

**Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați**  
**Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **REZUMAT**

### **CERCETĂRI PRIVIND EVALUAREA RATEI METABOLICE A JUVENILILOR UNOR SPECII DE STURIONI CRESCUȚI INTENSIV ÎN CONDIȚIILE UNUI SISTEM RECIRCULANT**

**Doctorand,**  
**Ecolog Raluca-Cristina ANDREI (GURIENCU)**

**Conducător științific,**  
**Prof. univ. Emerit. dr. ing. Victor CRISTEA**  
*Membbru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură*

**Seria I 4: Inginerie industrială nr. 77**  
**GALAȚI**  
**2021**



Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



# TEZĂ DE DOCTORAT

## - REZUMAT -

*Cercetări privind evaluarea ratei metabolice a  
juvenililor unor specii de sturioni crescuți  
intensiv în condițiile unui sistem recirculant*

**Doctorand,**  
**Ecolog Raluca-Cristina ANDREI (GURIENCU)**

**Președinte:** **Prof. dr. ing. Gabriela-Elena BHRIM**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Conducător științific:** **Prof. univ. Emerit. dr. ing. Victor CRISTEA**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați,  
Membru corespondent al Academiei de Științe Agricole  
și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești”

**Referenți științifici:** **Cercet. Șt. Gr. I dr. ing. Laura ALEXANDROV**  
Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare Marină  
“Grigore Antipa” Constanța

**Cercet. Șt. Gr. II dr. ing. Mioara COSTACHE**  
Director Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru  
Piscicultură, Nucet

**Conf. univ. dr. ing. Lorena DEDIU**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Seria I 4: Inginerie industrială nr. 77  
GALAȚI, 2021



## MULȚUMIRI

În decursul acestor ani de studiu am avut șansa și onoarea de a întâlni oameni minunați, specialiști cu calități profesionale și didactice extraordinare, care m-au inspirat pe toate planurile și mi-au insuflat dorința de cunoaștere, deschizându-mi orizontul profesional. A fost o perioadă minunată, presărată cu momente speciale și experiențe de neuitat, care m-au maturizat și au contribuit semnificativ la ceea ce sunt astăzi.

Aflându-mă acum, la finalul acestor ani de studiu, doresc să îmi exprim recunoștința și să adresez mulțumiri tuturor persoanelor care mi-au fost alături ori de câte ori a fost nevoie.

În mod deosebit, adresez sincere mulțumiri îndrumătorului științific al tezei mele de doctorat, domnului **Acad. Prof. univ. Emerit. Dr. Ing. Victor CRISTEA**, pentru încrederea acordată încă de la acceptarea mea în marea familie a doctoranzilor. Domnul Profesor reprezintă un model de conduită profesională și umană demn de urmat, sunt onorată și profund recunoscătoare pentru sfaturile prețioase, încurajările permanente și disponibilitatea oferită.

Domnia Sa mi-a oferit libertate în gândire și m-a ajutat să găsesc calea potrivită pentru a duce la bun sfârșit cercetările demarate, îndrumându-mă în permanență cu înțelepciune, răbdare și tact pedagogic.

De asemenea, îi mulțumesc domnului **Prof. univ. Dr. Ing. Lucian OPREA** pentru sfaturile utile acordate, cât și pentru onoarea de a-mi fi membru al comisiei de îndrumare.

Îi sunt pe deplin recunoscătoare și îi mulțumesc doamnei **Conf. Dr. Ing. Lorena DEDIU** pentru buna colaborare, sprijinul constant și pentru generozitatea de a-mi oferi îndrumări de specialitate pe parcursul desfășurării experimentelor.

Sincere mulțumiri adresez și doamnei **Dr. Ing. Mirela CREȚU** atât pentru ajutorul neprețuit și ideile bune care au adus un plus de valoare tezei de doctorat, cât și pentru amintirile și prietenia frumoasă de care am avut parte de-a lungul anilor.

Țin să mulțumesc și colegilor din cadrul Colectivului de Acvacultură pentru momentele frumoase petrecute împreună cât și pentru sprijinul acordat pe parcursul desfășurării experimentelor.

Mulțumesc și doamnei **Dr. Ing. Marilena MĂEREANU** pentru furnizarea materialului biologic necesar în desfășurarea studiilor experimentale.

Gânduri de recunoștință și sincere mulțumiri se îndreaptă către domnul **Dr. Ing. Paul LUPOAE**, Șeful Secției Grădina Botanică Galați, o persoană specială, căruia îi datorez o bună parte din tot parcursul meu profesional, îi mulțumesc pentru ajutorul necondiționat, pentru încrederea și sfaturile oferite dar și pentru amabilitatea de care a dat dovadă tot timpul.

Nu în ultimul rând, țin să îmi exprim recunoștința și să le mulțumesc din suflet fiicei mele, soțului și părinților, pentru suportul moral, răbdarea și încrederea de care au dat dovadă, fără ei nu aș fi putut finaliza această teză de doctorat.

Dedic această teză celei mai frumoase flori, fiicei mele, Iris-Maria.

Cu respect,

Drd. Ecolog Raluca-Cristina ANDREI (GURIENCU)





## CUPRINS

Introducere .....	1
<b>PARTEA I. ANALIZA DATELOR DIN LITERATURA DE SPECIALITATE</b>	
<b>Capitolul I. Studiu bibliografic</b> .....	4
1.1. Cadrul general privind acvacultura sturionilor.....	4
1.2. Starea actuală, perspective ale sistemelor recirculante din acvacultură (RAS) și evidența lor la nivelul României .....	4
<b>Capitolul II. Considerații generale privind rata metabolică la pești</b> .....	5
2.1. Fiziologia respirației .....	5
2.2. Considerații generale privind metabolismul peștilor .....	5
2.3. Rata metabolică a peștilor .....	6
2.4. Factori care influențează rata metabolică.....	6
2.5. Evaluarea ratei metabolice.....	6
2.5.1. Echipamente utilizate în evaluarea ratei metabolice.....	6
2.5.2. Tehnici de evaluare a ratei metabolice.....	6
2.6. Înotul sturionilor și particularități morfofiziologice ce influențează rata metabolică..	7
<b>PARTEA a II-a. ACTIVITATEA EXPERIMENTALĂ</b>	
<b>Capitolul III. Materiale, metode și tehnici de lucru</b> .....	8
<b>Capitolul IV. Rata metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR) a juvenilor de cegă (<i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758), morun (<i>Huso huso</i> L., 1758), bester (<i>Huso huso</i> ♀ × <i>Acipenser ruthenus</i> ♂ ) și bestbeluga (bester ♀ × <i>Huso huso</i> ♂ )</b> .....	8
4.1. Ipoteza asumată.....	8
4.2. Design experimental.....	8
4.3. Rezultate și discuții.....	9
4.3.1. Tehnologia creșterii materialului biologic experimental în condițiile unui RAS.....	9
4.3.2. Evaluarea ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR) .....	10
4.4. Concluzii.....	11
<b>Capitolul V. Influența temperaturii apei asupra ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR) la juvenii de cegă (<i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758)</b> .....	12
5.1. Ipoteză asumată.....	12
5.2. Design experimental.....	12
5.3. Rezultate și discuții.....	12
5.3.1. Calitatea apei din unitățile de stocare a materialului biologic.....	12



5.3.2. Evaluarea ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR).....	12
5.4. Concluzii.....	14

<b>Capitolul VI. Evaluarea ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la juvenii de cegă (<i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758), nisetru (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt &amp; Ratzenburg, 1833) și noul hibrid, <i>diamant</i> (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> ♀ × <i>Acipenser ruthenus</i> ♂), juvenili crescuți într-un sistem recirculant .....</b>	<b>15</b>
---	-----------

6.1. Ipoteza asumată.....	15
6.2. Design experimental.....	15
6.3. Rezultate și discuții.....	15
6.3.1. Tehnologia creșterii materialului biologic experimental în condițiile unui RAS .....	17
6.3.2. Influența masei corporale asupra ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la juvenii de cegă ( <i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758).....	17
6.3.3. Evaluarea ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la două specii pure ( <i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758 și <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt & Ratzenburg, 1833) și hibridul acestora, <i>diamant</i> ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> ♀ × <i>Acipenser ruthenus</i> ♂) .....	20
6.3.4. Comportamentul speciilor testate.....	22
6.4. Concluzii.....	22

<b>Capitol VII. Concluzii, contribuții personale, direcții ulterioare de cercetare.....</b>	<b>24</b>
---	-----------

<b>Diseminarea rezultatelor cercetărilor întreprinse.....</b>	<b>26</b>
---	-----------

<b>Bibliografie .....</b>	<b>33</b>
---------------------------	-----------

### Cuvinte cheie:

sisteme recirculante de acvacultură, cegă, nisetru, morun, bester, bestbeluga, noul hibrid *diamant*, camere statice, tunel de înot, performanța înotului





## INTRODUCERE

Acvacultura este considerată o alternativă durabilă la pescuitul industrial, reprezentând unul din sectoarele industriei alimentare cu cea mai mare dezvoltare din ultimele decenii, fiind în continuare o importantă sursă de hrană și de ocupare a forței de muncă pentru numeroase țări și comunități.

Extinderea acvaculturii a fost facilitată de continua dezvoltare a practicilor de producție și a sistemelor de creștere, ce au condus la o eficientizare din punct de vedere al costurilor și al cantității și calității produsului finit.

Cerința globală referitoare la siguranța alimentară coroborată cu accentul pus asupra sustenabilității mediului, au determinat producătorii să implementeze noi soluții care pot conduce la maximizarea producției și satisfacerea cerințelor tot mai exigente ale pieței de desfacere, toate acestea în condiții de acoperire a costurilor de producție.

Astfel că, în ultimii ani, dezvoltarea acvaculturii intensive și superintensive a avut loc, în special, în cadrul sistemelor recirculante, care deși sunt mai costisitoare, s-au evidențiat în detrimentul altor sisteme de creștere, prin multitudinea de avantaje oferite. Cel mai important argument pentru abordarea acestui tip de acvacultură îl constituie posibilitatea menținerii unui management riguros al mediului de cultură, ceea ce se reflectă în practicarea unor densități ridicate ale biomasei de cultură, la acestea adăugându-se posibilitatea obținerii produselor finite în flux continuu, pe tot parcursul anului dar și amplasarea relativ ușoară în zone în care alte sisteme de creștere nu ar putea fi implementate [1].

Cu toate acestea, sunt încă semnalate numeroase situații în care producătorii se întâlnesc cu probleme legate de deteriorarea rapidă a calității apei sau cu o incidență sporită a bolilor apărute în rândul peștilor, în special datorită nivelului ridicat de stres ce duce la scăderea rezistenței acestora. Adeseori, acvacultorii apelează la utilizarea unor produse farmaceutice pentru a combate aceste probleme, însă utilizarea în mod repetat conduce la apariția unor efecte negative ce contravin politicilor și standardelor stricte de siguranță ce privesc sănătatea animalelor și a consumatorilor [2].

În general, stresul rezultă din incapacitatea de adaptare a unui organism în cadrul unui ecosistem, fie natural sau antropizat. În acvacultură, selectarea biomasei în funcție de performanța de creștere, însoțită de stilul de viață mai puțin activ dar și de dieta cu o valoare energetică ridicată, au condus la apariția unor probleme similare cu cele regăsite la persoanele ce au un stil de viață sedentar [3]. Printre acestea, cel mai des semnalate se referă la diminuarea imunității corpului, a capacității respiratorii, apariția unor disfuncții la nivel cardiovascular și a unor leziuni sau malformații la nivelul corpului [4, 5, 6].

Aceste deficiențe funcționale sunt simptome ale unei capacități reduse de adaptare a peștilor, fiind în contradicție cu strategiile ce vizează asigurarea bunăstării masei de cultură.

Este nevoie de introducerea de mijloace noi de evaluare a stocurilor de pește, de criterii actualizate ce pun accent pe robustețea sau rezistența organismului.

Astfel că, în sprijinul și rezolvarea problemelor menționate, o nouă direcție de cercetare a luat amploare în ultimii ani, în special asupra speciilor de pești osoși și mai puțin asupra celor cartilaginoși, cercetări ce pun accent pe îmbunătățirea stării morfofiziologice prin metode non-invasive rezultate în urma evaluării ratei metabolice și a performanței de înot a peștilor crescuți în regim intensiv.



În acest context, cercetările întreprinse în timpul studiilor doctorale, s-au axat pe aceste noi direcții de evaluare a organismelor crescute în mediul acvacol, vizând evaluarea ratei metabolice și a performanței înotului sturionilor, în raport cu fluctuația unor factori de mediu. Prin tematica abordată, teza de doctorat contribuie la dezvoltarea cunoașterii ratei metabolice a unor specii de sturioni, fiind prima cercetare efectuată la nivel național, ce a utilizat testele respirometrice în evaluarea metabolismului unor juvenili de sturioni crescuți în sisteme recirculante de acvacultură, oferind de asemenea, în premieră la nivel internațional, date despre consumul de oxigen și performanța înotului la specia pură nisetru și hibridii bester, bestbeluga și noul hibrid, diamant. Totodată, studiile derulate își propun să ofere date preliminare referitoare la tehnologia de creștere a unor specii de sturioni (pure și hibride) în sisteme recirculante și să completeze puținele informații regăsite în literatura de specialitate, referitoare la fiziologia și metabolismul respirației acestora.

Rezultatele acestor studii vor contribui la dezvoltarea cunoașterii științifice, putând fi de folos acvaculturilor ce doresc să implementeze noi tehnologii de creștere sustenabile și prietenoase cu biomasa de cultură dar și cu mediul, fiind de folos în special, biologilor și ecologilor preocupați de conservarea și refacerea stocurilor de sturioni aflate într-un declin accelerat.

Așadar, în strânsă interdependență cu posibilitățile oferite de infrastructura de cercetare dar și cu studiile realizate până în prezent, obiectivele generale ale acestei teze de doctorat au vizat cuantificarea răspunsului metabolic (rata metabolismului standard, de rutină, maximă, intervalul metabolic) și a performanțelor fiziologice (înotul, capacitatea de recuperare) în raport cu variația unor factori precum masa corporală, temperatura și viteza apei.

Obiectivele specifice secundare dar și activitățile secundare ce au condus la îndeplinirea obiectivelor generale au vizat:

- realizarea designului experimental al testelor respirometrice, prin raportarea la studiile anterioare întreprinse asupra sturionilor rezidenți ai fluviilor Nord-Americane și Asiatice;
- monitorizarea și controlul parametrilor de calitate a apei tehnologice din cadrul sistemului recirculant și a camerelor metabolice, cu scopul de a identifica orice potențial factor perturbator al metabolismului peștilor;
- cuantificarea unor indicatori de performanță a creșterii biomasei de cultură întrucât metabolismul este profund afectat de condițiile anterioare monitorizării, astfel că, raportarea indicilor metabolici trebuie efectuată concomitent cu câțiva factori descriptivi ai mediului de proveniență a peștilor.

Subliniez faptul că, anterior demarării experimentelor, nu au fost găsite date în literatura de specialitate, referitoare la rata metabolică, înotul și comportamentul speciei pure nisetru sau al hibridilor (bester, bestbeluga și diamant), existând totodată puține informații referitoare la cegă și morun.

Sintetizând informațiile obținute, putem afirma că sturionii testați prezintă particularități intraspecifice, sunt puternic afectați de condițiile de mediu, iar managementul tehnologic și operațional ar trebui să pună un accent mai ridicat asupra particularităților morfofiziologice ale speciilor crescute în condiții de acvacultură intensivă. Totodată, o mai bună cunoaștere a biologiei speciilor ar putea contribui la efortul depus pentru restabilirea și conservarea stocurilor de sturioni.

Putem concluziona prin faptul că evaluarea ratei metabolice și a caracteristicilor înotului unor specii ar putea constitui noi metode de rezolvare a problemelor fundamentale cu care se confruntă acvacultura modernă, precum creșterea gradului de intensivitate a producției concomitent cu menținerea unui stres minim în rândul masei piscicole, sau îmbunătățirea stării de sănătate și a performanței de creștere a peștilor prin utilizarea unor tehnologii durabile și prietenoase cu mediul.



