

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA "OVIDIUS" DIN CONSTANȚA
FACULTATEA DE ȘTIINȚE ALE NATURII ȘI ȘTIINȚE AGRICOLE
ȘCOALA DOCTORALĂ - DOMENIUL BIOLOGIE
SPECIALIZAREA: ECOLOGIE ȘI PROTECȚIA MEDIULUI**

REZUMAT TEZĂ

**CONTRIBUȚII LA CUNOAȘTEREA BAZELOR
ECOLOGICE ALE SISTEMULUI LACUSTRU
SIUTGHIOL**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,

Prof. univ. dr. Marian-Traian GOMOIU

Membru corespondent al Academiei Române

DOCTORAND,

Mirela BUCUR (căs. ARPENTI)

CONSTANȚA 2013

Teza de doctorat cuprinde 167 de pagini și este structurată conform criteriilor în vigoare, în două părți: partea documentară 42 de pagini (9 tabele și 3 figuri) și partea experimentală 99 pagini (23 tabele și 86 figuri). Bibliografia însumează 174 de titluri și 13 site-uri de Internet.

CUPRINS:

	pag. Teza	pag. Rezumat
INTRODUCERE	4	4
<i>PARTEA I – CONSIDERAȚII TEORETICE</i>		
CAPITOLUL 1 - Dezvoltarea durabilă – imperativ al mileniului 3	5	4
1.1 Dezvoltarea durabilă - obiectiv al Uniunii Europene	7	
1.2 Dezvoltarea durabilă în România	8	
1.3 Elemente de sustenomică	10	
1.3.1 Durabilitatea economică	13	
1.3.2 Durabilitatea ecologică	13	
1.3.3 Aspecte sociale	14	
1.4 Dezvoltarea durabilă și sistemele acvatice	15	
CAPITOLUL 2 - Lacul Siutghiol – caracterizare generală și importanța sa în sistemele locale, natural și socio-economic	20	6
2.1 Date generale despre Lacul Siutghiol: geneză, caracteristici, aspecte hidrografice	20	
2.2 Dereglări ale bilanțului hidric	24	
2.3 Particularitățile fizico-chimice ale apei	26	
2.4 Prezentarea elementelor floristice și faunistice	31	
2.5 Importanța Lacului Siutghiol pentru sistemele locale	32	
CAPITOLUL 3 - Evaluarea stării ecologice a sistemelor lacustre urbane	34	8
3.1 Elemente descriptive ale lacurilor	35	
3.2 Complementaritatea metodelor fizico-chimice și a celor biologice, ecologice	39	
3.3 Importanța utilizării nevertebratelor bentale pentru evaluarea stării ecologice a lacurilor	42	
<i>PARTEA A II-A – CONTRIBUȚII PERSONALE</i>		
CAPITOLUL 4 – Obiective	48	9
CAPITOLUL 5 - Material și metode	50	10
5.1 Rețeaua de stații și frecvența de prelevare	50	
5.2 Metodologia de colectare, conservare și prelucrare a probelor	58	
5.3 Evaluarea dezvoltării zonei de țărm a lacului	61	
5.4 Metode de evaluare a calității apelor și sedimentelor Lacului Siutghiol	68	
5.4.1 Evaluarea calității apelor și sedimentelor prin metode de ecotoxicologie	68	
5.4.2 Determinarea unor parametri fizico-chimici de calitate a apelor prin metode electro-chimice și optice	70	
5.4.3 Determinarea unor nutrienți din ape prin spectrometrie	71	

5.4.4 Determinarea concentrațiilor de metale grele din probe de apă și sedimente lacustre prin spectrometrie de absorbție atomică	72	
5.5 Evaluarea stării ecologice a Lacului Siutghiol pe baza studiului nevertebratelor benthice	74	
CAPITOLUL 6 – Rezultate și discuții	75	11
6.1 Starea actuală a liniei țărmului	75	
6.2 Evaluarea ecotoxicologică a apelor și sedimentelor	81	
6.3 Evaluarea calității apelor și sedimentelor Lacului Siutghiol	83	
6.3.1 Analiza pe baza determinărilor parametrilor fizico-chimici de calitate	83	
6.3.2 Evaluarea calității apelor pe baza determinărilor de metale grele	98	
6.3.3 Evaluarea calității sedimentelor lacustre pe baza determinărilor de metale grele	102	
6.4 Analiza integrată a rezultatelor testelor ecotoxicologice și a indicilor specifici de impurificare	108	
6.5 Starea ecologică a Lacului Siutghiol - analiza comunităților benthice	113	
6.5.1 Structura taxonomică și ecologică a zoobentosului	113	
6.5.2 Dinamica multianuală a populațiilor zoobenthice ale Lacului Siutghiol	116	
6.5.3 Distribuția grupelor benthice în funcție de tipul de substrat	118	
6.5.3.1 Analiza anuală a faunei asociate diferitelor tipuri de substrat	118	
6.5.3.2 Dinamica grupelor benthice asociate sedimentelor nisipoase	121	
6.5.3.3 Dinamica grupelor benthice de la nivelul sedimentelor mârloase	122	
6.5.3.4 Dinamica sezonieră a grupelor benthice asociate sedimentelor nisipos - mârloase	123	
6.5.3.5 Dinamica populațiilor benthice din habitatele argiloase	125	
6.5.3.6 Dinamica grupelor benthice de pe substrat dur	126	
6.5.3.7 Dinamica grupelor benthice fitofile	128	
6.5.4 Analiza comunităților benthice psamofile din zone de mică adâncime a Insulei Ovidiu	130	
6.5.5 Analiza comunităților benthice fitofile din zona de centură a Insulei Ovidiu	134	
6.6 Evaluarea integrată a datelor de calitate a apelor și a celor biologice	138	
CONCLUZII	142	25
BIBLIOGRAFIE	151	29
ANEXE	162	
Anexa I - Fenomenul de îngheț al Lacului Siutghiol în imagini		
Anexa II - Formularul standard Natura 2000 pentru aria de protecție specială avifaunistică Siutghiol (ROSPA 0057)		
Anexa III - Legendele Lacului Siutghiol		
Anexa IV - Modificarea modului de utilizare a terenului în diferite zone de pe țărmurile lacului Siutghiol		

MULȚUMIRI

Lucrarea de doctorat prezentată în paginile următoare s-a realizat sub egida Facultății de Științe ale Naturii și Științe Agricole a Universității "Ovidius" din Constanța.

Doresc, la finalizarea muncii de elaborare a acestei teze, să mulțumesc unor oameni deosebiți, care m-au sprijinit și cărora le dărez respect și recunoștință.

Aduc cele mai sincere și alese mulțumiri Domnului **Prof. Univ. dr. Marian-Traian GOMOIU, m.c. al Academiei Române**, pentru onoarea de a fi doctoranda domniei sale, pentru timpul acordat cu generozitate, pentru răbdarea cu care m-a îndrumat în toată această perioadă în organizarea lucrărilor și pentru rigoarea științifică de care a dat dovadă în recenzia acestei lucrări.

Port un respect deosebit Doamnei **Prof. Univ. Dr. Geta Rîșnoveanu**, din cadrul Universității din București, căreia îi adresez gândurile de considerație și mulțumire pentru onoarea deosebită de a accepta să-mi fie referent al tezei de doctorat.

Sunt recunoscătoare Domnului **Conf. Univ. Dr. Timothy Ehlinger**, din cadrul Universității Wisconsin-Milwaukee, pentru încrederea acordată și recomandarea de a mă înscrie la studiile doctorale sub coordonarea domnului profesor Gomoiu, pentru sfaturile valoroase, îndrumarea și susținerea oferite de-a lungul timpului, precum și pentru efortul de a fi referent al tezei de doctorat, care mă onorează.

Aduc sincere mulțumiri Doamnei **Conf. Univ. Dr. Maria Teodora Onciu**, din cadrul Facultății de Științe ale Naturii și Științe Agricole, care mi-a fost profesor, pentru sprijinul acordat și pentru disponibilitatea domniei sale de a fi referent al acestei teze.

Mulțumesc totodată Doamnei **Prof. Univ. Dr. Natalia Roșoiu**, Director al Școlii Doctorale din cadrul Facultății de Științe ale Naturii și Științe Agricole – Universitatea "Ovidius" din Constanța, pentru onoarea pe care mi-a prilejuit-o, de a prezida juriul din cadrul susținerii publice a tezei de doctorat.

Țin de asemenea să mulțumesc conducerii Universității "Ovidius" din Constanța și Facultății de Științe ale Naturii și Științe Agricole – Catedra de Științe Naturale, care mi-au oferit posibilitatea specializării prin doctorat, pentru sprijin, încurajări și încrederea acordată.

Imi fac o datorie de onoare din a exprima sentimente alese de recunoștință față de profesorii mei, care au fost și-mi vor rămâne mentori, în profesie și în viață.

Astfel, sentimente de considerație și mulțumire adresez Doamnei **Conf. Univ. Dr. Lucica Tofan**, care mi-a fost alături cu experiența, pentru sprijin neconținut, sugestii, materiale documentare, observații.

Aceleași sentimente de considerație și mulțumire adresez Doamnei **Ș.I. Dr. Gabriela-Mihaela Paraschiv**, pentru sprijinul moral, observații, sugestii, discuții constructive și inițierea în studiul chironomidelor.

Sunt recunoscătoare Doamnei **Prof. Univ. Dr. Ticuța Negreanu-Pîrjol**, din cadrul Facultății de Farmacie – Universitatea "Ovidius" din Constanța, pentru amabilitatea și promptitudinea deosebite în efectuarea analizelor de laborator, pentru sprijin și îndrumare.

Mulțumiri aduc colegelor mele, Ana-Maria Buiculescu și Daniela Vasile, dar și studenților masteranzi care mi-au fost alături în derularea activităților de teren și a analizelor de laborator.

Mă întorc acum către familia mea și către soțul meu, Ian, fără al căror sprijin nu aș fi putut să ajung în această etapă. Le mulțumesc din inimă pentru susținere și înțelegere necondiționate și îi iubesc. Regret că nu îi pot mulțumi tatălui meu, care m-a sprijinit, inclusiv la primele deplasări în teren.

Tuturor le mulțumesc călduros!

INTRODUCERE

La baza deciziei de a alege tema prezentei lucrări a stat dragostea față de zona costieră, în speță față de apă și lacurile litorale, precum și dorința de a aborda un subiect care să îmi permită să înțeleg procesele ce au loc în ecosistem pentru a putea alege calea corectă de acțiune din perspectiva dezvoltării durabile a zonei.

Societatea umană nu poate exista, nu poate evolua și dezvolta fără serviciile și resursele capitalului natural. Dintotdeauna oamenii s-au apropiat de zonele umede, și-au construit așezări lângă ape. Prin urmare, sistemul socio-economic trebuie să țină seama de capacitatea de suport a ecosistemelor pe care se bazează și să asigure o utilizare chibzuită a resurselor naturale, astfel încât acestea să nu fie epuizate, ci dimpotrivă, susținute și regenerate. Relațiile dintre sistemul socio-economic uman și ecosistemele lacustre pot fi sumarizate astfel:

- ecosistemele oferă condiții de dezvoltare pentru sistemul socio-economic: constituie furnizori de resurse naturale exploatabile; au importanță comunitară: sporesc caracterul agreabil al zonei; pe malurile lacului s-au dezvoltat așezări umane (zone rezidențiale - malul vestic dar și turistice - malul estic); au importanță turistică: oferă spațiu pentru activități de recreere, agrement, educaționale: plimbări cu barca, hidrobicicleta, scutere acvatice, scufundări, windsurfing, etc.

- sistemul socio-economic poate altera elementele structurale, precum și procesele de autoorganizare a ecosistemelor lacustre.

Sistemele acvatice sunt foarte sensibile la poluare, fiind indicatori de precizie ai activităților de degradare ce se desfășoară în bazinul hidrografic iar comportamentul uman față de resursele mediului se manifestă ca un factor stresant atât la nivel local, cât și la nivel regional. Astfel, se impune o evaluare permanentă și integrată a stării ecologice curente, surprinderea tendințelor de evoluție și punerea în aplicare a măsurilor de management durabil, care să facă legătura între dezvoltarea economică și socială cu protecția ecosistemului Siutghiol.

Contribuțiile originale pe care am încercat să le aduc prin abordarea subiectului tezei de doctorat pot fi rezumate la următoarele aspecte:

- Cunoașterea "la zi" a ecosistemului lacustru Siutghiol, ecosistem aparte prin situarea sa intraurbană, cunoștințe obținute prin utilizarea unei aparaturi moderne, cu posibilități de măsurare de precizie in situ, privind evoluția parametrilor fizico-chimici de calitate;
- Elaborarea unui plan de monitorizare a sistemului lacustru de referință, care cuprinde o rețea de 11 stații în zonele centrale, 9 stații la țărm și încă 8 stații în jurul Insulei Ovidiu;
- Evaluarea integrată și dinamică a parametrilor fizico-chimici de calitate a apelor, a parametrilor ecotoxicologici și a elementelor biologice;
- Conceperea unui index de dezvoltare a țărmului bazat pe 5 componente (biotică, acvatică, riverană, țărm, estetică) pentru evaluarea integrată și rapidă a zonei ecotonale;
- Regăsirea unor specii relictice ponto-caspice după ani de zile de absență;
- Utilizarea unor metode moderne de prelucrare a datelor biologice, fizico-chimice, ecotoxicologice (JMP, ANOVA, corelație/regresie).

CAPITOLUL 1:

DEZVOLTAREA DURABILĂ – IMPERATIV AL MILENIULUI 3

Capitolul 1 este dedicat dezvoltării durabile, ca imperativ al noului mileniu și cuprinde evoluția în timp a acestui concept, ce presupune un proces complex de integrare a considerentelor ecologice, economice, de echitate și etică pentru generațiile actuale și viitoare de oameni, fără a pune în pericol sistemele de susținere a vieții de pe planetă, de care, în cele din urmă, depinde viața (Ekins, 1992). De asemenea, sunt tratate aspecte referitoare la dezvoltarea durabilă ca obiectiv al politicii Uniunii Europene, al țării noastre, sunt prezentate perspectivele ecologice, sociale și economice ale sustenomicii, precum și elemente privind utilizarea durabilă a ecosistemelor acvatice, prin implementarea de programe de management care să determine revenirea ecosistemului la starea inițială, când impactul antropic era minim.

Dezvoltarea durabilă a devenit strategia globală a mileniului 3 la momentul semnării Declarației de la Rio de Janeiro și adoptării Agendei 21 (Strategia de Dezvoltare Durabilă a României, 1999). Obiectivele conferinței ce a avut loc la Rio de Janeiro, Brazilia, s-au bazat pe realizările Raportului Brundtland, pentru a răspunde problemelor de mediu globale presante și pentru a se ajunge la un acord cu privire la tratatele majore asupra biodiversității, schimbărilor climatice și biodiversității (Eurostat, 2003). Agenda 21 reprezintă un plan despre modul de a face dezvoltarea socială, economică și de mediu durabilă în secolul 21. Aceasta oferă un cadru pentru combaterea problemelor actuale sociale și de mediu.

1.1 Dezvoltarea durabilă – obiectiv al politicii Uniunii Europene

La nivel european, dezvoltarea durabilă a fost introdusă pentru prima dată ca obiectiv explicit al Comunității Europene în Actul European Unic (1987). Cerința de a integra considerentele de mediu în toate politicile comunitare a fost adăugată în 1992 în Tratatul privind Uniunea Europeană (Tratatul de la Maastricht) și consolidată în Tratatul de la Amsterdam din 1997.

Totuși dezideratele pentru dezvoltarea durabilă nu puteau fi îndeplinite doar prin politici, ci prin schimbări profunde ale mentalității (de la deciziile de zi cu zi ale cetățenilor, până la decizii economice și politice importante), ale structurilor economice și sociale. Aceasta a presupus anumite etape evolutive pentru a răspunde provocărilor impuse de relațiile complexe dintre societate, economie și mediu.

1.2 Dezvoltarea durabilă în România

La nivel național, în 1999, în scopul alinierii la cerințele internaționale, a fost emisă Strategia Națională de Dezvoltare Durabilă, prin care au fost stabilite principiile generale ale dezvoltării durabile. Este susținută ideea că dezvoltarea economică este importantă pentru orice societate, cu precizarea că beneficiile dezvoltării economice trebuie să depășească costurile sale. Aceste costuri trebuie să includă, de asemenea, prețul de protecție a mediului (RNSDS, 1999).

Începând cu noiembrie 2008, România are o noua Strategie Națională pentru Dezvoltare Durabilă, elementul definitoriu al acesteia fiind racordarea deplină a țării noastre la o nouă filosofie a dezvoltării, proprie Uniunii Europene și larg împărtășită pe plan mondial.

1.3 Elemente de sustenomică

Munasinghe (2007a), cel care a introdus termenul "sustenomică", subliniază faptul că accentul este pus în mod explicit pe dezvoltarea durabilă și scoate în evidență o abordare neutră, liberă de orice părtinire disciplinară. Sustenomică reprezintă un cadru transdisciplinar practic, care urmărește să stabilească un plan "holistic" de proiectare și orientare a politicilor, fundația fiind reprezentată de principii, metode și instrumente elaborate de multe alte discipline.

Sustenomică descrie în linii mari dezvoltarea durabilă ca fiind „un proces pentru îmbunătățirea seriei de oportunități care va permite indivizilor și comunității să își îndeplinească aspirațiile și întregul potențial într-o perioadă de timp, menținând în același timp reziliența sistemelor economice, sociale și de mediu” (Munasinghe, 2002).

