uneori prezintă o structură specifică de stivuire. Baza este formată din alge, iar deasupra se depun diatomee.



Un alt element al structurii perifitonului sunt animalele, cum ar fi viermii de rădăcină, rotiferele, nematodele, peștii scorpion, gasteropodele, zburătoarele și larvele unor insecte, precum și algele care se mișcă liber printre algele mai mari (Plinski, 1995). Perifitonul poate avea un efect negativ asupra eficienței fotosintezei efectuate de ierburile marine. Acesta reduce disponibilitatea luminii, concurează cu planta pentru nutrienți și deteriorează frunzele plantelor pe care le acoperă (Howard și Short, 1986). Cu toate acestea, perifitonul este o sursă importantă de hrană pentru gasteropodele din familia Hydrobidae și crustaceele din grupul amfipodelor (Howard și Short, 1986; Dąbrowska et al., 2016). Gasteropodele care se hrănesc cu perifiton sunt cunoscute sub numele de răzuitoare: acestea au o racletă cu care răzuiesc epifitonul de pe diferite suprafețe (Plinski, 1995). Prezența acestor animale crește considerabil densitatea plantelor. Prin consumarea perifitonului, care concurează cu ierburile de mare pentru resurse, răzuitoarele permit ierburilor de mare să prolifereze. În plus, studiile arată că prezența speciilor consumatoare de perifiton reduce efectele negative ale eutrofizării: îndepărtarea perifitonului de pe frunzele de *Zostera* permite acestei specii să absoarbă mai mulți nutrienți din apă. Cantitatea redusă de nutrienți din apă nu permite creșterea unor cantități excesive de alge, adică efectele eutrofizării apei sunt reduse (Howard și Short, 1986; Philippart, 1995).

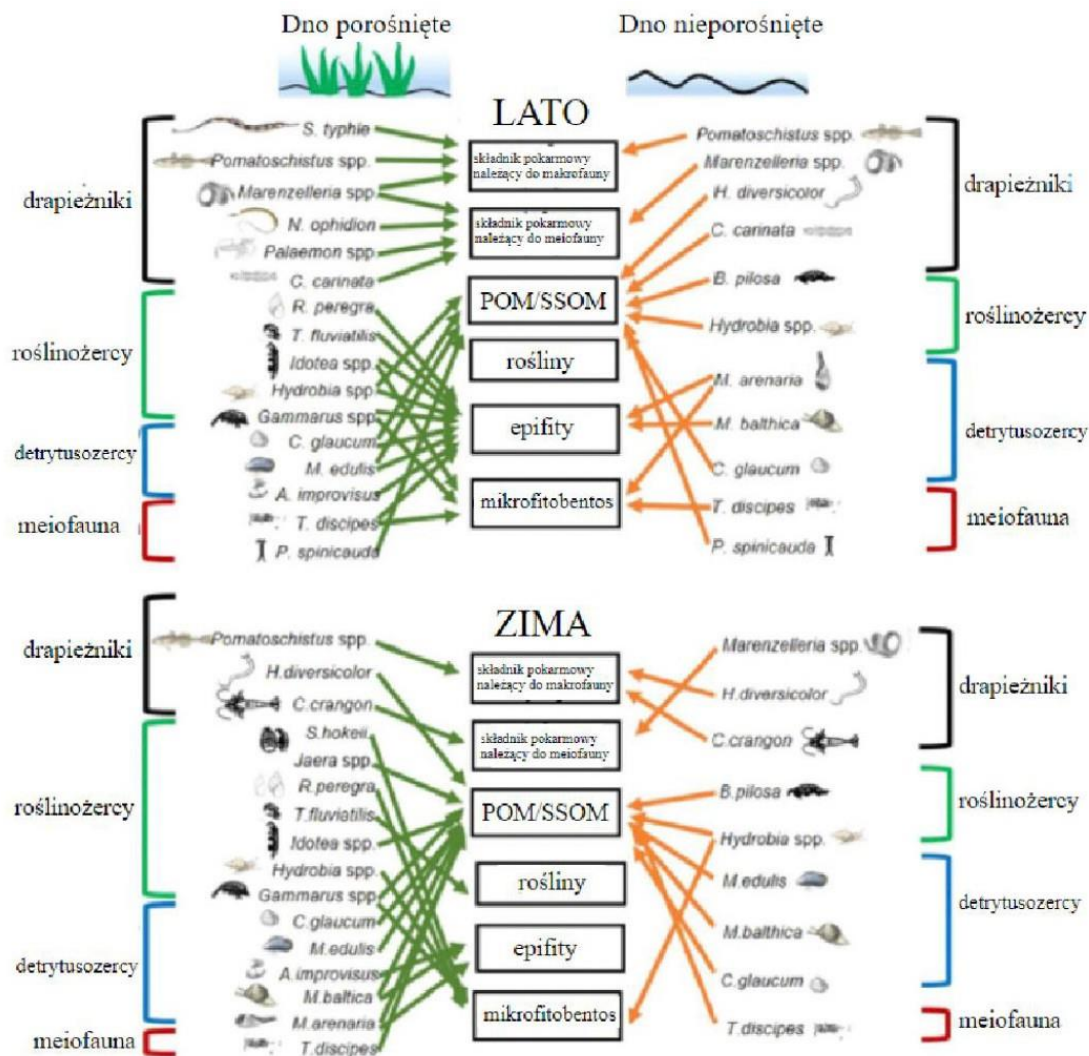
Pe lângă plantele care alcătuiesc pajiștile propriu-zise, printre organismele animale se numără bioturbatorii care se găsesc în pajiștile submerse: animale care, prin mișcare sau respirație, îmbunătățesc condițiile de viață din sedimente (Levinton, 1995; Herringshaw et al., 2010). Mijloacele lor de a obține hrană, de a se îngropa și de a trăi în sediment permit schimbul de substanțe chimice între sediment și apa de pe fundul apei și irigă și oxigenează sedimentul, împiedicând formarea condițiilor anaerobe în sediment (Levinton, 1995; Janas et al., 2017). Acest grup de organisme include în principal polichete, dar și bivalve (Janas et al., 2017).



Relații ale *Zostera* cu specii care împiedică dezvoltarea condițiilor anaerobe
(Preluat din Barañano et al., 2021).

Pajiștile de *Zostera* oferă, de asemenea, adăpost și un bun loc de creștere pentru pești precum balenele beluga și știuca (Czarnecka et al., 2013). Rata de supraviețuire a larvelor de pește în pajiștile submerse este mult mai mare decât în zonele neamenajate. Acest lucru se datorează complexității mediului de pajiște și, prin urmare, numărului mai mare de refugii pentru puiet (Heck Jr., et al., 2003). Pajiștile submerse sunt folosite ca refugiu de specii precum coniferele și șerpașii. Aceste două specii, care aparțin familiei coniferelor, s-au adaptat la viața în pajiștile submerse prin mimetism: ele se aseamănă cu ierburile în ceea ce privește aspectul și comportamentul lor. Interesant este faptul că prezența acestor pești în pajiștile subacvatice este influențată de perifitonul menționat mai sus. Peștii ac sunt mai predispuși să aleagă habitatele *Zostera* care nu sunt acoperite de perifiton decât cele care sunt acoperite. Acest lucru poate fi legat de camuflarea mai bună a peștilor printre ierburile neplantate și de abundența mai mare de *Zostera* în astfel de pajiști (Sundin et al., 2011).

Organismele care se găsesc în pajiștile submerse sunt legate între ele prin numeroase relații trofice (Fig. 2). Într-un ecosistem bogat în specii, energia circulă prin mai multe verigi ale lanțului trofic. Printre producătorii din pajiști se numără plantele vasculare, macroalgele și perifitonul. Consumatorii de prim ordin sunt în principal nevertebrate erbivore, cum ar fi gasteropodele și crustaceele. Consumatorii de ordinul doi sunt nevertebrate prădătoare (de exemplu, *Cyathura carinata* și polichetele din genul *Marenzelleria*) și vertebrate: pești și păsări. În plus, pajiștile găzduiesc, de asemenea, numeroși detritivori, cum ar fi polichete și bivalve, precum și filtratori - ciripede (*Amphibalanus improvisus*) și midii (*M. trossulus*) (Jankowska et al., 2019). Cu toate acestea, trebuie remarcat faptul că organismele care trăiesc în pajiștile submerse nu ar trebui să fie atribuite unui singur grup din rețeaua alimentară. Unele organisme, de exemplu, crustaceele din genul *Idotea*, se pot hrăni cu plante, perifiton, părți moarte de plante, dar și cu animale mai mici (*I. balthica*). Preferințele alimentare pot varia, de asemenea, în cadrul unei specii, în funcție de zona locuită. De exemplu, *C. carinata* se hrănește în principal cu meiofaună dacă locuiește în bancuri de iarbă de mare, în timp ce în bancurile marine neamenajate se hrănește în principal cu materie organică sub formă de particule (Jankowska et al., 2018).



Modelul relațiilor trofice în zona cu vegetație și în zona nevegetată (Jankowska et al., 2019).

După cum se poate observa, pajiștile de iarbă de mare sunt habitate foarte diverse. Cu toate acestea, ele sunt foarte vulnerabile la schimbările climatice și la impactul antropic (Short et al., 2011). Acești factori afectează declinul pajiștilor de *Zostera* din Marea Baltică. *Z. marina* și *Furcellaria fastigiata* sunt strict protejate în Polonia (Journal of Laws 2014, punctul 1409) și sunt incluse în Lista roșie poloneză a plantelor și ciupercilor cu categoria VU (vulnerabil) (Kaźmierczakowa et al., 2016). Prin urmare, acestea ar trebui să fie sub protecție activă pentru a preveni degradarea acestui habitat în Marea Baltică.

3.3 MAREA NEAGRĂ

• 3.3.1 Caracteristici oceanografice

Marea Neagră este o mare interioară situată la extremitatea sud-estică a Europei. Este mărginită la nord de Ucraina, la nord-est de Rusia, la est de Georgia, la sud de Turcia și la vest de Bulgaria și România (figura 3.1.1.1.1). Are o adâncime maximă de 2.210 m. Marea Neagră are o suprafață de 422.000 km² și este legată de Marea Egee prin Bosfor, Marea Marmara și Dardanele, iar de Marea Azov prin strâmtoarea Kerch. Pe teritoriul său curg numeroase râuri, printre care Dunărea, Nistrul, Bug, Nipru, Kuban, Kızıl și Sakarya. La nord se află peninsula Crimeea. Creată în momentul în care tulburările structurale din Asia Mică au separat bazinul Mării Caspice de Marea Mediterană, Marea Neagră a devenit treptat izolată (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>).



Figura 3.1.1.1. Marea Neagră
 (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>)

Este o mare cu apă sărată, dar are o salinitate mai mică decât cea a oceanelor. Salinitatea apelor de suprafață ale Mării Negre variază între 17 și 18 părți la mie, aproximativ jumătate din cea a oceanelor. În Marea Neagră, la adâncimi cuprinse între 50 și 150 de metri (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>), se înregistrează o creștere accentuată a salinității, până la 21 de părți pe mie.

Al doilea și al treilea râu ca mărime din Europa furnizează apă dulce mării și influențează salinitatea apei de mare. Aportul Dunării, al Nistrului, al Nistrului, al Niprului și al Donului joacă un rol chiar mai important în echilibrul hidric al Mării Negre (figura 3.1.1.2) decât evaporarea și schimbul de ape saline cu Marea Mediterană (care reprezintă doar 0,1% din volumul anual al mării). Primele trei râuri, împreună cu Bugul de Sud, care intră în mare dinspre nord-vest, furnizează mai mult de 70% din toată apa dulce care se varsă în mare. Râurile de pe coastele de est, sud și vest au suprafețe de drenaj mult mai mici și contribuie cu aproximativ 20% din debitul de apă dulce. Datele geografice sunt prezentate în tabelul 3.1.1.1.



Figura 3.1.1.2. Cele mai importante râuri care se varsă în Marea Neagră (conform Bat et al., 2009; Jitar et al., 2015)

Tabelul 3.1.1.1. Date geografice - Marea Neagră

(<http://archive.iwlearn.net/bsepr.org/Text/ESP/Geography.htm>)

Suprafața / km ²	423.000 (462.000 cu Marea Azov)
Adâncime/m	1271 (medie)/ 2212 (maximă)
Zona de drenaj / km ²	2,500,000
Volum /km ³	547,000
Maree /cm/	3-10
Lungimea coastei / km/	4090
Numărul de insule / km ²	Aproximativ 10 (cu o suprafață mai mare de 0,5)

• 3.3.2 Forțe motrice și presiuni antropice

Deși a fost mult timp populară pentru stațiunile sale de la malul mării, Marea Neagră a suferit în ultimele decenii din cauza poluării grave. Pescuitul are o istorie îndelungată în regiune și a asigurat întotdeauna un venit bun pentru o parte din populația de coastă, cu excepția ultimelor patru decenii, când pescuitul industrial a înregistrat o reducere importantă atât a cantității, cât și a varietății capturilor. În prezent, capturile de pește ale Turciei sunt în fruntea regiunii, urmate de cele ale Ucrainei și Rusiei, în timp ce Bulgaria, România și Georgia au capturi simbolice.



Producția industrială din regiune se bazează nu numai pe agricultură, ci și pe resursele minerale și energetice locale, precum și pe competențele și tradițiile populației locale. Zăcămintele de cărbune și de minerale oferă materii prime pentru energia termică și metalurgie, în special în Ucraina, Rusia și Turcia. În alte țări, orașele de coastă s-au dezvoltat deseori ca centre industriale importante, pur și simplu pentru că porturile lor servesc ca porți de acces pentru importuri sau exporturi (<http://archive.iwlearn.net/bsepr.org/Text/ESP/Geography.htm>).

Turismul este o industrie relativ nouă în regiune. Aceasta oferă opțiuni foarte bune pentru combinarea turismului maritim convențional cu turismul balnear și cultural. În anii 1960-80, de-a lungul coastei de vest au fost înființate stațiuni impresionante, inclusiv stațiuni mari pentru turiștii internaționali, cum ar fi Sunny Beach și Nisipurile de Aur din Bulgaria și Mamaia din România.

Partea românească a Mării Negre este cea mai exploatată zonă turistică din România. De-a lungul coastei mării se află 2 municipii, 2 orașe mai mari și 2 orașe mai mici, precum și numeroase stațiuni de vară. Principalele orașe, dar și principala zonă de interes, unde se află cele mai multe stațiuni și atracții turistice, se află în județul Constanța; celălalt județ riveran este județul Tulcea, ambele făcând parte din regiunea istorică Dobrogea. Orașul principal, care este considerat și capitala acestei regiuni, este Constanța (290.000 de locuitori). Al doilea ca mărime este Mangalia (50.000 de locuitori), apoi urmează orașul Năvodari (39.000 de locuitori), ambele în județul Constanța. Alte orașe sunt: Constanța - Constanța, Constanța - Constanța, Constanța - Constanța: Sulina (3.300 de locuitori) (Tulcea), Eforie (10.000 de locuitori) și Techirghiol (7.000 de locuitori) (https://ro.wikipedia.org/wiki/Litoralul_rom%C3%A2nesc).

Poluarea cu metale grele a Mării Negre este o problemă multinațională cauzată de activitățile antropice din apropierea zonelor de coastă și a râurilor care se varsă în mare. Este important să se identifice fiecare sursă de poluare, dar este destul de dificil să se prezinte un inventar al surselor punctiforme și difuze de poluare, din cauza activităților și evacuărilor transfrontaliere numeroase și variate (Jitar et al., 2015).