Teza de doctorat este structurată în două părți, după cum urmează:

**PARTEA I. ANALIZA DATELOR DIN LITERATURA DE SPECIALITATE** cuprinde două capitole ce prezintă detaliat aspecte recente asupra problematicii studiate în cadrul acestei teze de doctorat. În cadrul primului acestor capitole s-a efectuat atât o sinteză referitoare la evoluția sturioniculturii pe plan național și internațional cât și a perspectivelor de dezvoltare ale sistemelor recirculante din acvacultură (RAS) și evidența lor la nivelul României. Cel de-al doilea capitol cuprinde informații ce privesc fiziologia respirației peștilor, considerații generale ale metabolismului peștilor și factorii care acționează asupra acestuia, tehnici și echipamente utilizate în măsurarea ratei metabolice a peștilor dar și o descriere a tipurilor de înot și a particularităților morfofiziologice ce influențează rata metabolică a peștilor.

**PARTEA a II-a. ACTIVITATEA EXPERIMENTALĂ** este alcătuită din cinci capitole, cuprinde cercetările realizate pe parcursul stagiului doctoral. Aceste capitole au evaluat răspunsul metabolic (rata metabolismului standard, de rutină, maximă, intervalul aerobic) și a performanțelor fiziologice (înotul, capacitatea de recuperare), în raport cu variația unor factori intrinseci (masa corporală) și extrinseci (temperatura și viteza apei).

Teza de doctorat cuprinde 186 de pagini, include 96 de grafice și 22 de tabele.

Partea de documentare reprezintă un procent de 13,5% iar partea experimentală 86,5%.

Activitățile de cercetare ale tezei de doctorat au fost realizate cu ajutorul infrastructurii *Centrului Român pentru Modelarea Sistemelor Recirculante de Acvacultură (MoRAS)* din cadrul Facultății de Știința și Ingineria Alimentelor, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați.



## CAPITOLUL I. Studiu bibliografic

### 1.1. Cadrul general privind acvacultura sturionilor

În ciuda schimbărilor continue în ceea ce privește climatul socio-economic dar și al condițiilor de mediu, acvacultura rămâne, în mod tradițional, o importantă sursă de hrană, de ocupare a forței de muncă și venituri în multe țări și comunități.

În ultimele decenii, acvacultura a înregistrat o ascensiune rapidă în ceea ce privește producția și impactul economic, asigurând în prezent, aprovizionarea cu 50% din totalul de pește consumat la nivel mondial. Se estimează că acvacultura va fi principalul furnizor de produse piscicole până în anul 2030, acest fapt datorându-se în primul rând cerințelor ridicate ale consumatorilor, și în al doilea rând epuizării stocurilor naturale de pește [8].

În sturionicultură există două direcții de creștere: prima, urmărește reproducerea controlată a peștilor cu scopul de a fi reintroduși în mediul natural, ajutând astfel la conservarea speciei, și a doua, creșterea lor în scopuri comerciale. Cele două abordări (puiet acvacultură și puiet pentru repopulare) au fost tratate în 2006 în cadrul Declarației de la Ramsar privind Conservarea Sturionilor. În timp ce acvacultura are drept scop intensificarea și eficientizarea producției (supraviețuire și rată mare de creștere a peștilor) [27], în cazul acțiunilor de repopulare, principalele direcții tind să urmărească îmbunătățirea condiției fizice a puietului, pentru a facilita acomodarea și supraviețuirea în mediul natural [28].

### 1.2. Starea actuală, perspective ale sistemelor recirculante din acvacultură (RAS) și evidența lor la nivelul României

Accentul sporit pus pe sustenabilitate, trasabilitate, siguranța alimentară și preț accesibil, necesită o dezvoltare permanentă a tehnologiilor de producție folosite în acvacultură. Acvacultura tradițională are impact asupra mediului înconjurător, însă sistemele moderne de acvacultură vin în rezolvarea acestei probleme, oferind două mari avantaje: *eficientizarea costurilor și reducerea impactului asupra mediului*.

Sistemele recirculante din acvacultură reprezintă o alternativă importantă la acvacultura tradițională, în special cea de heleșteu. Acestea se bazează pe reutilizarea apei de cultură, readusă în prealabil în parametri optimi printr-o serie de tratamente aplicate în mai multe etape (mecanică, chimică și biologică), cu pierderile zilnice de apă ce nu depășesc 10% din volumul total al sistemului [39]. Tehnologia de recirculare poate fi utilizată pentru orice specie crescută în acvacultură (pești, crustacee, moluște, plante etc.), însă este folosită preponderent în creșterea peștilor.

Datorită complexității elementelor de cerință tehnologică și diversității constructive și funcționale ale echipamentelor folosite, nu se poate vorbi de o configurație standard a sistemelor recirculante întâlnite în acvacultură, dimpotrivă proiectarea și operarea RAS necesită cunoașterea tuturor proceselor implicate, respectiv competență și profesionalism în operarea facilităților tehnologice [1]. Într-un sistem recirculant este indispensabilă corelația între capacitatea portantă și cea de producție. În cazul în care sistemul este subdimensionat sau supradimensionat, devine ineficient sub următoarele aspecte: ritm redus de creștere, conversie scăzută a hranei, incidență crescută a îmbolnăvirilor și mortalități ridicate [1].



În cadrul unui sistem de recirculare este necesar ca apa să fie tratată într-un flux continuu în așa fel încât produșii de excreție să fie eliminați cât mai rapid iar apa să fie oxigenată pentru a se păstra starea de bine a peștilor [50]. Principiul de bază al recircularii este relativ simplu, din bazinele de creștere, apa trece prin filtrele care îndepărtează solidele reziduale, oxidează amoniacul și nitriții, elimină dioxidul de carbon și aerează sau oxigenează apa înainte de întoarcerea acesteia spre bazinul de cultură [1, 45].

Dezvoltarea sistemelor de recirculare în acvacultură este promițătoare pentru multe țări care au acces limitat la unele resurse naturale (apă, teren, regim climatic nefavorabil, etc.), deoarece dezvoltarea acvaculturii trebuie să fie durabilă în contextul în care politicile de mediu devin din ce în ce mai restrictive [34]. Prin dezvoltarea tehnologiei RAS se dorește obținerea unui control complet asupra parametrilor apei și o producție mai performantă raportată la impactul asupra mediului și la costul investiției.

## CAPITOLUL II.

### Considerații generale privind rata metabolică la pești

#### 2.1. Fiziologia respirației

Respirația reprezintă un proces fiziologic complex, care se desfășoară în mod ciclic și continuu, asigurând un schimb bidirecțional de gaze între organism și mediul extern.

Simplificat, *procesul respirației* poate fi descris astfel: cavitatea bucală împreună cu operculele acționează ca niște mecanisme hidraulice de aspirare și pompare, astfel că, prin mișcări continue preiau apa din mediul extern trimițând-o în regiunea branhială, la nivelul lamelelor branhiale, care prin intermediul membranelor subțiri, extrag apoi oxigenul și îl direcționează într-un final către sistemul circulator al organismului [61].

#### 2.2. Considerații generale privind metabolismul peștilor

Metabolismul însumează totalitatea proceselor fizico-chimice și a reacțiilor biochimice de transformare a substanțelor nutritive, în strânsă legătură cu mediul ambiant, în vederea asigurării creșterii și dezvoltării organismului, cât și a energiei necesare întreținerii proceselor vitale [64]. Metabolismul este coordonat de sistemul nervos central, implicând însă toate sistemele organismului.

Metabolismul presupune atât asimilarea și introducerea nutrienților în celule - procese caracterizate de reacții chimice generatoare de energie și excretoare de produși finali neutilizabili (*catabolism*), cât și creșterea, refacerea, înmulțirea celulară și tisulară ce asigură dezvoltarea și supraviețuirea organismului – procese consumatoare de energie ce conduc la sintetizarea de substanțe noi, precum hormoni sau enzime (*anabolism*).

Prin metabolism, organismele realizează un schimb continuu de energie și informație cu mediul extern, ele fiind sisteme deschise din punct de vedere termodinamic [64].

De vreme ce aceste reacții eliberează căldura ca produs secundar, prin măsurarea acesteia se poate estima în mod direct metabolismul unui organism, metoda fiind denumită *calorimetrie directă*. Această cale însă este dificilă întrucât organismul peștilor, în comparație cu mamiferele sau păsările, emană puțină căldură ce devine greu de cuantificat în mediul acvatic, ducând la rezultate eronate [89]. Întrucât energia produsă de către organismul peștilor este obținută aerobic iar modificările nivelului de oxigen dizolvat în timp în apă pot fi determinate cu ușurință și siguranță, în ultimii ani, a devenit populară o metodă indirectă de cuantificare a



metabolismului și anume **calorimetria indirectă** sau măsurarea consumului de oxigen ( $\text{MO}_2$ ) [72].

### 2.3. Rata metabolică a peștilor

În funcție de starea organismului sunt definite trei tipuri de rată metabolică: Rata metabolismului standard (SMR) reflectă energia minimă necesară asigurării proceselor vitale (înmulțire celulară, reparare și întreținerea țesuturilor, creșterea organismului) [77, 78], fiind echivalentă cu rata metabolică bazală măsurată la păsări și mamifere. **Rata metabolismului de rutină (RMR)** se măsoară la peștii care prezintă un nivel redus de activitate, fiind incluse însă mișcărilor spontane necesare menținerii echilibrului. **Rata maximă a metabolismului activ (MMR)** indică limita superioară a metabolismului aerob/rata maximală de transfer a oxigenului din mediul înconjurător către mitocondrii, la o anumită temperatură [83]. Diferența dintre MMR și SMR reflectă **intervalul metabolic (AS)** [87]. Intervalul metabolic este o determinare a cantității de oxigen disponibil pentru activitățile aerobe cum ar fi înotul, digestia, creșterea și reproducerea, acest concept fiind important în înțelegerea limitelor metabolice ale unui organism.

### 2.4. Factori care influențează rata metabolică

Metabolismul peștilor diferă de al altor animale (păsări, mamifere), fiind extrem de variabil. Această caracteristică, este cunoscută sub numele de plasticitate și are loc ca răspuns la diverși factori care interacționează cu procesele fiziologice termodinamice din organismul peștilor [65].

Factorii care acționează asupra metabolismului se grupează în factori intrinseci (vârstă, sex, intensitatea hrănirii, adaptare locală, heritabilitate, etc.) și factori extrinseci, care se împart la rândul lor în *abiotici* (temperatura, latitudinea și longitudinea, oxigen, dioxid de carbon etc.), *biotici* (competiție intra- și interspecifică) [91, 92, 93, 106, 107].

### 2.5. Evaluarea ratei metabolice

#### 2.5.1. Echipamente utilizate în evaluarea ratei metabolice

Cele mai comune echipamente sunt respirometrele de tip „**tunel de înot**” și cele „**stative**”. **Tunelul de înot** are o formă rectangulară sau rotunjită, prezintă un compartiment (cameră metabolică) în care este amplasat peștele; are încorporat un propulsor sau un rotor care dirijează apa într-o singură direcție, apa având o curgere laminară [70]. Cele mai des întâlnite respirometre utilizate în determinarea ratei metabolice active sunt de tip *Brett* și *Blazka*.

**Respirometrele statice** sunt de obicei cilindrice sau dreptunghiulare, fiind optime pentru măsurarea consumului de oxigen al organismelor aflate în condiții de repaus (rată metabolică standard sau de rutină).

#### 2.5.2. Tehnici de măsurare ai ratei metabolice

Respirometria se poate efectua utilizând trei metode: respirometria închisă, respirometria deschisă și respirometria intermitentă [112].

În urma analizei literaturii de specialitate se desprind următoarele reguli generale ce trebuie respectate în cazul determinării ratei metabolice:



- ❖ Utilizarea unui sistem de respirometrie adecvat ce include selectarea tehnicii de măsurare potrivită, dimensionarea corectă a camerei metabolice (cu respectarea volumului dintre apă și masa corporală a peștilor) și utilizarea unor senzori de oxigen adaptați experimentului [70].
- ❖ Folosirea unor pești aflați într-o stare postprandială (astfel încât digestia și absorbția substanțelor nutritive să nu intervină asupra consumului de oxigen) [74].
- ❖ Efectuarea unei aclimatizări corespunzătoare a organismelor ce urmează a fi evaluate prin intermediul testelor respirometrice. Este necesar să se raporteze atât durata cât și modalitatea de aclimatizare (cât de repede a fost efectuată) [83].
- ❖ Este necesar ca raportarea consumului de oxigen al unui organism să fie efectuată concomitent cu masa corporală, stadiul ontogenetic sau alți factori extrinseci ce ar putea interveni asupra valorilor [74].
- ❖ Stabilirea unui interval de măsurare optim, de minim 24 de ore. Utilizarea unui timp mai scurt de măsurare poate include perioade de activitate nedorită, în timp ce utilizarea unor perioade mai lungi pot induce un stres organismului, ce se reflectă prin obținerea unor rezultate eronate [125].

## 2.6. Înotul sturionilor și particularități morfofiziologice ce acționează asupra ratei metabolice

La pești, înotul este strâns legat de comportamentul de hrănire, de selecție a habitatelor și a mediului înconjurător, de exercitare a comportamentelor sociale, de reproducere, precum și a comportamentelor migratoare [142, 218], acesta fiind totodată singurul mecanism de apărare împotriva prădătorilor pentru majoritatea speciilor [82, 85].

Sturionii la fel ca majoritatea peștilor osoși, utilizează un înot subcarangiform, singura diferență fiind dată de înotătoarea caudală care este asemănătoare cu cea a rechinelor. Au o coadă heterocercă, formată din doi lobi inegali, lobul superior fiind cu mult mai lung decât lobul inferior [134]. În plus, adâncimea caudalei este cu mult redusă la sturioni în comparație cu peștii osoși, fapt ce se datorează cel mai probabil capacității scăzute de susținere a scheletului cartilaginos. În cadrul unui studiu comparativ, s-a constatat că în cazul înotului de rutină, înotătoarea caudală contribuie cu doar o treime la propulsia organismului în comparație cu cea a unui păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) de aceleași dimensiuni [134].

În general, performanța de înot în cazul *Acipenseridelor* este scăzută, acest fapt fiind atribuit combinației unice de caracteristici fiziologice - metabolism lent [144] și morfologice - înotătoarea heterocercă ce scade din viteză pentru a contracara coeficientul de tracțiune mărit, dat de corpul alungit, fusiform acoperit cu numeroase scuturi osoase și piele îngroșată (Figura 2.1.) [134].