1.3.1 Durabilitatea economică

Multă vreme omenirea a trăit cu convingerea că practica de creștere economică nelimitată este viabilă. Totuși, cei mai mulți susțin că o creștere economică neîngrădită este nesustenabilă. Eficiența economică are un rol esențial, de a asigura o alocare eficientă a resurselor în producție și alegeri de consum eficiente, însă problemele apar în definirea tipurilor de capital care urmează să fie păstrate. Cel mai adesea este dificil să se atribuie o valoare acestora și serviciilor oferite, în special în cazul resurselor ecologice și sociale (Munasinghe, 1992, 2007b). Mai mult, serviciile ecosistemice, în special cele de suport și serviciile culturale, care nu intră pe piață, sunt adesea luate de bune de societate și sunt în mod particular vulnerabile la degradare neintenționată, în ciuda valorii lor pentru societate (Costanza et al., 1997).

1.3.2 Durabilitatea ecologică

Oamenii depind de sistemele naturale pentru a-și satisface nevoile, precum aerul, apa și resursele ce sunt esențiale pentru societățile moderne (Odum, 1993). Abia recent economiile moderne au recunoscut necesitatea de a gestiona resursele naturale limitate într-un mod prudent - pentru că bunăstarea oamenilor în cele din urmă depinde de servicii ecologice (MEA, 2005a). Cu alte cuvinte durabilitatea ecologică exprimă necesitatea imperioasă de modificare fundamentală a sistemului

economic, social și politic, de utilizare și implementare a unor alternative la practicile ce ne-au adus în impas (Gomoiu, 2010).

1.3.3 Aspecte sociale

Dezvoltarea socială se referă în general la îmbunătățirea bunăstării individuale și sociale generale, care rezultă din creșterea capitalului social (Munasinghe, 2007b). Capitalul uman (de exemplu, educație, aptitudini, etc), și cel cultural (de exemplu, relațiile sociale și obiceiurile) sunt incluse în capitalul social - deși există distincții fine. Capitalul social tinde să crească pe măsura utilizării și erodează prin neîntreținere, spre deosebire de capitalul economic și de mediu, care sunt amortizate sau sărăcite prin utilizare. Conservarea capitalului natural și a diversității, întărirea coeziunii sociale și reducerea conflictelor distructive constituie elemente integrante ale cadrului conceptual al sustenomicii (Munasinghe, 2004, 2007c).

1.4 Dezvoltarea durabilă și sistemele acvatice

Scenariul ideal pentru dezvoltare economică ar fi unul în care umanitatea interacționează cu ecosistemele în baza principiului călăuzitor de susținere a serviciilor lor, mai degrabă decât prin continuarea degradării lor. Recunoașterea limitelor naturii de a furniza aceste servicii în ritmul necesar pentru a satisface cerințele umane este critică, deși este de multe ori ignorată sau subordonată în planurile și programele naționale de dezvoltare economică (WWAP, 2009). Deși aceste servicii nu sunt de obicei evaluate din punct de vedere financiar, valoarea economică cumulată estimată la scară globală este enormă.

Sistemele acvatice sunt foarte sensibile la activitățile umane desfășurate în bazinele lor de drenaj. Lacurile de exemplu, recepționează apa cu toate materialele și poluanții din ea, astfel fiind barometre sensibile ale activităților umane din zona de drenare (ILECF, 2005).

CAPITOLUL 2:

LACUL SIUTGHIOL – CARACTERIZARE GENERALĂ ȘI IMPORTANȚA SA ÎN SISTEMELE LOCALE, NATURAL ȘI SOCIO-ECONOMIC

Situat în partea de est a județului Constanța, pe țărmul Marii Negre, Siutghiol reprezintă un lac definitoriu din punct de vedere hidrologic și hidrochimic pentru litoralul românesc. Sub raport genetic, Lacul Siutghiol este o lagună și reprezintă cea mai mare unitate lacustră de pe litoral, (Gâstescu, 1971). Are o formă eliptică-semicirculară și se caracterizează prin prezența a cinci golfuri (Breier, 1976). În partea de vest a lacului, în apropiere de localitatea Ovidiu, se găsește o mică insulă formată din depozite de vârstă cretacică – insula Ovidiu (Gâstescu, 1971), cu o suprafață de 2 ha și o altitudine maximă de 4,9 m (Breier, 1976).

Sub aspectul bilanțului hidric, Lacul Siutghiol prezintă caracteristici deosebite. Deși are un bazin hidrografic foarte mic în comparație cu suprafața lacului, bilanțul hidric este în condiții naturale excedentar (Gâstescu, 1971). Caracteristicile climatice reprezintă un factor decisiv pentru variația temporală a nivelului apei în Siutghiol și Tăbăcărie. Regimul de temperatură atmosferică și cel al evapotranspirației potențiale dețin un rol important datorită condițiilor climatice specific zonei de sud a Dobrogei (Păsculescu, 2011).

Lacul Siutghiol este alimentat în principal de două izvoare subterane situate la nivelul unor cavități carstice adânci și greu accesibile (referate de sinteză ale regiei Apele Române, filiala Constanța, 1999).

Caracteristicile morfometrice ale lacului pot influența dinamica sedimentelor (sedimentarea și resuspensia), care la rândul său poate influența parametrii fizico-chimici, volumul de sediment în suspensie, precum și producția primară (Håkanson, 2005). Date recente au fost publicate de Telteu și Zaharia (2012), care pe baza valorilor parametrilor morfometrici și a formulelor de calcul furnizate de literatura de specialitate clasează Lacul Siutghiol în categoria intermediară, a lacurilor ce se caracterizează prin zone influențate în mare măsură de vânt (care bat aici dinspre N și N-V) și valuri, unde apar fenomene de eroziune, transport (32,25%) și acumulare (67,75%) de particule fine. Acest lucru este influențat de reducerea în timp adâncimii medii (Tab. 1), de suprafața lacului, dar și de caracteristici precum direcția de bătaie a vântului și suprafața de expunere efectivă.

Tabelul 1: Morfometria lacurilor Siutghiol și Tăbăcărie

Date morfometrice	U.M.	Lacul Siutghiol			Lacul Tăbăcărie
		Gâtescu, 1971	R. Apele Rom., 1999	Teltea, Zaharia, 2012	Gâtescu, 1971
Suprafața	ha	1960	1760	1734	99
Volumul	mil. m ³	91	81,84	69,69	2,1
Bazin hidrografic	km ²	92	73,7	-	9,56
Lungime	km	-	-	7,57	-
Lățime	km	-	-	4,12	-
Lungimea liniei de țărm	km	30	29,4	27,53	4
Adâncimea					
-maximă	m	17,5	14,9	7,82	6,15
- medie	m	4,75	4,65	4,02	2,15
- față de nivelul mării	m	14,95	-	-	4,9

2.2. Dereglări ale bilanțului hidric

Când intervenția omului era nesemnificativă, regimul hidrologic al lacului se caracteriza printr-un bilanț hidric excedentar și prin caracterul dulcicol al apei. În astfel de condiții, complexul lacustru a constituit un biotop net dulcicol, populat de un complex de specii de origine relictă, ponto-caspică, inclusiv unele specii de origine marină care au rezistat îndulcirii, peste care s-a suprapus imigrația elementelor dulcicole propriu-zise, de origine continentală (Galațchi, 2005). Din acest punct de vedere, Lacul Siutghiol constituie unicul biotop din perimetrul Mării Negre care adăpostește populațiile unor specii (sau rase) fiziologice de miside de origine marină care au reușit să-și dezvolte sisteme de osmoreglare compatibile cu mediul dulcicol (Müller, 1995).

În jurul anului 1955, în zona Constanța - Năvodari și a litoralului de la sud de Constanța, activitățile antropice (construirea de unități industriale, amenajări pentru irigații, amenajări turistice, etc.) s-au amplificat iar populația din zona litorală a crescut foarte mult. Toate acestea au dus la o creștere în ritm rapid a nevoilor de apă potabilă și industrială, ceea ce a condus la înmulțirea captărilor din Lacul Siutghiol. Din cauza exploatării din ce în ce mai intense a acviferului carstic, debitul de alimentare a scăzut, provocând oscilații de nivel semnificative.

2.3. Particularitățile fizico-chimice ale apei

Particularitățile fizice ale apelor lacului Siutghiol depind pe de o parte de condițiile climatice ale zonei geografice în care se află, iar pe de altă parte de caracteristicile morfometrice ale cuvetelor, conținutul în săruri al apei, vegetația acvatică, etc. (Teltea, 2012).

2.4. Prezentarea elementelor floristice și faunistice

Lacul Siutghiol a fost declarat Sit de Protecție Specială Avifaunistică (ROSPA 0057), ca parte integrantă a rețelei ecologice europene Natura 2000 în România, în baza Hotărârii Guvernamentale 1284/2007, publicată în Monitorul Oficial (www.mmediu.ro). Biotopurile principale sunt cele de mlaștină (4%) și cele de apă stătătoare (92 %). Dintre speciile protejate amintim: *Branta ruficollis* Pallas (gâsca cu gât roșu), *Falco vespertinus* L. (vânturelul de seară), *Larus minutus* Pallas (pescărușul mic), *Larus genei* Brème (pescărușul roz-alb). În lacurile litorale predomină speciile floristice și faunistice specifice apelor dulci și salmastre. Acestea se dezvoltă în funcție de lumină, temperatură, mineralizare, conținut de substanțe organice. Speciile floristice și faunistice din aceste lacuri alcătuiesc în principal comunități planctonice și bentonice.

2.5. Importanța Lacului Siutghiol pentru sistemele locale

Poziționarea Lacului Siutghiol dar și multitudinea de resurse, servicii și bunuri pe care le oferă au făcut ca zona perilacustră să sufere modificări semnificative de-a lungul timpului, astfel că în prezent trebuie să facem referire la acesta ca fiind mai degrabă un lac urban. Acest ecosistem deține o importanță majoră pentru sistemele locale: natural și antropic (socio-economic):

i. Importanța sistemului natural – sit Natura 2000, oferă habitate acvatice și terestre populațiilor rezidente și habitate de migrație (pasaj și/sau reproducere) pentru viețuitoare, atenuează extremele temperaturilor atmosferice, reglează regimul hidric, reglează efectele inundațiilor (receptor natural și mediu de stocare a apelor pluviale), controlează ciclurile nutrienților deversați în lac, rol de producere de hrană (procent din producția primară și secundară pentru nivelul superior), asigură resurse genetice (pentru studii științifice, pentru hrană).

ii. Importanța pentru sistemul socio-economic uman:

- malurile de est și vest ale lacului găzduiesc localități și noile cartiere rezidențiale mari de pe teritoriile acestora: Ovidiu și Palazu Mare pe malul vestic, respectiv stațiunea estivală Mamaia, pe cel estic, cu spațiile rezidențiale construite în ultimii 5-10 ani;

- furnizează resurse de apă (apa lacului constituie un bun deosebit de important pentru activitățile agricole și industriale din zonă), de hrană;

- lacul oferă o serie de beneficii nemateriale:

- are un caracter agreabil, peisagistic, estetic;

- îmbunătățește climatul urban;

- oferă spații pentru sport, recreere, activități turistice (cursuri de caiac-canoe, plimbări cu barca, cu scuterul, yachting, windsurfing, curse de bărci de viteză, pescuit, pescuit sportiv, etc.);

- oferă spațiu pentru activități educaționale (oferă posibilitatea de a observa, studia și învăța despre ecosisteme);

- găzduirea valorilor istorice, tradiționale, culturale, religioase – “simțul locului”, apartenența – oamenii locului vorbesc cu mândrie despre legenda Insulei Ovidiu și așezării.

Diversele activități ce au loc fie pe lac, fie în zone adiacente acestuia, pot reprezenta factori de poluare dacă nu se realizează în cadrul unor jaloane legislative, etice, fără a depăși capacitatea de suport a ecosistemului receptor. Cea mai mare influență asupra stării ecologice a celor două lacuri a avut-o și încă o mai are presiunea antropică (Păsculescu, 2011). Amintim aici localitatea Ovidiu, cu noul său cartier sudic, care încă nu are un sistem propriu de canalizare, ferma de porcine din apropierea malului nordic al lacului, pescuitul ilegal, dar și activitățile turistice de pe malul estic.

Impactul antropic care și-a pus amprenta asupra malurilor lacului Siutghiol, dar și asupra ecosistemului ca întreg, duce la degradarea în timp a peisajului, prin amplificarea lucrărilor de construcții, fără preocupare pentru dezvoltarea rațională și estetică la degradarea mediului acvatic, diminuarea biodiversității, dar și la declinul calității naturale a resurselor.

Nu trebuie să lăsăm deoparte proiectele de viitor care implică Lacul Siutghiol, de exemplu cel privind deschiderea unui canal în legătură directă cu marea sau insula artificială (orașel lacustru). Bineînțeles, dezvoltarea este importantă pentru o zonă cu un asemenea potențial. Totuși, este imperios necesar ca deciziile ce privesc noile propuneri de dezvoltare să se bazeze pe date științifice de actualitate - care să reflecte cât de oportună este dezvoltarea, riscurile potențiale pentru mediu - și pe consultarea publicului, astfel încât beneficiile dezvoltării să depășească atât costurile monetare, cât și pe cele nemonetare, pentru mediu. În acest fel, atât generațiile de față, cât și cele viitoare vor beneficia în continuare de aceeași calitate a serviciilor și resurselor oferite de acest ecosistem.

CAPITOLUL 3:

EVALUAREA STĂRII ECOLOGICE A LACURILOR

În capitolul 3 sunt prezentate elementele structurale și funcționale ale lacurilor, problematica privind clasificarea lacurilor urbane, este susținută complementaritatea metodelor fizico-chimice și a celor biologice și ecologice pentru evaluarea stării unui ecosistem, cu evidențierea rolului nevertebratelor bentale în acest sens, din prisma Directivei Cadru a Apei.

În România evaluarea stării ecologice și a potențialului ecologic al corpurilor de apă naturale și puternic modificate se face conform Legii Apelor nr. 107/1996, cu modificările și completările ulterioare, folosind și testând, în același timp, metodologiile privind sistemele de clasificare și evaluare globală a stării apelor de suprafață, elaborate de Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru

CAPITOLUL 4:

OBIECTIVE

Ecosistemele acvatice oferă un număr mare de beneficii populației, însă exploatarea necontrolată și antropizarea intensivă au dus la alterarea Lacului Siutghiol. Amplasarea sa face ca funcțiile sale, recreativă și de agrement, să fie puternic exploatate, dezvoltarea turismului atrăgând după sine o nouă amenajare teritorială în zona din jurul lacului. Se observă tendința generală de transformare a acestei zone într-una metropolitană, în același timp fiind reclamate probleme diverse, precum și noi proiecte de dezvoltare (orașel lacustru, canal de legătură cu marea, în nordul lacului), ceea ce impune luarea de măsuri pentru limitarea efectelor negative, pentru reglarea presiunii exercitate de activitățile umane, cu scopul de a beneficia în continuare de resursele și serviciile ecosistemice, însă prin menținerea sau după caz ameliorarea parametrilor structurali și funcționali ai sistemului Lacului Siutghiol.

Din aceste considerente, am dorit ca studiul să se concretizeze într-un plan integrat de monitorizare, care să aducă date științifice la zi privind bazele ecologice ale ecosistemului lacului Siutghiol, pentru a înțelege cum sunt afectate funcțiile, serviciile și resursele ecosistemice, care sunt factorii stresanți, generatori ai riscului pentru diferitele componente vii ale ecosistemului. Determinarea problemelor specifice este deosebit importantă pentru a putea lua decizii cu privire la administrarea potrivită a zonei (ce se poate face pentru resurse, ce activități pot fi sprijinite sau îngrădite, după caz).

Mi-am ales un program care să ajute la cunoașterea, deprinderea unor metode, a modului de lucru pe teren și în laborator. Obiectivele urmărite au fost următoarele:

- Analiza conceptului de dezvoltare durabilă ca imperativ al noului mileniu și în special ca aplicare la managementul capitalului natural al sistemelor lacustre;
- Identificarea stadiului de cunoaștere privind evaluarea stării generale a Lacului Siutghiol, a modificărilor și presiunilor induse de factorul uman de-a lungul timpului;
- Evaluarea metodelor de analiză a stării de sănătate a ecosistemelor acvatice, în special din perspectiva Directivei Cadru a Apei;
- Cunoașterea la zi a elementelor ce contribuie la evaluarea structurii și funcționării ecosistemului și a modului de influențare a resurselor ce sprijină omul:
 - stabilirea gradului de afectare a integrității ecologice a zonei ecotonale, prin aplicarea indexului de dezvoltare a țărmului;
 - evaluarea gradului de toxicitate globală a apelor și sedimentelor lacustre, prin aplicarea de microbioteste Toxkit, pe baza răspunsului organismelor vii la mediul de viață cu care vin în contact;
 - urmărirea dinamicii spațio-temporale a unor parametri de calitate a apelor și sedimentelor pe diferite orizonturi de adâncime (temperatura, oxigenul dizolvat, nutrienții, turbiditatea, clorofila, conductivitatea, pH-ul, salinitatea; conținutul de metale grele din apă și sedimente);
 - analiza comunităților bentale (structura calitativă și dinamica populațiilor);
 - analiza integrată a datelor obținute;
- Identificarea principalelor probleme ale sistemului ecologic Siutghiol și propunerea unui set corespunzător de măsuri și recomandări, din prisma unui management durabil al bazinului hidrografic.

CAPITOLUL 5:

MATERIAL ȘI METODĂ

În cadrul acestui capitol au fost descrise:

- rețeaua de stații și frecvența de prelevare (Fig. 1);
- metodologia de colectare, conservare și prelucrare a probelor;
- metoda concepută pentru evaluarea dezvoltării zonei de țărm a lacului;

- metodele de evaluare a calității și gradului de toxicitate a apelor și sedimentelor precum și metodele de evaluare a stării ecologice.