Tabelul 3.1.2.1. Principalele surse antropice și tipul de activitate desfășurată (Jitar et al., 2015)

Surse antropogene	Tipul de substrat
Port (bărci mici și iahturi) și activități turistice	Rocky
A1 - Stația municipală de epurare a apelor uzate Constanța Nord	Rocky
A2 - Constanța Sud - stație municipală de epurare a apelor uzate (care tratează și apele uzate din port)	Rocky
A3 - Eforie Sud - stație de epurare a apelor uzate municipale	Stâncos și nisipos
A4 - Mangalia - stație de epurare a apelor uzate municipale	Stâncoasă și nisipoasă
Activități turistice	Sandy

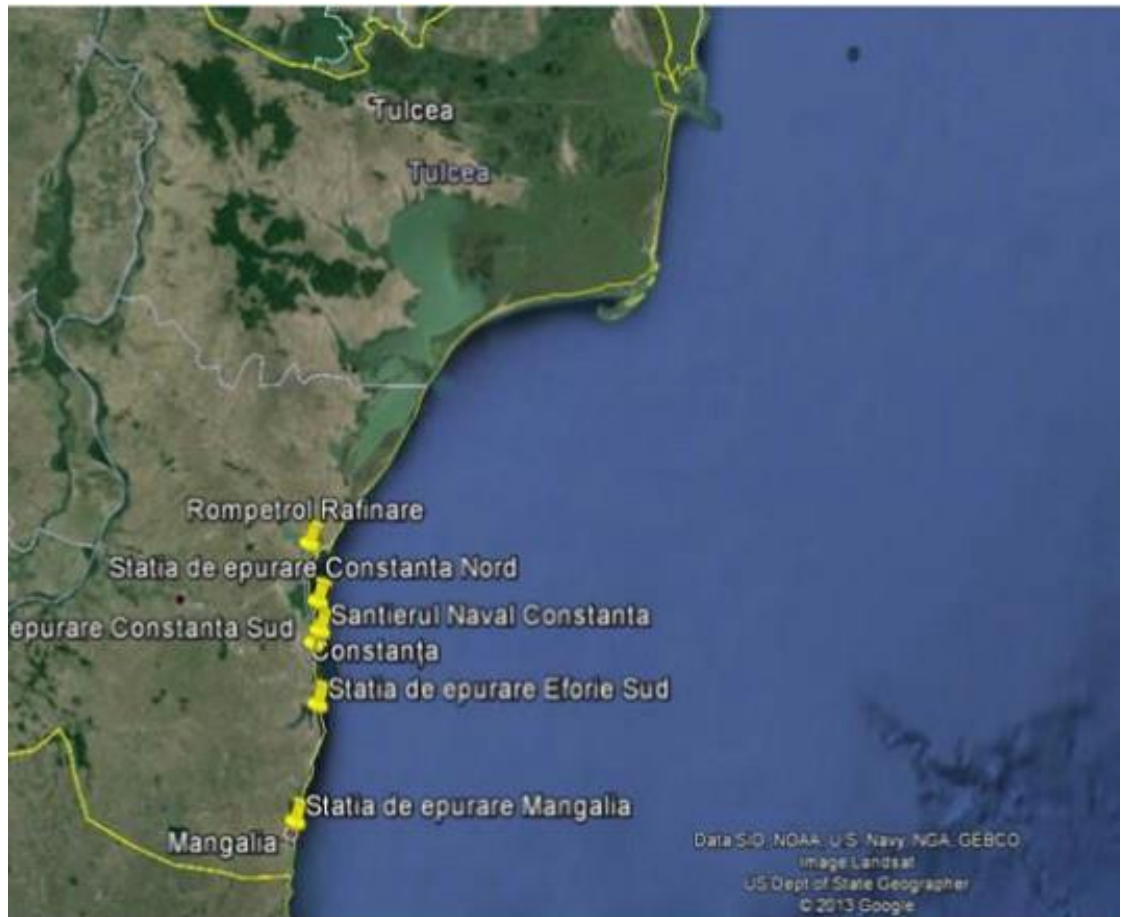


Figura 3.1.2.1. Principalele surse punctiforme de poluare localizate de-a lungul litoralului românesc (Google Earth, Jitar et al. 2015).

Conform surselor oficiale de informare furnizate de programul național de monitorizare a Mării Negre (INCDM "Grigore Antipa" și Administrația Bazinală Dobrogea-Litoral, ABADL), principalele surse de poluare cu metale grele pentru sectorul românesc al Mării Negre sunt: Dunărea, poluarea locală, sursele din zona litorală românească și sursele de poluare situate în sectorul ucrainean al Mării Negre (Jitar et al., 2015) (Figura 3.1.2.2.).

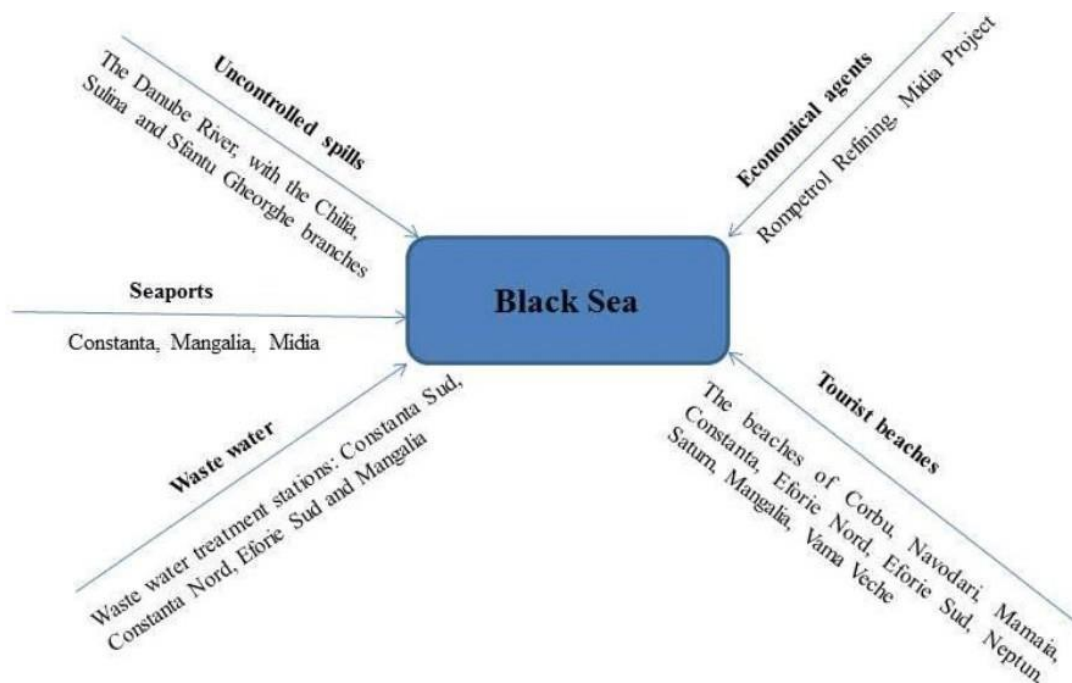


Figura 3.1.2.2. Surse localizate de poluare pe litoralul românesc al Mării Negre
(<https://www.spiritbsb.online/sources-of-pollution-and-pollutants-from-the-coastal-area-of-the-black-sea-in-romania/>)

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină - GeoEcoMar a identificat următoarele presiuni majore cu un impact masiv asupra ecosistemelor marine în general și a pajiștilor de *Zostera* în special:

Sufocare (de exemplu, punerea în funcțiune a structurilor artificiale sau aruncarea de nămol de dragare);

Obstrucție (de exemplu, prin construcții permanente);

- Modificări ale sedimentării (de exemplu, în timpul deversărilor, al creșterii debitelor sau al dragării/evacuării de nămoluri de dragare);

Eroziunea (de exemplu, din cauza impactului asupra fundului mării din cauza pescuitului comercial, a transportului maritim, a manevrelor de ancorare);



- Introducerea de specii alogene și translocări; schimbări majore
- în regimul de salinitate;
- Modificări semnificative ale regimului de temperatură;
- Introducerea de nutrienți și alte substanțe bogate în azot și fosfor; Introducerea de
- substanțe organice (de exemplu, ape uzate, maricultură), aluviuni);
- Introducerea de organisme microbiene patogene;
- Extracția selectivă (de exemplu, datorită explorării și exploatării resurselor biologice și nebiologice de pe fundul și subsolul mării);
- Introducerea de compuși sintetici;
- Introducerea substanțelor și compușilor nesintetici;
- Introducerea radionuclizilor.

În conformitate cu referințele UE (Directiva 2000/60/CE de stabilire a unui cadru de acțiune comunitară în domeniul apei (DCA); Directiva 91/676/CEE privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați proveniți din surse agricole; Directiva 2008/98/CE privind deșeurile; Directiva 91/271/CEE privind tratarea apelor urbane reziduale; Directiva 2006/7/CE privind gestionarea calității apei pentru scăldat; Directiva 2000/59/CE privind instalațiile portuare de preluare a deșeurilor provenite din exploatarea navelor și a reziduurilor de încărcătură, astfel cum a fost modificată prin Directiva 2002/84/CE, Directiva 2007/71/CE și Regulamentul nr. 137/2008; Directiva 2009/123/CE de modificare a Directivei 2005/35/CE privind poluarea cauzată de nave și privind sancțiunile aplicabile în cazul încălcării MARPOL 73/78; Convenția pentru protecția Mării Negre împotriva poluării - Protocolul privind protecția mediului marin al Mării Negre împotriva poluării prin aruncare de deșeuri; Directiva 2011/92/UE privind evaluarea efectelor anumitor proiecte publice și private asupra mediului; Directiva 2001/42/CE privind evaluarea efectelor anumitor planuri și programe asupra mediului Regulamentul (UE) nr. 1380/2013 privind politica comună în domeniul pescuitului; Directiva 92/43/CEE privind conservarea habitatelor naturale și a speciilor de faună și floră sălbatică (Directiva Habitate); Convenția internațională pentru controlul și gestionarea apei de balast și a sedimentelor navelor; REGULAMENTUL (CE) NR. 708/2007 AL CONSILIULUI privind utilizarea politicii comune în domeniul pescuitului; Directiva 92/43/CEE a Consiliului privind conservarea habitatelor naturale și a speciilor de faună și floră sălbatică (Directiva Habitate); Convenția internațională pentru controlul și gestionarea apei de balast și a sedimentelor navelor; Regulamentul (CE) nr. 708/2007 al Consiliului privind utilizarea speciilor exotice în acvacultură și a speciilor absente la nivel local;



Regulamentul (UE) nr. 1143/2014 privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor exotice invazive Linile directe ale OMI pentru controlul și gestionarea depozitelor biologice marine în vederea reducerii la minimum a transferului de specii acvatice invazive (Rezoluția MEPC 207/62)), sunt propuse o serie de măsuri menite să protejeze ecosistemele marine:

- Gestionarea și reducerea surselor difuze de poluare, inclusiv a depunerilor atmosferice;
- Elaborarea Planului regional de acțiune privind deșeurile marine (o metodologie regională comună pentru a cuantifica deșeurile marine, a identifica sursele, a depista infractorii etc.);
- Îmbunătățirea gestionării deșeurilor de nave;
- Organizarea coordonată și/sau sprijinirea unor campanii regulate (anuale) de sensibilizare a mediului de afaceri (agenți comerciali, operatori de plajă, pescari etc.) și a publicului (turiști, studenți, copii etc.) cu privire la sursele și consecințele deșeurilor marine asupra mediului și la necesitatea de a recicla deșeurile;

Crearea de instalații în locurile de debarcare pentru a se ocupa de deșeurile marine colectate de pescari și de deșeurile organice rezultate din prelucrarea capturilor la bordul navelor/navelor;

Facilitarea și punerea în aplicare a unor practici ecologice de "pescuit din deșeuri";

- Modificarea legislației existente, acolo unde este necesar, prin introducerea unui regim de autorizare pentru activitățile din mediul marin;
- Desemnarea zonelor în care este permisă utilizarea uneltelor de pescuit cu traul cu bărne și observarea pe termen lung a impactului acestora;
- Elaborarea/actualizarea planurilor de gestionare a AMP în conformitate cu cerințele DCSM și incluzând atât RO naționale, cât și comune - Obiective BG Crearea unor rețele coerente și reprezentative de AMP, inclusiv AMP din România și Bulgaria, inclusiv planuri de gestionare. Monitorizarea sporită a activităților reglementate în ariile marine protejate;

Crearea de coridoare ecologice între ariile marine protejate;

Crearea de hărți de risc pentru habitatele din ariile protejate Natura 2000;

- Armonizarea planificării spațiului maritim (MSP) cu planul de zonare pentru a sprijini măsurile de protecție și conservare a speciilor și habitatelor;

•

•



- Armonizarea planificării spațiului maritim (MSP) cu planul de zonare pentru a sprijini măsurile de protecție și conservare a speciilor și habitatelor;
- Elaborarea de hărți de distribuție a speciilor marine protejate (la scară regională/națională) în cadrul zonelor de protecție marină (de exemplu, *Zostera*);
- Îmbunătățirea planurilor de gestionare prin elaborarea de măsuri de conservare pe termen mediu și lung pentru MPA;
- Evaluarea funcțiilor și serviciilor ecosistemice.

• 3.3.3 Infrastructura de coastă și pierderea serviciilor ecosistemice ale ierbii marine

În Marea Neagră, *Zostera noltei* și *Zostera marina* sunt ierburi marine abundente, dar se cunosc puține lucruri despre sensibilitatea lor la dezvoltarea costieră.

Conform Raportului privind starea mediului în Marea Neagră, în deceniile anterioare s-a observat un declin considerabil al fanerogamelor *Zostera marina* și *Z. noltei* (iarbă de mare). În ultimii 30 de ani, populația de iarbă de mare a crescut de zece ori în apele de mică adâncime. Principalul motiv al degradării comunităților de *Zostera* a fost mobilizarea nămolului prin dragare în zona de coastă. Această sărăcire a comunității de macrofite a fost observată în multe zone cu fundul stâncos și a dus la declinul actual al biodiversității în nord-vestul Mării Negre (<http://www.blacksea-commission.org>).

Multe dintre structurile de apărare a coastei (stâlpi, diguri și diguri) de-a lungul coastei sudice a României s-au deteriorat, iar eficacitatea lor în controlul eroziunii plajelor și în protejarea coastei a fost redusă semnificativ (Halcrow UK et al., 2011-20).

Refacerea digurilor și construirea de plaje artificiale pe litoralul românesc al Mării Negre reprezintă o amenințare majoră atât pentru supraviețuirea pajiștilor de iarbă de mare (*Zostera noltei*), cât și pentru majoritatea habitatelor Natura 2000 prezente în sit.

MODULUL 2: CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ PENTRU TRANSPUNEREA DIDACTICĂ

Pentru a furniza dovezi, date și probe care să permită argumentarea în cadrul investigației științifice școlare prezentate în Ghidul didactic configurat în Modulul 3, au fost concepute două experimente care să faciliteze transpunerea didactică a cercetărilor științifice colectate în acest itinerar de formare. În concordanță cu căutarea a ceea ce este cel mai paradigmatic din punct de vedere curricular al Științelor Școlare în cadrul abordării "O singură sănătate", au fost selectate cele două investigații care sunt incluse în prima anexă din ultima secțiune a acestui document (Anexa I).

a. Primul experiment: CONTROLUL ORGANISMELOR NOXIOASE PRIN PRADEREA DE ZOSTERA. Scopul este de a forma studentii în ceea ce privește cunoștințele de bază și dobândirea de date și justificări care să le permită să argumenteze cu privire la capacitatea Zosterei de a controla creșterea diferitelor tipuri de microorganisme marine care sunt dăunătoare pentru oameni.

b. Al doilea experiment: TESTUL privind conținutul de materie organică în SEDIMENT. Scopul este de a forma elevii în ceea ce privește cunoștințele de bază și dobândirea de date și justificări care să le permită să argumenteze cu privire la capacitatea Zosterei de a filtra sedimentele și de a acționa în arena carbonului albastru prin eliminarea carbonului din atmosferă și prin faptul că acționează ca un rezervor de dioxid de carbon.



Elevii discută despre datele și dovezile obținute în urma unei activități de laborator în cadrul unei anchete privind serviciile ecosistemice ale ierburilor marine.



1. O DESCRIERE A POTENȚIALULUI DE A DEMONSTRA CAPACITATEA IERBURILOR MARINE DE A ÎMBUNĂȚĂȚI SĂNĂTATEA UMANĂ

Pentru a dezvolta argumente în cadrul cercetărilor științifice școlare, este nevoie de dovezi, pe modelul "O singură sănătate" al OMS, privind contribuțiile de mediu ale ierburilor marine care să permită luarea în considerare a sănătății umane. Una dintre problemele majore care pot rezulta din consumul de bivalve pentru sănătatea umană este producția de toxine de către algele dinoflagelate care provoacă marea roșie. Primele intoxicații au fost raportate abia în 1976, an în care au avut loc intoxicații în Elveția și Franța din cauza consumului de midii exportate din Galicia, cu 23 de spitalizări grave din cauza toxinelor paralizante la acea dată. De asemenea, în acel an, în Spania, au avut loc spitalizări în Santiago de Compostela și Segovia. Simptomele persoanelor otrăvite spitalizate au fost paralizia musculară.