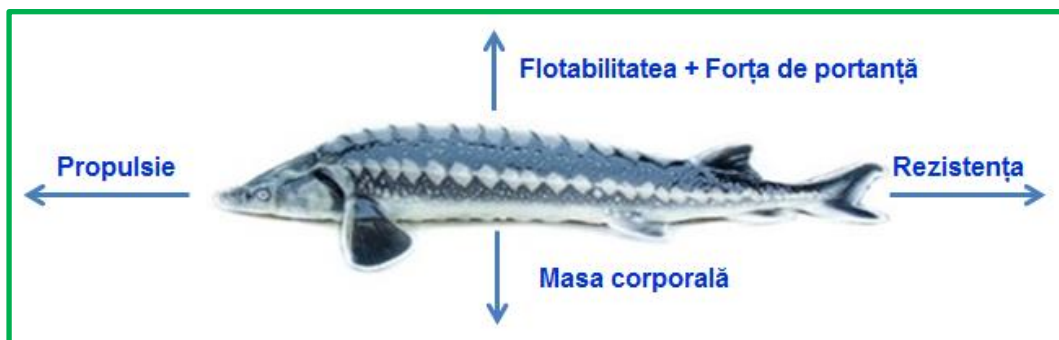


Figura 2.1. Forțele care acționează asupra corpului în timpul înotului [145]



### Capitolul III.

## Materiale, metode și tehnici de lucru

În cadrul acestui capitol sunt descrise:

- ❖ materialul biologic utilizat în realizarea experimentelor, reprezentat de trei specii pure (cegă, nisetru, morun) și trei hibrizi: bester (*Huso huso* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂), bestbeluga (bester ♀ × *Huso huso* ♂), noul diamant (*Acipenser gueldenstaedii* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂);
- ❖ infrastructura de cercetare (Stația pilot - sistem recirculant de acvacultură și sistemul de respirometrie configurat pentru determinarea ratei metabolismului standard, de rutină, maxime);
- ❖ metode de lucru și echipamente utilizate în determinarea parametrilor de calitate ai apei dar și cerințele tehnologice ale sturionilor privind calitatea apei din sistemul de creștere;
- ❖ metodologia privind calculul indicatorilor de performanță tehnologică (sporul real de creștere, factorul de conversie al hranei, rata specifică de creștere, factorul de conversie al proteinei);
- ❖ metode de calcul utilizate în evaluarea ratei metabolice și a performanței înotului, la pești: rata metabolismului standard (SMR), rata metabolismului de rutină (RMR), rata maximă a metabolismului activ (MMR), intervalul metabolic/aerobic (AS), consumul de oxigen post-activitate (EPOC), viteza critică de înot ( $U_{crit}$ ), viteza optimă de înot ( $U_{opt}$ ), costul energetic al înotului unui organism (COST), frecvența mișcării caudale (TBF) și operculelor (OBF);
- ❖ metode de prelucrare statistică a datelor experimentale (cu ajutorul programelor: Excel 2010 pentru Windows, SPSS 21.0 pentru Windows).

### Capitolul IV.

## Rata metabolismului standard și de rutină a juvenilor de cegă (*Acipenser ruthenus* L., 1758), morun (*Huso huso* L., 1758), bester (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) și bestbeluga (bester × *Huso huso*)

### 4.1. Ipoteza asumată

Obiectivul principal al acestui studiu a constat în evaluarea și compararea ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR) la juvenii de cegă (Ac – *Acipenser ruthenus*), morun (H – *Huso huso*), bester (BE – *Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) și bestbeluga (BB – *bester* × *Huso huso*), pentru diferite clase de mărimi la o temperatură de  $22 \pm 1, 16^\circ\text{C}$ .

### 4.2. Design experimental

Experimentul a avut loc în perioada august-octombrie 2017, în cadrul Centrului Român pentru Modelarea Sistemelor Recirculante de Acvacultură – MoRAS, facilitate a Universității Dunărea de Jos, Galați (Figura 4.1). Materialul biologic a fost crescut timp de 30 de zile, la finalul perioadei de creștere s-au calculat principalii parametri de performanță tehnologică și au fost începute testele respirometrice. Zilnic au fost selectate câte trei exemplare, ce au fost cântărite și măsurate (lungimea totală) rapid, fiind separate de restul grupului. Restul exemplarelor au fost ținute în paralel cu testele respirometrice, în aceleași condiții, fiind separate periodic câte trei exemplare, astfel încât să se asigure un flux continuu la testarea consumului de oxigen.





Experimentul în cadrul respirometrului a luat sfârșit atunci când s-au format câte patru clase de mărimi (Figura 4.2).

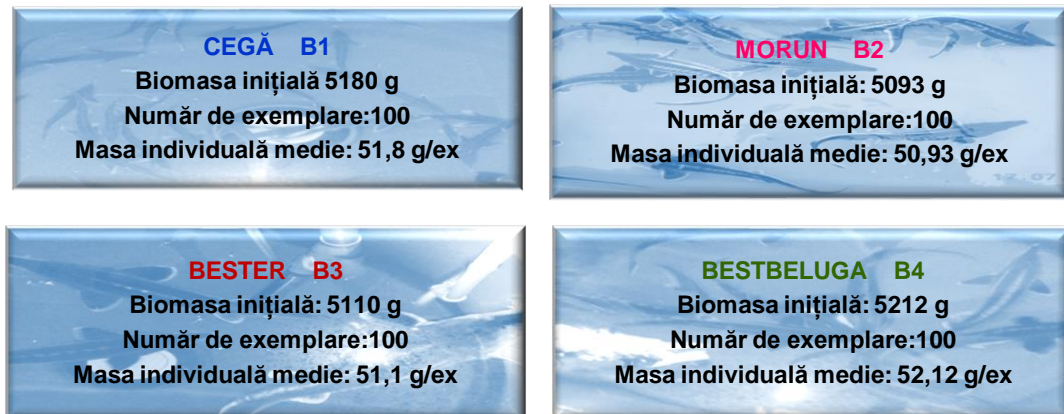


Figura 4.1. Distribuția materialului biologic în unitățile de stocare

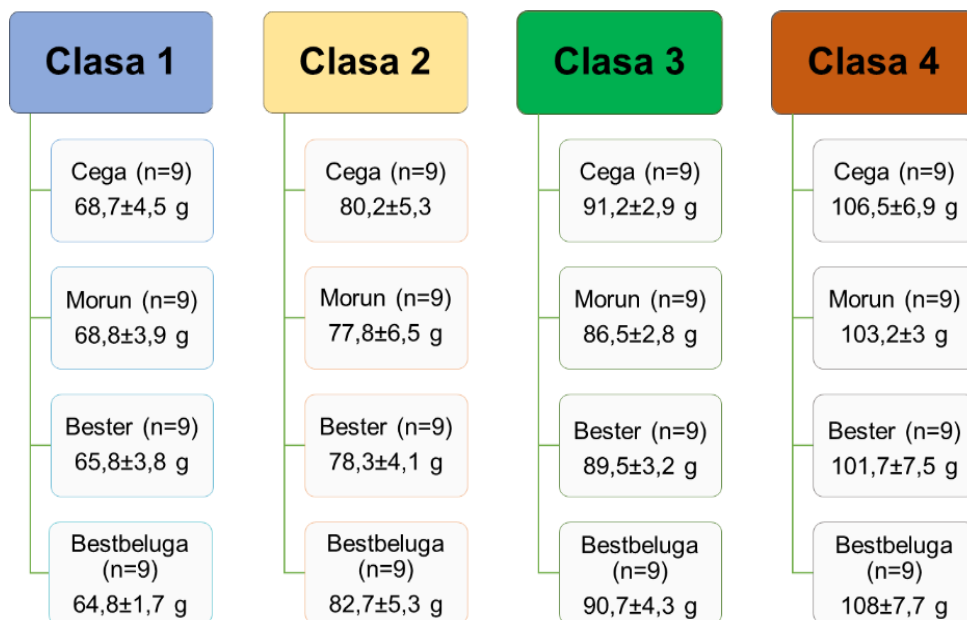


Figura 4.2. Schema experimentului derulat în cadrul respirometrului

### 4.3. Rezultate și discuții

#### 4.3.1. Particularități tehnologice referitoare la materialul biologic crescut în RAS

**Analiza parametrilor de calitate ai apei de cultură indică faptul că** parametrii de calitate fizico-chimici ai apei au fost menținuți în limite optime pentru creșterea sturionilor, iar evoluția acestora nu a înregistrat oscilații semnificative ce ar fi putut avea impact asupra ratei metabolice a acestora.

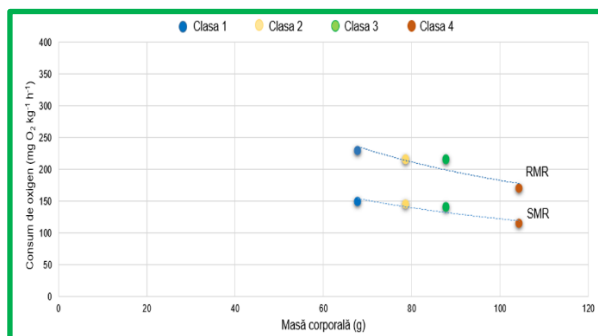
#### **Evaluarea performanței de creștere**

Indicatorii tehnologici obținuți pe parcursul a 30 de zile de creștere conturează un potențial ridicat pentru atingerea unei talii comercializabile în condiții de eficiență tehnologică. În urma analizei sumare a indicatorilor tehnologici, s-au observat valori apropiate, ușor mai ridicate la morun și hibridi.

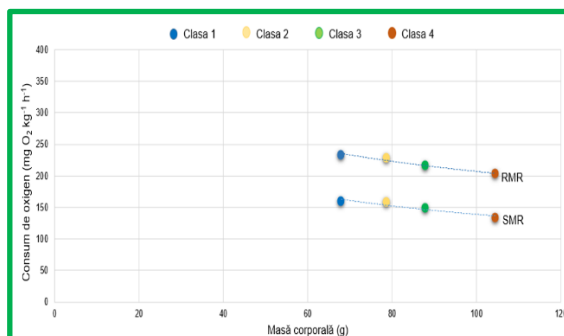


### 4.3.2. Evaluarea parametrilor metabolici

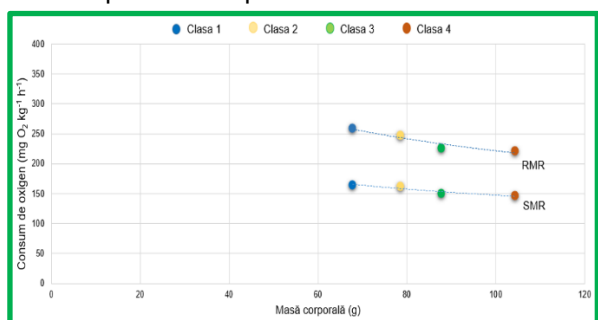
Datele obținute privind consumul de oxigen pentru juvenii acestor specii sunt o premieră pentru acvacultură și ne oferă informații importante privind relația dintre mărimea peșilor și rata metabolică (Figura 4.3., Figura 4.4., Figura 4.5, Figura 4.6.).



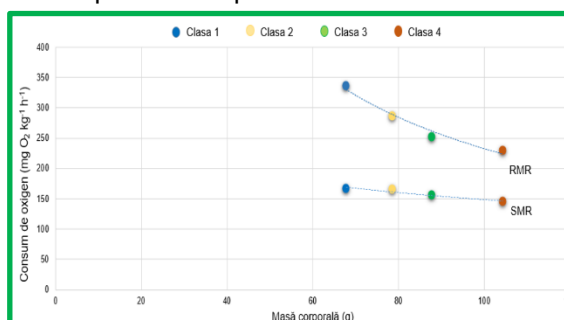
**Figura 4.3.** Relația dintre SMR și RMR (media valorilor) la cegă pentru cele patru clase de mărime



**Figura 4.4.** Relația dintre SMR și RMR (media valorilor) la morun pentru cele patru clase de mărime

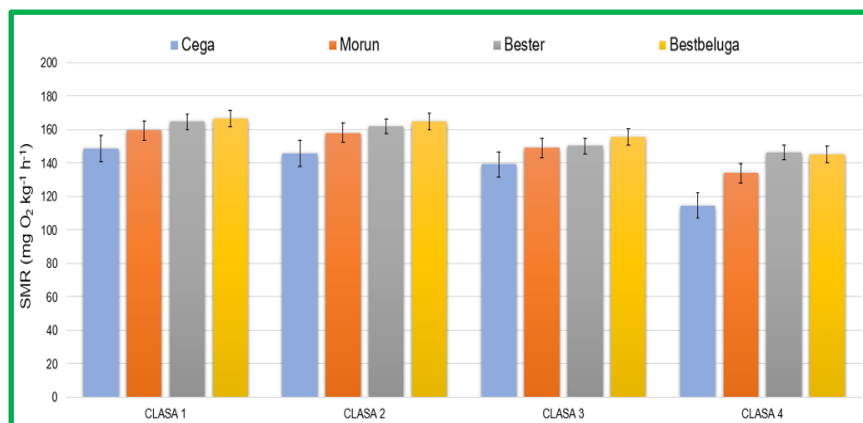


**Figura 4.5.** Relația dintre SMR și RMR (media valorilor) la bester pentru cele patru clase de mărime



**Figura 4.6.** Relația dintre SMR și RMR (media valorilor) la bestbeluga pentru cele patru clase de mărime

Se remarcă o relație invers proporțională între rata metabolică specifică (SMR și RMR) și masa corporală (Figura 4.7, Figura 4.8). Această tendință este validată și de alte studii, fiind considerată reprezentativă pentru pești, întrucât capacitatea de absorbție a oxigenului raportată la unitatea de masă este mai scăzută la peștii mai mari comparativ cu cei de talie mai mică [102, 216, 232, 233, 393].



**Figura 4.7.** Evoluția SMR-ului (media±SD) la cele patru specii de sturioni

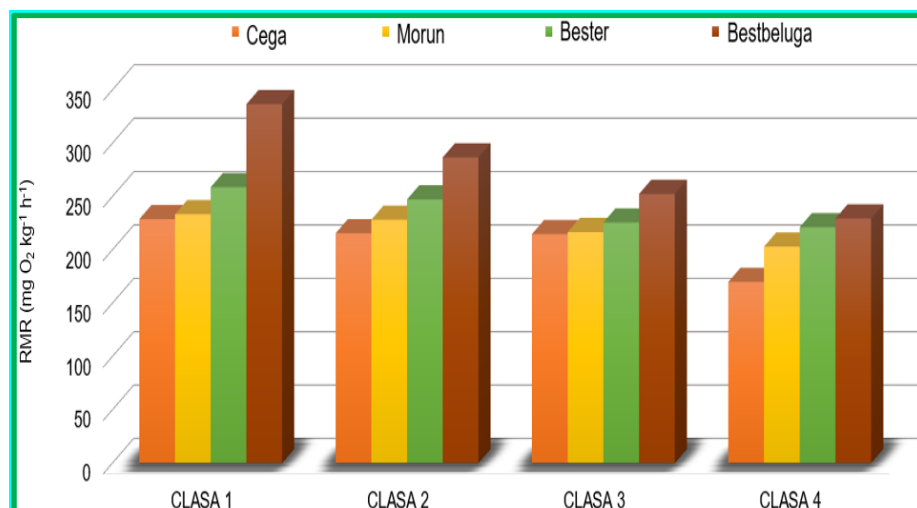


Figura 4.8. Evoluția RMR-ului (media $\pm$ SD) la cele patru specii de sturioni

#### 4.4. Concluzii

Obiectivul general al experimentului a constat în evaluarea și compararea ratelor metabolice standard și de rutină a patru specii de sturioni (cegă, morun și hibridii bester și bestbeluga) repartizați în patru clase de mărimi.

Principalele concluzii desprinse din acest studiu, sunt următoarele:

- ✚ în ceea ce privește indicatorii fizico-chimici ai apei de cultură, sistemul recirculant pilot în cadrul căruia au fost stocați și crescuți sturionii a asigurat păstrarea acestora într-un ecart tehnologic optim speciei, nefiind evidențiate diferențe semnificative între valorile înregistrate la nivelul unităților de creștere.
- ✚ sub aspect tehnologic, rata de supraviețuire ridicată a tuturor speciilor reliefează un grad mare de adaptare a biomasei la condițiile oferite de sistemul recirculant.
- ✚ indicatorii consacrați de evaluare a performanței creșterii, calculați pentru perioada de 30 de zile, conturează, în special în cazul morunului și al hibridilor, un potențial ridicat pentru atingerea unei talii ce poate fi comercializată în condiții de eficiență tehnologică, respectiv un randament tehnologic mai scăzut, în cazul cegăi;
- ✚ în ceea ce privește influența masei corporale asupra SMR-ului se observă aceeași tendință, pentru toate speciile și anume: valorile SMR pentru clasa 1 și clasa 2 nu sunt diferite din punct de vedere statistic ( $p > 0,05$ ), observându-se o scădere semnificativă ( $p < 0,05$ ) a acestora pentru clasa 3, respectiv clasa 4 de mărime.
- ✚ comparația interspecifică evidențiază valori mai mici ale consumului de oxigen alocat activităților standard, în cazul cegăi față de cele obținute pentru morun, bester și bestbeluga. Valorile ușor mai ridicate ale SMR regăsite în cazul hibridilor, coroborate cu indicatorii tehnologici obținuți pentru aceste specii, reliefează o activitate metabolică mai intensă, aspect ce se regăsește și în indicatorii tehnologici obținuți;
- ✚ Testele statistice au evidențiat în cazul RMR diferențe semnificative ( $p > 0,05$ ), atât la nivel intraspecific cât și în cazul comparației interspecifice, hibridii menținându-și un consum de oxigen mai ridicat comparativ cu speciile pure.