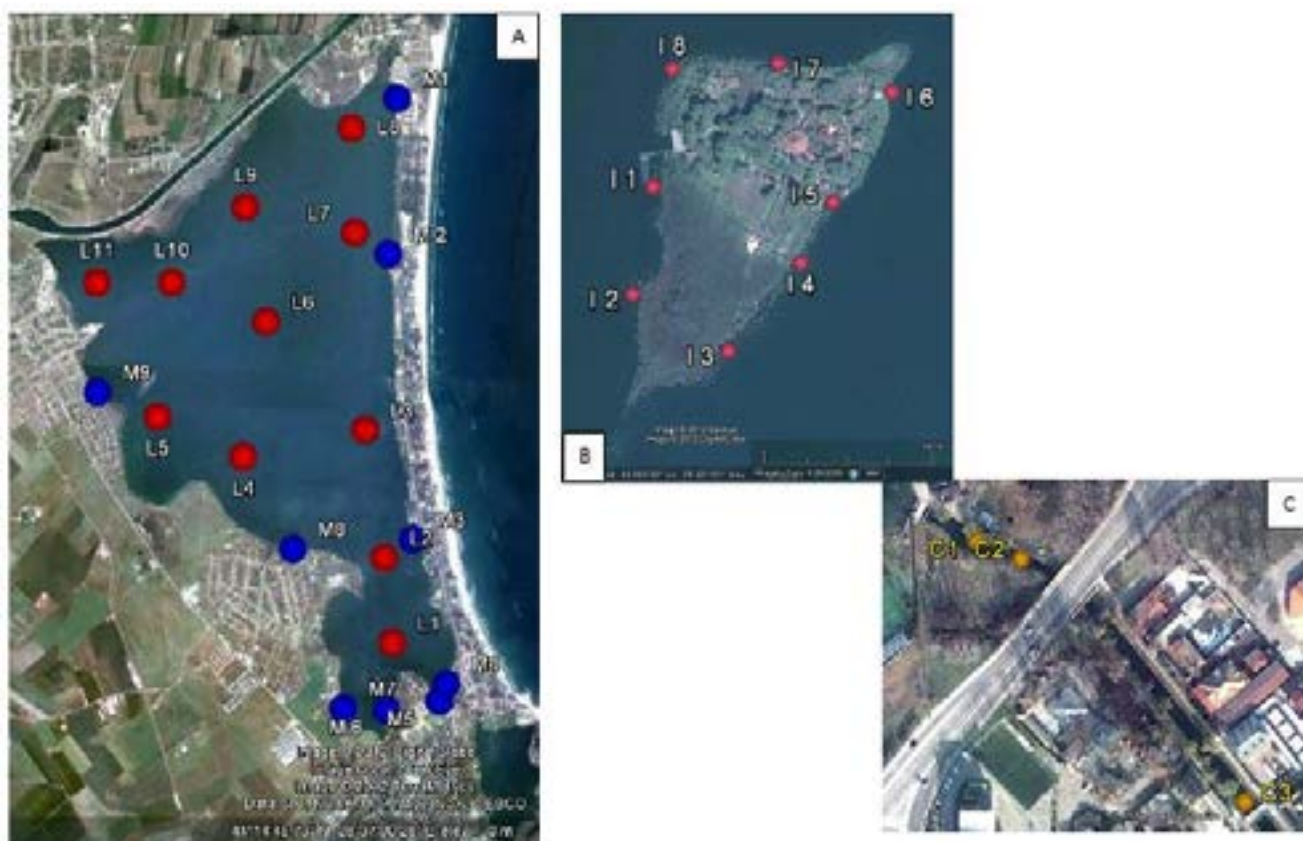


Fig. 1 - Situația stațiilor pentru recoltarea probelor: A. din interiorul lacului (marcate cu roșu) și din zona de mal (marcate cu albastru); B. din zona Insulei Ovidiu; C. din canalul Siutghiol-Tăbăcărie

Rețeaua de stații a fost stabilită pentru a obține o acoperire bună a întregii suprafețe, atât în interiorul lacului (11 stații), cât și în zona de mal (8 stații) (Fig. 1A), astfel încât să reprezinte zonele puternic antropizate dar și pe acelea cu impact mai slab. Presiunile antropice exercitate pe extremitățile lacului sunt diverse, cu o singură excepție, zona nordică, afectată, la o primă vedere, în mai mică măsură de activitățile umane.

De asemenea, am stabilit un număr de opt stații în jurul Insulei Ovidiu și trei la nivelul canalului ce face legătura între lacurile Siutghiol și Tăbăcărie (Fig. 1 B și C). Ritmul de recoltare și de realizare a măsurătorilor a fost sezonier, în total fiind realizate 8 campanii.

O serie de parametri de calitate pentru apele de suprafață au fost determinați *in situ*, cu sonda multiparametrică YSI (dotată cu senzori ce funcționează pe principii electro-chimice și optice), fiind înregistrate datele la suprafața apei și apoi pe verticală din metru în metru, până la adâncimea maximă.

Au rezultat aproximativ 3200 de măsurători *in situ* și analize de laborator. De asemenea, au fost colectate în total 636 de probe de bentos (dintre care 470 cantitative și 166 calitative – Tabel 2).

Prin aplicarea metodei indexului de dezvoltare a țărmului au rezultat 147 de puncte de jur-împrejurul lacului, în funcție de suprafața ocupată de zona funcțională și de existența spațiilor de acces către mal. Pentru fiecare din acestea care au fost completate fișe de observații, informațiile obținute fiind prelucrate în laborator.

Tabel 2: Numărul și tipul probelor și măsurătorilor realizate

Probe:						
chimice		biologice				
Determinări:		Determinări:	țarm	insulă	larg	Observații
cantitative	În laborator - nutrienți - 104 - spectroscopie de absorbție atomică - 349	cantitative	88	112	270	Din care: 235 macrozobentos 235 meiozobentos
in situ	2748	calitative	56	16	66	69 macrozobentos 69 meiozobentos
		in situ	12	16	-	28 probe calitative analizate global
Total	Aprox. 3200 determinări	Total: 636 probe analizate				

CAPITOLUL 6: REZULTATE ȘI DISCUȚII

6.1. Starea actuală a liniei țărmului

Indexul de dezvoltare a țărmului cuantifică și ajută la înțelegerea relațiilor dintre activitățile umane asupra terenului și integritatea ecologică a lacului. Indexul are 5 componente: acvatică, de țărm, riverană, biotică și estetică. Când toate acestea sunt evaluate împreună se poate obține o imagine de ansamblu și cuantificarea poate fi realizată pentru fiecare stație.

- **Componenta acvatică** a obținut o valoare relativ uniformă, în majoritatea locațiilor existând vegetație submersă și flotantă care constituie un plus în ceea ce privește scorul pozitiv acvatic.

- **Componenta de țărm.** Zonele Mamaia, Campus, Scoica Land au primit un punctaj foarte mic în ceea ce privește zona de țărm. Pe toată partea estică a lacului Siutghiol malul este betonat, ceea ce a făcut ca punctajul atribuit să fie 0. Stațiile pentru care componenta țărm are un punctaj ridicat sunt acelea din zona canalului din nordul lacului, unde malul este în întregime natural, intervenția omului fiind aparent puțin pregnantă în comparație cu celelalte zone funcționale stabilite.

- Zonele în care **componenta riverană** a primit punctajul cel mai mare sunt cea a Canalului Galeșu și vis-a-vis de Carrefour, unde vegetația este abundentă. Zona în care componentă riverană a primit un calificativ mai mic este La Scoica Land, unde, din cauza puternicei influențe antropice, peisajul natural a avut mult de suferit.

- **Componentă biotică** este în legătură cu prezența vegetației și un mediu natural sănătos și bine îngrijit. Zona canalului, unde vegetația este abundentă și există porțiuni întregi cu stuf, și componenta biotică este prezentă. Astfel, s-a înregistrat o abundență ridicată în special a păsărilor în mai multe stații din această zonă funcțională.

- **Componenta estetică** a primit scoruri mari în majoritatea stațiilor, datorită existenței clădirilor cu aspect plăcut. Spațiul construit a beneficiat de o arhitectură frumoasă în majoritatea cazurilor, rare fiind stațiile în care existau clădiri neîngrijite sau debarcadere părăsite și deteriorate, care ar fi scăzut punctajul acordat componente estetic.

Majoritatea stațiilor (47) au primit un punctaj bun, însă au existat și cazuri în care punctajul a fost slab din cauza prezenței deșeurilor în cantitate mare, a gurilor de deversare, sau a spațiului construit degradat, care au contribuit la scăderea valorii zonei (Bucur et al., 2012a).

Pe măsură ce ne îndreptăm spre nordul și nord vestul lacului, începând cu zona Scoica Land, numărul stațiilor pentru care calificativele sunt medii scade și crește numărul stațiilor în care calificativul obținut este bun și foarte bun – zonele Mamaia Sat și Ovidiu (Fig. 2). În zona canalului Galeșu cele mai multe stații au primit calificativul excelent, intervențiile antropice fiind minime, în zona neexistând suprafețe construite sau mal betonat. Vegetația este abundentă, existând și zone în care s-a instalat plaurul.

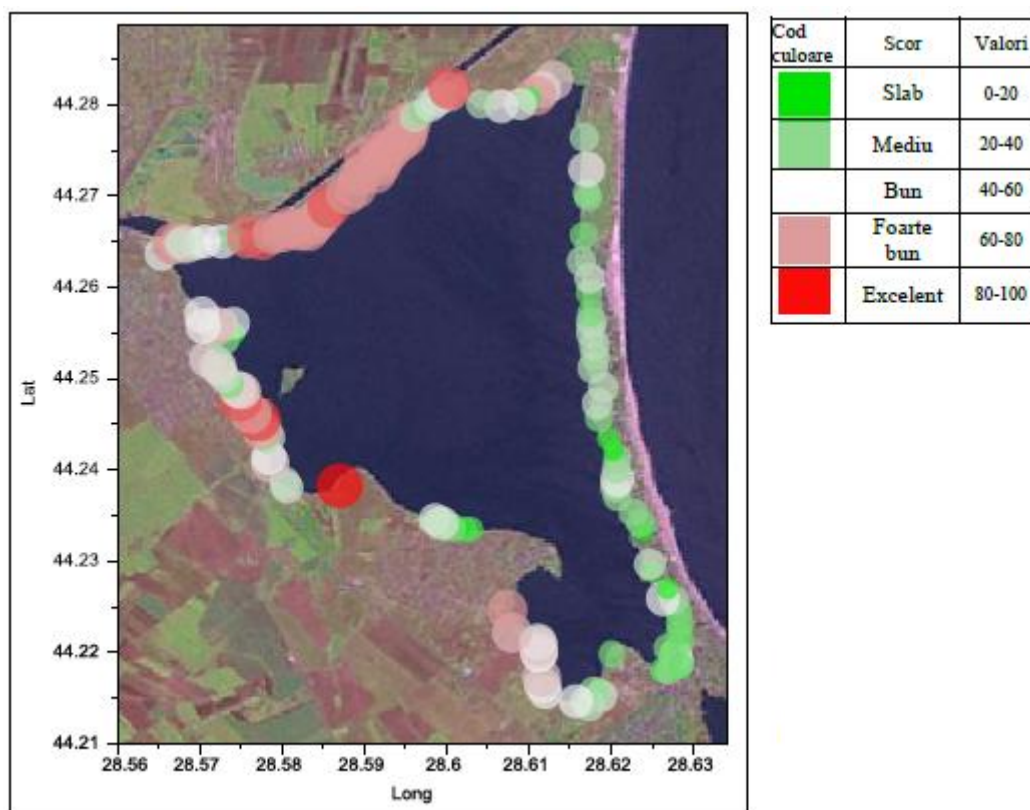


Fig. 2 – Distribuția în spațiu a stațiilor și scorurilor totale calculate

În zona Palazu s-au înregistrat de asemenea scoruri scăzute, câteva stații primind calificativul slab din cauza prezenței unui număr foarte mare de deșeuri, dar și al detritusului flotant existent pe suprafața apei. Totuși, proporția stațiilor cu scoruri scăzute din totalul stațiilor efectuate în această zonă funcțională a fost scăzută.

6.2. Evaluarea ecotoxicologică a apelor și sedimentelor

Prin utilizarea microbiotestelor Toxkit avem posibilitatea de a surprinde efectul sinergic al mai multor componente (Tofan et al., 2010b). Răspunsul obținut reprezintă reacția organismelor vii față de multitudinea de substanțe care s-au regăsit la un moment dat în mediul de viață (apă, apă interstițială sau sediment). După validarea testului realizat, pe baza datelor rezultate prin măsurarea rădăcinilor și tulpinilor plantelor am calculat procentul de inhibare a creșterii pentru cele trei specii de plante utilizate, raportându-ne la loturile de referință. Cele trei specii de plante răspund în mod diferit la gradul de contaminare a sedimentelor (Fig. 3, Fig. 4).

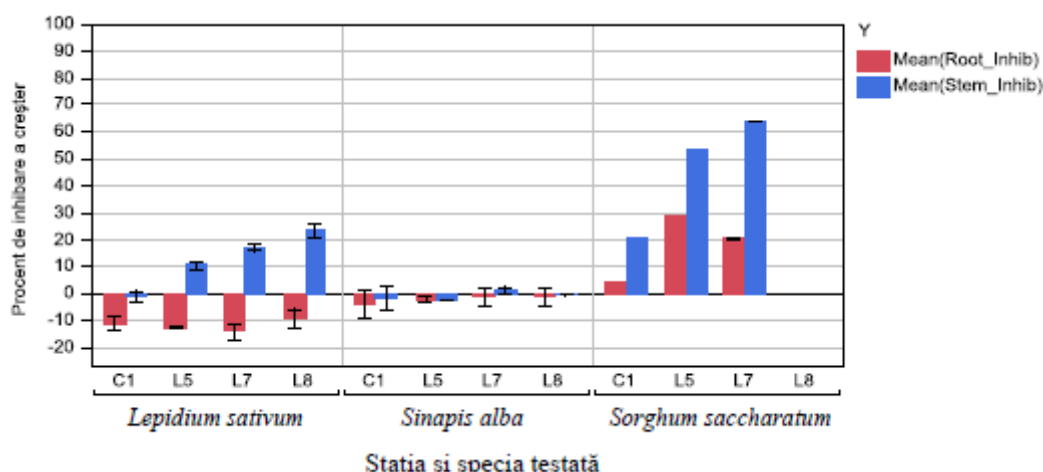


Fig. 3 – Rezultatele testului de fitotoxicitate a sedimentelor pentru anul 2009

Procentul de inhibare a creșterii pentru *Lepidium sativum* variază în funcție de stație și înregistrează valori negative, ceea ce înseamnă că sedimentul testat a avut mai degrabă un efect de stimulare a creșterii rădăcinilor. În cazul tulpinilor s-a resimțit efectul toxic al sedimentului testat pentru trei din cele patru stații (Fig. 3). Cel mai mare procent de inhibare medie a fost de 23.46 la stația L8.

Pentru *Sinapis alba* lotul testat a avut o creștere mai pronunțată comparativ cu lotul martor, astfel că procente calculate indică o favorizare a creșterii plantelor, însă mai redusă decât cea observată în cazul plantelor de *Lepidium sativum* (Fig. 3). Singura excepție apare la stația L7, unde a fost determinat un procent de inhibare a creșterii tulpinilor, de 1.16%.

Raportându-ne la lotul martor, creșterea monocotiledonatului *Sorghum saccharatum* a fost semnificativ redusă comparativ cu celelalte două specii testate. Procentele de inhibare a creșterii au fost semnificate pentru rădăcină și tulpină, depășind 50% la stațiile L5 și L7.

În anul 2010 remarcăm că pentru majoritatea stațiilor s-au obținut valori negative ale procentelor de inhibare a creșterii plantelor (Fig. 4). Măsurătorile arată o stimulare puternică a creșterii rădăcinilor și în special a tulpinilor pentru specia *Sinapis alba* la nivelul tuturor stațiilor în comparație cu anul anterior. Pentru *Lepidium sativum* s-au calculat procente de inhibare a creșterii rădăcinilor la stațiile L3, L8 și L10. S-a evidențiat o inhibare a creșterii tulpinii pentru proba de la stația L5, însă creșterea rădăcinii a fost stimulată. Pentru *Sorghum saccharatum* au rezultat procente de inhibare a creșterii tulpinii în cazul probelor de la stațiile L3 și L5; pentru celelalte probe efectul a fost de stimulare a creșterii plantelor

Testul de toxicitate cronică Ostracodtoxkit ne arată prezența în apă a unor elemente ce au determinat inhibarea creșterii ostracodelor în trei dintre cele patru stații. Procentul de inhibare a creșterii a fost mai mare de 40%. Cel mai mare nivel de inhibare a creșterii, de 67%, a fost observat pentru stația L5, situată la sud de insula Ovidiu, poziționare ce ar explica rezultatul, prin deversarea apelor uzate provenite din activitățile întreprinse pe insulă. La stația L7 ostracodele din lotul testat au crescut mai mult comparative cu lotul martor, astfel că am obținut un procent de inhibare de -19%, ceea ce sugerează fie prezența în apă a unor substanțe ce au stimulat creșterea organismelor, fie efectul antagonic al compușilor chimici.