Apă de mare cu nuanțe roșiatice



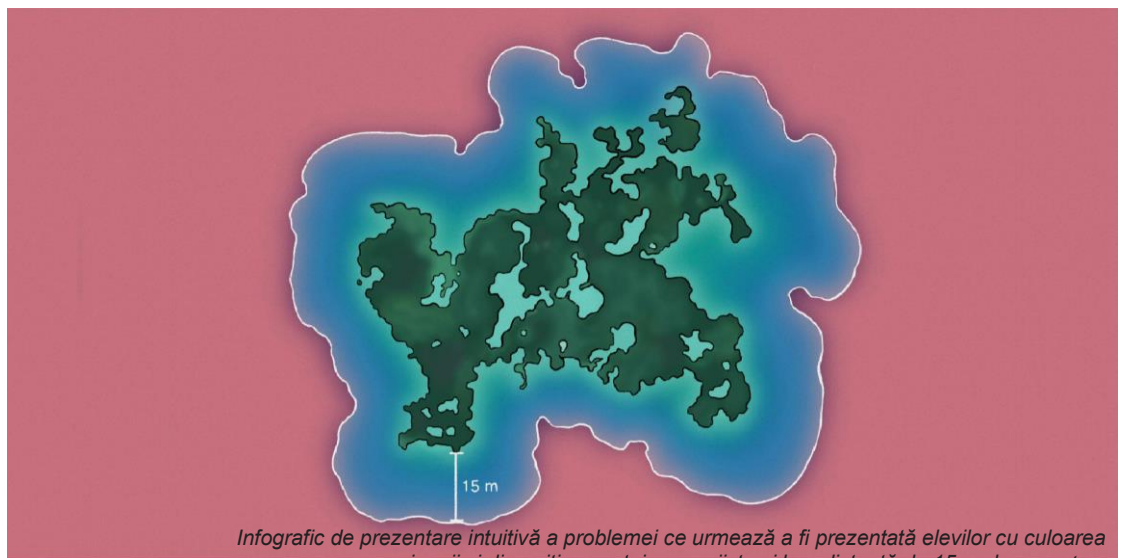
*Grupuri de elevi care colectează dovezi pentru argumentele lor în cadrul unui proces de cercetare.
 în științele școlare cu privire la funcțiile pajiștilor Zostera*

Mai mult, aceste procese didactice de argumentare pot fi interesante pentru a-i introduce pe elevi în transpunerea didactică a metodei științifice aplicate de cercetători în favoarea serviciilor ecosistemice și a sănătății umane. Pentru a extinde valoarea *Zosterei* în interpretarea beneficiilor pajiștilor asupra sănătății umane, concomitent cu introducerea rolului nociv al dinoflagelatelor, este interesant să profităm de ocazie pentru a prezenta și celălalt tip de specii dăunătoare pentru om, și anume microorganismele patogene, în principal bacteriile, care, spre deosebire de dinoflagelate, care sunt eucariote unicelulare din regnul protocista, bacteriile aparțin regnului monera, deci sunt procariote unicelulare. În acest scop, următoarele studii de caz sunt formulate într-un format de argumentare pe probleme autentice.

- **1.1 Problema reală 1: Poate *Zostera* să ajute la reducerea toxinelor din marea roșie?**

Într-o lucrare de cercetare recentă publicată în 2020 (a se vedea anexa I), aceștia au studiat compoziția comunității de microalgii care trăiesc în apa din interiorul și din jurul ierburilor marine, concentrându-se în special pe dinoflagelate, deoarece acesta este grupul de microalgii din care fac parte cele mai multe dintre microorganismele producătoare de toxine din mare. Ei au observat că aceste organisme erau semnificativ mai puțin abundente în zona în care sunt prezente pajiștile. În toate cazurile, abundența a fost mai mare în zona dominată de sedimente goale. Continuând analiza aceluiași studiu, se observă că, atunci când se compară abundența dinoflagelatelor deasupra pajiștilor cu abundența acestor organisme la distanțe din ce în ce mai mari față de aceste pajiști, se concluzionează că abundența scăzută a dinoflagelatelor nu se produce numai deasupra pajiștilor, ci se observă și în zonele adiacente acestora, cel puțin până la o distanță de 15 m de pajiște.

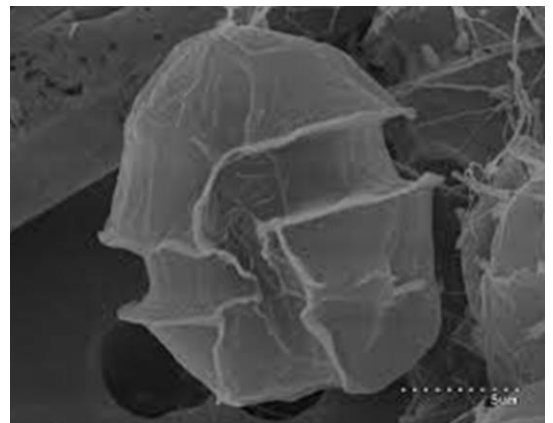
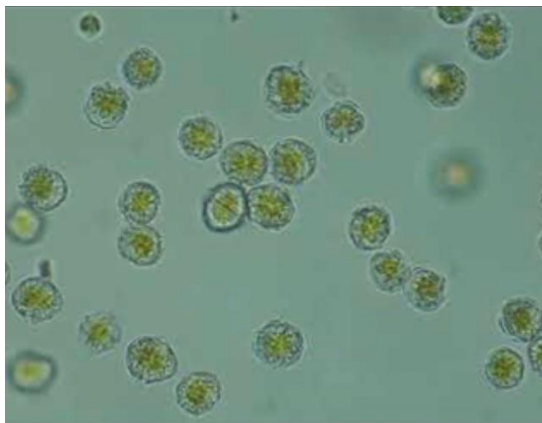
1. Interpretarea problemei: Profesorul poate aborda problema la nivelul școlii pornind de la infograficul de mai jos, în care o pajiște de iarbă marină care iese din apele puțin adânci este vizualizată ca o pată verde. Apa roșiatică este asociată cu prezența unei dinoflagelate din genul *Alexandrium*. Ceea ce apare într-un perimetru de 15 metri în albastru este apa de mare fără prezența dinoflagelaților.



Infografic de prezentare intuitivă a problemei ce urmează a fi prezentată elevilor cu culoarea mării roșii și dispariția acesteia pe pajiște și la o distanță de 15 m de aceasta.

2. În acest mod se poate avansa în dezvoltarea argumentației care permite colectarea dovezilor necesare pentru interpretarea problemei:

- a. De ce credeți că sunt mai puține dinoflagelate în pășuni?
- b. În cazul în care numărul scăzut se menține la o distanță de 15 metri, așa cum arată datele, există ceva în structura plantei care să oprească dinoflagelatele?
- c. Dacă răspunsul este negativ, puteți pune întrebarea: Pot plantele să influențeze și declinul la o distanță de 15 metri? Dacă da, cum ar exercita această influență?
- d. În cultura experimentală, cercetătorii au inclus dinoflagelate din genul *Alexandrium*. Care este interesul lor pentru acest gen, având în vedere efectele marelor roșii asupra oamenilor?



Grup de dinoflagelate *Alexandrium* (a) și detaliu al uneia dintre ele (b)

e. Dacă se confirmă faptul că, cu cât concentrația de *Zostera* este mai mare, cu atât concentrația de *Alexandrium* este mai mică, care sunt consecințele acestei dovezi?

3. Formularea ipotezei: Oferiți un răspuns la problemă prin anticiparea soluției (formularea ipotezei), ținând cont de formularea problemei, folosind cuvintele: abundența pajiștilor și dinoflagelate.

4. Li se spune că vor testa veridicitatea ipotezei folosind 5 flacoane cu cultură de *Alexandrium* și 5 flacoane cu cultură de *Alexandrium* + plantă de *Zostera*. Pentru a continua argumentarea pentru rezolvarea acestei probleme, se pune următoarea întrebare: De ce ne dați 5 flacoane de fiecare tip? Nu ar trebui să ajungă doar un singur flacon?

5. Pentru a continua să integreze datele care implică cunoștințe de bază care îi permit să justifice validitatea și respingerea ipotezei, este interesant să argumenteze urmând acest eșafodaj:

a. Priviți graficul care prezintă rezultatele obținute în cazul amestecurilor celor două specii și răspundeți:

- Într-unul dintre flacoane nu există materii dizolvate eliberate de plantele de *Zostera*.

Care dintre ele și de ce? Justificați-vă răspunsurile.

Care este specia la care se ridică concentrația de materie eliberată de *Zostera*? Ce beneficii intenționăm să descoperim pentru sănătatea umană din relațiile dintre specii?

În ce măsură absența mării roșii la o distanță de până la 15 metri de pajiște ar fi putut duce la cultivarea speciilor de interes nu cu *Zostera*, ci cu materia dizolvată eliberată de *Zostera*?

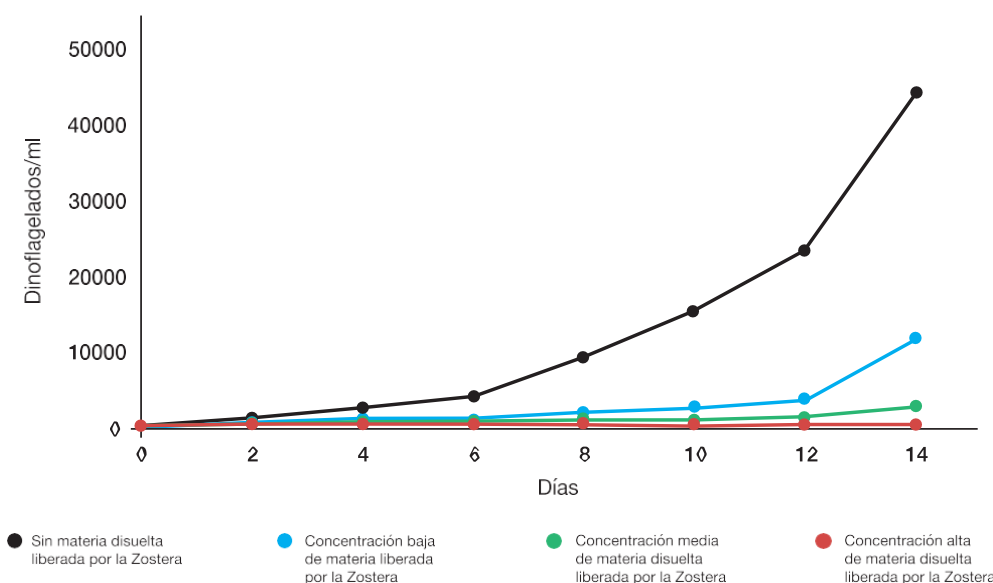
- Care sunt concentrațiile fiecărei culori?

Care este relația dintre concentrația de materie eliberată de *Zostera* și densitatea dinoflagelatei?

- Câte zile a durat ancheta?

Ar avea aceeași valoare dacă timpul de experimentare ar fi de 6 zile? Justificați-vă răspunsul.

În ce măsură rezultatele susțin sau infirmă ipoteza? Justificați-vă răspunsul.



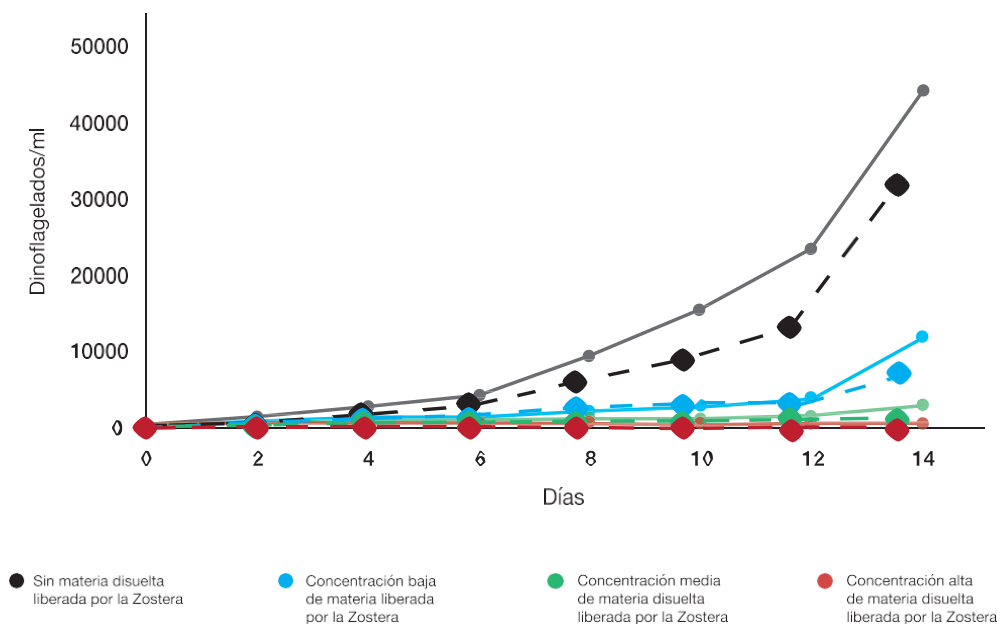
Fiecare diagramă colorată are o concentrație de material dizolvat din *Zostera marina*, fiind absentă în negru (maron) și avansând în concentrație în ordinea: albastru (mai puțin concentrat), verde și roșu (mai concentrat).

b. Cercetătorii au verificat dacă pe pajiște există mai multe specii care ar putea influența rezultatul și au descoperit că pe suprafața plantei se aflau multe bacterii. În acel moment au introdus antibioticele în cercetare.

- De ce este introdus antibioticul în studiu?

- Când s-a introdus antibioticul, s-a repetat experimentul anterior, dar de data aceasta adăugând mai mult antibiotic în rezultatele exprimate cu ajutorul graficelor punctate, care păstrează concentrațiile corespunzătoare culorii lor, dar în acest caz încorporând și antibiotic. Care va fi motivația cercetătorilor cu această extindere a testelor?

- Uitați-vă la rezultatele obținute de ei cu cele obținute acum, ținând cont că rezultatele cu antibiotice sunt cele reprezentate de linia punctată. Cum influențează antibioticul creșterea dinoflagelatei în timp?



Graficele din figura 51 sunt repetate, iar creșterile de dinoflagelate sunt adăugate cu linii punctate cu aceleași concentrații de Zostera (indicate prin fiecare culoare), dar cu linia continuă indicând că se adaugă și antibioticul.



• Ce ne spun rezultatele introducerii antibioticelor despre creșterea populațiilor de dinoflagelate?

• Dacă efectele asupra reducerii protozoarelor în pajiștile de *Zostera* se manifestă până la 15 m de plante, având în vedere rezultatele introducerii antibioticului, cum se explică aceste rezultate?

c. Având în vedere rezultatele introducerii antibioticelor, formulați o concluzie justificată folosind cuvintele: compus, creștere, eliberat, bacterie.

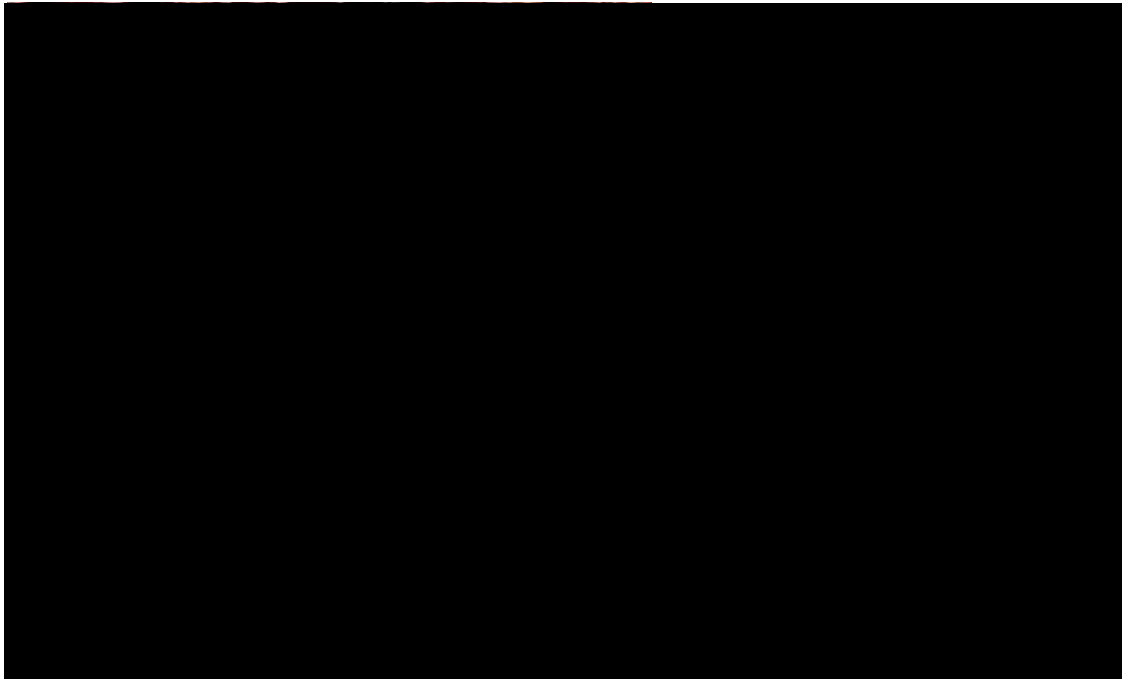
d. Deși atunci când dinoflagelatele sunt cultivate numai cu compuși eliberați de *Zostera* în prezența antibioticelor și când acești compuși poartă antibiotice, se obțin efecte asupra creșterii dinoflagelatelor, efectele nu sunt aceleași. Exprimați concluzia privind diferențele de creștere a protozoarelor implicând cuvintele: inhibitor, bacterie, producător.

e. Ajunși la această ultimă concluzie, cercetătorii au decis să elimine ceea ce trăiește la suprafață (în principal bacterii și alge microscopice) și au efectuat un nou experiment, comparând creșterea dinoflagelatelor pe plantele cu epifite cu cea a plantelor fără epifite. S-a constatat că dezvoltarea dinoflagelatelor este semnificativ mai mică la plantele cu epifite. Având în vedere acest ultim test și ținând cont de toate testele anterioare, formulați o concluzie privind efectele pajiștilor asupra creșterii dinoflagelatelor folosind aceste trei cuvinte: compus, algă, inhibitor.