## Capitolul V.

### Influența temperaturii apei asupra ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR) la juveni de cegă (*Acipenser ruthenus* L., 1758)

#### 5.1. Ipoteza asumată

Obiectivul acestui studiu a fost de a evalua efectul temperaturii asupra ratei metabolismului standard și de rutină la juvenii de cegă (*Acipenser ruthenus*) și de a contribui la înțelegerea consecințelor ecologice date de variația temperaturii asupra ecobiologiei speciei.

#### 5.2. Design experimental

Activitatea experimentală s-a desfășurat în perioada ianuarie-martie 2017, în cadrul Centrului Român pentru Modelarea Sistemelor Recirculante de Acvacultură – MoRAS, facilitate a Universității Dunărea de Jos, Galați (Figura 5.1.).

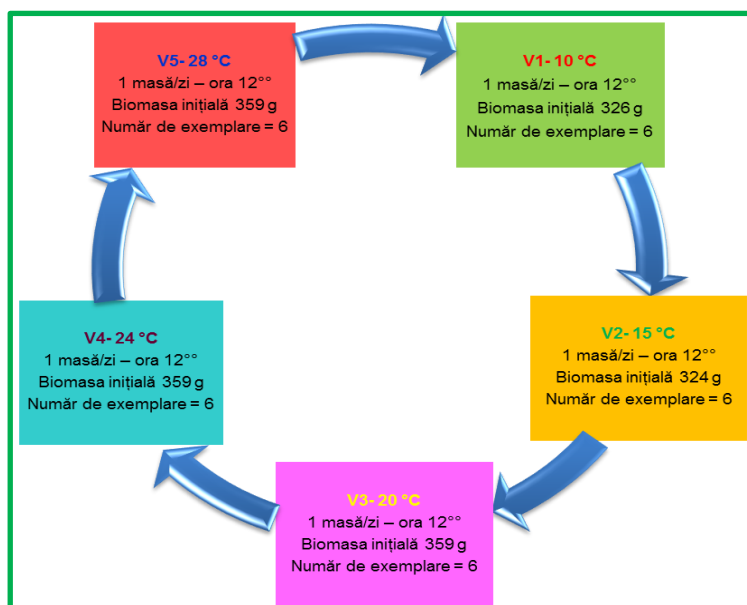


Figura 5.1. Schema repartizării materialului biologic în variantele experimentale

#### 5.3. Rezultate și discuții

##### 5.3.1. Calitatea apei din unitățile de stocare a materialului biologic

Valorile parametrilor fizico-chimici ai apei de cultură s-au menținut în ecartul optim speciei, pe toată perioada experimentală, fiind similare cu cele recomandate de literatura de specialitate.

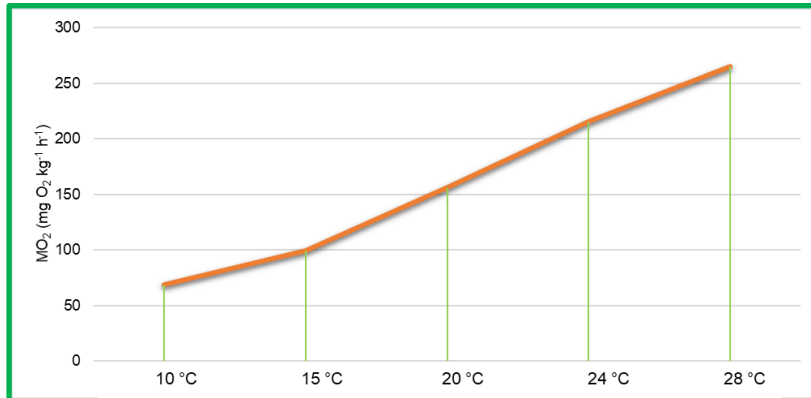
##### 5.3.2. Evaluarea ratei metabolismului standard (SMR) și de rutină (RMR)

După ce peștii au fost transferați în camerele metabolice, au avut o perioadă de acomodare de aproximativ 4 ore, timp în care consumul de oxigen a fluctuat, fiind mai ridicat.



Interval de acomodare ales a exclus posibilele valori eronate ale consumului de oxigen, influențate de stresul indus de manipularea peștelui [185, 242].

Rata metabolismului standard (SMR) a fost determinată pentru fiecare pește monitorizat la camerele metabolice, valorile medii fiind apoi calculate pentru fiecare temperatura (Figura 5.2.).

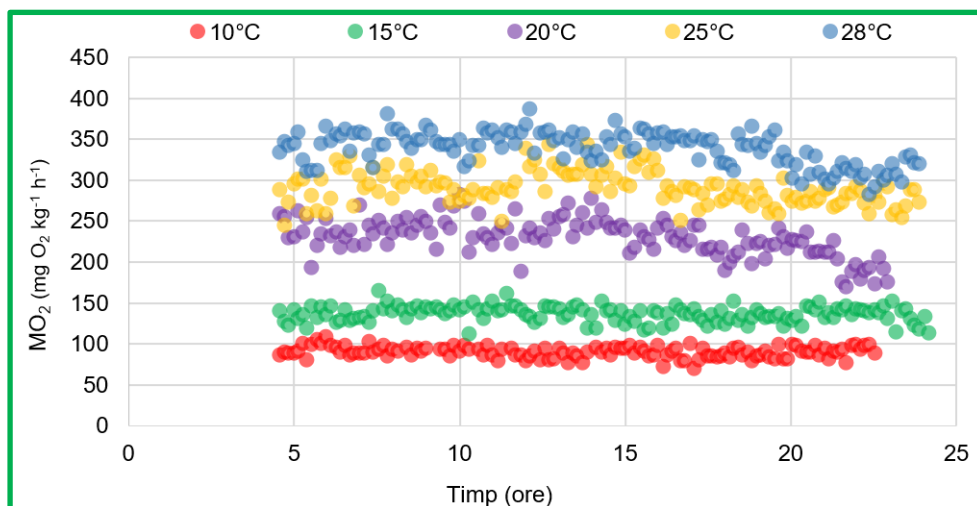


**Figura 5.2.** Valorile medii ( $\pm$ SD) ale SMR, obținute la nivelul celor 5 temperaturi testate

Întrucât testarea Anova a evidențiat diferențe semnificative între variantele experimentale ( $p < 0,05$ ), s-a efectuat analiza post hoc de tip Tukey's B pentru a putea determina diferențele dintre valorile SMR pentru cele cinci temperaturi testate. Astfel, în urma analizei au fost evidențiate cinci seturi de date, valorile SMR din fiecare variantă experimentală fiind semnificativ diferite.

În ceea ce privește rata metabolismului de rutină, s-a constatat de asemenea o creștere semnificativă, subliniată și de către analiza statistică ce a evidențiat diferențe între toate variantele experimentale (Anova,  $p < 0,05$ ).

În Figura 5.3., este prezentată evoluția RMR-ului (valori medii) la juveni de cegă timp de 24 de ore, pentru toate temperaturile testate, după excluderea celor trei ore de acomodare.

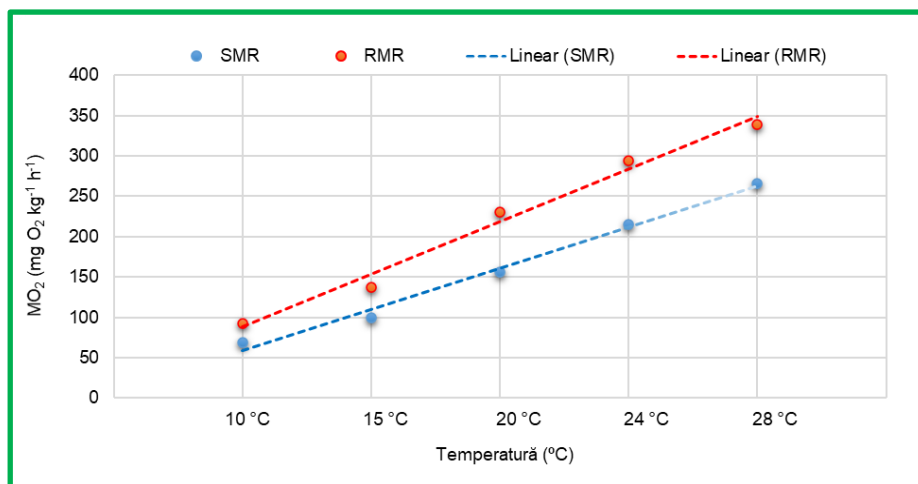


**Figura 5.3.** Evoluția ratei metabolismului de rutină la temperaturile testate (după excluderea celor 3 ore de acomodare) [277]

Între temperatura apei și rata metabolică a juvenilor de cegă (SMR și RMR) s-a observat o corelație liniară, descrisă prin următoarele ecuații (Figura 5.4.):



- ❖  $SMR_{\text{cegă}} = 50,914x + 8,223$ , ( $r^2 = 0,99$ )
- ❖  $RMR_{\text{cegă}} = 65,128x + 23,292$ , ( $r^2 = 0,98$ )



**Figura 5.4.** Relația dintre temperatura apei și rata metabolismului standard și de rutină (n=6) la juvenilii de cegă

Efectul temperaturii asupra ratei metabolice este accentuat și de coeficientul termic ( $Q_{10}$ ). Coeficientul termic  $Q_{10}$  reprezintă o măsură a sensibilității unui proces biologic la o schimbare de temperatură, fiind util în studierea proceselor fiziologice influențate de schimbarea temperaturii, la organismele ectoterme [270].

În cazul de față, coeficientul  $Q_{10}$  prezintă valori  $>1,5$ , ceea ce indică o rată de reacție complet dependentă de temperatură (Tabelul 5.1.).

*Tabelul 5.1. Valorile coeficientului termic ( $Q_{10}$ ) pentru peștii aclimatizați la cele 5 temperaturi*

Coeficientul termic ( $Q_{10}$ )	Temperaturile testate (°C)			
	15 vs 10	20 vs 15	24 vs 20	28 vs 24
	2,10	2,48	2,22	1,69

## 5.4. Concluzii

Obiectivul general al acestui studiu a fost reprezentat de evaluarea ratei metabolismului standard și de rutină la juvenilii de cegă expuși treptat la diferite temperaturi (10 °C, 15 °C, 20 °C, 24 °C și 28°C).

Sintetizând informațiile de mai sus putem afirma că:

- ✚ în urma expunerii la temperaturile testate materialul biologic s-a acomodat rapid menținându-și un comportament normal pe toată durata experimentelor;
- ✚ creșterea graduală a temperaturii atrage după sine o intensificare majoră a ratei metabolice și în cazul juvenililor de cegă;
- ✚ răspunsul fiziologic apărut după expunerea la diferite temperaturi nu este asemănător cu cel găsit la alte specii de sturioni, depinzând în mare parte de masa corporală a peștelui, dar și de protocolul, metodele și echipamentele utilizate în testele respirometrice;
- ✚ valorile obținute în cazul coeficientului termic ( $Q_{10}$ ) ne indică o reacție complet dependentă de temperatură a ratei metabolice, pentru toate variantele experimentale testate;



- rezultatele sugerează o sensibilitate ridicată a ratei metabolice raportată la temperatură, urmând o tendință liniară în cazul acestei specii. Această constatare poate prezice faptul că modificările temperaturii apei induse de diferiți factori naturali (precum încălzirea globală) sau antropici (poluarea, apa eliberată de centralele hidroelectrice etc.) ar avea un impact negativ major asupra populațiilor de cegă din mediul natural.
- totodată, creșterea temperaturii ar atrage după sine un cost energetic mai ridicat pentru menținerea funcțiilor vitale și o reducere a energiei alocate hrănirii sau evitării prădătorilor, ceea ce pe termen lung poate duce la diminuarea populațiilor.
- pe de altă parte, din perspectiva creșterii peștilor în acvacultură, acest aspect poate fi benefic, întrucât temperatura, despre care se știe că influențează atât ingestia, cât și metabolismul, va avea implicații directe asupra ratei de creștere a biomasei de cultură. Cu toate acestea, este important să se facă distincția între efectul temperaturii *per se* și efectul indus asupra creșterii peștilor, care se află în strânsă interacțiune cu ceilalți parametri fizico-chimici ai apei sau cu disponibilitatea hranei.

## Capitolul VI.

### Evaluarea ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la juvenii de cegă (*Acipenser ruthenus* L., 1758), nisetru (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzenburg, 1833) și noul hibrid, *diamant* (*Acipenser gueldenstaedtii* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂), juvenili crescuți într-un sistem recirculant

#### 6.1. Ipoteză asumată

Obiectivele acestui studiu au vizat:

- ✓ efectuarea unei comparații a performanței de înot pentru două clase de mărimi la specia *Acipenser ruthenus* (227,5±44,41 grame și 552,67±65,68 grame).
- ✓ evaluarea efectului vitezei apei asupra ratei metabolice la trei specii de sturioni (*Acipenser ruthenus*, *Acipenser gueldenstaedtii* și hibridul lor (*Acipenser gueldenstaedtii* × *Acipenser ruthenus*), cu o masă corporală de aproximativ 540 grame, la o temperatură de 22,2±0,2 °C;
- ✓ monitorizarea consumului de oxigen post-exercițiu (EPOC);
- ✓ analiza comportamentului peștilor supuși înotului;

#### 6.2. Design experimental

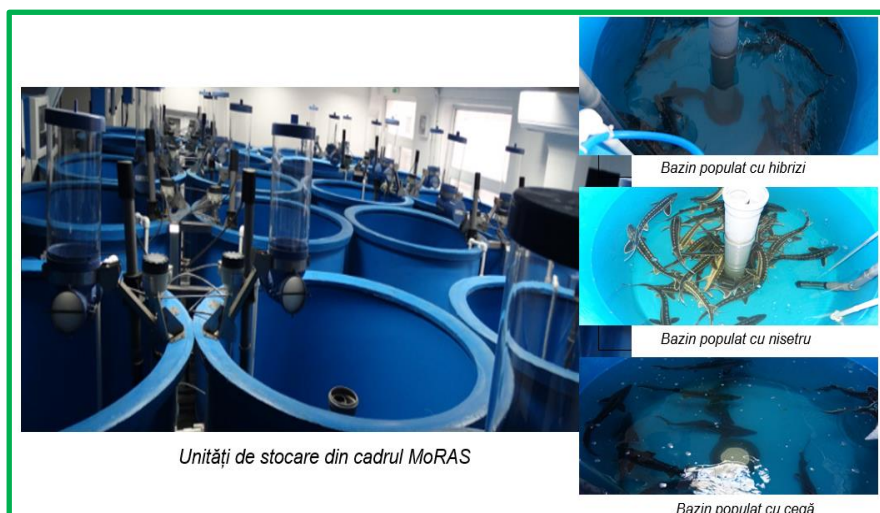
Studiul s-a desfășurat în perioada iulie-septembrie 2017, în cadrul Centrului Român pentru Modelarea Sistemelor Recirculante de Acvacultură – MoRAS, facilitate a Universității Dunărea de Jos, Galați, prevăzut cu 3 module a câte 8 unități de creștere, cu un volum de 700 litri fiecare.

Materialul biologic utilizat a fost reprezentat de un lot format din 216 juvenili de sturioni (cegă, nisetru și noul hibridul, *diamant*), obținuți prin reproducere artificială, în cadrul fermei S.C. Kaviar House S.R.L, București, filiala Horia, jud. Tulcea.



Odată cu transferul în sistemul recirculant, materialul biologic a fost cântărit și evaluat sub aspect biometric, măsurătorile fiind repetate la mijlocul (19 august) și finalul perioadei de creștere (31 august). Cântărirea intermediară a avut drept scop actualizarea necesarului de hrană, în funcție de biomasa existentă în acel moment.