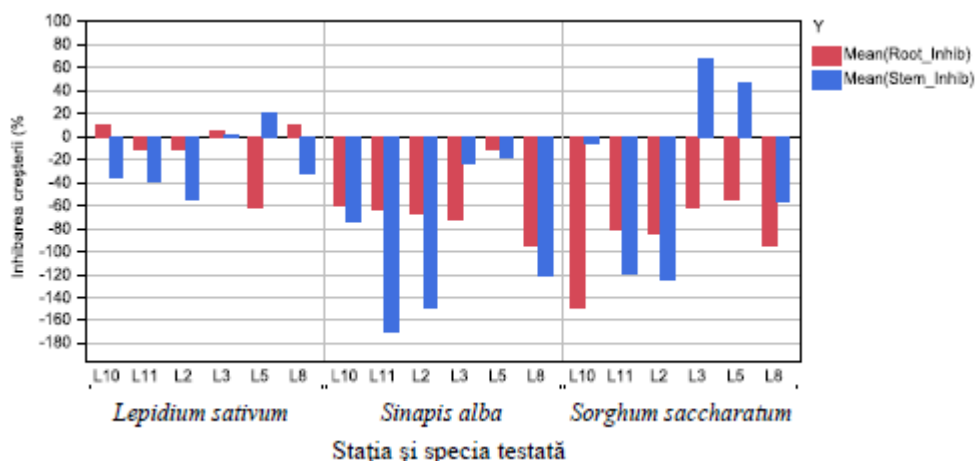


Fig. 4 - Rezultatele testului de fitotoxicitate a sedimentelor pentru anul 2010

6.3. Evaluarea calității apelor și sedimentelor Lacului Siutghiol

6.3.1. Analiza pe baza determinărilor parametrilor fizico-chimici de calitate

- Observațiile și măsurătorile de teren arată variații sezoniere normale ale **temperaturii apei**. În lunile noiembrie 2009, septembrie și octombrie 2010, se observă că temperatura apei la nivelul stațiilor monitorizate se păstrează relativ constantă de la suprafață până la adâncimea maximă. O ANOVA combinată pentru toate datele reunite a arătat că data la care s-au făcut determinările, stația și

adâncimea au avut un efect semnificativ asupra temperaturii apei. Același efect l-au avut și interacțiunile dintre dată și stație, dată și adâncime, precum și cea dintre stație și adâncime.

- **Conductivitatea specifică** a apei a variat mult de la o etapă de lucru la alta, însă intervalul determinat de valorile minime și cele maxime pentru întreaga perioadă de studiu nu presupune un pericol pentru organismele rezidente.

- În perioada de studiu, **pH-ul apelor** Lacului Siutghiol a înregistrat valori cuprinse între 6.81 și 9.22. Comparativ cu datele oferite de literatura de specialitate (Galațchi, 2005), se observă o creștere a pH-ului apelor Lacului Siutghiol, de la o valoare medie multianuală de 8.19 pentru perioada 1997-2000, la 8.96 pentru intervalul 2009-2011.

- **Turbiditatea** apei a fost crescută pe toată durata studiului și au fost observate variații mari, semnificative statistic de la o etapă de măsuratori la alta. Diferențele pe adâncime și dintre stații nu au fost semnificative statistic.

- **Saturația apei în oxigen** a suferit modificări mari pe adâncime și de la o etapă de determinări la alta (Fig. 5). Se observa tendința de scădere a valorilor oxigenului pe coloana de apă. În majoritatea cazurilor se observă valori relativ constante până la adâncimea de 3 m, după care scad brusc, atingând adesea valori sub cele necesare pentru a susține viața.

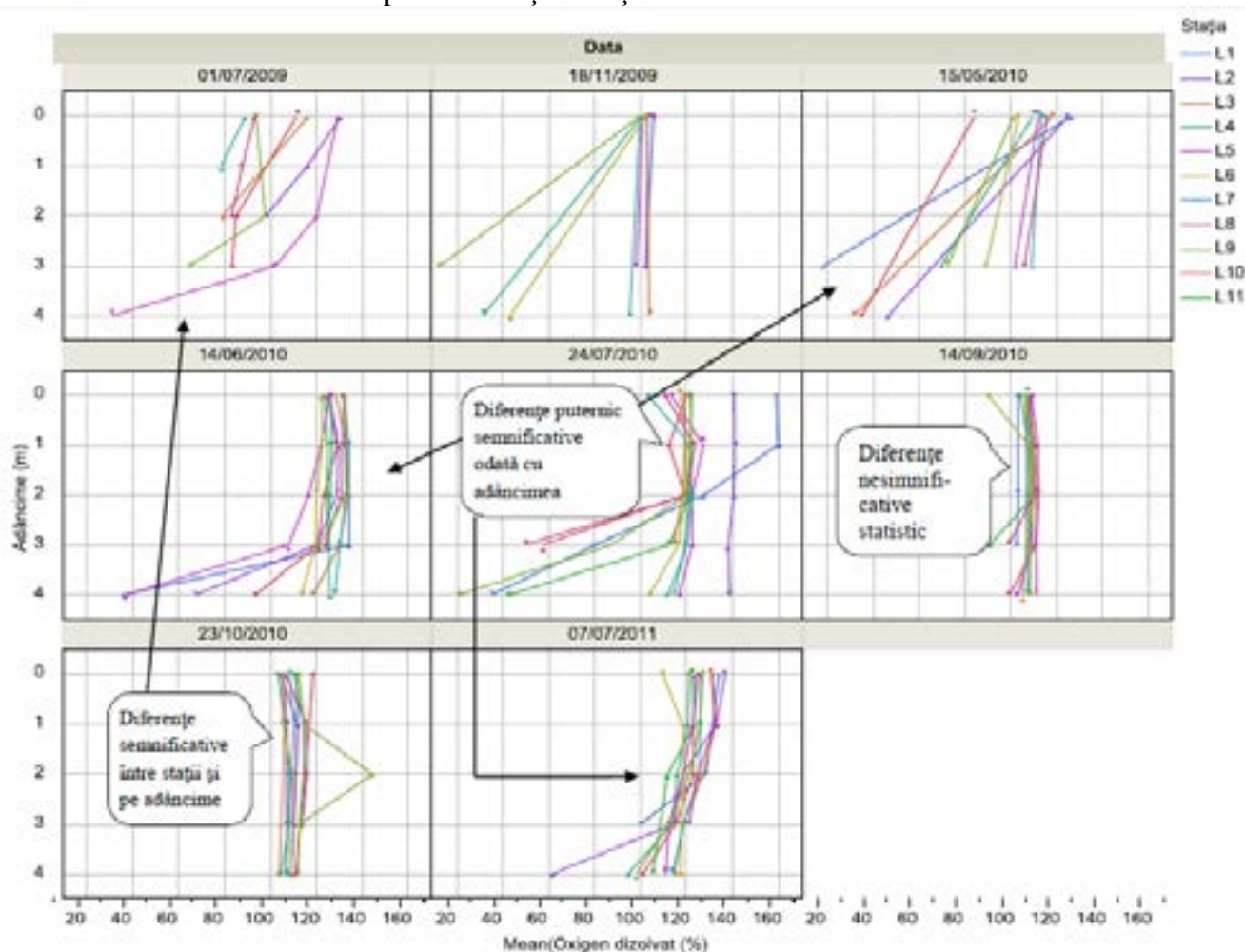


Fig. 5 – Modelul de variație a valorilor medii ale saturației oxigenului dizolvat

- **Fluorescența** a înregistrat variații mari pe parcursul studiului; diferențe mai mari între valorile înregistrate la nivelul celor 11 stații au fost observate în iulie 2009, iunie și iulie 2010, precum și în iulie 2011. Cu toate acestea, analiza statistică arată că nu există diferențe semnificative între stații, ci mai degrabă pe adâncime. Analiza varianței în care au fost utilizate toate datele reunite scoate în evidență efectul semnificativ al datei asupra fluorescenței clorofiliene. Efectele celorlalte elemente testate (stația, adâncimea, respectiv interacțiunea dintre stație și adâncime) au fost statistic nesemnificative.

● **Nivelurile nutrienților** au fost monitorizate pentru zona de larg a lacului, însă și pentru zona litorală (Fig. 6). Pentru probele prelevate din zona de larg a lacului observăm că o creștere a concentrației nitraților atrage după sine creștere a cantității de clorofilă din apă, asociată cu creșterea fitoplanctonului. Aceeași tendință a fost observată și pentru zona de mal. Acestea sugerează că algele verzi din sistem sunt limitate de nitrați.

În ce privește fosfații, relația a fost mai complexă. Pentru stațiile din zona de larg nu a existat o asociere între fosfați și fluorescență, pe când pentru zona țărmului am observat o relație negativă între concentrația fosfaților și fluorescența algală.

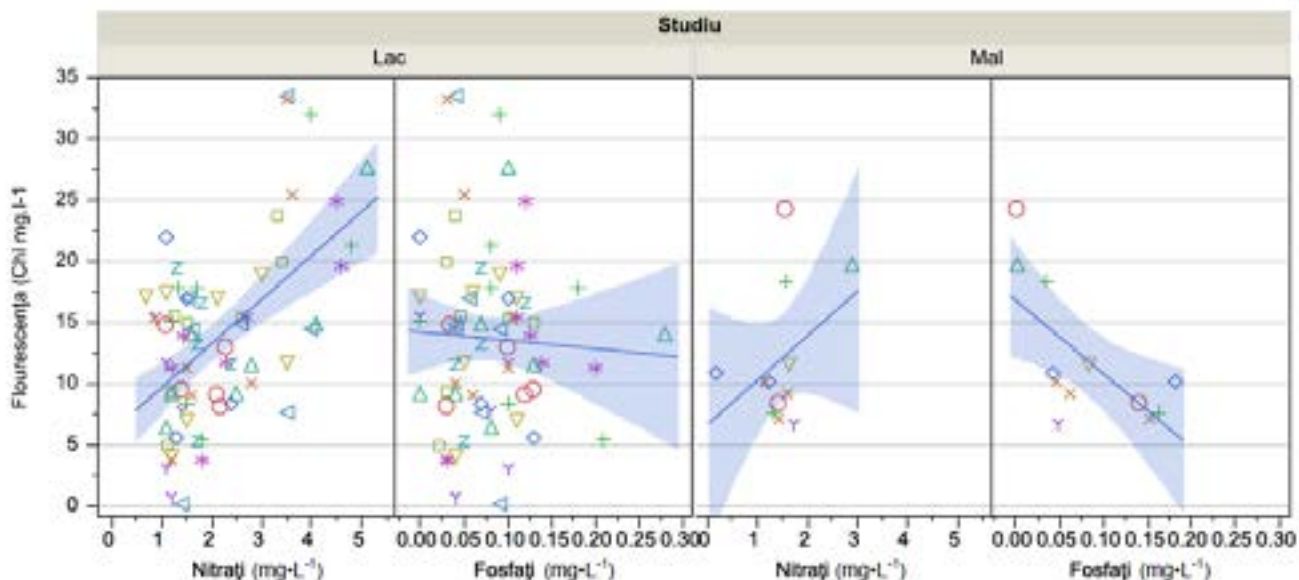


Fig. 6 – Efectul nutrienților asupra concentrației clorofiliene pentru stațiile din interiorul lacului și litorale

Aceasta sugerează că algele verzi reușesc să exploateze acest compus al fosforului până la un punct, iar când raportul nutrienților din sistem se modifică în sensul creșterii concentrației de fosfați, algele albastre-verzi (cianobacteriile) sunt cele care scot din competiție fitoplanctonul deoarece pot fixa facultativ azotul atmosferic. Astfel rezultă înfloriri alge vizibile (umbrind algele verzi). În zona țărmului acest proces poate fi accentuat de eliberarea mai pronunțată a fosforului din sedimente, care este exploatat de cianobacterii, capabile să acționeze înaintea algelor ce cauzează înfloriri.

O privire de ansamblu asupra concentrațiilor medii ale cloroflei, nitraților și fosfaților de-a lungul perioadei de studiu indică un model asemănător pentru primii doi parametri (Fig 7A).

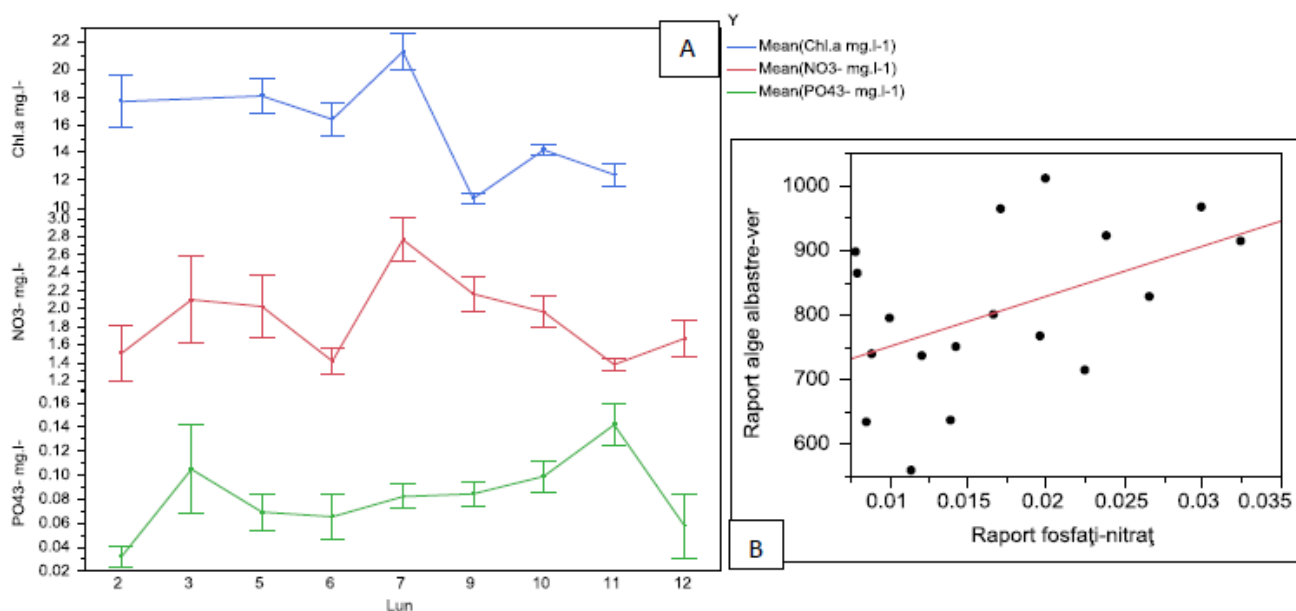


Fig. 7 - Variația în timp a clorofilei și nutrienților și relația dintre raportul alge verzi-cianobacterii (A) și raportul nitrați-fosfați în vara anului 2009 (B)

Scăderea pronunțată a clorofilei din septembrie 2009 (Fig. 7A), în paralel cu scăderea concentrației nitraților, poate fi explicată prin dezvoltarea accelerată a cianobacteriilor, care în astfel de condiții au capacitatea de a fixa azotul liber din atmosferă.

Pe măsură ce crește abundența relativă a fosfaților față de nitrați, la fel se întâmplă și în cazul abundenței relative a algelor albastre-verzi raportată la cea a fitoplanctonului (Fig. 7B) (Tofan et al., 2010a; Tofan et al., 2012).

6.3.2. Evaluarea calității apelor pe baza determinărilor de metale grele

Pentru a putea evalua datele obținute privind concentrațiile unor metale grele în apele și sedimentele Lacului Siutghiol ne-am raportat la valorile maxime admise prevăzute în legislația în vigoare: O.M. 161/16.02.2006. Depășiri ale concentrațiilor maxime admise au fost observate pentru Cd și Hg în apele de suprafață.

6.3.3. Evaluarea calității sedimentelor lacustre pe baza determinărilor de metale grele

La nivelul sedimentelor au fost determinate depășiri ale limitelor stipulate de lege pentru Cd, Pb, Cu, Zn, Hg și Mn. Per total se remarcă stațiile L4, L5, L7 și L8. Zona de la mal corespunzătoare stațiilor L4 și L5 este localitatea Ovidiu, mai exact extremitatea sudică, iar cea pentru L7 și L8 este nordul stațiunii Mamaia. Ambele au cunoscut o dezvoltare uluitoare.

Acumularea de metale grele se produce prin drenarea din bazinul hidrografic și nu prin sursele de alimentare din izvoarele carstice. În acest sens, datele bibliografice (Agenda locală 21 Ovidiu, 2008) privind determinările metalelor grele din pânza freatică adiacentă lacului arată un nivel scăzut al metalelor grele, chiar mai mici decât în apa lacului, prin urmare, nu poate fi considerată ca sursă.

6.4. Analiza integrată a rezultatelor testelor ecotoxicologice și a indicilor specifici de impurificare

Analiza statistică integrată a rezultatelor testelor de ecotoxicologie și a conținutului de metale grele a scos în evidență acele elemente metalice care ar fi putut determina efectele observate în subcapitolul 6.2.

Petru *Lepidium sativum* Pb, Cu, Mn, și Hg determină inhibarea creșterii rădăcinii (Fig 8). Creșterea tulpinii este inhibată de Pb și Hg, care au fost prezente în concentrații mai mari în 2009, limita maximă admisă fiind depășită în special la stațiile L5 și L7, pentru care s-au calculat procente ridicate (mai mari de 50%) de inhibare a creșterii (Fig. 9).