6. Odată dezvoltată această argumentație, este interesant să le oferim informația că nu se cunoaște substanța chimică care inhibă creșterea lui *Alexandrium*. Pornind de la acest lucru, se va organiza o dezbatere în care se va argumenta despre necesitatea de a cerceta ceea ce a fost descoperit pentru a avansa în descoperirea necunoscutului. Li se va cere să facă propuneri pentru a progresa în descoperirea a ceea ce ne lipsește. De asemenea, ca o concluzie, în cadrul rezoluției, vor argumenta despre importanța menținerii sănătății ecosistemelor pentru a ne menține sănătatea noastră.

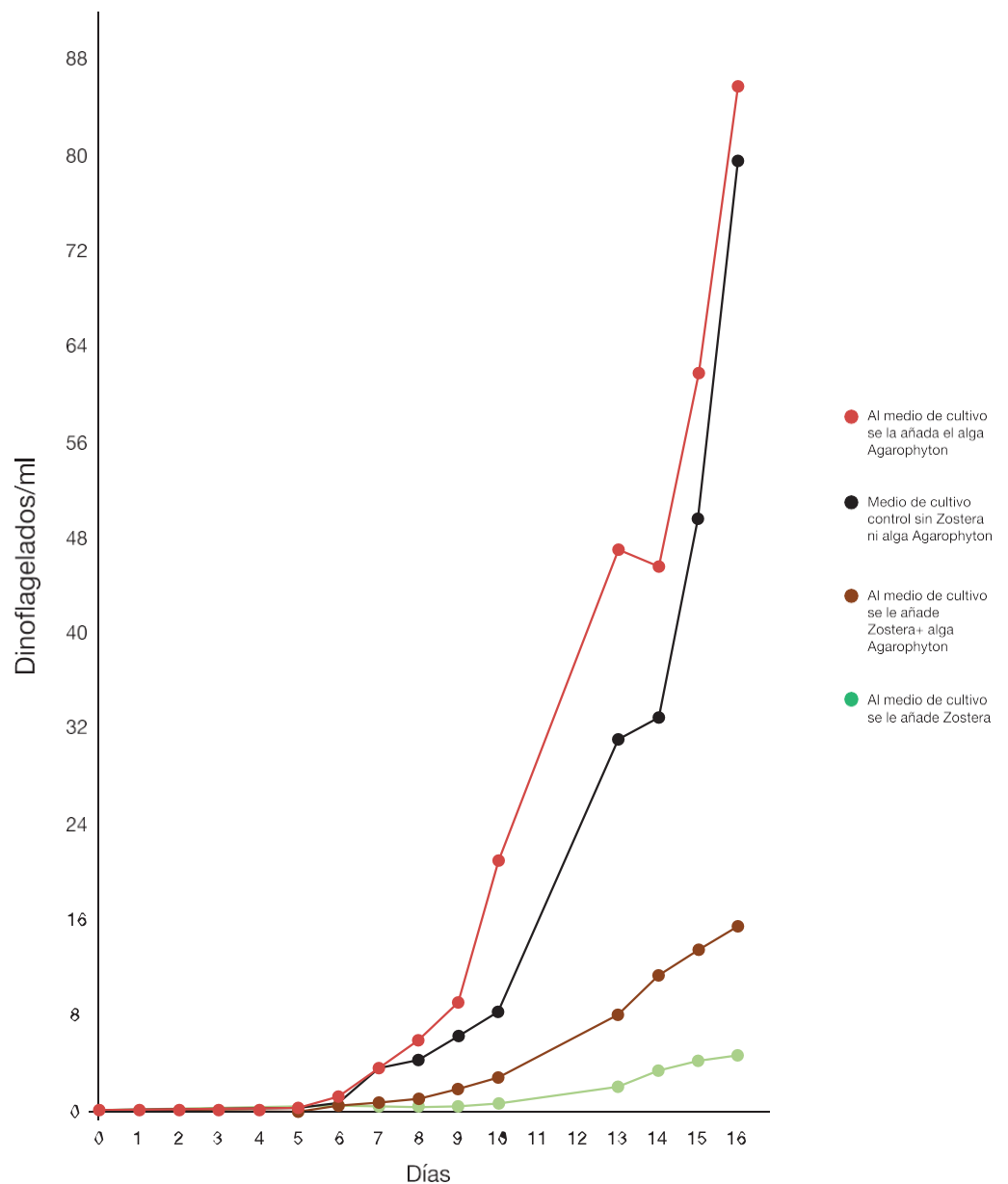
1.2 Problema autentică 2: Algele invazive din ierburile marine pot afecta activitatea inhibitoare a dinoflagelatelor?

Odată ce s-a ajuns la concluzia că inhibarea creșterii dinoflagelatelor se poate datora producerii de substanțe solubile și că acestea se pot schimba atunci când alte specii intră în joc, invazia pajiștilor de *Zostera* de către o algă roșie invazivă ridică o nouă întrebare. Această nouă întrebare poate fi formulată după cum urmează: poate prezența algelor invazive să întărească sau să contracareze efectul inhibitor al *Zostera* asupra dinoflagelaților toxici?



Alga roșie invazivă Agarophyton într-o pajiște de Zostera (sus) și detaliile acesteia (jos).

Pentru a răspunde la această nouă întrebare, se propune un nou model care va compara creșterea *Alexandrium* incubat în prezența *Zostera* sau în prezența algelor invazive cu cea a *Alexandrium* crescut fără prezența acestor organisme. De asemenea, se incubează cu *Zostera* și cu algele. Rezultatele obținute în urma noului experiment sunt prezentate în graficul de mai jos:



Tratamentul de control fără alge sau Zostera în negru, creșterea dinoflagelatelor cu Zostera în verde, creșterea dinoflagelatelor doar cu alge Agarophyton în roșu și creșterea dinoflagelatelor cu Zostera și Agarophyton în maro.

După ce problema a fost extinsă pentru a încorpora variabila apariției algelor invazive pe pajiști, a fost realizat un nou experiment, ale cărui rezultate sunt prezentate în acest grafic. Pe baza rezultatelor exprimate în grafic, se propune din nou cadrelor didactice un scurt eșafodaj formulat în acești termeni:

a. Comparați creșterile exprimate de linia verde (*Zostera* + dinoflagelatul *Alexandrium*) cu martorul negru (doar dinoflagelatul), cum afectează prezența *Zosterei* creșterea dinoflagelatului *Alexandrium* în comparație cu tratamentul de control (linia verde în comparație cu martorul negru)?

b. Acum comparați linia roșie (algă *Agarophyton* + dinoflagelat *Alexandrium*), Cum influențează prezența *Agarophytonului* creșterea dinoflagelatului *Alexandrium* în comparație cu tratamentul de control (linia roșie în comparație cu cea neagră)?

c. În cele din urmă, cum se compară cultura dinoflagelatei împreună cu *Zostera* și algele invazive (linia maro) cu tratamentul de control (linia maro comparată cu cea de control în negru)?

8. Odată ce se concluzionează că invazia algelor stimulează creșterea dinoflagelatelor și diminuează efectul inhibitor al *Zostera*, se poate propune.

a. Când o pajiște de iarbă de mare este colonizată de algele invazive *Agarophyton*, în ce măsură poate cauza efecte asupra sănătății?

b. Această algă a fost introdusă în estuarele galițiene odată cu cultivarea unei stridii asiatice. Ce concluzii putem trage cu privire la comoditatea căutării de noi resurse cu specii străine?

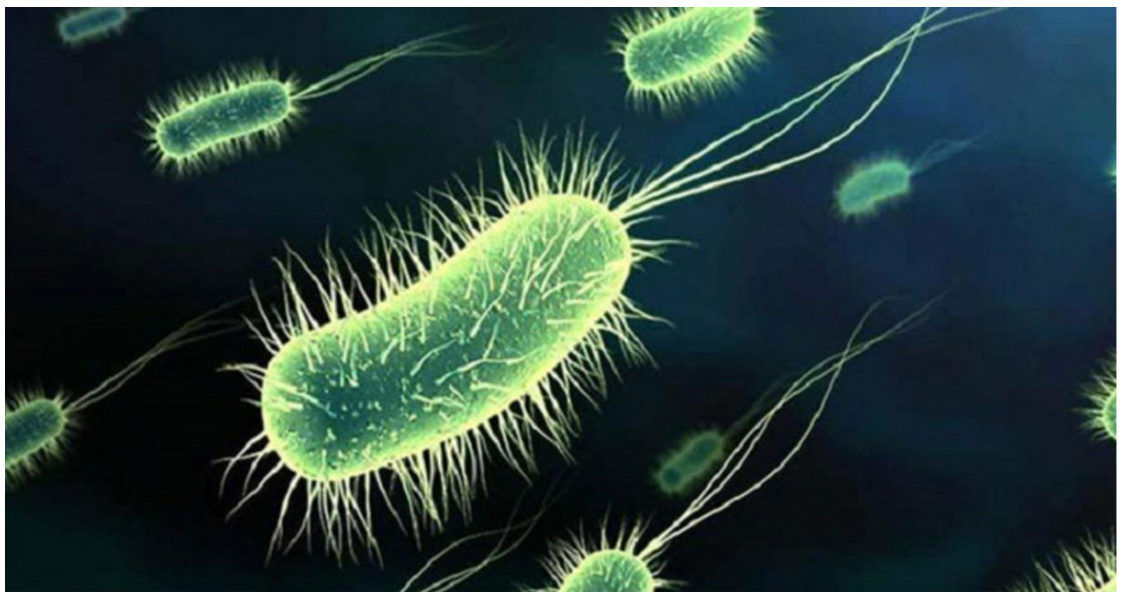
Din nou, este clar că prezența *Zostera* inhibă creșterea *Alexandrium* în comparație cu tratamentul de control (linia verde în comparație cu cea neagră). Cu toate acestea, prezența algelor *Agarophyton* chiar stimulează creșterea acestui dinoflagelat în primele etape de creștere (linia roșie). Atunci când dinoflagelatul este cultivat împreună cu *Zostera* și cu algele invazive, efectul inhibitor se menține, deși intensitatea sa este mai mică (linia maro).

• **1.3 Problema reală 3: Poate *Zostera* să ajute la reducerea bacteriilor patogene?**

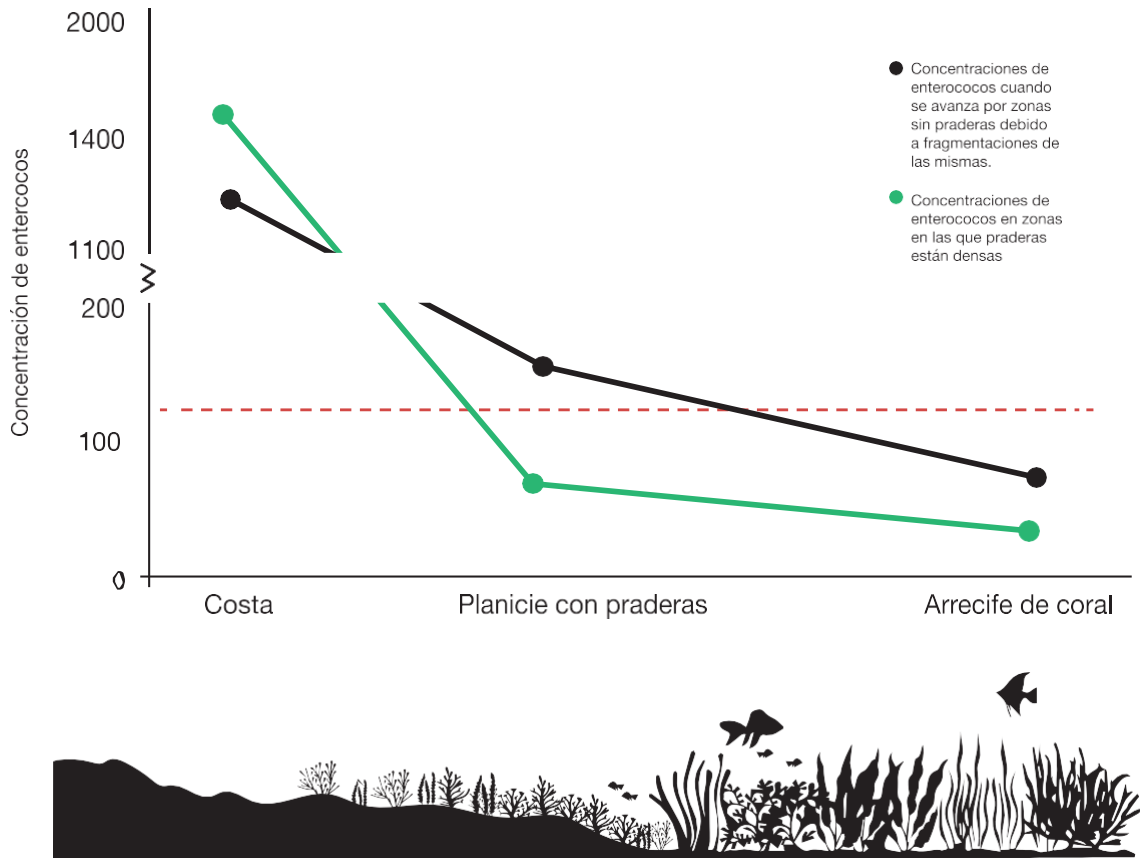
Eșafodajul de argumentat în căutarea soluției 1 duce la concluzia că prezența *Zosterei* are capacitatea de a controla creșterea dinoflagelatelor toxice. Căutarea mai multor servicii ecosistemice ale pajiștilor de *Zostera* ridică adevărata problemă cu privire la această relație dintre mediu și sănătate, cu abordarea "One Health" a acestei întrebări:

Va avea *Zostera*, care s-a dovedit a inhiba creșterea dinoflagelatelor, aceeași capacitate de a reduce cantitatea de bacterii patogene din apa de mare înconjurătoare?

Argumentarea concluziei care oferă un răspuns la această problemă se bazează pe următoarele date: *"În cadrul unei cercetări efectuate în apele australiene, cercetătorii au căutat posibile legături între Zostera și reducerea cantității de bacterii patogene (enterococi). Pentru a face acest lucru, ei au măsurat concentrația de enterococi între zona intermediară situată între coastă și recif pentru a compara concentrația de enterococi (bacterii intestinale) în zonele de Zostera și au obținut datele exprimate în grafic".*



Fotomicrografie a bacteriilor enterococi patogene



Pajiște de iarbă de mare între coastă și reciful de corali

Cu ajutorul datelor exprimate în grafic, se propune propunerea de eșafodaj pentru a obține justificările necesare pentru a ajunge la concluzia dorită:

1. În reprezentarea concentrației de enterococi, linia verde se referă la concentrațiile de enterococi din zonele în care este prezentă *Zostera*, linia neagră se referă la concentrațiile din zonele în care pajiștile sunt absente, iar linia roșie discontinuă exprimă nivelurile de bacterii patogene care nu mai ating abundența care să reprezinte un risc pentru sănătatea umană.

a. Sunt concentrațiile de enterococi mai mari, egale sau mai mici în zonele în care este prezentă *Zostera* (linia verde) în comparație cu zonele în care nu există pășuni (linia neagră)?

b. Dacă ne uităm la zona Flat, cum se compară concentrațiile de enterococi din zonele în care este prezentă *Zostera* (linia verde) cu cele din zonele în care nu există pășuni (linia neagră) în raport cu limita stabilită ca risc pentru sănătatea umană (linia roșie punctată)?

2. Concluzia care trebuie trasă, cu justificările obținute cu ajutorul eșafodajului în două etape propus, este că enterococii (bacterii intestinale) sunt în mod clar mai puțini în zonele în care este prezentă *Zostera* (linia verde), în comparație cu zonele în care nu există pășuni (linia neagră). De asemenea, ar trebui să se concluzioneze că prezența pajiștilor face ca nivelurile de bacterii patogene să atingă abundențe care nu depășesc limita stabilită ca fiind un risc pentru sănătatea umană (linia roșie punctată).