Fiecare modul a fost populat de către o specie (Modul I – cega, Modul II – nisetru, Modul III – hibridi) (Figura 6.1.).



**Figura 6.1.** Sistemul recirculant pilot populat cu sturioni (foto original)

A fost utilizată tehnica respirometriei intermitente (măsurare – 4 minute, recirculare – 3 minute, așteptare – 2 minute), înainte de începerea fiecărui test, senzorii de temperatură și oxigen fiind calibrați conform manualului (Figura 6.2.).

Temperatura apei în interiorul tunelului de înot a fost similară (ANOVA,  $p < 0,05$ ) apei din unitățile de creștere ( $22,2 \pm 0,2$  °C). În interiorul tunelului de înot, s-a utilizat apă dulce declorinată, iar după fiecare pește testat, suspensiile solide au fost sifonate, aproximativ o treime din apă fiind evacuată și înlocuită. În permanență au fost utilizate pietre de aerare, astfel încât oxigenul dizolvat nu a scăzut sub  $9 \text{ mg L}^{-1}$  [199].



**Figura 6.2.** Sistemul de respirometrie – tunelul de înot (foto original)



**Figura 6.3.** Monitorizarea înotului prin intermediul înregistrării video





Cuantificarea frecvenței mișcărilor înotătoare caudale, a fost posibilă prin intermediul observării lobului superior, o mișcare fiind considerată completă atunci când lobul superior al înotătoare caudale a finalizat amplitudinea maximă și a revenit la poziția inițială (Figura 6.3).

### 6.3. Rezultate și discuții

#### 6.3.1. Tehnologia creșterii materialului biologic experimental în condițiile unui RAS

Parametrii de calitate ai apei de cultură au fost menținuți în ecartul optim de creștere și dezvoltare al juvenilor de sturioni, nefiind înregistrate diferențe semnificative din punct de vedere statistic ( $p > 0,05$ ) între unitățile de creștere.

#### Evaluarea performanței de creștere a juvenilor de sturioni

Pentru a obține o acuratețe ridicată în ceea ce privește calculul indicilor metabolici și pentru a evalua corect comportamentul sturionilor supuși unor diferite viteze de înot, a fost efectuat un experiment de creștere, care a presupus administrarea unui furaj comercial, special conceput pentru sturioni.

Experimentele de creștere au debutat cu loturi omogene, probate de testul Levene ( $p > 0,05$ ). Tabloul sintetic al indicilor de performanță a creșterii, indică, rezultate mai bune în cazul hibridilor, urmași de nisetri. În urma experimentului tehnologic derulat, se poate afirma faptul că, hibridul diamant (*Acipenser gueldenstaedii* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂) poate deveni un candidat serios pentru sturionicultura intensivă, prezentând o rată de conversie a hranei ridicată și o toleranță crescută față de condițiile de mediu oferite.

#### 6.3.2. Influența masei corporale asupra ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la juvenii de cegă (*Acipenser ruthenus* L., 1758)

Creșterea treptată a vitezei de înot a determinat o creștere a consumului de oxigen ( $MO_2$ ) ( $mg\ O_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$ ) atât pentru cega din  $V_1$  cât și pentru cega din  $V_2$  (Figura 6.4.), relațiile rezultate fiind descrise cel mai bine de către o funcție exponențială ( $r^2 = 0,9396$  -  $V_1$ , respectiv  $r^2 = 0,9891$  -  $V_2$ ).

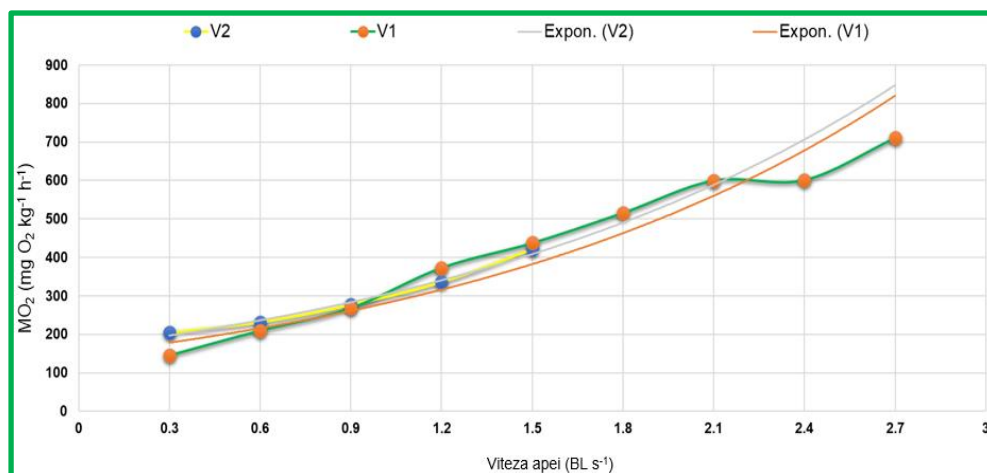
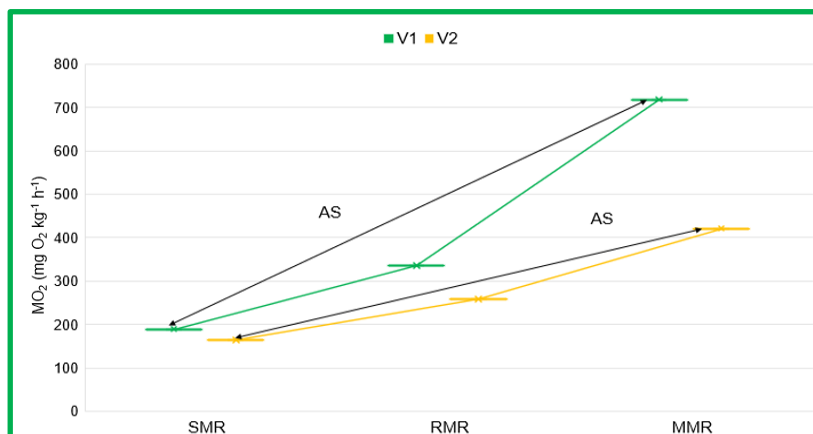


Figura 6.4. Relația dintre viteza apei și rata consumului de oxigen ( $MO_2$ , media $\pm$ SD) pentru ambele variante experimentale, descrisă printr-o funcție exponențială



Rata metabolismului standard (**SMR**) (Figura 6.5.) nu a fost influențată de cele două talii (ANOVA,  $p>0,05$ ), cega cu talia mai mică având însă valorile SMR ușor mai crescute.



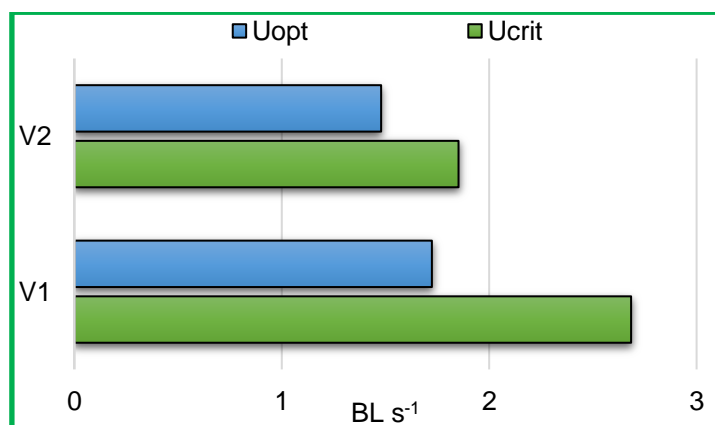
**Figura 6.5.** Valorile SMR-ului, RMR-ului, MMR-ului și intervalului AS pentru cele două variante experimentale

Valorile ratei metabolismului de rutină (**RMR**) s-au păstrat invers proporționale cu masa celor două grupuri testate, peștii de talie mai mică având consumul de oxigen mai ridicat în comparație cu cei de talie mai mare. Testele statistice au indicat însă, în acest caz, diferențe semnificative între grupuri (ANOVA,  $p<0,05$ ), ceea ce indică o activitate metabolică mai intensă în cazul peștilor de talie mai mică.

Rată maximă a metabolismului activ (MMR) (Figura 6.5.) prezintă diferențe majore între cele două grupuri testate ( $p<0,05$ ). Valorile MMR au crescut față de SMR de 3,79 ori pentru varianta V<sub>1</sub>, respectiv de 2,55 ori pentru varianta V<sub>2</sub>.

Valoarea **intervalului aerobic de măsurare (AS)** rezultată în urma diferenței dintre MMR și SMR, la temperatura de  $22,2\pm 0,2$  °C, se menține relativ mare pentru V<sub>1</sub> în comparație cu cega din V<sub>2</sub>, acest fapt indicând un interval metabolic mai larg dedicat altor activități de rutină și un confort mai accentuat în rândul cegăi de talie mai mică. Performanța înotului, mai scăzută la cega din V<sub>2</sub>, atrage după sine micșorarea domeniului aerobic. În consecință, costurile metabolice alocate respirației și înotului vor deveni prioritare, în detrimentul energiei alocate creșterii și dezvoltării organismului. Pe termen lung, micșorarea intervalului metabolic poate compromite funcțiile vitale ale organismului, afectând atât creșterea cât și supraviețuirea [193].

Viteza critică de înot ( $U_{crit}$ ) s-a menținut mai ridicată la exemplarele de talie mai mică, fiind cu aproximativ 69% mai mare (Figura 6.6.).



**Figura 6.6.** Valorile vitezei critice de înot ( $U_{crit}$ ) și vitezei optime de înot ( $U_{opt}$ ), pentru cele două variante experimentale



În ceea ce privește înotul celor două loturi, sturionii din  $V_2$  au abordat un înot mai lent, staționar, petrecând mai mult timp pe substrat, în timp ce sturionii de talie mai mică au fost mai activi. La viteze mai mari de  $0,9 \text{ BL s}^{-1}$  peștii din ambele variante și-au schimbat strategia de înot, fiind poziționați mai mult în partea din față a camerei metabolice, lasându-se purtați de curentul apei, revenind la poziția inițială prin mișcări bruște.

În funcție de unitatea de măsură utilizată, viteza optimă calculată, urmează o relație direct sau invers proporțională cu lungimea totală a corpului. Astfel că, exprimată în  $\text{cm/s}$ , viteza optimă de înot păstrează o relație pozitivă cu talia peștelui. În schimb,  $U_{\text{opt}}$  exprimată în  $\text{BL s}^{-1}$  redă o relație negativă. Testele statistice aplicate au scos în evidență diferențe semnificative între variante (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

În urma analizei literaturii de specialitate, nu au fost găsite valori calculate pentru nici o specie de sturion, în general fiind disponibile foarte puține referințe pentru acest parametru.

Prin reprezentarea grafică a valorilor  $U_{\text{opt}}$  obținute în acest studiu cât și a celor din literatură, se obține următoarea relație:  $U_{\text{opt}} (\text{BL s}^{-1}) = 46,517 (L_t)^{-0,855} (\text{BL s}^{-1})$ ,  $R^2 = 0,9214$  (Figura 6.7.).

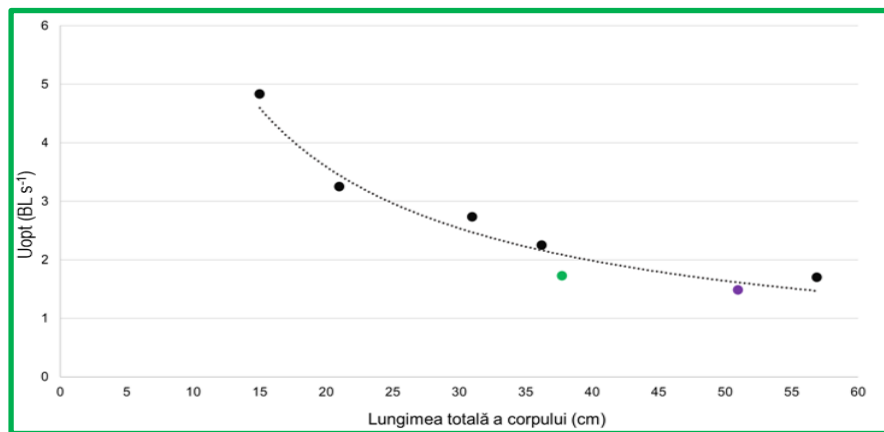


Figura 6.7. Relația dintre  $U_{\text{opt}}$  și lungimea totală a corpului ( $\bullet V_1$ ,  $\bullet V_2$ )

În ceea ce privește valorile costului de transport (**COST**) în rândul loturilor testate, pentru ambele variante se pot observa pe de o parte, un interval mai confortabil de înot din punct de vedere al energiei utilizate (regăsit între vitezele  $1-2 \text{ BL s}^{-1}$ ), cât și extremități care necesită cheltuieli energetice mai ridicate ( $<1$ ,  $>2,5 \text{ BL s}^{-1}$ ) (Figura 6.8.). Analiza statistică indică diferențe semnificative între valorile calculate pentru cele două variante (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

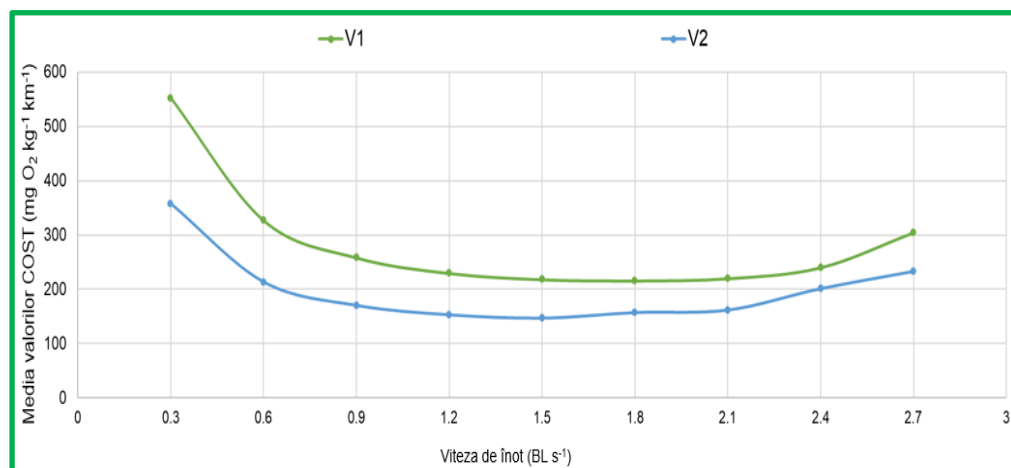


Figura 6.8. Valorile COST-ului pentru cega din  $V_1$  și  $V_2$



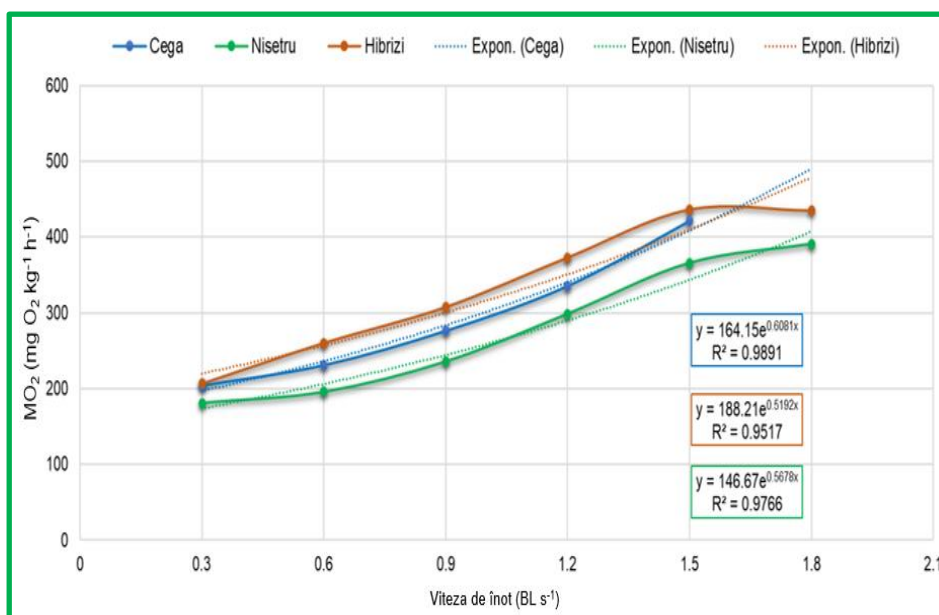
Singurul studiu ce prezintă date ale COST-ului la o specie de sturioni a fost efectuat de McKenzie et al. 2001, pe sturionul adriatic (*Acipenser naccarii*), cu masa de  $279 \pm 17$  g și lungimea totală de  $31,9 \pm 0,6$  cm [244]. Rezultatele obținute în cazul sturionilor supuși înotului în apă dulce indică date similare cu cele obținute în acest studiu, COST-ul sturionului adriatic încadrându-se în intervalul  $180 - 750$  mg  $O_2$   $kg^{-1}$   $km^{-1}$  (obținut între vitezele  $1 - 4$  BL  $s^{-1}$ ).