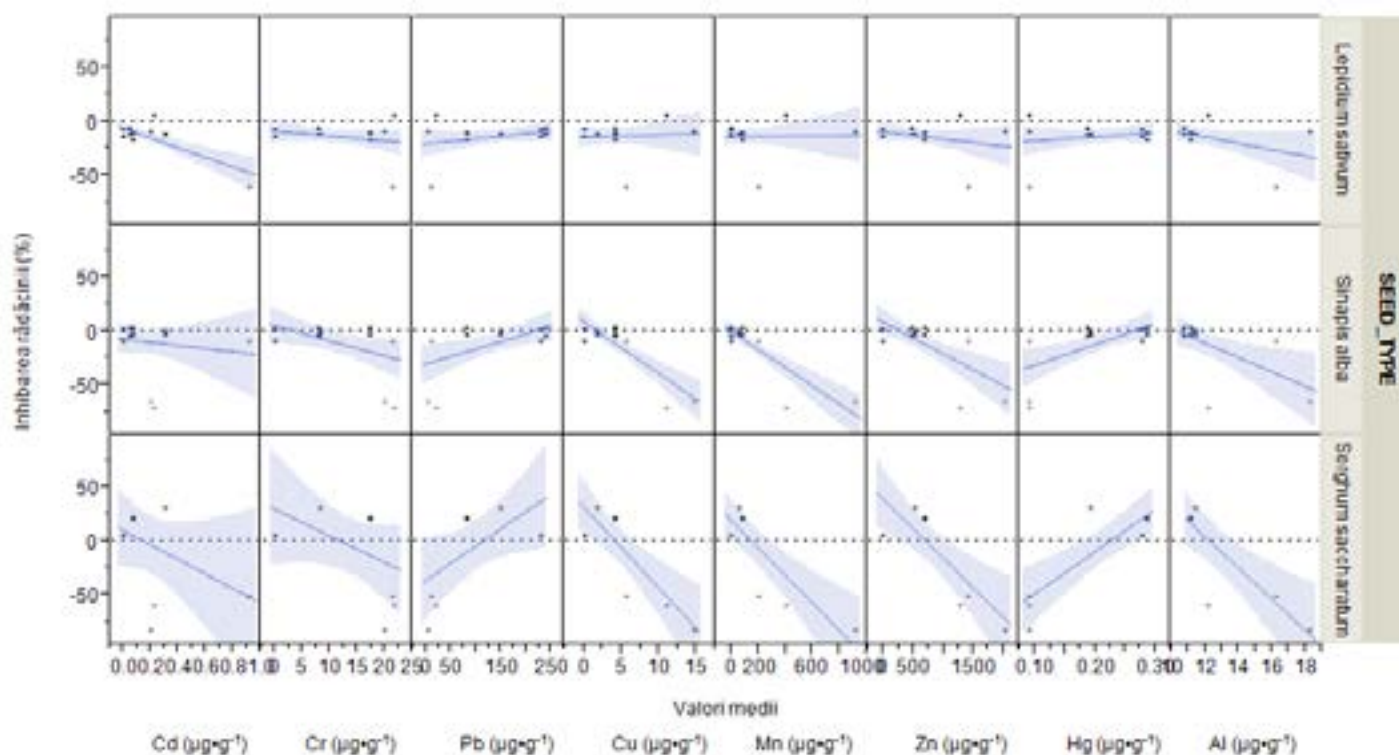


Fig. 8 – Relația dintre procentul de inhibare a creșterii rădăcinii și valorile medii ale metalelor grele din sedimente

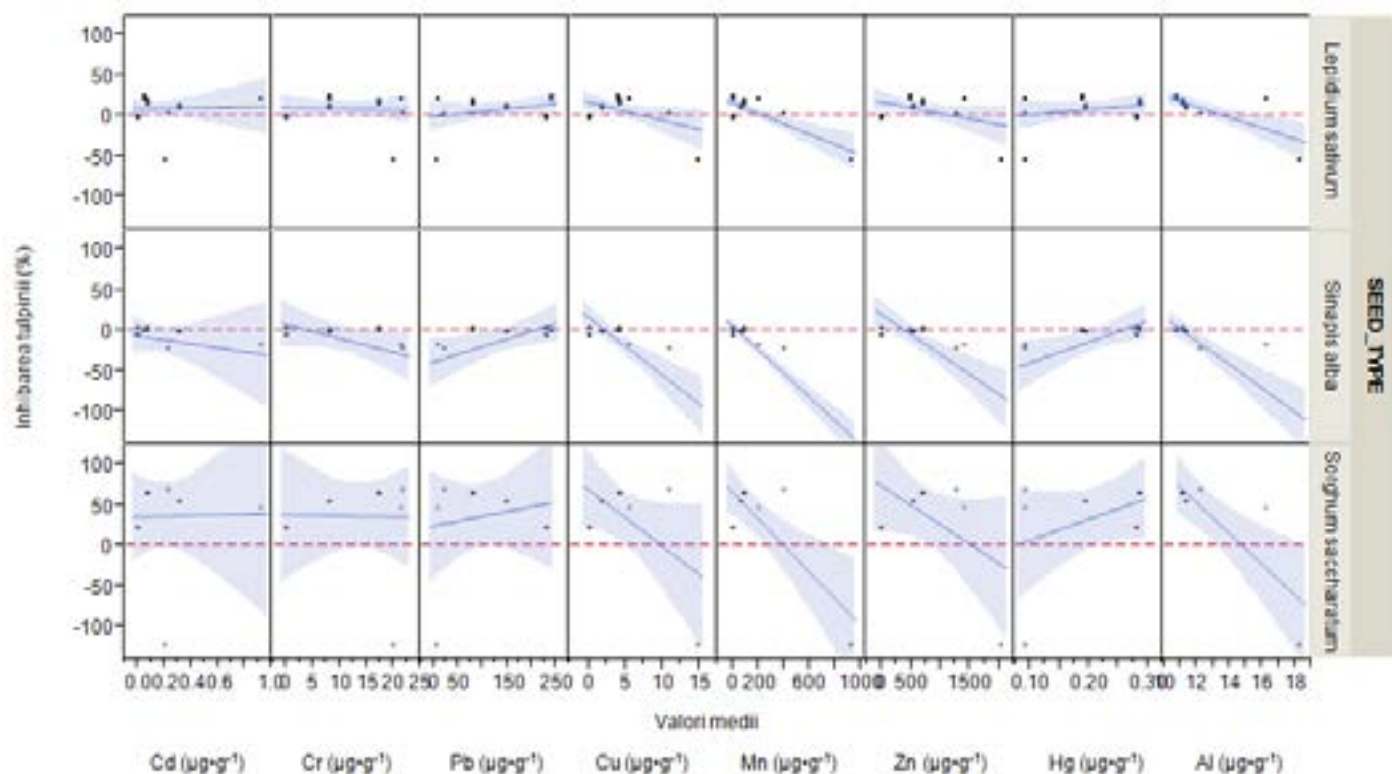


Fig. 9 – Relația dintre procentul de inhibare a creșterii tulpinii și concentrațiile medii ale metalelor grele din sedimente

În cazul speciei *Sinapis alba* numai Pb și Hg determină un efect de creștere a procentului de inhibare a creșterii rădăcinii și tulpinii.

Pentru sorg se observă tendințe de inhibare a creșterii tulpinilor similare cu *Sinapis alba* și *Lepidium sativum*, induse de Pb și Hg, cu mențiunea că procente de inhibare în cazul acestei specii au fost întotdeauna pozitive.

Aceste rezultate sugerează existența și a altor factori, nemăsurați în acest studiu, care pot să influențeze fitotoxicitatea probelor analizate, ca de exemplu formele chimice ale metalelor grele, care determină biodisponibilitatea și capacitatea lor de mobilizare (Morillo et al., 2002) sau încărcarea cu nutrienți a sedimentelor (Nakamura et al., 2002).

Prezența unor cantități mari de nutrienți la nivelul materiei organice din sediment poate să mascheze impactul inhibitor al contaminanților fitotoxici din sediment, modificând astfel evaluarea. De asemenea, interacțiunile dintre contaminanți pot avea efecte antagonice sau sinergice, care sunt greu de prevăzut (Czerniawska-Kusza, 2006).

Cu toate acestea, rezultatele obținute reflectă prezența dar și efectele factorilor de stres cauzati de activitățile antropice asupra organismelor vii.

În cazul analizei relației dintre rezultatele testului de ecotoxicologie Ostracodtoxkit și conținutul apei în metale grele, Cd, Pb și Al s-au corelat pozitiv cu procentul de inhibare a creșterii ostracodelor.

6.5. Starea ecologică a Lacului Siutghiol - analiza comunităților bentale

6.5.1 Structura taxonomică și ecologică a zoobentosului

În urma cercetărilor efectuate în perioada 2009-2011 au fost identificați 22 taxoni, din care 10 de nivel supraspecific (nematode, briozoare, hidracarieni, crustacee ostracode și copepode) și 16 la nivel de specii (Tabel 3).

Comunitatea zoobentală a fost dominată numeric de meiobentos, în proporție de 64 % (Fig. 10), cu o densitate de 751203.5 ind.m⁻². Dominanța netă a formelor meiobentale pare să fie asociată cu prezența impactului antropic.

Tabelul 3: Lista speciilor benthice înregistrate în Lacul Siutghiol în perioada 2009-2011

Nr. crt.	Grup taxonomic	Specii	Simbol	Macro	Meio
1	Spongia	<i>Spongilla lacustris</i> (Linné)	Spong	+	
2	Hydrozoa	<i>Hydra</i> sp. (Pallas)	Hydra	+	+
3	Briozoa	<i>Plumatella</i> sp. (Linné)	Brioz		+
4	Turbellaria	Varia	Turb	+	
5	Polychaeta	<i>Hypaniola kowalevskii</i> (Grimm)	PolH	+	+
6		<i>Manayunkia caspica</i> (Annenkova)	PolM	+	+
7	Oligochaeta	<i>Stylaria lacustris</i> (Linné)	OligSty	+	+
8		Naididae varia	OligNaid	+	+
9		Tubificidae varia	OligTubif	+	+
10	Hyrudinea	<i>Erpobdella stagnalis</i> (Linné)	Erpob	+	+
11	Nematoda	Varia	Nema	+	+
12	Nematomorpha	<i>Gordius</i> sp. (Linné)	Nematmph	+	+
13	Acarina	Limnesiidae varia	AcLimn	+	+
14		Aturidae varia	AcAtu	+	+
15		<i>Copidognatopsis</i> sp. (Viets)	AcCopid	+	+
16		Varia	Acari	+	+
17	Cladocera	<i>Daphnia</i> sp.	Daph	+	+
18	Copepoda	Varia	Cope	+	+
19	Ostracoda	Varia	Ostra	+	+
20	Amphipoda	<i>Gmelina aestuarica</i> (Cărașu)	Amphi		+
21	Mysidacea	<i>Limnomysis benedeni</i> (Czerniavsky)	Mys	+	
22	Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i> (Linné)	Isop	+	+
23	Crustacea	varia	Crustv	+	+
24	Odonata	varia	Odo	+	
25	Plecoptera	varia	Plec	+	+
26	Heteroptera	<i>Corixidae-Micronecta</i> sp. (Kirkaldy)	Heterop	+	+
27	Coleoptera	varia	Coleo	+	
28	Diptera-Nematocera larve, pupe, imago	<i>Chironomus plumosus</i> (Linné)	DiptChp	+	+
29		<i>Chironomus</i> sp.	DiptChsp	+	+
30		<i>Sphaeromias</i> sp. (Curtis)	DiptSph	+	+
31		varia	Dipt	+	+

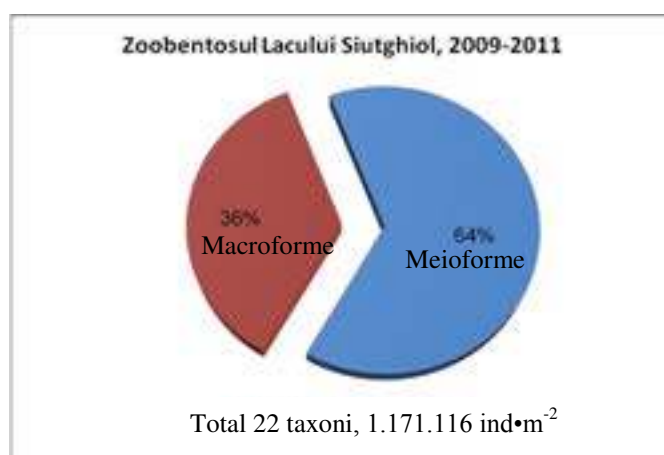


Fig. 10 – Raportul abundențelor formelor zoobenthice pentru perioada de studiu

Potrivit studiilor noastre, comunitatea macrozoobentală este reprezentată de 19 taxoni (Fig. 11).

De remarcat sunt insectele diptere nematocere (larve, pupe și imago – forme macrobenthice, genul *Chironomus*), reprezentate prin 3 specii (Bucur et al., 2012b), cu o densitate și o frecvență de apariție mari pe întreaga durată de studiu, indiferent de localizarea stațiilor sau de natura substratului. Chironomidele reprezintă componenta principală prin abundențele determinate; acestea sunt foarte des utilizate pentru evaluarea calității apei, a condiției oxigenului sau stării trofice (Brundin, 1949; Saether, 1979), fie luate separat ori împreună cu alte grupe de nevertebrate benthice.

Copepodele reprezintă al doilea grup ca abundență realizată per ansamblu, obținând 9 % din total, urmate de oligochete, acarieni, nematode și izopode. Cele mai mici abundențe au fost înregistrate de insectele odonate, plecoptere și coleoptere (Fig. 11).

Deși au o pondere neîsemnată, relictul ponto-caspice dețin o importanță științifică mare și semnificație pentru starea sistemului ecologic Siutghiul. Prezența lor, chiar și în numere mici, denotă faptul că acele zone reprezintă adevărate enclave în acest sistem supus unor presiuni antropice complexe crescânde (Paraschiv et al., in press). Foarte important de menționat este prezența speciei de hidrozoar relict ponto-caspic, *Cordylophora caspia* (Pall.), după ani de zile de când nu a mai fost semnalată.

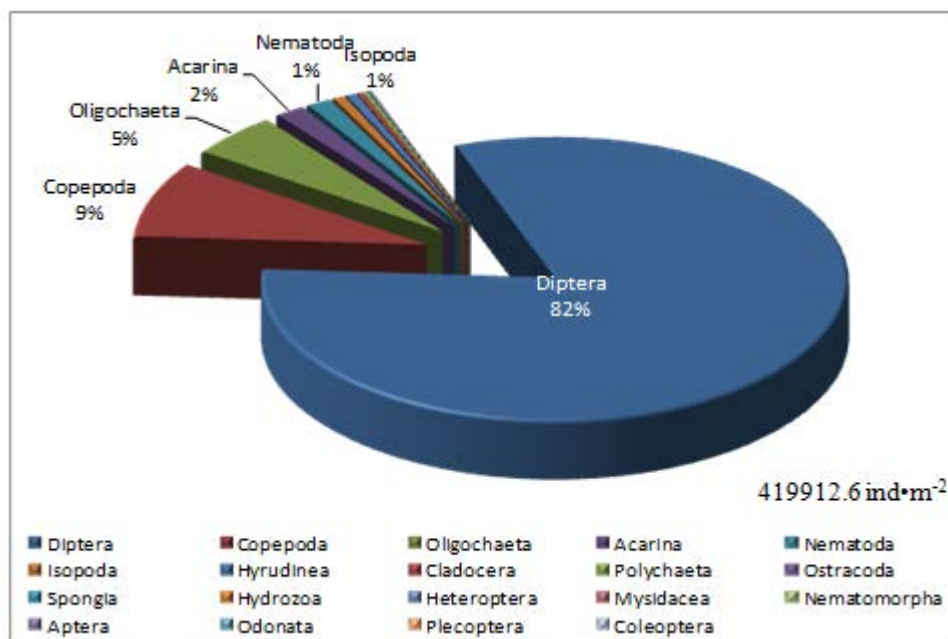


Fig. 11 – Ponderea grupelor de organisme macrozoobentale din sedimentele Lacului Siutghiul

Au fost observate variații în ce privește abundența și biomasa înregistrate la nivelul unor stații ce formează transectul vestic, afectat în mai mică măsură de activitățile umane. Astfel, speciile relict au fost regăsite în habitate dominate de substrat fital dispuse pe extremitatea vestică, în zonele cu vegetație de centură și în jurul Insulei Ovidiu. Aceste asociații se aseamănă cu cele existente înainte de intervenția modificărilor induse de om. Rapoartele din trecut menționează prezența relictelor ponto-caspice, însă în număr mult mai mare comparativ cu raportările noastre (Paraschiv et al., 2009; Paraschiv et al., in press).

Comparativ cu datele din anul 2000, au avut loc restructurări mari. Astfel, datorită faptului că a crescut volumul de detritus din sistem, efectivele oligochetelor s-au redus. De asemenea, vegetația submersă este slab reprezentată, astfel că se explică de ce nu am mai regăsit *Echinogammarus* sp. Nici moluștele nu au fost reprezentate ca în trecut, fiind regăsite fragmente de valve diverse. În aceste condiții și indicele de diversitate este mai scăzut (Paraschiv et al., 2009).

În meiozoobentos au fost identificate 15 grupe taxonomice. Cele mai numeroase au fost nematodele, care au atins o abundență de 410471.5 ind·m⁻², ceea ce reprezintă 55% din total, urmate de dipterele nematocere, cu 27% (Fig. 12). Următoarele grupe în ordinea descrescătoare a valorilor abundenței sunt: Oligochaeta, Copepoda, Ostracoda și Acarina. Restul taxonilor, care formează majoritatea meioformelor zoobentale, au înregistrat densități mai mici de 500 ind·m⁻².

Abundența și dominanța anumitor grupe trofice ne oferă informații valoroase cu privire la modul cum funcționează ecosistemul, corelat cu baza trofică disponibilă. De exemplu, dominanța populațiilor detritivore (în special de nematode, oligochete, precum și a unor specii de chironomide) este asociată cu rolul ecologic extrem de important de ciclare a materiei organice prin intermediul componentei bentale a lanțurilor trofice. Dominanța netă a formelor meiozentale pare să fie asociată cu prezența impactului antropic (Paraschiv et al., in press).