Odată ajunsă la această concluzie, argumentația este dusă prin provocarea următoarei întrebări: Cum poate influența pajiștea de *Zostera* scăderea enterococii? Pentru ca argumentația să se îndrepte spre concluzia care răspunde la această întrebare, se urmează acest eșafodaj:

- 1.** Un fapt cunoscut este că pajiștile de iarbă de mare sunt bogate în biodiversitate în ceea ce privește speciile de filtrare a microorganismelor. Cum poate avea acest lucru un impact asupra declinului enterococii?
- 2.** Care este serviciul ecosistemic al ierbii de mare de a împiedica microorganismele patogene să ajungă la noi atunci când mâncăm crustacee crude, cum ar fi stridiile sau scoicile?

2. DESCRIEREA POTENȚIALULUI DE ARGUMENTARE A INFLUENȚEI SECHESTRĂRII CARBONULUI DE CĂTRE PAJIȘTILE DE *ZOSTERA* ASUPRA ATENUĂRII SCHIMBĂRIILOR CLIMATICE (FUNȚIE DE CARBON ALBASTRU)

Știm că aceste pajiști de iarbă de mare, cum ar fi cele din genul *Zostera*, care sunt răspândite în aproape toate oceanele europene, sunt în declin la nivel global din cauze precum schimbările climatice, speciile invazive, poluarea marină și lucrările publice. Aceste pajiști marine sunt esențiale pentru unul dintre serviciile ecosistemice de care avem nevoie, și anume carbonul albastru. Această funcție constă în sechestrarea și fixarea carbonului, o funcție ecologică prioritară pentru omenire, datorită importanței excesului de gaze cu efect de seră din atmosferă care provoacă încălzirea globală.



Emisiile de gaze cu efect de seră la o instalație industrială

De aceea, trebuie să avem grijă de toate căile de absorbție a C de care avem nevoie acum pentru sechestrare, cum ar fi pajiștile de iarbă de mare, care sunt acum în declin la nivel global. Pentru ca sechestrarea să fie eficientă, oamenii nu trebuie să intervină în pajiștile de iarbă de mare timp de secole sau chiar mii de ani. Există o nevoie urgentă de a proteja această funcție, deoarece este mai importantă ca niciodată pentru a atenua schimbările climatice, iar paradoxul este că schimbările climatice în sine contribuie la declinul ierburilor marine. Prin urmare, pentru a preveni deteriorarea acestor pajiști, este important să se ia măsuri stricte de conservare pentru a se asigura că anumite zone de pajiști nu sunt folosite pentru exploatare, cum ar fi pescuitul de scoici sau traul, și, de asemenea, pentru a evita impactul lucrărilor publice și al ancorării navelor. Aceste nuclee care trebuie protejate trebuie să fie suficiente pentru ca aceste sisteme să fie eficiente pe termen mediu și lung în ceea ce privește sechestrarea C pentru a contribui la atenuarea schimbărilor climatice și la reducerea surselor de poluanți.



Studiu în cadrul unei anchete științifice școlare a unei pajiști de iarbă marină la Testal

Având în vedere acest rol al carbonului albastru al ierbii marine, se ridică următoarea problemă autentică:

• **2.1 Problema reală 3: Zonele cu vegetație protejate de pescuitul de scoici în partea superioară a zonei intertidale Testal (Ría de Muros și Noia) au o capacitate mai mare de captare a materiei organice decât zonele neprotejate?**

Pentru a realiza procesul de argumentare care va conduce la concluzia care răspunde la această întrebare, se propune următorul eșafodaj:

1. După analiza procesului de colectare a datelor care urmează, se propune realizarea unei argumentări care să relaționeze procesele cu datele, justificând aceste procese cu ajutorul cunoștințelor de bază necesare, pentru a ajunge la concluzia care să răspundă la întrebare.



Prelevarea de probe de sedimente în cadrul anchetei științifice școlare la o pajiște de iarbă de mare din Testal.

Procedură: "S-au colectat probe de sedimente de suprafață la cele trei niveluri de maree din Testal, în zone cu vegetație și nevegetate. Probele au fost depozitate în saci de plastic și transferate în laboratorul Departamentului de Ecologie al Universității din Vigo, unde au fost congelate. Trei zile mai târziu, probele au fost plasate în tăvi de aluminiu și uscate la 60°C timp de 48 de ore într-un cuptor cu aer forțat. După acest timp, sedimentele uscate au fost transferate în creuzete de laborator. Creuzetele au fost cântărite împreună cu sedimentele din fiecare eșantion cu o balanță de precizie (0,0001 g). Ulterior, creuzetele au fost plasate într-un cuptor cu mufă, unde au fost menținute la 500 °C timp de 5 ore. După această perioadă, creuzetul a fost cântărit din nou împreună cu sedimentul rămas în creuzet.



în ele

Cuptoare cu mufe
 Crișoare pentru plasarea probei

a. Ținând cont de faptul că pajiștea protejată este situată în partea superioară a zonei intertidale, cu o suprafață care amintește de o lagună, iar în partea inferioară nu mai există pajiște, ce rost are să se ia probe la toate cele trei niveluri ale zonei intertidale?

b. Ținând cont de faptul că C sechestrat este reținut în lanțurile C ale materiei organice și că se eliberează un gaz diferit atunci când proba este încălzită la 60°C decât atunci când este încălzită la 500°C, ce rost are încălzirea la 60°C înainte de prima cântărire?

c. Diferența dintre cele două cântăriri ne permite să extragem datele privind conținutul de materie organică prezentate în tabel. Cum au fost obținute?

Nivel	Zona	% Mat Org (medie)	Mat Org (Desvst)
Top	Vegetado	1,26	0,05
Top	Non-vegetated	0,57	0,03
Mediu	Vegetado	1,12	0,14
Mediu	Non-vegetated	0,70	0,06
Inferior	Vegetado	1,00	0,15
Inferior	Non-vegetated	0,71	0,03

- d.** Ce rost are creșterea temperaturii la 500°C între cele două cântăriri pentru a obține datele din tabel?
- e.** Cum permit datele compararea parcelelor în ceea ce privește capacitatea lor de sechestrare a CO₂?
- f.** Având în vedere datele din tabel, există diferențe semnificative între nivelurile cu vegetație și cele fără vegetație și cele cu vegetație? În caz afirmativ, pot fi ele exprimate în termeni de captare a carbonului? În caz afirmativ, justificați motivul pentru o capacitate de sechestrare mai mare, dacă este cazul.
- g.** La nivelul superior, pescuitul de scoici este interzis, iar pajiștile sunt foarte acoperite. La nivelul mediu, pescuitul de scoici afectează pajiștile, iar pajiștile sunt fragmentate, iar la nivelul inferior, pajiștile sunt greu de văzut, deoarece sunt foarte fragmentate. Poate comparația rezultatelor privind suprafețele cu vegetație de la cele trei niveluri să exprime diferențe în ceea ce privește capacitatea de sechestrare?



Eșantionarea biodiversității unei pajiști protejate din Testal

- 2.** Odată cu dezvoltarea integrării datelor prin intermediul justificărilor cerute de provocări, ar trebui să se ajungă la un acord asupra unui răspuns la întrebare, orientând dezbaterea spre concluzia importanței integrității (nefragmentarea datorată absenței intervențiilor antropice) pentru a permite funcția de sechestrare a C a ierburilor marine, în vederea apărării necesității de protecție a acestora.

MODULUL 3: STUDIU DE CAZ PRIVIND ARGUMENTAREA ÎN ANCHETELE ȘTIINȚIFICE ȘCOLARE PENTRU RĂSPUNSURI LA SCHIMBĂRILE GLOBALE

Acesta este un studiu de caz al unei anchete de ecologie școlară în cadrul căreia au fost dezvoltate procese de argumentare, axate pe promovarea proceselor de argumentare pentru a realiza modelarea necesară pentru a interpreta serviciile ecosistemice ale pajiștilor de iarbă de mare *Zostera* din ecosistemul de servicii pentru crustacee bivalve intertidale din Testal, în Ría Baixa de Muros e Noia (Galicia-Spania).



Amplasarea pajiștilor sub studiu științific - studiu școlar



Participanții au fost 30 de elevi ai disciplinei opționale Climântica din a 2-a ESO (13-14 ani) și cei 15 elevi care au ales în a 4-a ESO (15-16 ani) disciplina Biologie și Geologie de la IES Poeta Añón de Outes în anul universitar 2020-2021. Este vorba despre împărtășirea analizei rezultatelor obținute în cadrul unei practici de teren pentru studierea efectelor fragmentării pajiștilor de *Zostera noltii* asupra biodiversității și a capacității de autoepurare a apei în zona intertidală a bancurilor de moluște bivalve Testal, în partea superioară a Ría de Muros e Noia (Galicia - Spania).

1. DEZVOLTAREA ACTIVITĂȚII PE TEREN

• 1.1 Contextualizarea pentru cunoașterea situată

Activitatea pe teren a avut loc în dimineața zilei de 9 aprilie 2021. Argumentarea a fost declanșată de întrebarea: "Ce specii formează suprafața verde pe care mergem? La răspunsul că este vorba de alge, au fost întrebați despre diferențele dintre plante și alge. Când din răspunsuri a reieșit că algele nu au rădăcini, a fost smulsă o plantă pentru ca, prin intuiția directă a observării realității, să identifice faptul prezenței rădăcinilor în *Zostera*. Când a reieșit că *Zostera* avea rădăcini, explicațiile au fost inițiate cu un colocviu argumentativ, timp de 30 de minute, cu privire la următoarele caracteristici:

- Originea evolutivă a speciilor de pajiști: adaptări la mediul marin Structura
- *Zostera*: verificarea structurii rizomului. Reproducerea.
- Serviciile oferite de pajiști: retenția sedimentelor, pepinieră, sechestrarea carbonului, purificarea apei.
- Relația dintre diversitatea pajiștilor și a faunei
- Relația dintre diversitate și stabilitate
- Amenințări pentru pajiști: poluare, alterarea coastei, impact mecanic: fundul mării, pescuitul de scoici
- Interacțiunea dintre pășuni și mlaștini
- Impactul uman și fragmentarea habitatelor
- Relația fragmentare a habitatelor-diversitate



Contextualizarea cogniției situate în Testal

Pentru a integra în mod semnificativ aceste caracteristici cu abordarea "O singură sănătate", ancheta argumentativă care urmează să fie dezvoltată cu ajutorul datelor obținute pe teren și a analizei acestora în zona intertidală și în laborator s-a concentrat pe trei variabile principale:

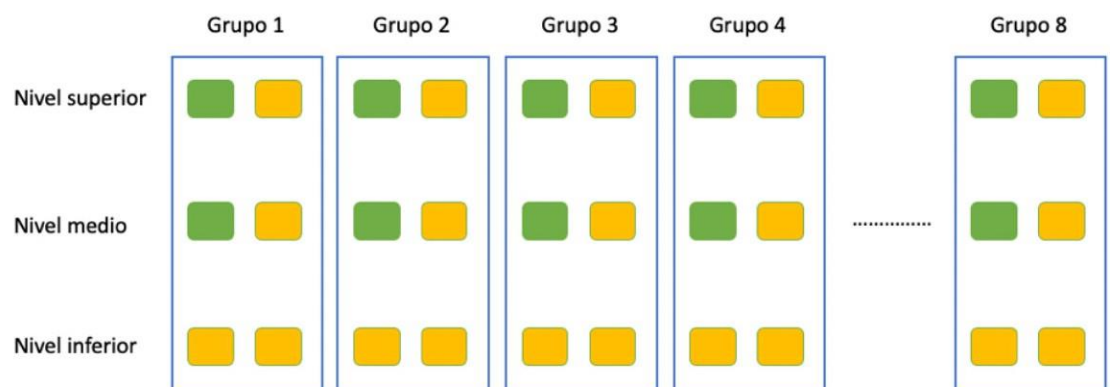
- 1.** Abundența și diversitatea faunei, numărul de picioare de *Zostera* și biomasa (greutate uscată). Numărul de specii de faună și numărul de indivizi din fiecare specie.
- 2.** Abundența *Zostera*: acoperire
- 3.** Capacitatea de sechestrare a carbonului a pășunilor/capacitatea de sechestrare a carbonului, acolo unde este prezentă.



Analiza celor trei variabile converge pentru a conduce la concluzii care răspund la întrebarea: ce funcții de mediu și de sănătate sunt susceptibile de a fi pierdute dacă schimbările climatice și alte impacturi de mediu duc la o regresie a pajștilor de iarbă de mare, cum ar fi cele de *Zostera*?

Realizarea acestor concluzii presupune punerea în relație a datelor obținute în studiul celor trei variabile prin intermediul unor justificări, în sensul că, dacă se menține integritatea și chiar dacă s-ar putea realiza extinderea acesteia, este favorizată funcția carbonului albastru, iar prin creșterea capacității de sechestrare a C, este favorizată purificarea apei, ceea ce ar putea genera un mediu în care pot trăi numeroase organisme, care la rândul lor pot fi hrană pentru altele. În plus, este posibil ca această biodiversitate să acționeze ca o barieră pentru toxinele și agenții patogeni care ajung la noi, cum ar fi enterococii, atunci când consumăm organisme care trăiesc în aceste zone de pajiști, așa cum este cazul consumului de scoici și moluște.

1.2 Organizarea activității experimentale

După ce explicațiile din cadrul colocviului privind contextualizarea cogniției situate au fost finalizate, a început practica de teren. Pentru aceasta, studenții au fost organizați în grupuri de câte 3 (aproximativ 10 grupuri). A fost delimitată o suprafață mare care va cuprinde atât pajiști dense, pajiști fragmentate, cât și sedimente goale. Zece transecte vor fi plasate pe această zonă, plasând 8 probe în fiecare dintre ele (2 la nivelul superior, 2 la nivelul mediu și 2 la nivelul inferior), la o distanță de aproximativ 5 metri, având grijă să se colecteze o probă de vegetație și o probă de nisip în nivelurile superior și mediu, acolo unde există pășuni.



 Eșantion cu prezență de *Zostera*
 Eșantion cu absență de *Zostera*

Organizarea spațială a celor 8 eșantioane din fiecare grup

Pentru fiecare eșantion, se efectuează o analiză vizuală și tactilă a sedimentului și se colectează probe pentru a măsura materia organică într-un laborator de la Universitatea din Vigo, deoarece în laboratorul școlii nu sunt disponibile aparatele de gătit necesare. Atunci când proba coincide pe pajiște, se notează diametrul aproximativ al petei de *Zostera* pe care este prelevată. Se prelevează apoi o probă cu un caroter (tub) cu diametrul de 15 cm. Sedimentul colectat a fost plasat pe o sită cu ochiuri de 0,5 mm, care a fost scoasă în mare pentru a fi spălată pentru a îndepărta cât mai mult sediment posibil. Materialul reținut în plasă a fost plasat într-o pungă de plastic și marcat cu codul eșantionului descris în subsecțiunea privind analiza colectării datelor privind variabila biodiversitate în teren. Aceste probe au fost depozitate în saci pentru a fi duse în laboratorul școlii pentru cuantificarea picioarelor de zostere, a speciilor, a indivizilor fiecărei specii și calcularea biomasei.

În fiecare punct de prelevare a probei cu caroterul se plasează și un pătrat de prelevare de 1 metru, împărțit în pătrate de 20 x 20 cm, cu ajutorul căruia s-a realizat estimarea acoperirii de *Zostera* descrisă în subsecțiunea privind analiza pe teren a variabilei acoperire.

• **1.3 Abundența și diversitatea faunei, numărul de picioare de *Zostera* care vor permite calcularea în laborator a biomasei (greutate uscată).**

Ancheta privind abundența a început cu următoarea întrebare:



Prezentarea problemei la sosirea la Testal

Sunt zonele în care *Zostera* este prezentă mai bogate în biodiversitate decât cele în care nu este prezentă? Testați științific dacă beneficiul generării de habitate pentru diferite specii este îndeplinit în Testal? Elevii sunt provocați să caute dovezi care să le permită să testeze experimental dacă acest lucru este sau nu adevărat. Argumentarea adoptă ipoteza că zonele cu pășuni sunt mai bune decât zonele nisipoase. Pentru a putea testa această ipoteză, se argumentează ceea ce trebuie testat experimental: caracterizarea zonelor de pajiști și a zonelor nisipoase care nu sunt colonizate de plante, cu ajutorul unui tub cilindric cu unitatea minimă de volum de eșantionare.



Tehnica de eșantionare pentru colectarea volumului de sedimente pentru analiza relației dintre Zostera și biodiversitate.

În acest scop, se realizează un transect cu ajutorul unei benzi de măsurat care să ia pajiștea și să se extindă dincolo de pajiște, acoperind și zona nisipoasă fără plante.



Elevul întinde o bandă de măsură pentru a defini transectul.

Pe fiecare transect se prelevează 8 eșantioane la o distanță de 5 metri între ele. În mod ideal, 4 probe în zonele de pajiști și 4 probe în zonele nisipoase. În fiecare dintre cele 8 puncte se introduce tubul în sediment.



Prelevarea de probe cu un cilindru de sedimente



La fiecare eșantion, se pune o mână dedesubt, se pune într-o pungă de plasă și se introduce în apă, astfel încât în tubul de sedimentare să rămână doar plantele și animalele din eșantion.