În urma aplicării protocolului  $U_{crit}$ , fiecare pește testat a fost menținut în continuare în camera metabolică pentru măsurarea **consumului de oxigen post-activitate (EPOC)**.

În ceea ce privește valorile EPOC, acestea s-au situat între  $20,97 - 66,52$  mg  $O_2$   $kg^{-1}$   $h^{-1}$  în  $V_1$ , respectiv  $19,61 - 69,24$  mg  $O_2$   $kg^{-1}$   $h^{-1}$  în  $V_2$ .

### 6.3.3. Evaluarea ratei maxime a metabolismului activ (MMR) și a performanței înotului la două specii pure (*Acipenser ruthenus* L., 1758 și *Acipenser gueldenstaedii* Brandt & Ratzenburg, 1833) și hibridul acestora, **diamant** (*Acipenser gueldenstaedii* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂)

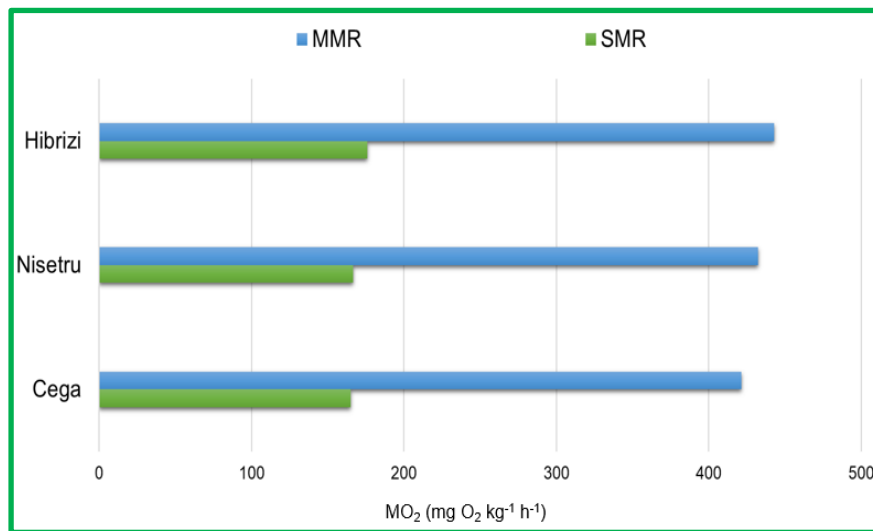
Cu toate că hibridii par a avea corpul mai robust și mai gros la nivelul trunchiului, analiza statistică efectuată asupra caracteristicilor biometrice nu a indicat diferențe semnificative între lungimea totală a exemplarelor (ANOVA,  $p > 0,05$ ), înălțimea maximă a corpului și grosimea trunchiului (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Întrucât toate cele 3 specii au fost crescute în aceleași condiții, nici o specie nu a prezentat vreun avantaj ce ar putea influența performanța înotului (Figura 6.9.).



**Figura 6.9.** Consumul de oxigen ( $MO_2$ ) raportat la viteza de înot, pentru cele 3 specii studiate

În ceea ce privește parametrii metabolici, analiza statistică nu a indicat diferențe semnificative între valorile SMR, RMR și MMR (ANOVA,  $p > 0,05$ ), determinate pentru cele 3 specii.

Cea mai ridicată valoare a **SMR** (Figura 6.10.) a fost determinată în cazul hibridilor (cu aproximativ 10% mai mare). Valorile ratei metabolismului de rutină (**RMR**) s-au încadrat în intervalul  $200 - 260$  mg  $O_2$   $kg^{-1}$   $h^{-1}$  pentru toate cele trei specii. Valorile **MMR** s-au încadrat în intervalul  $400 - 450$  mg  $O_2$   $kg^{-1}$   $h^{-1}$ , fiind de 2,55 ori mai mari decât SMR-ul. Cel mai ridicat consum de oxigen s-a întâlnit tot în cazul hibridilor, urmași de nisetri și de cegă.



**Figura 6.10.** Valorile SMR-ului și MMR-ului la cele trei specii

Intervalul metabolic (**AS**) rezultat în urma diferenței dintre MMR și SMR nu a prezentat diferențe semnificative între variantele experimentale (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

În ceea ce privește valorile **COST**-ului analiza post-hoc Tukey's B încadrează seturile de date astfel: primul set alcătuit din cega, iar al doilea set din nisetru și hibrizi.

Analiza statistică indică diferențe semnificative între valorile EPOC (ANOVA,  $p < 0,05$ ), testul Tukey's B separând valorile în 2 subseturi: primul format din cegă iar al doilea din nisetru, respectiv hibrizi. Valorile relativ scăzute, obținute într-un timp scurt indică o recuperare rapidă post-exercițiu/manipulare, în cazul menținerii peștilor la o viteză a apei de  $0,3 \text{ BL s}^{-1}$ . Valorile EPOC calculate sunt comparabile cu datele obținute în cazul altor specii de sturioni, fiind mult mai mici decât cele raportate pentru alte specii de pești osoși [194].

În ceea ce privește **indicii de performanță a înotului** ( $U_{crit}$  și  $U_{opt}$ ), testul ANOVA a identificat diferențe semnificative între grupuri ( $p < 0,05$ ). Analiza post-hoc (Tukey's B) a separat valorile medii ale  $U_{crit}$  corespunzătoare în 2 subseturi de date: primul set alcătuit din nisetri, cu o viteză critică de înot superioară, iar al doilea set alcătuit din cegă și hibrizi. În toate grupurile testate s-a observat o variabilitate individuală ridicată.

Două posibile motive pentru care nu s-au putut identifica caractere distincte, rezultate în urma hibridizării ar putea fi datorate faptului că părinții provin dintr-un mediu similar (acvacultură) sau că gradul de heterozitate nu este foarte pronunțat în acest stadiu juvenil [321].

În general se consideră că sturionii au o viteză critică de înot mai mică decât a altor specii de pești osoși [134, 187, 194, 200, 372]. Valorile scăzute ale  $U_{crit}$  se datorează în principal morfologiei distincte (prezența scuturilor, prezența notocordului sau înotătoarea caudală heterocercă) [134, 241, 276].

În cazul **vitezei optime de înot**, testul Tukey's-B a încadrat cega într-o clasă distinctă, nisetrii și hibrizii având valori similare.

Asigurarea unei viteze optime de înot în acvacultură a fost corelată de numeroase studii cu diminuarea stresului și îmbunătățirea indicatorilor tehnologici caracteristici masei de cultură. Pentru ca acvacultura să beneficieze de avantajele inducerii înotului, sunt necesare mai multe studii ce iau în considerare specificul unei specii la fel și interacțiunea dintre anumiți factori.

La sturioni, de exemplu, trebuie să se țină cont de faptul că intervalul aerobic este destul de restrâns și că adesea adoptă un comportament staționar. Prin urmare înotul continuu ar putea duce la epuizare sau deformări ale scheletului, așa cum s-a remarcat și în cazul altor specii [386, 387]. În schimb, în cadrul sturioniculturii ar putea fi adoptat un înot intermitent, care de altfel a



condus la obținerea unor parametri superior, în cazul speciei *Salmo salar*, crescută sub un regim hidraulic cuprins într-un interval de  $0,7-1 \text{ BL s}^{-1}$  [314].

Rezultatele acestui studiu au nevoie de o validare în cadrul unui sistem de creștere, unde mai mulți parametri (densitate de stocare, intensitate de hrănire, indicatorii apei, stadiu ontogenetic, etc.) vor fi diferiți de situația experimentală.

#### 6.3.4. Comportamentul speciilor testate

Atât cega, cât și nisetru sau hibridii, s-au adaptat rapid la condițiile oferite, dovadă fiind constanța măsurătorilor rezultate. La viteze mici ale apei ( $<0,6 \text{ BL s}^{-1}$ ), aceștia adoptă un comportament staționar prin mișcări lente ale înotătoarelor pectorale și caudale. La viteze intermediare sau viteze mai mari, sturionii își modifică înotul, prin alternarea comportamentului staționar, cu cel de tip “*cruising*” sau “*burst*”. Acest tip de înot a mai fost raportat și pentru alte specii de sturioni, fiind o metodă de a economisi cheltuielile energetice [337, 369, 389].

În ceea ce privește comportamentul, la majoritatea speciilor de pești, este analizat din prisma următorilor doi parametri: **frecvența mișcării caudalei** (*tail beat frequency* – TBF) și **frecvența mișcării operculelor** (*opercular beat frequency* – OBF).

În urma analizei statistice, s-au constatat diferențe semnificative între valorile TBF și OBF pentru cele 3 specii (ANOVA,  $p < 0,05$ ). În cazul TBF, valorile mai mari de  $1,2 \text{ BL s}^{-1}$  au fost similare pentru toate speciile, fiind semnalizate diferențe statistice (Testul Tukey’s B) în cazul primelor 3 viteze de înot ( $0,3 \text{ BL s}^{-1}$ ,  $0,6 \text{ BL s}^{-1}$  și  $0,9 \text{ BL s}^{-1}$ ) la specia *Acipenser gueldenstaeditii*.

Frecvența mișcării operculare a suferit variații interspecifice, OBF-ul nisetrilor, de la nivelul vitezelor  $0,3 \text{ BL s}^{-1}$  și  $0,9 \text{ BL s}^{-1}$  fiind diferite de cele ale cegăi și hibridilor. Totodată, testul Tukey’s B a identificat diferențe semnificative în cazul OBF-ului cegăi, aferent vitezelor de înot  $0,9$  și  $1,2 \text{ BL s}^{-1}$ , restul valorilor fiind similare între specii.

Evaluarea TBF și OBF a pus în evidență diferențe individuale apărute în rândul exemplarelor testate. Tendința generală pentru ambii parametri este una pozitivă, fiind observate însă și valori ușor mai scăzute, care pot ilustra comportamentul staționar adoptat ca o măsură de optimizare a cheltuielilor energetice.

Acesta este primul studiu care examinează performanța înotului și comportamentul la juvenili de cegă, nisetru și hibridi. Corelații mai puternice s-au obținut în cazul frecvenței mișcărilor caudale, ceea ce sugerează că ecuațiile redactate pot constitui un model de estimare a TBF-ului și în cazul altor specii de sturioni. În schimb valoarea  $R^2$  mai scăzută în cazul OBF-ului, pentru toate cele 3 specii, nu poate oferi o acuratețe ridicată. Sunt necesare teste suplimentare care să perfecționeze un tipar de calcul pentru aceste variabile, astfel încât să devină la rândul lor o metodă de estimare a consumului de oxigen al unui pește.

#### 6.4. Concluzii

În urma derulării experimentelor se desprind o serie de concluzii, relevante atât din punct de vedere științific cât și al aplicabilității practice:

- ✚ atât pe durata menținerii peștilor în sistemul recirculant cât și în camera metabolică, parametrii de calitate ai apei s-au menținut în ecartul optim sturionilor, nefiind înregistrate fluctuații semnificative care ar fi putut interveni asupra ratei metabolice;
- ✚ pe tot parcursul experimentelor nu s-au înregistrat mortalități în rândul biomasei, ceea ce ilustrează o adaptabilitate ridicată a materialului biologic la condițiile oferite de un RAS;
- ✚ în etapa intermediară de cântărire (după 25 de zile), sporul total de creștere al hibridilor și nisetrilor a fost semnificativ diferit față de cel calculat pentru cegă, astfel că cea mai mare



- masă corporală medie a fost obținută în cazul hibrizilor ( $375 \pm 0,9$  g), urmați de nisetri ( $361 \pm 3,1$  g) și cegă ( $302 \pm 2,4$  g), în condițiile aplicării aceluiași management tehnologic;
- ✚ la finalul perioadei de creștere, s-au constatat diferențe majore ale factorului de conversie a hranei (FCR) cât și în cazul factorului de conversie a proteinei (PER), ambii parametri fiind superiori în cazul hibrizilor și nisetrilor comparativ cu cei înregistrați în cazul cegăi.
  - ✚ așadar, în urma experimentului de creștere, tabloul sintetic al indicatorilor de **performanță a creșterii** indică rezultate mai bune în cazul hibrizilor, urmați îndeaproape de nisetri. Indicatorii superiori obținuți în cazul celor două specii pot sugera o intensificare a proceselor metabolice printr-o abilitate mai ridicată de a reține proteinele din furaj. Totodată, în urma derulării experimentului de creștere se conturează un nou potențial candidat pentru sturionicultura intensivă și anume, noul hibrid diamant;
  - ✚ în ceea ce privește **parametrii metabolismului**, nu au existat diferențe semnificative între rata metabolismului standard, de rutină și maximă, nici între valorile intervalului aerobic pentru cele trei specii, calculați pentru aceeași masă corporală (aprox. 540 de grame). Cea mai ridicată valoare a SMR-ului a fost înregistrată în cazul hibrizilor, cu aproximativ 10 % mai mare decât pentru celelalte două specii. RMR-ul a urmat altă tendință, fiind mai ridicat în cazul cegăi, urmată de hibrizi și nisetri. MMR-ul s-a încadrat în intervalul 400-450 mg O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, fiind în medie, mai mare de 2,55 ori decât SMR-ul. Intervalul metabolic calculat pentru cele trei specii indică un consum de oxigen relativ mic, dedicat activităților de rutină.
  - ✚ valorile SMR-ului și RMR-ului s-au menținut apropiate și în cazul cegăi cu o masă corporală, fiind observată însă o tendință de inversă proporționalitate cu masa corporală a peștilor. Diferențe semnificative au apărut la nivelul MMR-ului și AS-ului, astfel că cega cu masă corporală mai mică a avut o performanță de înot mai ridicată, MMR-ul fiind de 3,79 ori mai mare decât SMR-ul, ceea ce a condus la un interval aerobic mai mare.
  - ✚ **parametrii de performanță** a înotului (U<sub>crit</sub> și U<sub>opt</sub>) au prezentat însă valori diferite. Conform testului Tukey's B nisetrii au avut o viteză critică de înot, superioară cegăi și hibrizilor, iar în cazul vitezei optime de înot, analiza statistică a încadrat hibrizii alături de nisetri, cega având o viteză optimă de înot, inferioară celor două specii.
  - ✚ în ceea ce privește cega de talie mai mică, atât valorile U<sub>crit</sub> cât și U<sub>opt</sub> au fost semnificativ diferite, superioare celor calculate pentru cega cu masa corporală mai mare. Atât U<sub>crit</sub> -ul cât și U<sub>opt</sub> s-au menținut mai ridicate cu aproximativ 69%, respectiv 15% decât cel al peștilor de talie mai mare.
  - ✚ consumul de oxigen post-activitate (EPOC) a revenit rapid la valorile ratei metabolismului de rutină, după aproximativ 1 oră de monitorizare. Valorile sunt comparabile cu cele obținute în cazul altor specii de sturioni, aspect ce întărește ideea conform căreia sturionii au o rezistență crescută în cazul supunerii unui efort prelungit, recuperându-se rapid, caracteristică esențială impusă de caracterul migrator și semi-migrator al acestora.
  - ✚ costul de transport calculat pentru ambele talii ilustrează cheltuieli energetice mai ridicate comparativ cu alte specii de pești. Datele obținute ilustrează o mai mare eficiență energetică obținută de cegă, în intervalul de înot 1,2-1,8 BL s<sup>-1</sup>, hibrizii și nisetrii preferând ecartul 1,5-2 BL s<sup>-1</sup>. Cu toate acestea, înotul sturionilor în afara ecartului optim identificat, nu induce modificări majore ale consumului de oxigen, COST-ul prezentând o majorarea cu doar 10-15% (în intervalul cuprins între 0,6-1,2 BL s<sup>-1</sup> și 2-2,4 BL s<sup>-1</sup>).
  - ✚ variabilele ce caracterizează comportamentul (TBF și OBF) au prezentat anumite fluctuații, descrise și de literatura de specialitate, fiind datorate în principal comportamentului staționar ce caracterizează sturionii. Evaluarea TBF și OBF a scos la iveală un comportament diferit între indivizii aceleiași specii, cu toate acestea putând fi stabilite corelații relativ puternice în



cazul TBF ( $r^2$  aproximativ 0,87, 0,95, 0,84) ce pot constitui un model de estimare al TBF aplicabil și altor specii de sturioni.