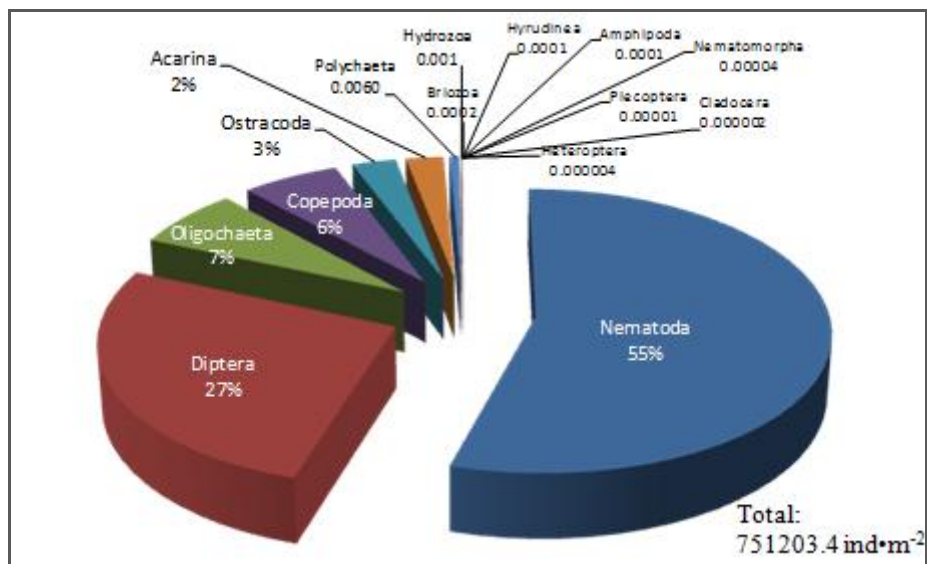


Fig. 12 – Ponderea grupelor meiozoobentale din L. Siutghiol (2009-2011)

6.5.3. Distribuția grupelor bentale în funcție de tipul de substrat

Comunitățile zoobentale sunt descrise de obicei în strânsă legătură cu tipul de substrat pe care îl populează. În lacul Siutghiol au fost identificate trei tipuri majore de substrat: sedimentar, dur (sau pietros) și fital, reprezentat de plante submerse și organe ale acestora, tije de stuf (Paraschiv et al., 2009; Paraschiv et al., in press). La nivel general, asociațiile zoobentale sedimentofile sunt dominante în Lacul Siutghiol, fapt ce poate fi ușor explicat prin habitatele lor mari, urmate de cele iliofile și fitofile.

Substratul sedimentar din interiorul lacului a fost predominant nisipos, cu fracțiuni de măr, predominant măr și argilos. La mal substratul a fost diferit în funcție de zona de colectare, fiind întâlnite toate cele trei tipuri menționate.

6.5.3.1. Analiza anuală a faunei asociate diferitelor tipuri de substrat

La o primă privire, observăm că fauna bentală de pe substratul pietros și cel sedimentar a fost constituită din zece taxoni, iar cea de pe substratul fital din opt. Șapte din acestea le sunt comune: Hydrozoa, Nematoda, Polychaeta, Oligochaeta, Acarina, Copepoda și Diptera. Substratul pietros se diferențiază prin prezența spongierilor, hirudineelor, substratul fital prin brizoare, iar cel sedimentar prin prezența mizidelor și izopodelor. Ostracodele le sunt comune substratului pietros și sedimentar (Fig. 13).

În zonele cu piatră, cinci din cele zece grupe au realizat abundențe ce reprezintă, luate separat, 16-20 % din abundența totală, spre deosebire de celelalte tipuri de substrat, unde există câte un grup care domină prin abundența realizată, de peste 50% din total (Fig. 13).

Pe baza comparației bentofaunei asociate diferitelor tipuri de substrat identificate se observă că cele mai mari valori ale densității medii au aparținut taxonilor de pe substratul pietros, raportul din macro și meioforme fiind de 1:1 (Fig. 14). Același raport a reieșit și în cazul substratului fital.

Situația în cazul substratului sedimentar este deosebită de celelalte două, prin faptul că formele meiozoobentale au obținut valori ale densității medii mai ridicate atât în cazul stațiilor de la mal, cât și în stațiile de larg (Fig. 14). Raportul macroforme:meioforme a fost de 1:24 pentru zona de larg, respectiv de 1:8 pentru cea de mal.

În anul 2010, după cum ne-am fi așteptat, valorile obținute, indiferent de natura substratului, sunt cu mult mai mici. Este vorba de o scădere cantitativă, a abundenței speciilor regăsite, deoarece compoziția calitativă este similară celei din anul anterior. Aceasta poate fi pusă pe seama diferențelor de temperatură dintre sezonul estival și cel autumnal sau pe seama faptului că unele specii prezintă forme/structuri de rezistență în sezonul rece. Se observă că predomină componenta meiobentală a zoobentosului, atât în cazul substratului sedimentar, cât și în cazul celui fital (Fig. 15).

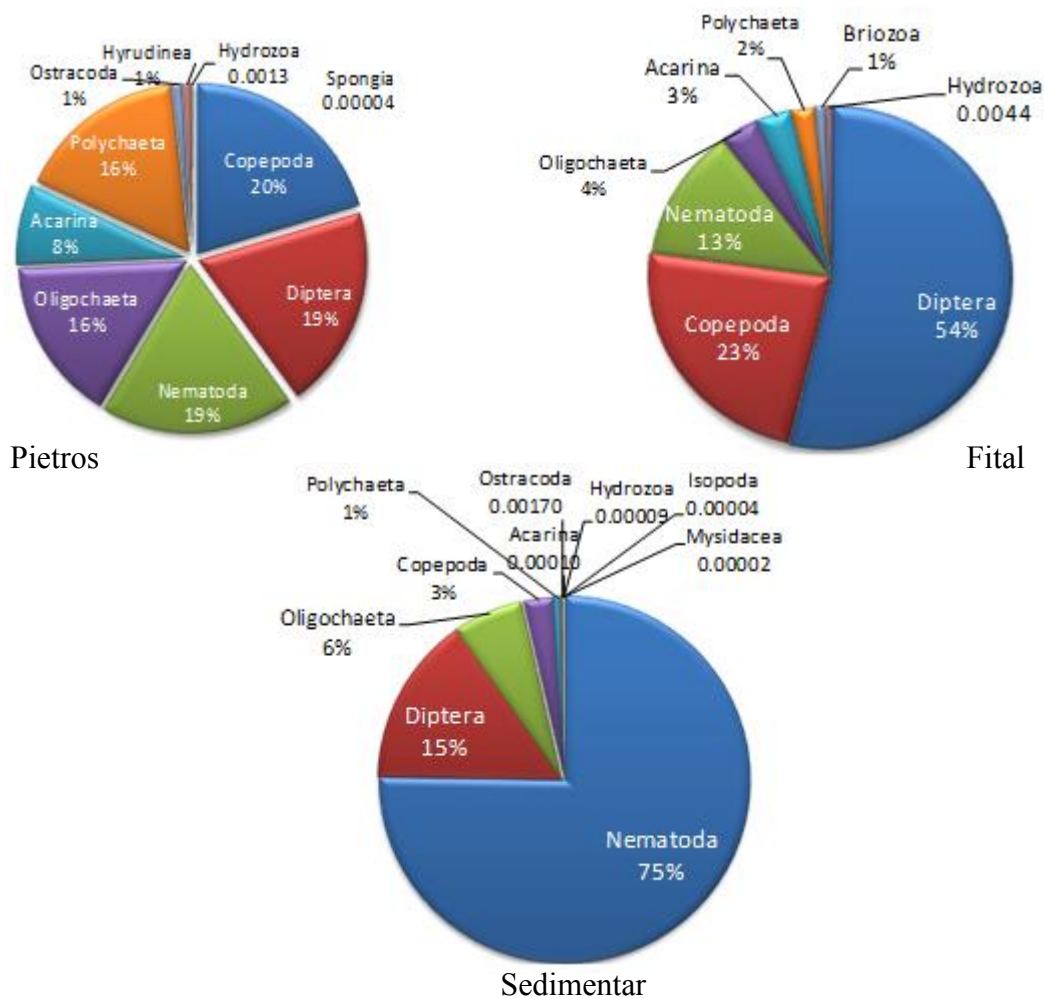


Fig. 13 – Structura calitativă a zoobentosului din L. Siutghiol pe categorii de substrat (2009)

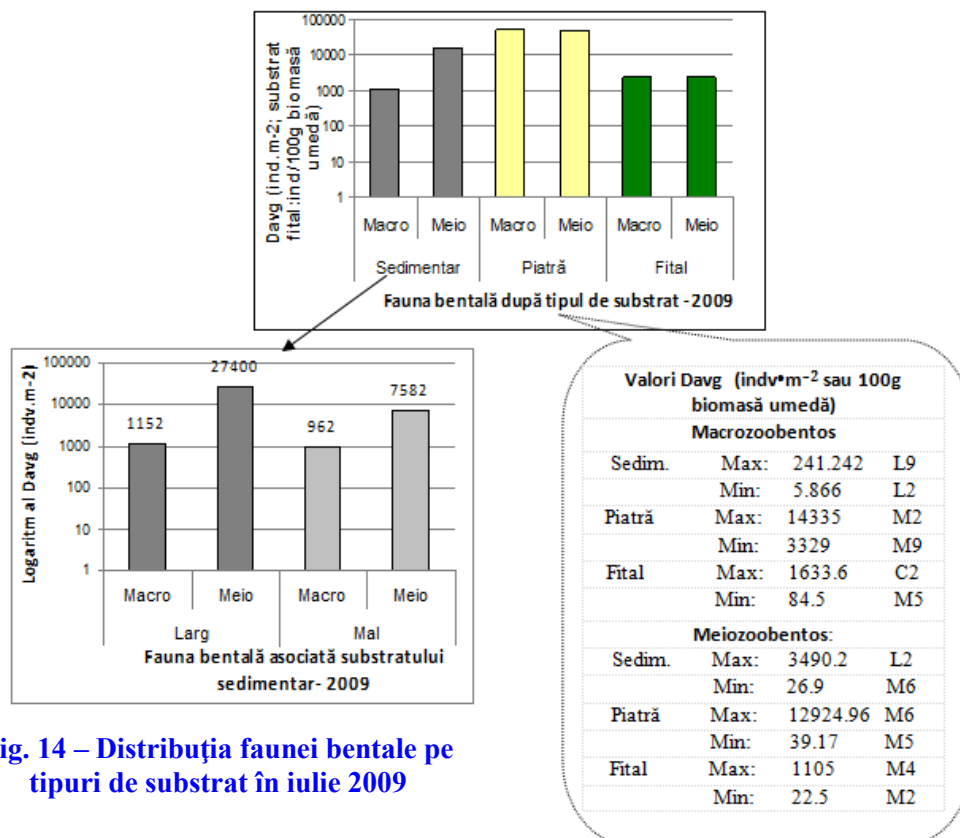


Fig. 14 – Distribuția faunei benthice pe tipuri de substrat în iulie 2009

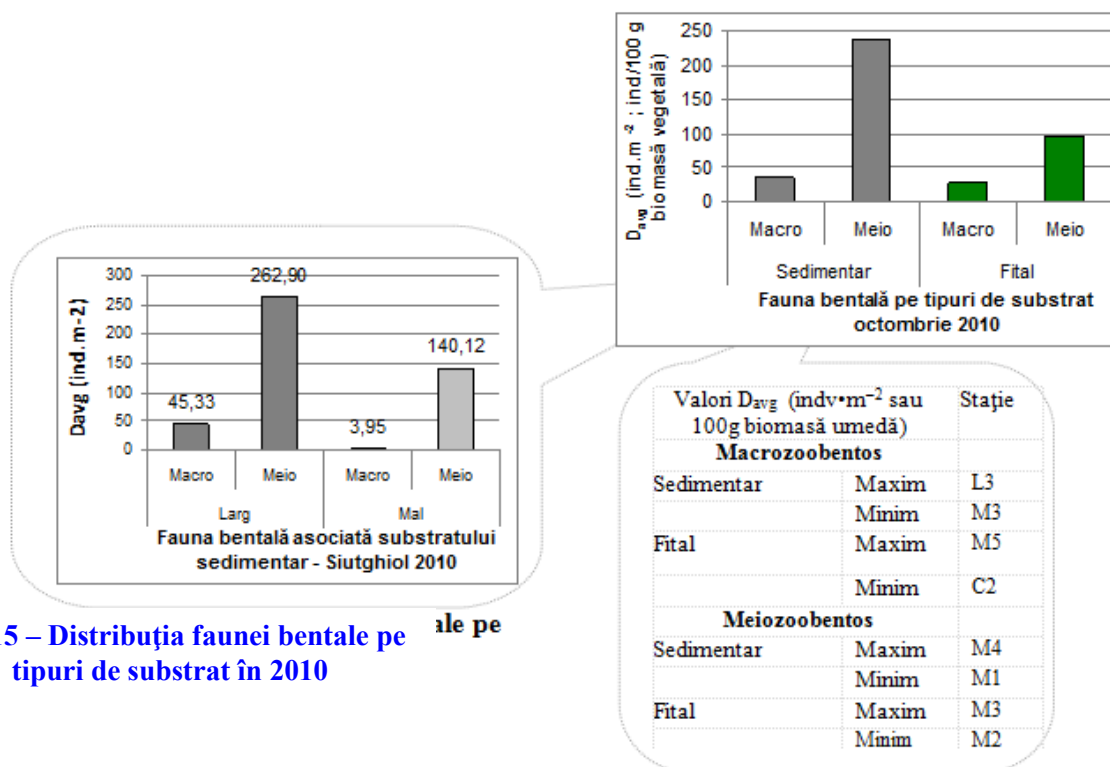


Fig. 15 – Distribuția faunei benthice pe tipuri de substrat în 2010

12

6.5.4. Analiza comunităților benthice psamofile din zone de mică adâncime a Insulei Ovidiu

Din studiul realizat asupra habitatelor sedimentare am identificat 14 taxoni supraspecfici și specfici (Tab. 4), dintre care peste 50% sunt semnalati în ambele sezoane. În sezonul estival sunt evidențiate 12 grupe, cu o densitate de 166095 indiv•m⁻², iar în sezonul autumnal numai 8, densitatea totală fiind de numai 46351 indiv•m⁻² (Fig. 16).

Raportul dintre macro și meioforme a rămas la fel de la un sezon la celălalt, respectiv de 32% pentru populațiile macrobenthice și 68% pentru cele meiozoobenthice.

Tabelul 4: Lista taxonomică a comunității zoobenthice din habitatele sedimentare din zona de mică adâncime a insulei Ovidiu, 2009

Nr. crt.	Taxoni	Speciile	estival	autumnal
1.	Spongia	varia		+
2.	Coelenterata -Hydrozoa	<i>Hydra</i> sp. (Pallas)	+	
3.	Nematoda	varia	+	+
4.	Nematomorpha	<i>Gordius</i> sp.	+	
5.	Annelida-Oligochaeta	varia	+	+
6.	Turbellaria	varia		+
7.	Acarina	varia	+	+
8.	Copepoda	varia	+	+
9.	Ostracoda	varia	+	
10.	Amphipoda	<i>Gamalina aestuarica</i> (Cărașu)	+	
11.	Mysidacea	<i>Limnomysis benedeni</i> (Czerniavsky)	+	
12.	Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i> (Linné)	+	+
13.	Insecta-Plecoptera	varia	+	
14.	Insecta-Diptera/Nematocera	varia	+	+

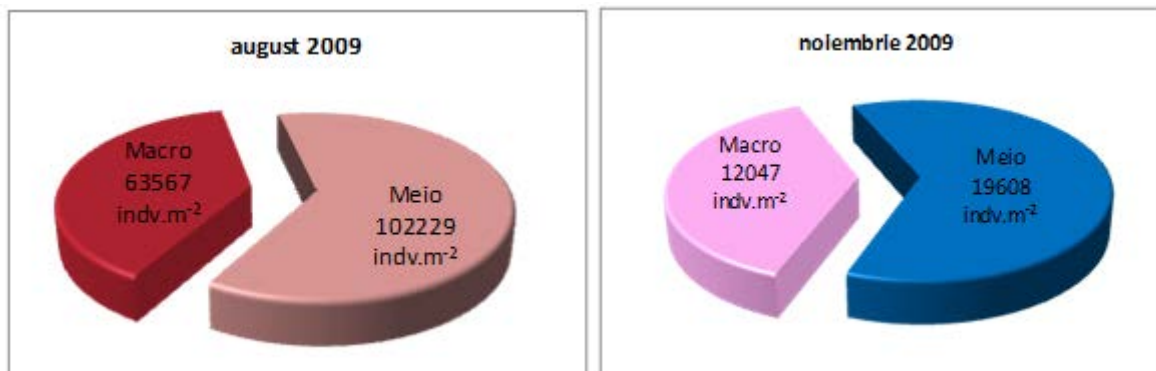


Fig. 16 - Analiza comparată din sezonul estival și autumnal a ponderii macro- și meiofaunei din habitatele sedimentare de la Insula Ovidiu

^{*)}Macro – macrozoobentos; Meio - meiozoobentos

6.5.5. Analiza comunităților bentale fitofile din zona de centură a Insulei Ovidiu

Au fost identificați zece taxoni supraspecifici și specifici, din care 50% sunt semnalati în ambele sezoane. În perioada caldă am identificat nouă grupe taxonomice, iar în sezonul mai rece numai cinci. Ponderea formelor macro și meiofitale diferă în cele două perioade de prelevare, însă în ambele sezoane predomină meiofitalele (Fig. 17), care au cunoscut o creștere a ponderii în sezonul rece.

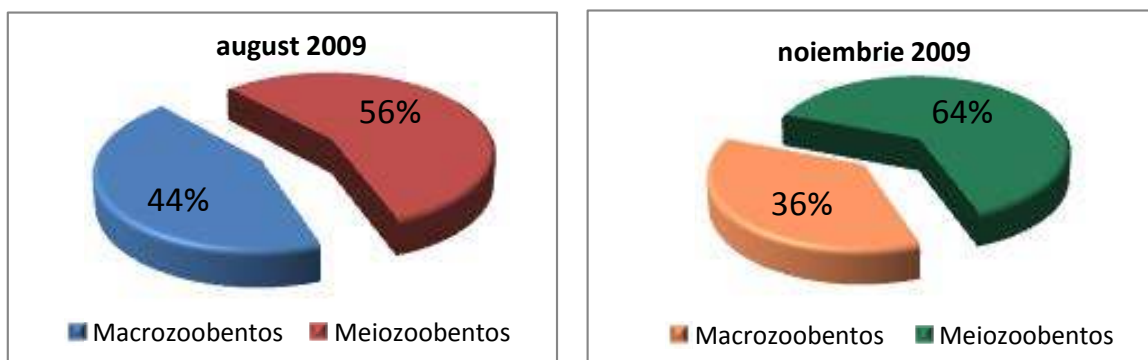


Fig. 17 - Analiza comparată din sezonul estival și autumnal a ponderii macro- și meiofaunei de pe substratul fital din zona de centură a Insulei Ovidiu

Reprezentanți ai grupelor ecologice Hydrozoa, Turbellaria, Amphipoda, Isopoda au fost regăsiți numai în probele colectate în vară (Tab. 5).