Îndepărtarea sedimentelor pentru a reține plantele și animalele sălbatice asociate

După ce sedimentul este curățat, proba este transferată într-o pungă care este etichetată cu numărul transectului echipamentului, separat printr-un punct de numărul probei din acel transect: 1.1, 1.2,..... 1.8.



Doi elevi colectează plante și animale, după ce sedimentele au fost curățate.

Fiecare grup a fost responsabil de păstrarea acestor saci pentru a măsura numărul de specii în cadrul lucrărilor de laborator, căutând rezultate care să arate relația dintre *Zostera* și nișele ecologice pentru diferite specii de animale.

• 1.4 Abundența *Zostera*: acoperire

În fiecare punct în care a fost introdus cilindrul pentru a colecta eșantioane în sacii codificați, s-a măsurat, de asemenea, acoperirea de *Zostera* in situ. În acest scop, se utilizează un cvadrat de 1 m x 1 m subdivizat în mici dreptunghiuri de 20 cm x 20 cm pentru a măsura proporția de pajiște în pătratul total.



Amplasarea cadranelor de 100 de pătrate pentru măsurarea acoperirii

Pentru a efectua măsurarea, plasați cadranul în care urmează să fie introdus tubul și numărați numărul de pătrate mici în care apar plantele. Deoarece cadranul are 25 de pătrate mici, dacă plantele apar în 5 pătrate, vom avea o acoperire de 20%.

Toate intrările, pe lângă faptul că au fost făcute pe hârtie, au fost făcute cu ajutorul aplicației geolocalizate pentru prelevarea de probe de pe site-ul e-InnoEduCO₂ și sunt înregistrate în caiet și pe dispozitivul mobil.

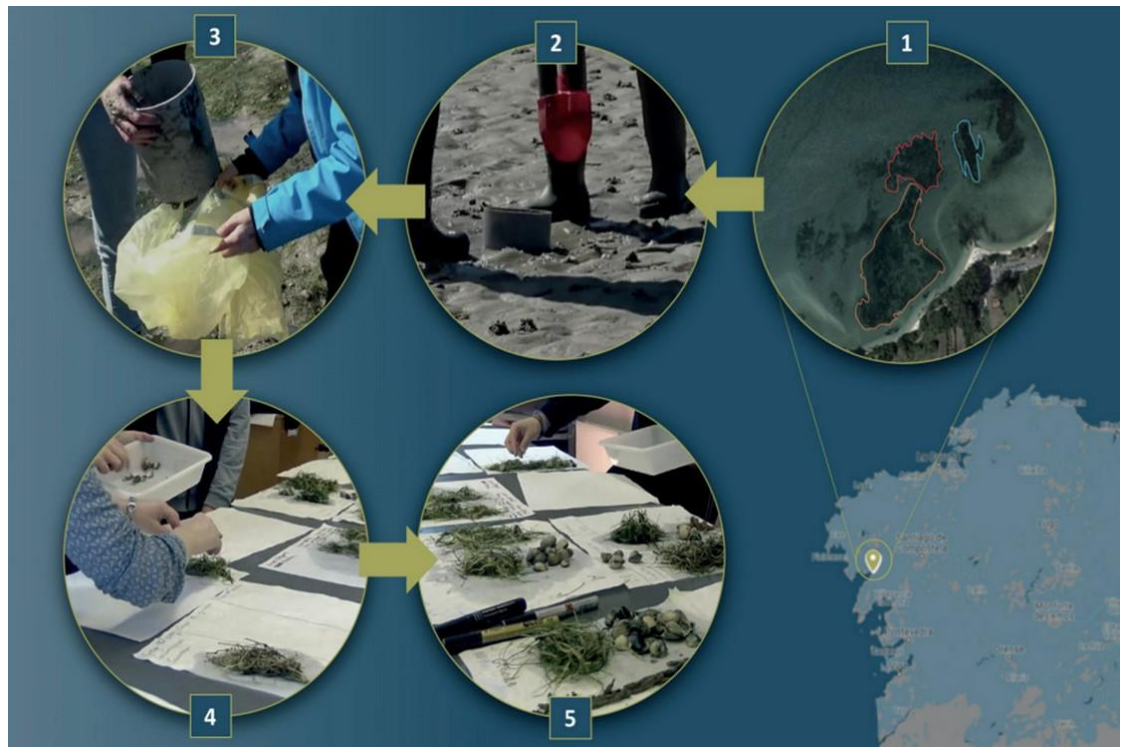


Colectarea de date geolocalizate și de date despre stadioane

2. DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚII DE LABORATOR

• 2.1 Prelucrarea și rezultatele biodiversității și ale biomasei colectate în saci

Probele recoltate în Testal și înregistrate în saci codificați au fost analizate în laborator. Fiecare dintre grupuri a procesat cele 8 probe colectate și codificate în transectul său. Inițial, au separat plantele de *Zostera* prin numărarea numărului de picioare din fiecare eșantion. Toate plantele de *Zostera* au fost așezate pe hârtie de platou și lăsate să se usuce timp de o săptămână.



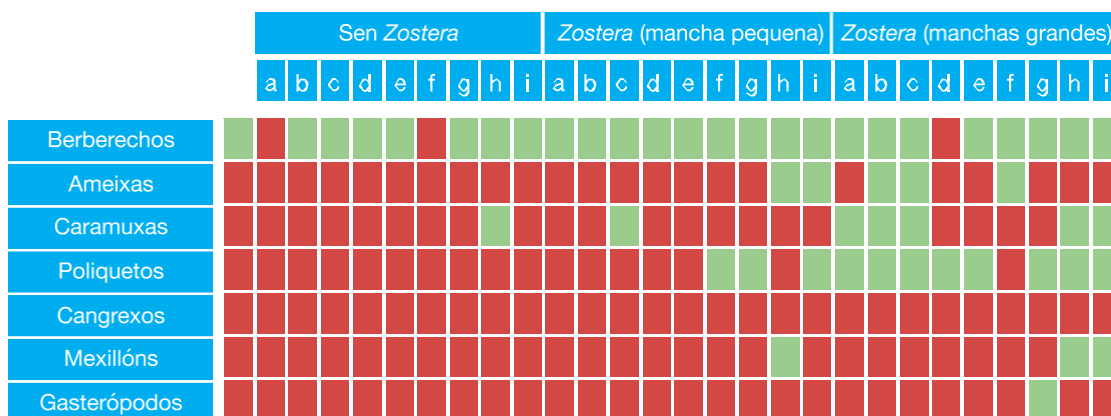
*Integrarea etapelor procedurale de teren și de laborator pentru a obține rezultatele privind picioarele și biomasa *Zostera* și relațiile acestora cu taxonii zoologici, numărul de specii și numărul de indivizi pe specie.*

În ceea ce privește fauna, pentru fiecare eșantion, diferitele organisme au fost separate în seturi de grupe taxonomice, iar numărul de indivizi din fiecare grupă taxonomică a fost cuantificat.



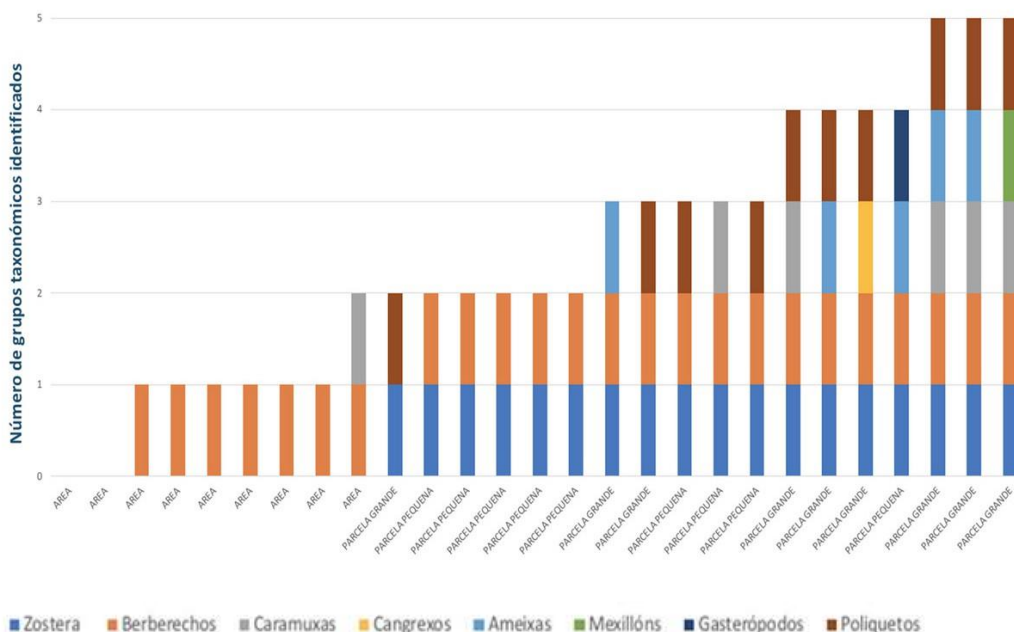
Împărtășirea rezultatelor privind abundența Zostera și relația sa cu biodiversitatea animală

Rezultatele arată că numărul de taxoni este mai mare în peticele de *Zostera* decât în sedimentele fără plante. La rândul său, numărul taxonilor crește cu cât peticele sunt mai mari.



Rezultatele biodiversității taxonilor zoologici în funcție de prezența și absența Zosterei, iar în al doilea caz în funcție de mărimea petelor.

În același timp, s-a constatat că diversitatea taxonilor scade pe măsură ce ne deplasăm spre zona intertidală inferioară, unde nu există pajiște, și crește spre partea superioară, unde pajiștea este conservată, nu este supusă pescuitului de scoici și, prin urmare, nu este foarte fragmentată, iar parcelele sunt mai mari. S-a constatat, de asemenea, că rezultatele unei diversități zoologice mai mari coincid și cu cele ale unei acoperiri mai mari măsurate în Testal.

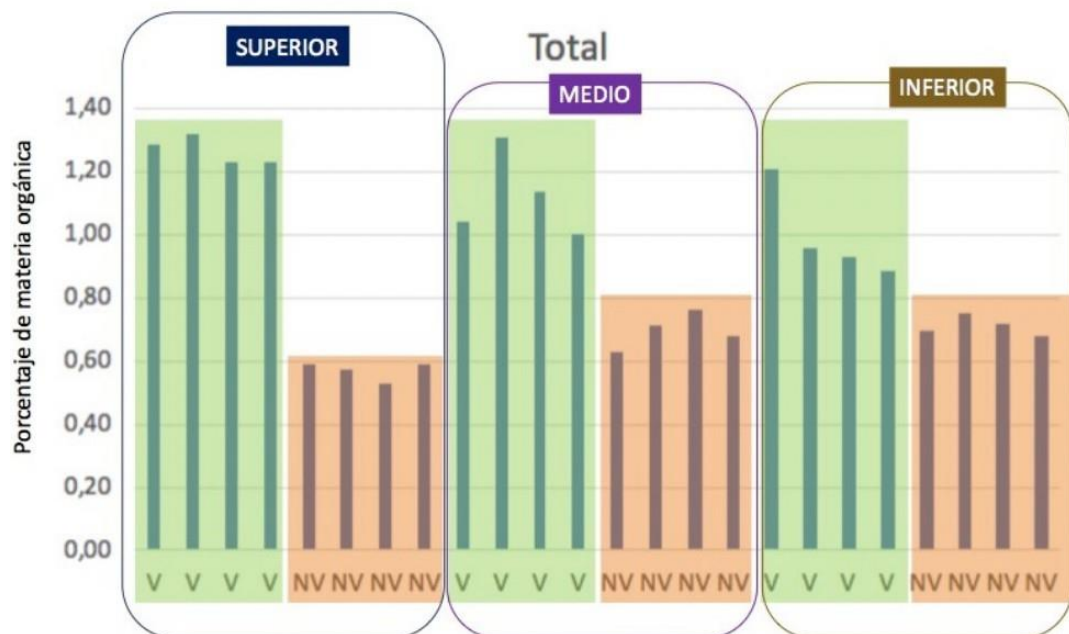


Împărțirea rezultatelor privind abundența Zostera și relația sa cu biodiversitatea animală

După o săptămână de uscare, *Zostera* uscată a fost cântărită pentru a se calcula biomasa uscată a acestei specii în fiecare eșantion, ceea ce coincide cu numărul de picioare și cu faptul că, la fel ca și în cazul numărului de picioare, biomasa uscată a *Zosterei* este mai mare acolo unde există mai mulți taxoni.

2.2 Rezultatele privind materia sedimentară în parcelele cu vegetație și nevegetate la nivelurile superior, mediu și inferior.

Înainte de practica de laborator, datele privind materia organică au fost primite și organizate pe niveluri superioare, medii și inferioare și, în fiecare dintre cele trei niveluri, pe eșantioane în care apar plante și în cele în care acestea nu apar. După cum se poate observa în grafic, s-au constatat diferențe clare în ceea ce privește materia organică a sedimentelor din cele 3 zone: zona superioară, care este puțin fragmentată de activitatea umană, zona de mijloc este deja foarte deteriorată (fragmentată de acțiunea umană), iar în zona inferioară nu mai există pășuni. Această analiză i-a ghidat pe elevi spre o înțelegere ecologică a necesității de a avea pajiști nefragmentate.



V: Vegetație
 NV: Nevegetat

Procentul de materie organică în cele 4 probe cu vegetație și în cele 4 probe fără vegetație din zonele superioare, medii și inferioare.

După cum se poate observa la punctul următor, în ceea ce privește argumentația din ultima sesiune, elevii au concluzionat că acolo unde există mai multă materie organică este în partea cu vegetație din zona superioară. Ei au justificat faptul că în această parte superioară cu vegetație plantele rețin eficient materia organică și o depun acolo unde se află, în partea nevegetată ajungând mai puțină materie organică decât în zonele de mijloc și inferioară, așa cum se poate observa în graficul cu diferența maximă dintre zona cu vegetație și cea nevegetată. În partea inferioară, unde practic nu există vegetație, este locul în care materia organică este distribuită uniform, motiv pentru care există o diferență mai mică între partea cu vegetație și cea nevegetată. În acest fel, pe parcursul argumentării asociate analizei acestor grafice, s-a realizat o modelare care a făcut ca modelele mentale inițiale să evolueze spre funcționarea Zosterei, care funcționează ca un filtru care reține particulele de materie organică. Aceștia au interpretat, folosind comparația cu un pieptene, că o pajiște fragmentată este un pieptene căruia îi lipsesc dinții. Ei au profitat de ocazie pentru a explica faptul că datele izotopice au arătat că materia pe care o reține este de origine planctonică, adică nu acumulează materie terestră sau *Zostera* moartă în sine, ci efectiv piaptână marea și, prin urmare, are un rol important de filtrare care îmbunătățește calitatea apei.

3. ARGUMENTARE ÎN CADRUL PUNERII ÎN COMUN

• 3.1 Contextul schimbului de informații

Acesta a implicat elevii care au participat la activitățile de teren și de laborator. A luat forma unui colocviu condus de cercetătorul științific principal, cu sprijinul profesorului de matematică aplicată care a lucrat la analiza datelor. Un cercetător în didactica științelor experimentale a acționat ca observator, ale cărui note de teren au furnizat datele referitoare la argumentația analizată în această secțiune. Argumentarea a avut loc în timpul unei sesiuni obișnuite de curs (50 de minute) într-o clasă mare. Sesiunea a început cu analiza graficelor obținute cu rezultatele numerice ale eșantionării pe teren și dezvoltate în timpul orelor de matematică aplicată. Însuși profesorul acestei discipline a început sesiunea încercând să verifice dacă, din analiza graficelor, au înțeles dovezile exprimate în reprezentarea integrării datelor. Pe baza analizei rezultatelor exprimate în grafice și a argumentelor exprimate de elevi, cercetătoarea a ghidat argumentarea prin întrebări care le solicitau acestora să ajungă la concluzii justificate prin modele științifice.

• 3.2 Date și analiza acestora

Datele de analiză a discursului corespund notelor de la clasă ale unui observator avansat cu privire la împărtășirea rezultatelor exprimate în grafice. Notele fac aluzie la caracteristicile strategiilor de stimulare a argumentării din experiența de investigare, pe baza evidenței datelor reprezentate în grafice. De asemenea, au fost consemnate datele, justificările și concluziile care exprimă evoluția modelelor de Ecologie școlară și progresul acestora odată cu intervenția.

Pentru analiza strategiilor urmate în cadrul cercetării, s-a făcut o trecere în revistă bibliografică a unor intervenții de natură similară, în care discursul oral a fost orientat spre modelarea și obținerea unor argumente în care datele sunt legate de concluzii care oferă răspunsuri justificate la întrebări, pe baza modelelor conceptuale ale elevilor. Aceste modele trebuie să evolueze, odată cu însuși dezvoltarea discursului și cu eșafodajul expertului, de la modelele mentale inițiale cu care sosesc elevii, spre modele mai evoluate, în concordanță cu modelele științifice.