- ✚ În ceea ce privește comportamentul adoptat de către exemplarele testate, s-a constatat că sturionii sunt, în general, docili și se adaptează rapid condițiilor oferite de camera metabolică. La viteze mici ale apei adoptă adeseori un comportament staționar, iar la viteze intermediare sau mari, alternează între staționare și înotul de tip „*cruising*” sau „*burst*”, acest mecanism fiind descris ca o strategie de economisire a cheltuielilor energetice.
- ✚ comparativ cu alți pești osoși (în special cu salmonidele), sturionii au o performanță de înot mai scăzută, cu viteze critice de înot mult mai mici, în schimb prezintă o rezistență crescută, ce caracterizează și susține comportamentul migrator.
- ✚ spre deosebire de performanța de creștere superioară clar observată în cazul hibrizilor, în urma aplicării testelor respirometrice nu s-au constatat trăsături distincte care să poată fi atribuite procesului de hibridizare interspecifică, ci s-au conturat mai degrabă trăsături apropiate de partea maternă.

Acest studiu este primul de acest fel care evaluează performanța înotului la nisetri și hibrizi, fiind găsite doar două studii referitoare la cegă, efectuate însă pe talii mult mai mici.

Concluzionând, rezultatele studiului experimental au nevoie de aplicabilitate în cadrul unui sistem de creștere, unde managementul tehnologic va fi diferit de condițiile regăsite în camera metabolică. Pentru a obține rezultate pozitive, modul în care abilitățile de înot se schimbă în funcție de stadiul ontogenetic reprezintă un criteriu important ce trebuie luat în considerare în cazul schimbării regimului hidraulic.

## Capitol VII. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE, DIRECȚII ULTERIOARE DE CERCETARE

Grație Centrului de cercetare științifică „Centrul Român pentru Modelarea Sistemelor Recirculante de Acvacultură – MoRAS” din cadrul Universității „Dunărea de Jos” din Galați (UDJG), de-a lungul studiilor experimentale, materialul biologic utilizat a beneficiat de condiții optime dezvoltării și creșterii datorită tehnologiilor avansate de control a calității apei.

Sumarizând informațiile prezentate anterior, putem afirma că prin tematica abordată, lucrarea de față deschide noi orizonturi în ceea ce privește avantajele monitorizării ratei metabolice la speciile de sturioni. Astfel că, în urma studiilor efectuate se desprind o serie de informații cu caracter de noutate:

- ✚ obținerea unui tablou complet al parametrilor ce descriu rata metabolică pentru diferite mase corporale întâlnite în stadiul de juvenil, la cegă, morun, bester și bestbeluga;
- ✚ contribuie la extinderea bazei de informații prin aportul de cunoștințe noi referitoare la efectele generate de schimbarea temperaturii apei asupra metabolismului cegăi, sau asupra altor specii de sturion, de aceeași talie în general;
- ✚ în premieră sunt prezentate date despre necesarul de oxigen pentru desfășurarea activităților standard și de rutină, la nisetru și trei specii de hibrizi (bester, bestbeluga, diamant);
- ✚ în premieră, oferă date despre performanța de înot și comportamentul pentru trei specii de sturioni autohtoni;





- ✚ Oferă un model de estimare a consumului de oxigen specific unui pește pe baza cuantificării TBF;
- ✚ Prezintă aspecte importante referitoare la managementul tehnologic și operațional al creșterii unor juvenili de sturioni în condițiile unui sistem recirculant de acvacultură și evidențiază un nou potențial candidat pentru sturionicultura intensivă, noul hibrid diamant (*Acipenser gueldenstaedii* ♀ × *Acipenser ruthenus* ♂).

Studiile derulate în cadrul acestei teze de doctorat au tratat doar o mică parte dintr-un vast subiect ce privește monitorizarea ratei metabolice la pești și aplicabilitatea acesteia. Rezultatele obținute din această serie de experimente completează profilul speciilor de sturioni dunăreni și aduc informații noi pentru trei specii de hibrizi.

Putem afirma că tendințele observate în cazul speciilor testate sunt comparabile într-o oarecare măsură cu cele observate la alte specii de sturioni, în special cei rezidenți fluviilor din America de Nord. S-au remarcat însă și diferențe care pot fi atribuite variației intraspecifice sau protocolului de măsurare folosit.

Așadar, pentru a facilita comparația între speciile de sturioni dar și pentru a putea fi elaborat un model de estimare a ratelor metabolice, se recomandă elaborarea unui protocol de măsurare standardizat, aplicabil unei specii. În continuare, numeroase studii și direcții de cercetare rămân însă de abordat:

- ✚ realizarea unei comparații a parametrilor metabolici calculați în urma aplicării mai multor protocoale de lucru (de exemplu test  $U_{crit}$  versus test de duranță);
- ✚ evaluarea interacțiunii dintre dimensiunea tunelului de înot și parametrii metabolici;
- ✚ evaluarea efectelor produse de aplicarea unor intensități de hrănire sau de administrarea unor furaje cu conținut diferit de proteină, asupra performanței înotului;
- ✚ evaluarea ratei metabolice în funcție de ritmul circadian, sau de alți factori abiotici (pH, salinitate, niveluri de  $O_2$  sau  $CO_2$ , disponibilitatea hranei) sau biotici (sex, competiție intraspecifică);
- ✚ inducerea înotului în sturionicultură cu scopul de a îmbunătăți producția (reducerea comportamentului canibalistic sau agresiv, îmbunătățirea masei musculare și a fitness-ului în general) sau pentru a obține puiet viguros, ce poate fi folosit cu succes în programele de repopulare;
- ✚ evaluarea concomitentă a ratei metabolice și a unor biomarkeri de stres oxidativ, în vederea validării testelor respirometrice ca tehnică noninvazivă de monitorizarea a stării de confort tehnologic a biomasei de cultură.



## DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR ÎNTREPRINSE

Rezultatele activității de cercetare întreprinsă pe parcursul studiilor doctorale s-au materializat prin publicarea sau comunicarea unor lucrări științifice după cum urmează:

### Articole științifice publicate în reviste cotate/indexate ISI PROCEEDINGS:

1. Crețu M., Dediu L., Docan A., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "Effects of feeding levels on growth performance, and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792), publicat în Scientific Papers-Series D-Animal Science (2019), Vol. LXII (2), pp. 341-347. WOS:000509121700054, ISSN 2285-5750. [http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2019/issue\\_2/vol2019\\_2.pdf](http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2019/issue_2/vol2019_2.pdf)
2. Crețu M., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Dediu L., Docan A., Mocanu M., "Effects of short-term starvation and different dietary protein level on leukocyte reaction in cultured rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)", Scientific Papers-Series D-Animal Science (2020), Vol. LXIII (1), pp. 522- 527. [http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue\\_1/Art76.pdf](http://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art76.pdf)
3. Crețu M., Cristea V., Docan A., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cordeli (Savescu) A.N., "Hematological profile of rainbow trout under different feeding intensities", Scientific Papers-Series D-Animal Science. În curs de publicare.

### Articole științifice publicate în reviste BDI:

1. **Andrei R. C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M, Docan A.I., Grecu I.R., Coadă M.T., Simionov I.A., "The influence of different stocking densities on growth performances of hybrid bester (*Huso huso* ♂ x *Acipenser ruthenus* ♀) in a recirculating aquaculture system", articol publicat în Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society (2016), vol 9, Issue 3, pp. 541-549, <http://www.bioflux.com.ro/docs/2016.541-549.pdf>.
2. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A.I., "Growth Performance and Food Conversion Efficiency of Juvenile Russian Sturgeon at Different Feeding Frequencies" articol publicat în Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies (2017), vol 74(2), Print ISSN 1843-5262, Electronic ISSN 1843-536X, DOI:10.15835/buasvmcn-asb: 0009, <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/zootehnie/article/view/12815>
3. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A.I., "Morphometric Characteristics and Length-Weight Relationship of Russian Sturgeon Juveniles Fed with Different Ratio" articol publicat în Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies (2017), vol 74(2), Print ISSN 1843-5262; Electronic ISSN 1843-536X, DOI:10.15835/buasvmcn-asb:0010, <https://journals.usamvcluj.ro/index.php/zootehnie/article/view/12816>.
4. **Andrei R. C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M, Dediu L., Docan A.I., "The effect of feeding rate on growth performance and body composition of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles", articol publicat în Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society (2018), vol 11, Issue 3, pp. 645-652, <https://www.bioflux.com.ro/docs/2018.645-652.pdf>.



5. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., Mogodan A., "The effect of temperature on the standard and routine metabolic rates of young of the year sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*)", articol publicat în *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society* (2018), vol 11, Issue 5, pp. 1467-1475. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.1467-1475.pdf>.
6. Crețu M., Dediu L., Cristea V., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cordeli A.N., "Dietary protein level affects compensatory growth response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under cyclic feeding", publicat în *Jurnal International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM* (2019), vol 19, nr. 6.1, pp. 1053-1060. <https://www.sgem.org/index.php/elibrary-research-areas?view=publication&task=show&id=6486>.
7. Crețu M., Cristea V., Docan A., Vârlan O.G., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "The effect of dietary supplementation with Sea-buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) and Spirulina (*Spirulina platensis*) on the growth performance of some sturgeon hybrids", articol publicat în *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society* (2017), vol 10, Issue 5, pp. 1157-1163, <http://www.bioflux.com.ro/docs/2017.1157-1163.pdf>.
8. Crețu M., Cristea V., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "The influence of feeding intensity on growth performance of rainbow trout juvenils", articol publicat în *Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice - Seria Zootehnie* (2017), vol. 67, pp. 161-164, [http://www.uaiasi.ro/zootehnie/Pdf/Pdf\\_Vol\\_67/Mirela\\_Cretu.pdf](http://www.uaiasi.ro/zootehnie/Pdf/Pdf_Vol_67/Mirela_Cretu.pdf).

### Articole științifice publicate în conferințe internaționale:

1. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Mogodan A., Docan A., Dediu L., "Influence of Different Dietary Protein Levels and Feeding Frequencies on Growth Performance, Body Composition and Welfare of Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus* Reared in a Recirculating Aquaculture System" articol publicat în *Proceedings of international conference on Life Sciences* (2018), ISBN: 978-88-85813-24-3, Filodiritto publisher, pp. 47-53. <https://www.filodiritto.com/proceedings>.
2. Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)\***, Cristea V., Crețu M., Docan A., Mogodan A., Grecu I., "Effect of body mass on the standard metabolic rate (SMR) and routine metabolic rate (RMR) of young of the year of sterlet sturgeon and bestbeluga hybrid", articol publicat în *Proceedings of international conference on Life Sciences* (2018), ISBN: 978-88-85813-24-3, Filodiritto publisher, pp. 418-425. <https://www.filodiritto.com/proceedings>. \*autor corespondent
3. Crețu M., Docan A., Mogodan A., Dediu L., Petrea Ș.M., Coadă M.T., **Andrei R.C. (Guriencu)**, " Addition of Sea-Buckthorn and Thyme Oil Extract in Feed Influenced Tissue Composition and Enhanced Growth in Sterlet Sturgeon (*Acipenser ruthenus*)", articol publicat în *Proceedings of international conference on Life Sciences* (2018), ISBN: 978-88-85813-24-3, Filodiritto publisher, pp. 364-369. <https://www.filodiritto.com/proceedings>.

### Comunicări la conferințe internaționale

1. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Simionov I.A., " Effects of dietary protein and meal frequency on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system", The 4th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2016, pp.91. <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2016/abstracts>



2. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Sorin S.D., Bandi A.C., "Determination of metabolic rate in fishes. A Review", The 15th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj-Napoca, Romania, 2016, pp.433.  
<http://www.usamvcluj.ro/simpo/Book%20of%20abstract%202016.pdf>
3. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Bandi A.C., "Some morphometric aspects of Russian sturgeon juveniles fed with different ratio", International Zoological Congress of "Grigore Antipa" Museum, București, Romania, 2016, pp. 103.  
<http://czga.ro/pozepagini/CZGA2016 Book of abstracts on line edition .pdf>
4. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Bandi A.C., "Water quality monitoring into a recirculating aquaculture system", International Conference of Physical Chemistry Romphyschem, Galați, Romania, 2016, pp. 60.  
<http://gw-chimie.math.unibuc.ro/romphyschem16/ROMPHYSICHEM16-AbstractBook.pdf>
5. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A., "Morphometric characteristics and length-weight relationship of Russian sturgeon juveniles under different feeding ratio", The 16th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj, Romania, 2017, pp. 466.  
<http://symposium.usamvcluj.ro/wp-content/uploads/2017/09/brosura-simpozion-2017.pdf>
6. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A., "Growth performance and food conversion efficiency of juvenile Russian sturgeon at different feeding frequencies", The 16th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj, Romania, 2017, pp. 467.  
<http://symposium.usamvcluj.ro/wp-content/uploads/2017/09/brosura-simpozion-2017.pdf>
7. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., "The Effects of feeding frequency on the growth performance of Russian sturgeon juvenile (*Acipenser gueldenstaedtii*) reared in a recirculating aquaculture system", The 5th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2017, pp.91.  
<http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2017/abstracts-2017>
8. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A., Mogodan A., "Effects of temperature on The Routine Metabolic Rates of The Sterlet Sturgeon Juveniles (*Acipenser ruthenus*)", International U.A.B. – B.EN.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable Development, Alba-Iulia, Romania, 2017.  
[https://www.researchgate.net/publication/342260306\\_CONFERENCE\\_PROGRAMME\\_-\\_UAB\\_-BENA\\_CONFERENCE\\_2017](https://www.researchgate.net/publication/342260306_CONFERENCE_PROGRAMME_-_UAB_-BENA_CONFERENCE_2017)
9. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A., Mogodan A., "Effects of different feeding ratios on the growth performance of Russian sturgeon juvenile (*Acipenser gueldenstaedtii*) reared in a recirculating aquaculture system", The 8th International Agriculture Symposium „Agrosym 2017”, Jahorina, Bosnia și Herțegovina, 2017.  
[https://www.researchgate.net/publication/342260313\\_The\\_8th\\_International\\_Agriculture\\_Symposium\\_Agrosym\\_2017\\_Jahorina\\_Bosnia\\_and\\_Hertegovina](https://www.researchgate.net/publication/342260313_The_8th_International_Agriculture_Symposium_Agrosym_2017_Jahorina_Bosnia_and_Hertegovina)
10. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Mogodan A., "The effects of acclimation temperature on the Q<sub>10</sub> values of the routine metabolic rates in Sterlet sturgeon juveniles (*Acipenser ruthenus*)", International Zoological Congress of "Grigore Antipa" Museum, București, Romania, 2017, pp.117.  
<http://czga.ro/pozepagini/CZGA2017 Book of Abstracts online edition .pdf>
11. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Dediu L., Crețu M., Docan A., Mogodan A., "The effects of feeding frequency and different dietary protein on the body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)", The 8th International Euroalimnt Symposium, Galați, Romania, 2017.