Tabelul 5: Lista taxonomică a comunității zoobentale fitofile din zona de centură a Insulei Ovidiu, 2009

Nr. crt.	Taxoni	Specii	estival	autumnal
1.	Coelenterata -Hydrozoa	<i>Hydra</i> sp. (Pallas)	+	
2.		<i>Cordylophora caspia</i> (Pallas)	+	
3.	Nematoda	varia	+	+
4.	Annelida-Oligochaeta	varia	+	+
5.	Turbellaria	varia	+	
6.	Acarina	varia	+	+
7.	Copepoda-Harpacticoida	varia	+	+
8.	Amphipoda	<i>Gmelina aestuarica</i> (Căraușu)	+	
9.	Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i> (Linné)	+	
10.	Crustacea	varia	+	
11.	Insecta-Diptera/Nematocera	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Sphaeromias</i> sp. varia	+	+

6.6. Evaluarea integrată a datelor de calitate a apelor și a celor biologice

Analiza densităților totale ale organismelor pe baza datelor organizate pe luni, respectiv ani, scoate în evidență o reducere semnificativă a densității componente macrobentale în timp (Fig. 18).

Componenta meiobentală a avut o abundență redusă în noiembrie 2009, o lună cu temperaturi scăzute, astfel că situația poate fi explicată prin dezvoltarea de către organisme a formelor de rezistență. Odată cu creșterea temperaturilor apei componenta meiobentală se reface, iar momentul de declin al macrobentosului corespunde cu creșterea abundenței meiofaunei, care exploatează cu succes sursa bogată de detritus din sediment.

Analiza datelor biologice și a nivelurilor saturației apei în oxigen dizolvat arată o corelație inversă între abundența totală a organismelor macrobentale și oxigenul dizolvat (Fig. 19). Astfel, zonele de interfață apă-sediment cu o saturație a oxigenului extrem de redusă au fost caracterizate de o comunitate macrobentală sărăcită, existând stații unde nu s-au regăsit organisme. Cel mai adesea am întâlnit chironomide (Diptera, Nematocera) și nematode, care fiind bine adaptate la condiții de hipoxie (Likens, 2010), reușesc să reziste. Deși inițial ar părea contraintuitiv că nivelurile ridicate de oxigen sunt asociate cu declinul populațiilor macrobentale, totuși suprasaturația apei în oxigen dizolvat este în mod tipic asociată cu hipereutrofizarea (Mallin et al., 2006). Astfel, chiar și în cazul unei saturații acceptabile a oxigenului din apă pe parcursul zilei, stresul pentru organismele macrobentale este mare deoarece cel mai probabil pe timpul nopții fitoplanctonul consumă oxigenul din apă, eliberat pe parcursul zilei, în procesele de respirație, în special în sediment, unde procesele de respirație bacteriană sunt foarte intense (Mallin et al., 2006).

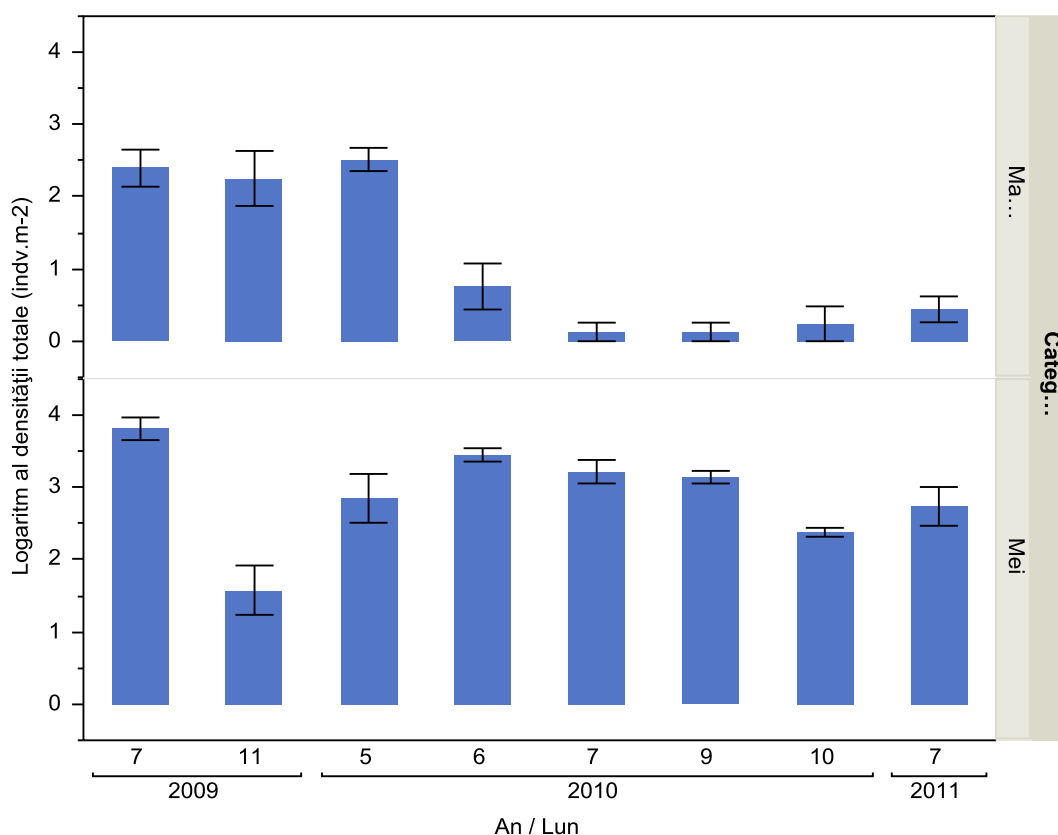


Fig. 18 – Variația în timp a comunităților macro- și meiobentale pe toată durata studiului

O dominare a comunităților meiobentale ilustrează o concentrație crescută a substanței organice particulare și o stare precară a comunităților bentale determinată de presiunea antropică. Atât în macrobentos, cât și în meiobentos aceleași grupe domină ca densitate medie, ceea ce denotă că sistemele bentale din Lacul Siutghiol sunt supuse unui impact antropic crescut. Prezența unor specii precum *Hydra*, *Hypaniola*, *Manayunkia* și *Limnomysis* dovedește că habitatele pe care le populează sunt afectate în mai mică măsură de impactul antropic, datorită dezvoltării mai puțin pronunțate a așezărilor umane pe linia de țărm.

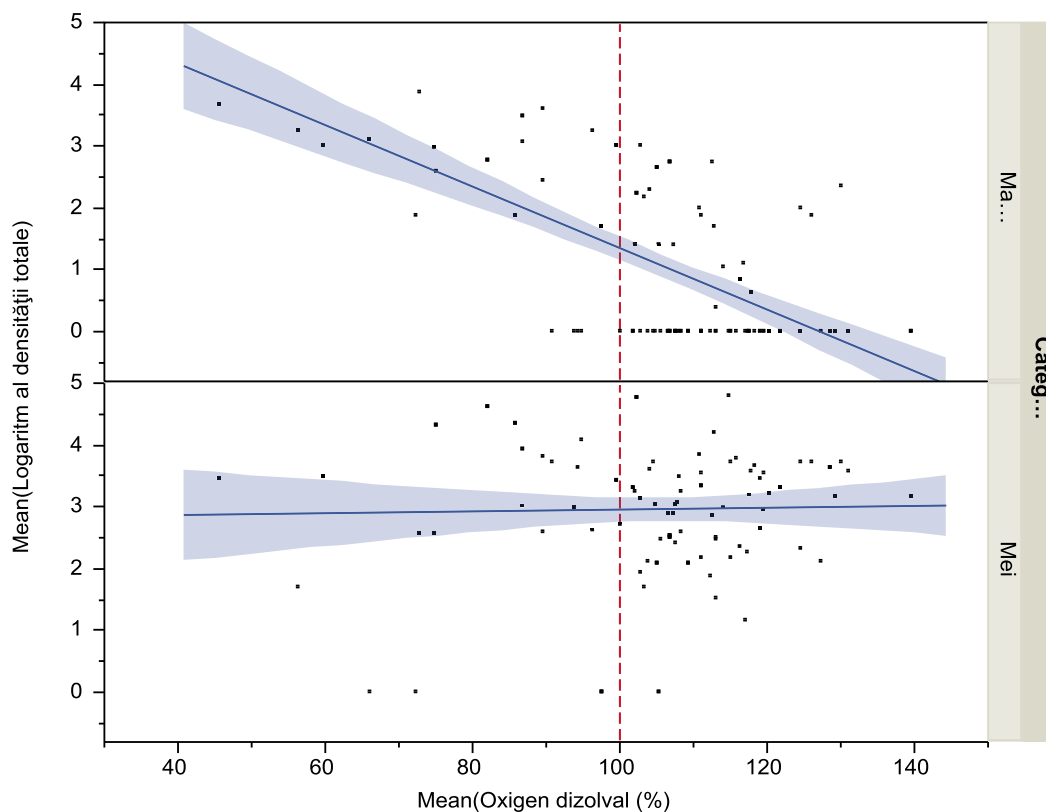


Fig. 19 – Relația dintre variația densității totale macro- și meiobentale și variația saturației oxigenului dizolvat

Nu am observat o corelație cu saturația oxigenului dizolvat pentru întreg studiul și comparativ cu populațiile macrobentale au fost observate mai puține cazuri de absență a organismelor (Fig. 19). Această situație se poate explica pe de o parte prin faptul că organismele regăsite sunt tolerante față de poluare, respectiv concentrații reduse ale oxigenului dizolvat în apă, iar pe de altă parte prin necesarul redus de oxigen pe suprafața de corp, comparativ cu organismele macrobentale. Totuși, când am rulat ANOVA separat pentru datele din lunile de vară de-a lungul perioadei de studiu pentru zona de larg, am observat că saturația oxigenului influențează comunitatea meiobentală în proporție de 26%, valoarea probabilității fiind de 0.001 (Tab. 6).

Tab. 6: Parametrii statistici pentru analiza influenței saturației oxigenului asupra comunităților meiobentale în perioadele calde de-a lungul studiului

Model	R	R^2	R^2 Ajustat	Eroarea standard a estimării
Componenta meiobentală	0.510	0.260	0.241	13.6308107
Componenta macrobentală	0.487	0.237	0.231	13.7707667

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Lacul Siutghiol reprezintă una dintre cele mai mari formațiuni lacustre de la litoralul românesc, care în prezent este supusă unor presiuni antropice ample, desfășurate în bazinul său de drenare. Tendința generală din ultimul deceniu este de exploatare și antropizare intensivă; cu excepția țărmului nordic al lacului, mărginit de canalul Galeșu, toate celelalte maluri au fost modificate rapid în sensul dezvoltării de zone rezidențiale, într-o manieră irațională (clădiri amplasate la mai puțin de cinci metri față de mal, absența sistemelor de canalizare a apelor uzate menajere, amenajarea necorespunzătoare a șantierelor de construcții situate în apropierea țărmului). Toate acestea au dus în timp la degradarea acestui ecosistem urbanizat, în fiecare an observându-se fenomene tot mai accentuate de înflorire algală, cu efecte dramatice asupra structurii și funcționării ecosistemului.

Pentru a ajunge să cunoaștem starea ecologică actuală a sistemului antropizat Siutghiul am urmărit evoluția unor parametri fizico-chimici de calitate a apelor și sedimentelor, nivelul toxicității, precum și modul cum acestea influențează compoziția și abundența faunei bentale. De asemenea am urmărit o serie de aspecte ce privesc spațiul ecotonal, pentru a surprinde relația cu zona perilacustră.

În urma cercetărilor întreprinse am constatat următoarele:

1. Caracteristicile morfometrice ale lacului au suferit modificări. Astfel adâncimea maximă a scăzut de la 17.5 m în 1971, la 14.9 m în 1999, pentru ca în 2012 să ajungă la numai 7.82 m. În consecință, volumul lacului a scăzut de la 91 la aproximativ 70 mil. m³. Aceste modificări influențează dinamica sedimentelor, care mai departe determină modificarea parametrilor fizico-chimici, volumul sedimentelor, modul de funcționare a ecosistemului.
2. Indexul de dezvoltare a liniei țărmului a scos în evidență zone funcționale cu un punctaj total corespunzător calificativelor bun și foarte bun – zona Canal Galeșu, respectiv zona Mamaia și Scoica land, cu punctaje corespunzătoare calificativelor slab și mediu. 30% din totalul stațiilor au obținut calificativele slab și mediu, ceea ce reflectă o deteriorare a calității peisagistice a liniei țărmului și o lipsă de preocupare în acest sens, precum și o pierdere a habitatelor organismelor prin utilizare și dezvoltare improprie. Corespondența rezultatelor aplicării acestui indice cu cele de analiză a calității apelor sugerează a fi oportună introducerea acestei noi componente.
3. Testele de fitotoxicitate arată o toxicitate redusă a sedimentelor, care se datorează unor factori precum formele chimice ale metalelor grele sau încărcarea cu nutrienți a sedimentelor. Prezența unor cantități mari de nutrienți la nivelul materiei organice din sediment poate să mascheze impactul inhibitor al contaminanților fitotoxici din sediment. De asemenea, interacțiunile dintre contaminanți pot avea efecte antagonice sau sinergice, care sunt greu de prevăzut. Cu toate acestea, rezultatele obținute reflectă efectele factorilor de stres cauzati de activitățile antropice asupra organismelor vii.
4. Analiza rezultatelor testului de fitotoxicitate a sedimentelor și a concentrațiilor metalelor grele în sedimente ne arată că unele dintre acestea determină efecte toxice. Astfel, numai efectul Pb și Hg se corelează semnificativ cu procente de inhibare a creșterii rădăcinilor.
5. Testul de toxicitate cronică Ostracodtoxkit ne arată prezența în apă a unor elemente ce a determinat inhibarea creșterii ostracodelor pentru majoritatea probelor. Corelații pozitive între procentul de inhibare a creșterii organismelor și conținutul de metale grele au fost observate pentru Cd, Pb, și Al.
6. Parametrii fizico-chimici - Temperatura apei a înregistrat variații sezoniere normale, fiind observate diferențe de la o zonă a lacului la alta, precum și pe adâncime. Diferențe semnificative ale temperaturii au fost observate la adâncimi de aproximativ 3 m, amplitudinea fiind de 2°C. Cele mai mari temperaturi au fost măsurate în luna iulie a anului 2010.
7. Tendința generală pentru pH-ul apei este de menținere în registrul bazic. Comparând media multianuală din literatura de specialitate pentru perioada 1997-2000, de 8.19 cu cea pentru 2009-2011 (8.96), am observat o creștere a valorilor cu 0.77 puncte de pH. Valori crescute ale pH-ului au fost determinate în vara anului 2011 (9.3).
8. Conductivitatea specifică a apei a variat mult, evidențiind variabilitatea sa naturală. Diferențele de la o etapă la alta de prelevare sau pe profilul de adâncime nu au fost într-atât de mari încât să presupună un risc pentru biotă. În general valori ușor mai mari, de 2450 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ au fost măsurate la stațiile de pe extremitatea estică, datorită intruziunii de săruri marine prin istmul nisipos.
9. Turbiditatea apei a variat foarte mult atât de la o zonă la alta a lacului, cât și pe orizontul de adâncime. Valorile mari ale turbidității la suprafață se datorează concentrărilor mari de alge, ce caracterizează fenomenul de înflorire a apei, iar la adâncime se explică prin procesul de resuspensie, favorizat de mișcările apei și de reducerea adâncimii medii a lacului.
10. Oxigenul dizolvat a variat semnificativ pe parcursul perioadei de studiu, la adâncime fiind observat fenomenul de hipoxie, caracteristic perioadei calde a anului.
11. Măsurătorile de fluorescență algală au surprins fenomenul de înflorire accentuată a apei. Acesta reprezintă o amenințare pentru calitatea apei, generată de deversările necontrolate de ape uzate și de ape pluviale din bazinul hidrografic.