3.3 Analiza rezultatelor extrase din notele de pe teren

Intervenția a fost orientată ca o cercetare-acțiune cu un observator pe teren. Aceasta a fost orientată spre analiza modului în care argumentația dezvoltată în cadrul partajării integrează datele cheie pentru a ajunge la concluzii care implică procese de modelare. Este interesant de știut cum s-au dezvoltat aceste evoluții ale modelelor derivate din relaționarea datelor cheie prin justificări care pun în joc cunoștințe în cadrul unei abordări de tip conversational scaffolding. Această intervenție didactică este generată în timpul interacțiunii sociale realizate de cercetătorul principal și dezvoltată printr-un sistem lingvistic de argumentare științifică orală, având ca referință pentru eșafodaj o transpunere didactică a metodei științifice, ceea ce apropie stilul de intervenție didactică a expertului științific de cel al anchetei proprii Didacticii Științei. Această eșafodaj conversațional decurge din activitatea de mediere a profesorului atunci când exercită o funcție de suport tutorial pentru a genera învățare în Ecologie. Eșafodajul conversațional pe care îl articula omul de știință era orientat spre acțiuni de ajustare a ajutorului dat de omul de știință în rolul său de mediator între modelele conceptuale inițiale ale elevilor (Greta și Moreira, 1998) și posibilitățile de evoluție ale acestora spre modele mai apropiate de cele ale Ecologiei, astfel încât omul de știință care promova argumentația să se adapteze la stadiul actual al cunoștințelor elevilor, la schemele experiențiale anterioare, la diferențele individuale, la strategiile și stilurile de învățare ale elevilor.

În acest fel, el și-a adaptat planul de eșafodaj la principiile stabilite de Blachowicz et al. (2006). În acest fel, eșafodajul său i-a permis să descrie în mod explicit strategiile utilizate pentru dezvoltarea argumentării, inclusiv când și cum să le folosească, făcând demonstrații implicite prin intermediul strategiilor de argumentare ale metodei științifice pentru a avansa în direcția unei modelări de succes.

În dezvoltarea eșafodajului conversațional orientat spre modelare, omul de știință își modifica limbajul pe măsură ce interacționa cu elevii, urmând noțiunea de eșafodaj a lui Wood, Bruner și Ross (1976). El căuta ajutoare metaforice analogice în sensul utilizării și extinderii acestui concept de către Bruner (1980). Acest lucru l-a condus la adoptarea în practică a unor ajutoare pentru dezvoltarea strategiilor de argumentare care să ducă la descoperirea de către elevii înșiși a unor căi spre modelarea cognitivă (Bandura, 1971) prin dezvoltarea unor strategii de argumentare care să faciliteze maturizarea modelelor cognitive inițiale. În acest scop, linia de argumentare a activității practice desfășurate în teren a fost urmărită prin îndrumarea și recapitularea cercetătorului care a condus argumentarea. Prin intermediul eșafodajului conversațional elaborat, s-a urmărit recunoașterea necesităților a ceea ce s-a realizat pe teren, precum și clarificarea obiectivelor activităților, clarificarea eventualelor îndoieli și furnizarea cheilor metodologice urmate. Această eșafodaj conversațional a căutat instrumente pentru a realiza dezvoltarea abilităților cognitive și metacognitive p r i n care cercetătorul a oferit un feedback constant, și a oferit pentru a realiza învățarea posibilă și dezirabilă în acel context.

3.3.1 Argumentarea și modelarea relației dintre acoperirea cu pășuni și biodiversitate

Unul dintre argumentele care apar în acest discurs se referă la relația dintre acoperire și diversitate. Elevii pornesc de la reprezentarea grafică pentru a trage concluzii despre această reprezentare. Ei se bazează pe reprezentarea grafică a acoperirii și a abundenței fiecărei specii, arătând că, cu cât există mai multă acoperire, cu atât există mai multă diversitate. Cu toate acestea, relația dintre date nu este corectă în cadrul justificării, deoarece dovada unei mai mici acoperiri este percepută ca o diversitate mai mare a speciilor. Cercetătorul îi determină să numere speciile, astfel încât aceștia să realizeze dovada că sunt aceleași și îi determină să caute diferențele de echitate. Pornind de la această observație a unei echități mai mari a speciilor acolo unde există o acoperire mai mare, cercetătorul îi determină să se apropie de conceptualizarea erorii.



Deși nu păreau să aibă preconcepții clare în legătură cu acest concept, au concluzionat că, atunci când există puține plante, apariția unor plante mai mari introduce o eroare mai mare în valoarea medie a dimensiunii plantelor. În aceeași ordine de idei, ei au concluzionat, de asemenea, că, dacă cineva a greșit media, această eroare este mai importantă decât în zona cu o acoperire mai mare, deoarece în acest din urmă caz au fost efectuate mai multe măsurători, datorită prezenței mai multor plante.

Avansarea conceptului de mai multă diversitate cu același număr de specii, unde există mai multă echitate, nu s-a dovedit a avea modele mentale inițiale. Omul de știință pornește de la evidența faptului că în zona cea mai acoperită există același număr de specii ca și în zona cea mai fragmentată, pentru a se întreba dacă, având în vedere evidența faptului că speciile sunt mai "distribuite" în zona cea mai acoperită, se poate concluziona că există mai multă diversitate. Răspunsul unuia dintre elevi a arătat rezistența acestora de a-și schimba modelul cognitiv inițial, reiterând încă o dată că zona cu plante mai abundente este mai diversă. În fața acestei repetări a aceleiași concluzii, care nu era congruentă cu datele privind numărul de specii diferite și, prin urmare, nu era în concordanță cu modelul științific, ghidul expert care avea rolul de tutore, generând eșafodajul necesar, a cerut justificarea care să îi permită să răspundă cu această concluzie. La această provocare, elevul a răspuns, făcând aluzie la datele specifice unei specii, că sunt mai mulți cocostârci acolo unde sunt mai multe pășuni pentru că acolo este mai multă hrană. Un al doilea elev a intervenit apoi pentru a detalia această justificare, menționând că sunt mai mulți cocostârci acolo unde există mai multă pășune. El a justificat că mai multă acoperire înseamnă mai mulți cocoși, crustacee și polichete. Pentru a-i forța să argumenteze folosind în justificările lor modele și teorii ale cunoștințelor de bază în Ecologie și Biologie spațială, cercetătorul care a acționat ca tutore conducând argumentarea pentru modelare a întregat dacă cocostârcii mănâncă plante, la care studentul a indicat că filtrează. Având în vedere nedumerirea generală în căutarea răspunsurilor și pentru a întări și mai mult argumentarea bazată pe utilizarea cunoștințelor de bază implicate, cercetătorul întreabă dacă cocostârcii și polichetele "bagă" plantele înăuntru. Studentul concluzionează, pe baza a ceea ce i se pare logic, admitând că nu are date, că nici unul dintre aceste grupuri zoologice nu se hrănește cu plante.

Un al treilea elev diferit continuă să argumenteze pe baza unei presupuse creșteri a biodiversității pe baza unei presupuse creșteri a numărului de specii, ceea ce se dovedește a fi o dovadă în plus că influența echității asupra biodiversității nu intră în analiza sa la un nivel explicit. Dar este posibil ca ea să aibă o prezență implicită, deoarece este evident că graficele arată aceleași specii în ambele cazuri, dar cu o echitate mai clară în pajiștile cu acoperire mai mult sau mai puțin fragmentată, și este posibil ca această dovadă vizuală să fie cea care influențează concluzia că o acoperire mai mare înseamnă și o biodiversitate mai mare.

Al doilea student, în ordinea intervenției pe parcursul colocviului, în dorința de a lega justificarea de modelele conceptuale de referință, recurge la analogia cu copacii, făcând referire la faptul că, la o altă scară, multe specii trăiesc în copaci. Acest lucru îl determină pe cercetător, în rolul de îndrumător al colocviului de expert, să folosească analogia plantei *Zostera* cu copacul pentru a întreba - De ce există mai multă diversitate într-o pădure decât într-un deșert? Acest al doilea student răspunde recurgând la modele de relații intraspecifice: -Din cauza relațiilor interspecifice. Moderatorul profită de ocazie pentru a face să evolueze modelul conceptual implicit în analogia plantă - copac cu expresia: - În Ecologie spunem că ele generează locuri în care pot trăi. În replică, același elev intervine pentru a spune: - Pajiștea filtrează.

• 3.3.2 Argumentarea și modelarea capacității de filtrare și relația sa cu pH-ul

Prezentându-i elevului conceptul de filtrare, cercetătorul a profitat de ocazia de a explora modelele conceptuale inițiale ale acestui serviciu ecosistemic al ierburilor marine. Prin urmare, el l-a provocat pe cel de-al doilea elev, care a participat la partajare, să explice ideea, la care elevul a răspuns: -Ferigile de mare filtrează agenții patogeni. Apoi l-a rugat să spună ce crede el că trebuie făcut pentru a dovedi că ierburile marine filtrează. El a răspuns că va face doi pași: 1) Să consulte bibliografia și 2) Să se ducă acolo pentru a investiga dacă această ipoteză este îndeplinită prin măsurarea pH-ului.

Apariția modelului pH-ului legat de măsurarea capacității de filtrare a fost de interes pentru linia de argumentare pe care o căuta omul de știință, astfel că acesta și-a orientat eșafodajul conversațional pentru a căuta concluzii justificate de modele științifice privind relația dintre măsurarea pH-ului și măsurarea capacității de filtrare. Pentru a avansa pe această linie, l-a întrebat dacă pH-ul ar fi cu atât mai acid cu cât apa este mai filtrată. Elevul a răspuns dând un răspuns care a concluzionat o opoziție clară față de această posibilă relație, concluzionând că apa filtrată ar fi mai bazică decât apa nefiltrată. Acest lucru a dat naștere la eșafodajul discursiv proiectat pe măsură ce discursul a progresat, omul de știință l-a provocat pe elev să justifice de ce plantele fac apa mai bazică. La această întrebare a răspuns cel de-al treilea student care a luat cuvântul la începutul colocviului pentru a introduce în justificare modelul științific al absorbției de CO₂.

• 3.3.3 Argumentarea și modelarea capacității pajiștilor de a acționa ca un rezervor de CO₂

Apariția acestui model conceptual de către cel de-al treilea elev care a intervenit în cadrul împărtășirii a oferit ocazia de a introduce rolul acestor ecosisteme în atenuarea schimbărilor climatice prin capacitatea plantelor de a elimina dioxidul de carbon. Prin urmare, această contribuție a fost folosită de către cercetător pentru a deschide o nouă linie de eșafodaj conversațional în grup pentru a oferi oportunități de avansare a modelului. Astfel, el i-a cerut să justifice ce spune că este făcut mai de bază pentru că absoarbe mai mult CO₂. Pe linia asigurării unei evoluții adecvate a modelului conceptual, cercetătorul i-a cerut să dea un răspuns la modul în care faptul că apa filtrată este mai bazică poate afecta cochiliile. Răspunsul studentului a fost că "zdrobește" cochiliile. Moderatorul l-a făcut să vadă incoerența modelului său inițial, opunându-se la ceea ce a exprimat elevul și furnizând cunoștințele de bază care corespund modelului științific, explicând că faptul că apa devine mai bazică protejează scoicile. Elevul se dovedește apoi agil în restructurarea modelului său mental, corelând cunoștințele științifice pe care tocmai le asimilase cu ceea ce se întâmplă în cazul utilizării cochiliilor bivalve. Această aplicare a modelului nou evoluat cu contribuția cercetătorului la utilizarea cochiliilor în parcelele de cultură a fost exprimată de elev în felul următor: -Ah, de aceea aruncăm cochilii în ferme!!!!. Moderatorul aduce ca element de comparație faptul că pH-ul apei de mare este mai bazic decât cel al solurilor singure.

În continuare, omul de știință, continuându-și rolul de tutore expert care conduce argumentația necesară pentru modelarea necesară pentru interpretarea serviciilor ecosistemice ale ierbii marine, îi provoacă pe studenți întrebându-i ce înseamnă că plantele filtrează. În eșafodajul discursiv pe care l-a conceput, el a căutat să concentreze argumentația necesară pentru a ajunge la concluzia că rădăcinile sunt capabile să fixeze sedimentele. Pe baza acestor informații, el le-a cerut elevilor să se gândească la proiectarea unui experiment pentru a relaționa pH-ul, bazicitatea apei și substratul. Eșafodajul său a avansat această presupusă propunere experimentală cerându-le să se gândească la un experiment menit să concluzioneze dacă există mai multe sau mai puține bacterii fecale acolo unde există pajiști și acolo unde nu există pajiști. El încheie formularea eșafodajului cu privire la această întrebare cerându-le o ipoteză. Elevul care a intervenit prima dată în sesiunea de punere în comun ia din nou cuvântul cu ipoteza sa exprimată în acest mod: - Vor fi mai puține bacterii fecale acolo unde sunt mai multe plante. Strategia sa de eșafodaj este apoi orientată spre controlul variabilelor, întrebându-l dacă în acest presupus experiment va ține cont doar de numărul de plante sau dacă va trebui să ia în considerare și altceva. La aceasta, elevul a răspuns că ar trebui să se țină cont și de mărime.

Când variabila mărime a apărut în modelul construit cu ajutorul argumentării, cercetătorul i-a întrebat dacă nu credeau că plantele pot fi cântărite. Acest lucru a dat naștere unui răspuns interesant din punctul de vedere al eșantionării ca tehnică experimentală în ecologie. Studentul, care a fost cheia celei de-a doua argumentări, a întrebat dacă acestea vor fi cântărite una câte una sau toate împreună. La această întrebare, omul de știință a răspuns că ar trebui să găsească o modalitate de a include greutatea tuturor împreună.

Eșafodajul conceput de cercetător a avansat, căutând evoluția modelului de plante ca hrănitore filtratoare, spre o evidență pe care acestea au perceput-o prin miros în activitatea de teren, care este mirosul derivat din sedimentele anoxice. El s-a întrebat apoi despre originea acestei percepții. Al treilea elev care a participat la argumentare a afirmat din nou că acolo unde există pășuni, ființele vii cresc și se reproduc mai bine, deoarece plantele curăță apa și elimină CO₂. Omul de știință a adăugat faptul că aceasta reține și sedimentele. Elevul care a fost primul care a luat cuvântul în timpul discuției a adăugat că rădăcinile elimină CO₂ și filtrează poluarea.

În cele din urmă, cercetătorul i-a întrebat dacă au fost surprinși sau deloc surprinși sau dacă analiza le-a fost de vreun folos. Elevul 3 a răspuns că a fost surprins de atâtea diferențe între pajiște și sedimentul fără plante.

3.4 Concluzii

Eșafodajul conversațional inspirat de metoda științifică folosit de profesor s-a dovedit a fi eficient în promovarea proceselor de modelare bazate pe argumentarea importanței ecologice a pajiștilor de *Zostera*.

Necesitatea de a se baza pe conceptele de eroare și participare echitabilă la conceptul de biodiversitate, care a necesitat o eșafodaj planificat de către cercetătorul expert, a evidențiat slăbiciunea utilizării acestor concepte cheie în Ecologie în științele școlare.



- Modelul pH-ului se dovedește a fi valoros pentru ca elevii să se raporteze la măsurarea capacității ierburilor marine de absorbție a dioxidului de carbon și, prin urmare, de atenuare a schimbărilor climatice, dar un astfel de model lipsește din programa școlară secundară inferioară. Strategia de eșafodaj a expertului lasă o formulă interesantă pentru abordarea acestui concept la nivelul curriculumului de științe al școlii de bază, mai ales în astfel de contexte de cunoaștere situată, în care elevii știu că se adaugă cochilii la sol. Importantă în acest sens este provocarea pe care o reprezintă eșafodajul conversațional al profesorului de a compara pH-ul mării cu cel al câmpurilor de cultură. Fără a intra în dezvoltarea algoritmică a modelului, se poate asocia aciditatea cu un nivel ridicat de protoni și se poate dezvolta reacția chimică la nivelul de competență curriculară a materiei de fizică și chimie din cadrul clasei a III-a și a IV-a ESO de CO₂ și H₂O.
- Proiectarea eșafodajului conversațional al profesorului este agilă, flexibilă și cu reorientări rapide și relevante pentru a muta argumentația în direcția cerută de evoluția modelelor conceptuale.
- Oportunitățile de a face ecologie școlară în ecosistemul propriu-zis și de a analiza propriile date le permit elevilor să vorbească despre ecologie într-un mod adecvat, pe baza ecologiei școlare pe care au practicat-o în zona intertidală, iar toate acestea facilitează învățarea ecologiei de calitate de către elevi, bazându-se pe știința pe care au dezvoltat-o.
- Cei trei elevi care au urmat provocările eșafodajului conversațional al cercetătorului cu funcții de tutore expert au devenit agenți de învățare de calitate, asigurând un antrenament semnificativ și relevant pentru avansarea modelelor mentale inițiale spre unele mai evolute în orientarea modelelor de referință ale Ecologiei.