12. Nivelurile nutrienților din apa lacului influențează procesul de înflorire algală. Nitrații sunt cei care limitează creșterea fitoplanctonului în zona de larg, dar și la mal. Fosfații din zona de larg sunt preluați de algele verzi până la un punct, iar când raportul nutrienților din sistem se modifică în sensul creșterii concentrației de fosfați, algele albastre-verzi (cianobacteriile) sunt cele care scot din competiție fitoplanctonul deoarece pot fixa facultativ azotul atmosferic. În zona țărmului acest proces poate fi accentuat de eliberarea mai pronunțată a fosforului din sedimente, care este exploatat de cianobacterii, capabile să acționeze înaintea algelor ce cauzează înfloriri sau a celor adaptate la condiții de luminozitate redusă. Pe măsură ce crește abundența relativă a fosfaților față de nitrați, la fel se întâmplă și în cazul abundenței relative a algelor albastre-verzi raportată la cea a fitoplanctonului.
13. Nivelurile determinate pentru conținutul de metale grele din apă se situează în parametri normali, putând fi observate variații normale de la o etapă de monitorizare la alta. Depășiri ale limitelor impuse prin lege au fost înregistrate pentru Cd în zona sudică (stațiile L2 și L3), respectiv pentru Hg în zonele de vest și nord-vest (stațiile L5 și L10).
14. În cazul sedimentelor este vizibil fenomenul de acumulare a metalelor grele determinate. Depășiri ale concentrațiilor maxime admise stipulate prin lege au fost observate pentru cadmiu, plumb, cupru, zinc, mercur și mangan. Cromul și aluminiul s-au încadrat în limitele normale. Se remarcă astfel stațiile L4, L5, L7 și L8. Zona de la mal corespunzătoare stațiilor L4 și L5 este localitatea Ovidiu, mai exact extremitatea sudică, ce a cunoscut o dezvoltare uluitoare. Aici, în ultimii cinci ani s-a realizat practic un nou cartier, care însă nu beneficiază de toate dotările corespunzătoare: nu există sistem de canalizare, unele case dețin fose septice; în timpul episoadelor ploioase semnificative (de ex. cele mai recente - iulie 2010, mai 2012) văile Canara și Caragea Dermen sunt spălate de apele pluviale, totul ajungând apoi în lac. Pentru stațiile L7 și L8 destinația inițială a malului nord-estic al lacului fost modificată, locul spațiului verde fiind preluat în decursul a 4-5 ani de construcții relativ mari, cu spații de locuit sau amenajate pentru activități turistice.
15. Per total, la nivelul comunității bentale au fost identificați 22 taxoni, din care 10 la nivel supraspecific (nematode, brizoare, hidracarieni, crustacee ostracode și copepode) și 16 la nivel de specie.
16. Comunitatea zoobentală a fost dominată numeric de meiobentos, în proporție de 64 %, cu o densitate de $751203.5 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$. Dominația netă a formelor meiobentale în unele zone ale lacului pare să fie asociată cu prezența unui impactului antropic semnificativ.
17. Comunitățile zoobentale au fost prezentate în funcție de substratul în care au fost găsite. Au fost identificate mai multe tipuri de habitate: sedimentar (nisipos, mîlos, amestec de nisip și mîl, argilos), pietros/dur și fital (reprezentat de plante submerse și organe ale acestora, precum și tije de stuf). Cea mai mare parte a cuvetei lacustre este acoperită de un substrat sedimentar dominat de fracțiunea mîloasă; sedimentele nisipoase, dispuse către malul estic, sunt mult mai restrânse ca suprafață. Substraturile pietros și fital sunt limitate la zona de centură, unde înregistrează o dezvoltare discontinuă, dar și în jurul Insulei Ovidiu.
18. Biotopurile sedimentare extinse sunt populate de faună cu afinitați certe pentru acest tip de substrat: habitatul nisipos a fost dominat de nematode, larve de chironomide, oligochete și copepode, dar au fost regăsite și specii mai puțin frecvente în bentosul limnic, cum ar fi de exemplu polichetele; cel mîlos a fost dominat de nematode, ostracode și larve de diptere nematocere, însă densitățile înregistrate au fost mult mai reduse decât cele din habitatele nisipoase; habitatul format din amestec de nisip și mîl a fost net dominat de nematode, urmate de larvele de diptere, copepode și oligochete, cu densități mult mai reduse.
19. Fauna bentonică din zona de centură este dominată net de stadiile larvare și de pupă ale dipterelor nematocere.
20. Analiza structurii calitative a comunităților zoobentale arată că de mare importanță în structurarea acestora este abundența resursei de hrană și într-o mai mică măsură natura substratului. Astfel se explică faptul că larvele de chironomide apar constant în toate tipurile de habitat; în habitatele sedimentare destul de frecvent apar oligochetele și nematodele, iar în cele nisipoase și copepodele.
21. Din punct de vedere cantitativ, bentofauna lacului este dominată de aceleași grupe de organisme care apar constant în habitatele identificate.

22. Zonele de interfață apă-sediment, cu o saturație a oxigenului extrem de redusă, au fost caracterizate de o comunitate macrobentală sărăcită, existând stații unde nu s-a regăsit nici un reprezentat al acestui grup. În cazul componentei meiobentale au fost observate mai puține cazuri de absență totală a organismelor, datorită faptului că acestea au capacitatea de a valorifica cu succes resursa bogată de detritus și de a face față condițiilor de hipoxie.
23. În habitatele din zona de mică adâncime a Insulei Ovidiu componenta meiobentală a fost dominantă.
24. În habitatele sedimentare au fost identificate 14 grupe taxonomice. Au dominat stadiile de larvă și pupă ale dipterelor nematocere, nematodele și oligochetele, urmate de hidracarieni și harpacticoide, care au fost determinate în mod constant în toate probele din cele 8 situri de prelevare. Au existat și reprezentanți ai unor grupe taxonomice care au fost întâlniți numai în una-două probe/situri: specia de hidrozoar (relict ponto-caspic) *Cordylophora caspia* în I2, specii de mizide (I4), de amfipode (I5, I6), izopode (I2, I6) și turbelariate (I2, I3). Se confirmă caracterul divers al faunei bentonice, fiind întâlnite majoritatea tipurilor de organisme descrise într-un lac litoral.
25. La nivelul substratului fital au fost identificate 10 grupe taxonomice. Dominante au fost dipterele nematocere, nematodele, acarienii și oligochetele. Comunitatea de nevertebrate bentale asociate substratului fital se caracterizează printr-o biodiversitate mult scăzută comparativ cu habitate similare din lacuri mai puțin antropizate și cu efective foarte numeroase.

*

* *

Recomandări

O administrare necorespunzătoare a ecosistemului în sine, precum și a tuturor activităților întreprinse în bazinul de drenare a lacului determină reducerea capacității naturale de refacere, pierderea funcțiilor esențiale, deteriorarea și chiar pierderea resurselor și serviciilor oferite. În aceste condiții se impune o abordare la nivel de bazin hidrografic a sistemului Siutghiol, care să facă legătura între dezvoltarea socială și economică cu protecția ecosistemelor naturale.

Principalele probleme identificate în cazul sistemului Siutghiol se referă la fenomenele de eutrofizare, sedimentare și contaminare, probleme ce nu se exclud. În acest sens, propunem următoarele:

- Refacerea vegetației de centură - deoarece stațiile ce au obținut calificativele bun și foarte bun pentru indicele de dezvoltare a țărmului se caracterizează prin prezența la mal a vegetației caracteristice, dominată de stuf, propunem refacerea vegetației de centură. Aceasta are rol de filtru natural, reducând procesele de eroziune ce duc la amplificarea fenomenului de sedimentare, dar și pe cele de eutrofizare, prin preluarea unor cantități semnificative de nutrienți și poluanți. De asemenea, vegetația de centură reprezintă un habitat esențial pentru faună;
- Identificarea cu precizie și monitorizarea surselor punctiforme (guri de deversare clandestine) și difuze de poluare;
- Fenomenele de hipoxie le însoțesc pe cele de înflorire a apelor, astfel că este necesară oxigenarea apelor;
- Controlul fenomenului de înflorire algală, reducerea perioadelor cu înfloriri ale cianobacteriilor și realizarea condițiilor de dezvoltare microalgală din grupul clorofitelor (importantă resursă trofică primară în sistemele limnice);
- Îndepărtarea sedimentelor putrescibile din lac;
- Construcția, acolo unde acestea lipsesc, a sistemelor de canalizare, pentru a stopa contaminarea organică (noul cartier sudic al orașului Ovidiu);
- Utilizarea planului de monitorizare a parametrilor de calitate a apei, sedimentelor, biotei în scopul îmbunătățirii stării și conservării resurselor;
- Protecția resurselor subterane de apă ce alimentează lacul, prin controlul captărilor din subteran;

- Realizarea unui bun management al deșeurilor pentru a împiedica ajungerea acestora în lac.

Alte măsuri ce vizează aspecte necesare pentru un management durabil al sistemului lacustru Siutghiol:

- întocmirea hărții de utilizare a terenurilor din bazinul hidrografic al Lacului Siutghiol și stabilirea zonelor care se pretează pentru a fi dezvoltate, a celor care trebuie conservate și a celor care trebuie refăcute;
- interzicerea sau neautorizarea acelor activități economice care ar putea avea un impact semnificativ asupra zonei și impunerea procesului de consultare a publicului (prin aplicare de chestionare) prin procedura de evaluare a impactului potențial;
- conceperea și aplicarea de chestionare care să contureze percepția și sistemul de valorizare a oamenilor din localitățile riverane, dar și a turiștilor;
- programe de conștientizare a publicului riveran (și nu numai) cu privire la efectele unor activități întreprinse de aceștia care ar putea fi în detrimentul lacului, de unde își procură resurse și care crește valoarea spațiului perilacustru ocupat;
- monitorizarea evoluției lacului după aplicarea măsurilor de refacere, verificarea modului de evoluție prin stabilirea și utilizarea de indicatori de performanță și readaptarea corespunzătoare a măsurilor în funcție de cele observate;
- implementarea principiilor „Utilizatorul plătește” și „Poluatorul plătește” și a unor instrumente economice eficiente (de exemplu, taxele pe aplicarea excesivă de substanțe fertilizatoare) în managementul serviciilor ecosistemice. Internalizarea costurilor pentru serviciile legate de resursa de apă și evaluare resurselor în termeni financiari și economici;
- respectarea echilibrului între cerințele competitive față de resurse: domestice, municipale, agricole, industriale și ale mediului;
- utilizarea eficientă a volumelor de apă preluate din lac sau din acviferul subteran adiacent, astfel încât consumul să fie redus;
- respectarea dreptului de acces al oamenilor la apă – am identificat zone în care accesul către lac a fost limitat din cauza șantierelor de construcții – zonele Palazu și Ovidiu;
- organizarea la mal, unde suprafața betonată nu este bine întreținută, a unor zone umbrite, unde oamenii pot veni să admire lacul, să observe păsările ocrotite (bird watching).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. **Breier, Ariadna**, 1976, *Lacurile de pe litoralul românesc al Mării Negre*, Ed. Academiei, R.S.R.
2. **Brundin, L.**, 1956. Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhalkugel. Zugleich eine Theorie der productions-biologischen Bedeutung der glazialen Erosion. *Institute of freshwater Research, Drottningholm*, 37: 186-235.
3. **Bucur, M., Buiculescu, A.M., Tofan, L., Ehlinger, T.J., Vasile, D.**, 2012a. Application of the shoreline development index for Siutghiol Lake, Romania, *12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012 Conference Proceedings*, vol. V: 65-74.
4. **Bucur, M., Paraschiv, G.-M., Gomoiu, M.-T.**, 2012b, Comparative Analysis Of Two Chironomid Species Found In Different Habitats Of Lake Siutghiol, Romania, *12th International multidisciplinary Scientific GeoConference-Conference Proceedings*, vol. V: 171-176.
5. **Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.**, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 253-260, in Chapin, F.S, III, Social-Ecological Sustainability in Alaskan Boreal Forests: The challenges of Global Change. Nat Res and Env Studies Institute Occasional Paper No. 1, Univ. Northern British Columbia, Prince George, B.C, Canada.
6. **Czerniawska-Kusza Izabela, Ciesielczuk T., Kusza G., Cichon Aleksandra**, 2006. Comparison of the Phytotoxkit Microbiotest and Chemical Variables for Toxicity Evaluation of Sediments, *Wiley Interscience*, 367-372 – www.interscience.wiley.com
7. **Ekins P., Max-Neef M.**, 1992. Real-life economics: Understanding wealth creation. London, Routledge.
8. **Eurostat**, 2003 - *EU Member State Experiences with Sustainable Development Indicators*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
9. **Galățchi, L.D.**, 2005. Producția și productivitatea primară acvatică în lacurile din sectorul sudic al litoralului românesc al Mării Negre – teză doctorat
10. **Gâstescu, P.**, 1971, *Lacurile din România, Limnologie generală*, Editura Academiei R.S.R., București
11. **Gomoiu, M.T.**, 2000, Comunicări orale nepublicate.

12. **Håkanson, L., 2005**, The Importance of Lake Morphometry for the Structure and Function of Lakes, *Internal. Rev. Hydrobiol.*, 90, p. 433-461.
13. **International Lake Environment Committee Foundation (ILECF), 2005**. *Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use. A Report for Lake Basin Managers and Stakeholders.*, Kusatsu, Japan. 146 p.
14. **Likens, G. E., 2010**, *Lake Ecosystem Ecology*, Academic Press Elsevier
15. **Mallin, M.A., Johnson, V.L., Ensign S.H., MacPherson, T.A., 2006**. Factors contributing to hypoxia in rivers, lakes and streams. *Limnology and Oceanography*, 51: 690-701.
16. **Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005a**. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.*, Island Press, Washington, DC., 155p.
17. **Morillo J., Usero J., Gracia I., 2002**. Partitioning of metals in sediments from the Odiel River (Spain). *Environ Internat*, 28: 263-271.
18. **Munasinghe M., 1992**. Environmental Economics and Sustainable Development, Paper presented at the UN Earth Summit, Rio de Janeiro, Environment Paper No.3, World Bank, Wash. DC, USA.
19. **Munasinghe M., 2002**. The sustainomics trans-disciplinary meta-framework for making development more sustainable: applications to energy issues, *International Journal of Sustainable Development*, 5 (1/2): 125-182.
20. **Munasinghe M., 2004**. Sustainomics: A trans-disciplinary Framework for Making Development More Sustainable, *Intern. Society for Ecol. Econ. Journal*.
21. **Munasinghe M., Munasinghe Institute for Sustainable Development, 2007a**. Basic concepts and principles of sustainomics. In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). http://www.eoearth.org/article/Basic_conceptsand_principles_of_sustainomics
22. **Munasinghe M., Munasinghe Institute for Sustainable Development, 2007b**. Sustainable development triangle. In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). http://www.eoearth.org/article/Sustainable_development_triangle
23. **Munasinghe M., 2007c**. *Making Development More Sustainable: Sustainomics Framework and Practical Applications*, Second Student Edition, Mind Press, ISBN-13: 978-9551672003.
24. **Müller, G.I., 1995**, Marea Neagră – prezentare generală, în Diversitatea lumii vii – Determinatorul ilustrat al florei și faunei României, sub redacția Godeanu, S.P., Editura Bucura Mond, 1-29.
25. **Nakamura T, Adu-Gyamfi J.J., Yamamoto A., Ishikawa S., Nakano H., Ito O., 2002**. Varietal differences in root growth as related to nitrogen uptake by sorghum plants in low-nitrogen environment. *Plant Soil*, 245: 17-24.
26. **Odum E. P., 1993**. *Ecology and our endangered life support systems*. Second edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
27. **Paraschiv, G.M., Schroeder, V., Tofan, L., Bucur, M., 2009**. New data about zoo-benthic populations of Romanian littoral lakes, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 10 (3): 695-700.
28. **Paraschiv, G.M., Bucur, M., Ehlinger, T.J., Vasile, D., Hennessy, J., Tofan, L., in press**. Benthic invertebrate species as indicators of benthic habitats health from Siutghiol Lake, Romania, *Carpathian J. of Earth and Environ. Sci.*
29. **Păsculescu (Telteu), Eliza-Camelia, 2011**, Aspects regarding the variability of the levels of Siutghiol and Tăbăcărie lakes, *Present Environment and Sustainable Development*, vol. 5, nr.1.
30. **Sæther, O. A., 1979**. Chironomid communities as Water Quality indicators, *Holarctic Ecology*, (2): 65-74.
31. **Telteu, Camelia Eliza, 2012**, Hydrochemical features of the south Dobrogea's lakes and impact of the climatic conditions on these features, *Water resources and wetlands Conference proceedings*, p. 163-168.
32. **Telteu, Camelia Eliza, Zaharia, Liliana, 2012**, Morphometrical and dynamical features of the South Dobrogea Lakes, Romania, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 14, p. 164-176.
33. **Tofan, L., Bucur M., Ehlinger T.J., Paraschiv G.M., Shaker R.R., Negreanu-Pirjol T., Carlson V., Jenses J., 2010a**. Risk assessment frameworks for sustainable development integrated restoration and revitalization for the coastal lakes of Constanta, Conferința internațională „A view-point on the management of the water resources in the Balkan area”, Galati 26-28 mai 2010, prezentare orală, abstract publicat
34. **Tofan, L., Bucur, M., Ehlinger, S.Q., Schultz, M., Ciardo, K., Vasile, D., Paraschiv, G.M., Negreanu-Pârjol, T., Jensen, J., Ehlinger, T.J., 2010b**. Evaluarea integrată a riscurilor pentru un ecosistem în zona costieră: nutrienți și teste ecotoxice în Lacul Tăbăcărie, Constanța, Simpozion Omagial „Biodiversitate - prezent și perspective”, 1-8 iunie 2010, Constanța, abstracte publicate - ISBN 978-973-614-552-0, Ovidius University Press, Constanța.
35. **Tofan, L., Ehlinger T.J., Bucur, M., Jensen, J., Ehlinger, S., Vasile, D., Paraschiv G.M., Negreanu-Pirjol, T., 2012**. Risk Assessment Frameworks For Sustainable Development: Integrated Restoration And Revitalization For The Coastal Lakes Of Constanta, Romania, The V International Conference-Symposium Ecological Chemistry, Chisinau, Moldova, abstract publicat.
36. **World Water Assessment Program (WWAP), 2009** – *Water Security and Ecosystem Services – The Critical Connection*, United Nations Environmental Program, Nairobi, 56 p.
37. ***** Agenda Locală 21 - Planul local de dezvoltare durabilă a orașului Ovidiu, 2008**
38. ***** Hotărârea Guvernamentală 1284/2007, Monitorul Oficial**
39. ***** Monitorul Oficial al României, nr. 511, 13. 06. 2006., O.M. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă.**
40. ***** Regia Apele Române, Referate de sinteză, 1999**
41. ***** Romania National Sustainable Development Strategy (RNSDS), 1999.**