BIBLIOGRAFIE

Bandura, A. (Ed.) (2017). Modelarea psihologică: Teorii conflictuale. Transaction Publishers.

Bruner, J. S. (1980). The Social Context of Language Acquisition: Witkin Memorial Lecture. Princeton, NJ: Educational Testing Services.

Gil, D., & Vilches, A. (2001). O alfabetizare științifică pentru secolul XXI: obstacole și propuneri de acțiune. Revista Investigación en la Escuela, 43, 27-37.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modele mentale, modele conceptuale și modelare. Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 15, nr. 2 (aug. 1998), p. 107-120.

Bruner, J.S. (1980). Contextul social al achiziției limbajului. Witkin Memorial Lecture. Princeton, NJ: Educational Testing Services.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). Rolul meditațiilor în rezolvarea problemelor. Psihologia și psihiatria copilului și disciplinele conexe.

CADRUL ȘTIINȚIFIC GENERAL ȘI ATLANTIC

Barañano, C., Fernández, E. Méndez, G. (2018). Recoltarea scoicelor scade stocul de carbon sedimentar al unei pajiști de *Zostera marina*. Botanică acvatică. 146: 48-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.12.002>

Barañano, C., Fernández, E., Sónora, F., Méndez, G., Alfonso, M.X. 2021. Descoperă-ți estuarul: pajiștile uitate. Un proiect de cercetare școlară despre pajiștile de iarbă de mare. Universitatea din Vigo. ISBN: 978-84-8158-922-1.



CADRUL ȘTIINȚIFIC GENERAL ȘI ATLANTIC

Boese, B.L. (2002). Efectele recoltării de moluște în scop recreativ asupra zosteriei (*Zostera marina*) și a nevertebratelor infaunale asociate; experimente de manipulare in situ. Botanică acvatică. 73: 63-74. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00004-9)

Constanza, R., d'Arge, R. de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. 387:253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Duarte, C.M., Chiscano, C.L.(1999). Seagrassbiomassandproduction: Areassessment. Aquatic Botany 65: 159-174. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00038-8)

Fernandes, M., Bryars, S., Mount, G., Miller, D. (2008). Seagrasses as a sink for wastewater nitrogen: The case of the Adelaide metropolitan coast. Mar. Poll. Bull. 58: 303-308.

Follett, E., Hays, C.G., Nepf, H. (2019). Hidrodinamica mediată de coronament contribuie la o mai mare bogăție alelică în semințele produse mai sus în pajiștile de iarbă de anghilă de coastă *Zostera marina*. Frontiere în știința marină. 6: 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00008>

Fonseca, M.S., Kenworthy, W.J., Whitfield. P.E. (2000). Dinamica temporală a peisajelor de iarbă de mare: o comparație preliminară a evenimentelor de perturbare cronică și extremă. Biologia Marina Mediterranea. 7: 373-376.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbá, N., Holmer, M., Mateo, M.A. et al. (2012). Ecosistemele de ierburi marine ca stoc de carbon semnificativ la nivel mondial. Nat. geosci. 5(7): 505-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>.

García-Redondo, V., Bárbara, I., Díaz-Tapia, P. (2019). Pajiștile de *Zostera marina* din nord-vestul Spaniei: distribuție, caracteristici și presiuni antropice. Biodiversitate și conservare. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01753-4>



CADRUL ȘTIINȚIFIC GENERAL ȘI ATLANTIC

Green, E.P., Short, F.T. Eds. (2003). World Atlas of Seagrasses. Berkeley. University of California Press.

de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F. et al. (2012). Servicii ecosistemice. 1: 50-61.

Hemminga, M., Duarte, C.M. (2000). Seagrass Ecology. Cambridge (Marea Britanie): Cambridge University Press.

Heck, K.L., Hays, C., Orth, R.J. (2003). O evaluare critică a ipotezei rolului de pepinieră pentru pajiștile de iarbă de mare. Mar. Ecol. Prog. ser. 253: 123-136.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y. et al. (2017). Eco-sistemele de iarbă de mare reduc expunerea la agenți patogeni bacterieni ai oamenilor, peștilor și nevertebratelor. Science. 355: 731-733.

Norlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C. (2016). Serviciile ecosistemice ale ierburilor marine și variabilitatea lor între genuri și regiuni geografice. PLoS ONE. 11(10): e0163091.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163091>

Norlund, L.M., Unsworth, R.K.F., Gullstrom, M., Cullen-Unsworth, L.C. (2017). Semnificația globală a activității de pescuit a ierburilor marine. Fish and Fisheries. <https://doi.org/10.1111/faf.12259>.

Olsen, J.L., Rouzé, P., Verhelst, P., Lin, Y.C., Collen, J. et al. (2016). Genomul ierbii marine *Zostera marina* dezvăluie adaptarea angiospermelor la mare. Nature. 530: 331-335. **<https://doi.org/10.1038/nature16548>**

Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W. et al. (2006). O criză globală pentru ecosistemele de iarbă de mare. Bioscience. 56: 987-996. **[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)**

CADRUL ȘTIINȚIFIC GENERAL ȘI ATLANTIC

Ruiz, G.M., Fofonoff, P.W., Carlton, J.T., Wonham, M.J., Hines, A.H. (2000). Invazia comunităților marine de coastă din America de Nord: Modele aparente, procese și prejudecăți. *Revista anuală de ecologie și sistematică*. 31: 481-531. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.481>

Ruiz, J.M., Guillén, J.E., Ramos Segura, A., Otero, M.M. (Eds.) (2015). *Atlasul pajiștilor de iarbă de mare din Spania*. IEO/IEL/IUCN. Murcia-Alicante-Málaga. 681 pp.

Unsworth, R.K.F., Williams, B., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., (2017). Rocking the boat: damage to eelgrass by swinging boat moorings. *Frontiere în știința plantelor*. 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01309>.

Walker, D.I., Kendrick, G.A., McComb, A.J. (2006). Declinul și refacerea ecosistemelor de iarbă de mare: dinamica schimbării. În: Larkum A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. Eds. *Seagrass: Biology, Ecology and Conservation*. Dordrecht (Țările de Jos). Springer.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnike, S., et al. (2009). Pierderea accelerată a mării de pe glob amenință ecosistemele de coastă. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 106 (30): 12377-12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>.

Troncoso, J. (2017). Reziliența habitatelor *Zostera marina* L. și răspunsul comunității de macroinvertebrate la perturbările fizice cauzate de recoltarea scoicilor. *Marine Biology Research*. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1307989>

MAREA NEAGRĂ

Bat L., Gökkurt O., Sezgin M., Ustun F., Sahin F., 2009. Evaluarea surselor de poluare terestră din Marea Neagră în regiunea de coastă a Turciei. *The Open Marine Biology Journal*, 3: 112-124.

Borja, A., Dauer, D.M., 2008. Evaluarea stării de calitate a mediului în sistemele estuarine și costiere: compararea metodologiilor și a indicilor. *Ecological Indicators* 8, 331-337.

Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D. și Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. O publicație a proiectului UE Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044.

Crespin S. J., Simonetti J. A., 2016. Pierderea serviciilor ecosistemice și decapitalizarea naturii în El Salvador. *Ecosystem Services*, 17, 5-13.

Dauer, D. M., 1993. Criterii biologice, sănătatea mediului și structura comunităților macrobentone estuariene. *Marine Pollution Bulletin* 26 (5), 249-257.

Cogălniceanu, D., 2007. *Ecologie și Protecția Mediului*, Program postuniversitar de conversie profesională pentru cadrele didactice din mediul rural, Ministerul Educației și Cercetării, Proiectul pentru Învățământul Rural.

Ellis E.C., 2015. Ecologia într-o biosferă antropogenă. *Ecological Monographs*, 85(3), 287-331.

Ellis E.C., Pascual U., Mertz O., 2019. Serviciile ecosistemice și contribuția naturii la oameni: negocierea diverselor valori și compromisuri în sistemele funciare. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 38 (2019), 86-94.

Gunderson L.H., 2000. Ecological Resilience-In Theory and Application, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 425-439.



MAREA NEAGRĂ

Haines-Young Roy, Potschin Marion, 2010. Legăturile dintre biodiversitate, serviciile ecosistemice și bunăstarea umană, capitolul șase. În: Raffaelli, D. & C. Frid (eds.): Ecosystem Ecology: a new synthesis. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge.

Halpern B.S., Frazier M., Afflerbach J., Lowndes J.S., Micheli F., O'Hara C., Scarborough C., Selkoe K.A., 2019. Ritmul recent al schimbărilor în impactul uman asupra oceanului mondial. Sci. rep., 9 (1),1-8.

Jitar O., Teodosiu C., Oros A., Plavan, G. & Nicoară M., 2015. Bioacumularea metalelor grele în organisme marine din sectorul românesc al Mării Negre. New Biotechnology, 32(3): 369-378.

Halcrow U.K. et al., 2011-2012. Master Plan "Protecția și reabilitarea zonei de coastă".

Kaewsrihaw R., Upanoi T., Prathep A., 2022. Evaluarea serviciilor ecosistemice și a vulnerabilității ecosistemelor de iarbă de mare: Instrumente de bază pentru prioritizarea acțiunilor de gestionare a conservării folosind un exemplu din Thailanda. Water, 14, 3650.

Kremen C., 2005. Gestionarea serviciilor ecosistemice: ce trebuie să știm despre ecologia acestora? Ecological Letters, 8, 468-479.

Laterra P., Barral P., Carmona A., Nahuelhual L., 2016. Concentrarea eforturilor de conservare pe furnizarea de servicii ecosistemice poate crește vulnerabilitatea sistemelor socio-ecologice. PLoS ONE 11(5), e0155019.

MA (Evaluarea Ecosistemelor Mileniului), 2005. Ecosistemele și bunăstarea umană: Sinteza. Island Press, Washington D.C.



MAREA NEAGRĂ

Ramankutty N., Mehrabi Z., Waha K., Jarvis L., Kremen C., Herrero M., Rieseberg L.H., 2018. Tendințe în utilizarea globală a terenurilor agricole: implicații pentru sănătatea mediului și securitatea alimentară. *Revizuirii anuale de biologie vegetală*, 69, 789-815.

Søndergaard M. & Jeppesen E., 2007. Impactul antropogen asupra ecosistemelor lacurilor și cursurilor de apă și abordări pentru restaurare. *Journal of Applied Ecology*, 44: 1089- 1094.

Organizația Națiunilor Unite, 2020. Raportul privind obiectivele de dezvoltare durabilă 2020. Organizația Națiunilor Unite.

Venter, O., Sanderson, E. W., Magrath, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., ... & Watson, J. E., 2016. Șaisprezece ani de schimbare a amprentei umane terestre globale și implicațiile pentru conservarea biodiversității. *Nature communications*, 7(1), 12558.

Watson K., Galford G., Sonter L., Koh I., Ricketts T.H., 2019. Efectele cererii umane asupra planificării conservării biodiversității și a serviciilor ecosistemice. *Conservation Biology*, 33(4), 942-952.

Zhao Y., Wu J., He C. et al., 2017. Legătura dintre eroziunea eoliană și serviciile ecosistemice în zonele aride: o abordare ecologică a peisajului. *Landscape Ecology*, 32, 2399-2417.

MAREA BALTICĂ

Bostrom, C., Bonsdorff, E., 1997. Structura comunității și variația spațială a nevertebratelor bentice asociate cu bancurile de *Zostera marina* (L.) în nordul Mării Baltice. *Journal of Sea Research* 37, 153-166.

Bostrom, C., Bonsdorff, E., 2000. Stabilirea comunității zoobentonice și complexitatea habitatului - importanța densității mugurilor de iarbă de mare, a morfologiei și a perturbărilor fizice pentru recrutarea faunei. *Marine Ecology Progress Series* 205, 123-138.

Czarnecka, P., Dąbrowska, A., Igielska, M., Janas, U., Kendzierska, H., 2013. Znaczenie łąk podwodnych w Zatoce Gdańskiej. Conferință: Young Scientists conference World Water Day, Conference paper.

Dąbrowska, A. H., Janas, U., Kendzierska, H., 2016. Evaluarea biodiversității și a calității mediului folosind comunitățile de macrozoobenthos din pajiștea de iarbă de mare (Golful Gdańsk, sudul Mării Baltice). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 45(2), 286.

Gonciarz, M., Wiktor, J., Tatarek, A., Węgleński, P., Stanković, A. 2014. Caracteristica genetică a trei populații de *Zostera marina* din Marea Baltică. *Oceanologia*, 56(3), 549- 564.

Heck Jr., K. L., Hays, G., Orth, R. J., 2003. Evaluarea critică a ipotezei rolului de pepinieră pentru pajiștile de iarbă de mare. *Marine Ecology Progress series*, 253, 123-136.

Hemminga, M. A., Duarte, C. M., 2000. *Seagrass ecology*. Cambridge University Press.

Herringshaw, L.G., Sherwood, O.A., McIlroy, D., 2010. Inginerie ecosistemică prin bioturbarea polichetelor în microcosmosuri de pat de eveniment. *PALAIOS*, 25, 46-58.

Howard, R. K., Short, F. T., 1986. Creșterea și supraviețuirea ierbii de mare sub influența pășunătorilor epifiti. *Aquatic Botany*, 24, 287-302.

MAREA BALTICĂ

Janas, U., Bonsdorff, E., Warzocha, J., Radziejewska, T., 2017. Deep soft seabeds. Biogeochemical cycles, Springer, 359-385.

Jankowska, E., De Troch, M., Michel, L.N., Lepoint, G., Włodarska-Kowalczyk, M., 2018. Modificarea structurii rețelei trofice bentice de hrană prin recuperarea pajiștilor de iarbă de mare, așa cum reiese din factorii trofici și din modelele de amestec. Ecological Indicators, 90, 28-37.

Jankowska, E., Michel, L.N., Lepoint, G., Włodarska-Kowalczyk, M., 2019. Efectele stabilizatoare ale pajiștilor de iarbă de mare asupra rețelelor alimentare bentice din apele de coastă. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 510, 54-63.

Leidenberger, S., Harding, K., Jonsson, P.R., 2012. Ecologia și distribuția genului de izopode *Idotea* în Marea Baltică: specii-cheie într-un mediu în schimbare. Journal of Crustacean Biology, 32(3), 359-381.

Levinton, J., 1995. Bioturbatorii ca ingineri de ecosisteme: controlul structurii sedimentelor, interacțiunile interindividuale și fluxurile de materiale. [Jones C., Lawton J. H., (ed.), Linking species & ecosystems, Springer-Science+Business Media, Dordrecht, 29-36.

Miernik, N. (2019). Charakterystyka i funkcje ekologiczne organizmów tworzących łąki podwodne *Zostera marina* Zatoki Puckiej. Tutoring Gedanensis, 4(2), 17-20.

Nelson, W.G., Bonsdorff, E., 1990. Predarea peștilor și complexitatea habitatului: sunt reale pragurile de complexitate? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 141, 183-194.

Philippart, C. J. M., 1995. Efectul pășunatului perifitonului de către *Hydrobia ulvae* asupra creșterii *Zostera noltii* pe un platou de maree din Marea Wadden olandeză. Marine Biology 122, 431-437.

Short F. T., Polidoro B., Livingstone S.R., Carpenter K.E., Bandeira S., Bujang J. S., Zieman J. C., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species, Biological Conservation, 144 (7), 1961-1971.

MAREA BALTICĂ

Sokołowski, A., Wołowicz, M., Asmus, H., Asmus, R., Carlier, A., Gasiunaite, Z., Gremare, A., Hummel, H., Lesutiene, J., Razinkovas, A., Renaud, P. E., Richard, P., Kędra, M., 2012. Este structura rețelei trofice bentice legată de diversitatea comunităților macrobentone marine? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 108, 76-86.

Sundin, J., Jacobsson, O., Belgrund, A., Rosenqvist, G., 2011. Peștele pipa cu nas drept *Nerophis ophidion* și peștele pipa cu nas larg *Syngnathus typhle* evită iarba de anghilă acoperită cu alge filamentoase. *Journal of Fish Biology*, 78, 1855-1860.

Włodarska-Kowalczyk, M., Jankowskam E., Kotwicki, L., Bałazy, P., 2014. Evidence of Season-Dependency in Vegetation Effects on Macrofauna in Temperate Seagrass Meadows (Baltic Sea), *PLoS ONE*, 9(7).

Sprijinul acordat de Comisia Europeană pentru realizarea acestei publicații nu constituie o aprobare a conținutului, care reflectă doar opiniile autorilor, iar Comisia nu poate fi considerată responsabilă pentru orice utilizare care ar putea fi făcută de informațiile conținute în această publicație.