- <http://www.euroaliment.ugal.ro/Programme-EA17.pdf>
12. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Mogodan A., Docan A., Dediu L., "Influence of different dietary protein levels and feeding frequencies on growth performance, body composition and welfare of Nile tilapia (*Oreochromus niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system", International Conference on Life Sciences, Timișoara, Romania, 2018, pp. 27.  
[https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20%20Life%20Sciences%20Book-of-Abstract%202018%20FIA%20program%20Centenar%20\(1\).pdf](https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20%20Life%20Sciences%20Book-of-Abstract%202018%20FIA%20program%20Centenar%20(1).pdf)
  13. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "Swimming mode of sturgeons. A review.", „Deltas & Wetlands” DDNI Scientific Event Community, 26th Edition, Tulcea, Romania, 2018.  
[http://ddni.ro/wps/wp-content/uploads/2018/05/Simposyum-Agenda\\_08.05.2018.pdf](http://ddni.ro/wps/wp-content/uploads/2018/05/Simposyum-Agenda_08.05.2018.pdf)
  14. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Mogodan A., Dediu L., "Oxygen consumption and swimming behaviour of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) in relation to water velocity", International Agricultural, Biological and Life Science Conference, Edirne, Turcia, 2018, pp. 342.  
[http://agbiol.org/files/46/editor/files/AGBIOL\\_2018\\_ABSTRACT\\_BOOK\(1\).pdf](http://agbiol.org/files/46/editor/files/AGBIOL_2018_ABSTRACT_BOOK(1).pdf)
  15. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "Intraspecific difference in metabolic rate at fish. Causes and consequences", The 6th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2018, pp.147.  
<http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2018/abstracts-2018>
  16. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "Environmental factors impact on sturgeon's metabolic rate. A review", The 4th International Conference "Water resources and wetlands", Tulcea, Romania, 2018.  
<https://www.limnology.ro/wrw2018/programme.html>
  17. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "The importance of respiratory studies in sturgeon conservation", „Deltas & Wetlands” DDNI Scientific Event Community, 27th edition, Tulcea, Romania, 2019.  
[http://ddni.ro/wps/wp-content/uploads/2019/06/Book\\_of\\_Abstracts\\_vol6.pdf](http://ddni.ro/wps/wp-content/uploads/2019/06/Book_of_Abstracts_vol6.pdf)
  18. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "Respirometry and its application to aquaculture", The 7th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2019, pp.31.  
<http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2019/abstracts-2019>
  19. **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Dediu L., "Effects of Body Mass on Routine Metabolic Rate of Young of the Year Beluga Sturgeon", The 9th International Euroaliment Symposium Galati, Romania, 2019.  
[http://www.euroaliment.ugal.ro/Programme-EuroAliment-2019-B5\\_03.09.pdf](http://www.euroaliment.ugal.ro/Programme-EuroAliment-2019-B5_03.09.pdf)
  20. Crețu M., Cristea V., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Docan A., "Alternative sources of replacing fish meal", The 15th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj-Napoca, Romania, 2016, pp.440.  
<http://www.usamvcluj.ro/simpo/Book%20of%20abstract%202016.pdf>
  21. Crețu M., Cristea V., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "The influence of feeding intensity on growth performance of rainbow trout juvenils", International Scientific Congress life sciences, a challenge to the future, Iași, Romania, 2016.  
[https://www.researchgate.net/publication/342260375\\_LIFE\\_SCIENCES\\_A\\_CHALLENGE\\_TO\\_THE\\_FUTURE\\_PROGRAMME](https://www.researchgate.net/publication/342260375_LIFE_SCIENCES_A_CHALLENGE_TO_THE_FUTURE_PROGRAMME)



22. Bandi A.C., Cristea V., Dediu L., Lupoae P., Petrea Ș.M., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "Growth performance of Red Rubin Basil (*Ocimum Basilicum* var. *purpurascens*) in a NFT integrated aquaponic system", The 15th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj-Napoca, Romania, 2016, pp.201.  
<http://www.usamvcluj.ro/simpo/Book%20of%20abstract%202016.pdf>
23. Crețu M., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Mogodan A., Docan A., Dediu L., "The effect of dietary protein intake and feeding frequency on serum biochemical and haematological profiles of Nile tilapia", The 16th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", Cluj-Napoca, Romania, 2017 pp. 468.  
<http://symposium.usamvcluj.ro/wp-content/uploads/2017/09/brosura-simpozion-2017.pdf>
24. Crețu M., Dediu L., Cristea V., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Docan A., "Effect of Dietary Protein Levels and Short Period of Starvation on Biochemical Composition of Rainbow Trout Meat (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)", The 8th International Euroalimnet Symposium, Galați, Romania, 2017.  
<http://www.euroalimnet.ugal.ro/Programme-EA17.pdf>
25. Crețu M., Docan A., Dediu L., Vârlan O.G., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., "The Effects of Sea-Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) and Spirulina (*Spirulina platensis*) on the Growth Performance of Some Sturgeon Hybrids", The 8th International Euroalimnet Symposium, Galați, Romania, 2017.  
<http://www.euroalimnet.ugal.ro/Programme-EA17.pdf>
26. Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Mogodan A., Docan A., Grecu I., "Comparison of swimming capacity of *Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser ruthenus* and hybrid sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* × *Acipenser ruthenus*), FITFISH Annual Conference, Porto, Portugalia, 2018 pp. 40-41.  
[https://www.fitfish.eu/upload\\_mm/9/d/a/941b9b86-ac4e-41fa-8d1e-f86473638571\\_FITFISH%20Porto%20annual%20conference%20abstract%20book.pdf](https://www.fitfish.eu/upload_mm/9/d/a/941b9b86-ac4e-41fa-8d1e-f86473638571_FITFISH%20Porto%20annual%20conference%20abstract%20book.pdf)
27. Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cristea V., Crețu M., Docan A., Mogodan A., Grecu I., "Effect of body mass on the standard metabolic rate (SMR) and routine metabolic rate (RMR) of young of the year of sterlet sturgeon and bestbeluga hybrid", International Conference on Life Sciences, Timișoara, Romania, 2018, pp.31.  
[https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20Life%20Sciences\\_Book-of-Abstract\\_2018\\_FIA\\_program\\_Centenar%20\(1\).pdf](https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20Life%20Sciences_Book-of-Abstract_2018_FIA_program_Centenar%20(1).pdf)
28. Crețu M., Docan A., Mogodan A., Dediu L., Petrea Ș.M., Coadă M.T., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "Addition of Sea-buckthorn and Thyme oil extract in feed influenced tissue composition and enhanced growth in Sterlet Sturgeon (*Acipenser ruthenus*)", International Conference on Life Sciences, Timișoara, Romania, 2018, pp.14.  
[https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20Life%20Sciences\\_Book-of-Abstract\\_2018\\_FIA\\_program\\_Centenar%20\(1\).pdf](https://www.usab-tm.ro/utilizatori/tpa/file/conferinta/2018/The%201st%20International%20Conference%20on%20%20Life%20Sciences_Book-of-Abstract_2018_FIA_program_Centenar%20(1).pdf)
29. Crețu M., Cristea V., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Dediu L., Docan A., "The development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth model by applying different feeding levels", The 7th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2019, pp.314.  
<http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2019/abstracts-2019>
30. Crețu M., Dediu L., Docan A., Cristea V., **Andrei R.C. (Guriencu)**, "Effects of feeding levels on growth performance, and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)", International Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture, Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Romania, 2019.



31. Crețu M., Dediu L., Cristea V., Andrei R.C. (Guriencu), Cordeli A.N., „Dietary protein level affects compensatory growth response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under cyclic feeding”, The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena, Bulgaria, 2019.  
<https://www.sgem.org/index.php/elibrary-research-areas?view=publication&task=show&id=6486>
32. Crețu M., Dediu L., Cristea V., Docan A., Andrei R.C. (Guriencu), Cordeli A.N., „Effect of starvation and refeeding with different dietary protein level on some hematological parameters of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792), International Scientific Congress - Life Sciences, A challenge to the future, Iași, Romania, 2019.
33. Crețu M., Cristea V., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Docan A., Dediu L., „Effect of Feeding Level on Hematological Profile of Rainbow trout Reared in A Recirculating Aquaculture System”, The 9th International Euroaliment Symposium, Galați, Romania, 2019.  
[http://www.euroaliment.ugal.ro/Programme-EuroAliment-2019-B5\\_03.09.pdf](http://www.euroaliment.ugal.ro/Programme-EuroAliment-2019-B5_03.09.pdf)
34. Crețu M., Cristea V., Docan A., Dediu L., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Cordeli A.N., „Hematological profile of rainbow trout under different feeding intensities”, The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, USAMV București, Romania, 2020.  
[http://agricultureforlife.usamv.ro/images/pdf/Section\\_3\\_Animal\\_Science.pdf](http://agricultureforlife.usamv.ro/images/pdf/Section_3_Animal_Science.pdf)
35. Crețu M., **Andrei R.C. (Guriencu)**, Dediu L., Docan A., Mocanu M., “Effects of short-term starvation and different dietary protein level on leukocyte reaction in cultured rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)”, The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, USAMV București, Romania, 2020.  
[http://agricultureforlife.usamv.ro/images/pdf/Section\\_3\\_Animal\\_Science.pdf](http://agricultureforlife.usamv.ro/images/pdf/Section_3_Animal_Science.pdf)

#### Alte publicații de specialitate:

1. Lupoae P., Țupu E., Zlate E., Barbu A.V., Cimpoeru V., Lupoae M., **Guriencu R.C.**, Lificiu I.; Delectus Seminum – Grădina Botanică Galați, nr. 19/2019, nr. pag. 30; Editura Academica Galați, ISSN 1224-7006, ISSN-L 1224-7006.
2. Lupoae P., Țupu E., Zlate E., Barbu A.V., Cimpoeru V., Lupoae M., **Guriencu R.C.**, Lificiu I.; Delectus Seminum – Grădina Botanică Galați, nr. 20/2020, nr. pag. 36; Editura Academica Galați, ISSN 1224-7006, ISSN-L 1224-7006.

#### Premii obținute pe parcursul celor trei ani de studii:

1. **Premiul II** „Student award” în cadrul secțiunii „Aquaculture and Biosystems”, pentru lucrarea „Oxygen consumption and swimming behaviour of Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) in relation to water velocity” - **Raluca-Cristina Andrei (Guriencu)**, Victor Cristea, Mirela Crețu, Mogodan Alina, Lorena Dediu - “International Agricultural, Biological and Life Science Conference” AGBIOL Conference, 1-6 septembrie 2018 Edirne, Turcia.
2. **Premiul II**, în cadrul secțiunii „Progress in science and engineering of food bioresources” pentru lucrarea - „Effects of dietary protein and meal frequency on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system” - **Raluca-Cristina (Guriencu) Andrei**, Victor Cristea, Lorena Dediu, Mirela Crețu, Ira-Adeline (Chihaiia) Simionov – The 4th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools, Galați, Romania, 2-3 Iunie 2016, Galati, Book of Abstracts pp. 91.



### Participare în proiecte de cercetare:

1. **INOVTEHNOSTUR** - „Tehnologie de selecție și ameliorare genetică în vederea creșterii profitabilității acvaculturii sturionilor”, Contract nr. 53PTE/2016 – PN-III-P2-2.1-PTE-2016-0188.
2. **FITOBIOACVA** - „Optimizarea tehnologiei de creștere intensivă a sturionilor prin utilizarea furajului aditivat cu compuși bioactivi vegetali”, Cod proiect: PN-III-P2-2.1-BG-2016-0417.





## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Cristea, V., Ceapă, C., Grecu, I.R., *Ingineria sistemelor recirculante din acvacultură*, Editura Didactică și Pedagogică, 2002, București, România, 344 Pagini, ISBN 973-30-2785-5.
- [2] Commission of the European Communities, Communication from the commission to the European Parliament and the Council, *Building a sustainable future for aquaculture. A new impetus for the Strategy for the Sustainable Development of European Aquaculture*, Brussels, 8.4.2009, COM(2009) 162 final, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0162:FIN:EN:PDF>, accesat la data de 22.06.2020.
- [3] Tudorache, C., de Boeck, G., Claireaux, G. *Forced and preferred swimming speeds of fish: a methodological approach*. In: Palstra, A.P., Planas, J.B., (eds), *Swimming physiology of fish: towards using exercise to farm a fit fish in sustainable aquaculture*, Springer, London, 2013, Pages 81–108.
- [4] Baeverfjord, G., *Ethics and animal welfare in intensive aquaculture production. Farming marine fish beyond the year 2000: technological solutions for biological challenges*, ICES C.M. L, 1998, 18 Pages.
- [5] Poppe, T.T., Johansen, R., Tørud, B., *Cardiac abnormality with associated hernia in farmed rainbow trout *Oncorhynchus mykiss**, Disease Aquatic Organism, Volume 50, 2002, Issue 2, Pages 153–155.
- [6] Poppe, T.T., Taksdal, T., *Ventricular hypoplasia in farmed Atlantic salmon *Salmo salar**, Disease Aquatic Organism, Volume 42, 2000, Issue 1, Pages 35–40.
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the sustainable development goals*, Rome. 2018, 227 Pages, ISBN: 978-92-5-130562-1.
- [27] Gisbert, E., Williot, P., *Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon*, Journal of Fish Biology, Volume 60, 2002, Issue 5, Pages 1071–1092.
- [28] Billard, R., Lecointre, G., *Biology and conservation of sturgeon and paddlefish*, Reviews in Fish Biology and Fisheries, Volume 10, 2001, Pages 355 - 392.
- [34] Food and Agriculture Organization of the United Nations, (FAO), *Fishery and Aquaculture Statistics*, Rome 2020, 82 Pages, ISBN 978-92-5-133371-6.
- [39] Rosenthal, H., Castell, J.D., Chiba, K., Forster, J.R.M., Hilge, V., Hogendoorn, H., Mayo R.D., Muir, J.F., Murray, K.R., Petit, J., Wedemeyer, G.A., Wheaton, F., Wickins, J., *Flow-through and recirculation systems*, EIFAC, 1986, 100 Pages, ISBN 92-5-102416-2.
- [45] Losordo, T.M., *Recirculating production systems. The status and future*, part II. Aquaculture Magazine 24 (March/April), 1998, pp 45-53
- [50] Blancheton, J.P., *Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species*, Aquacultural Engineering, Volume 22, 2000, Pages 17–31.
- [61] Helfman, G.S, Collete, B.B, Facey, E.D., Bowen W.B., *The diversity of fishes*, Second edition, Willey-Balckwell Publisher, 2009, Oxford, 720 Pages, ISBN 978-1-4051-2494-2.
- [64] Oprea, L., Georgescu R., *Nutriția și alimentația peștilor*, Editura Tehnică, București, 2000, 272 Pagini, ISBN 973-31-1483-9.



- [65] Jobling, M., *Fish Bioenergetics*, Publisher Springer, 1994, The Netherlands, 310 Pages, ISBN 978-0-412-58090-1.
- [70] Clark, T.D., Sandblom, E., Jutfelt, F., *Aerobic scope measurements of fishes in an era of climate change: respirometry, relevance and recommendations*, The Journal of Experimental Biology, Volume 216, 2013, Pages 2771-2782.
- [72] Weisberg, S., *Using Hard-part Increment Data to Estimate Age and Environmental Effects*, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Volume 50, 1993, Issue 6, Pages 1229-1237.
- [74] Chabot, D., *Metabolic rate in fishes: definitions, methods and significance for conservation physiology*, Journal of Fish Biology, 2016, Volume 88, Pages 1–9.
- [77] Darveau, C.A., Suarez, R.K., Andrews, R.D., Hochachka, P.W., *Allometric cascade as a unifying principle of body mass effects on metabolism*, Nature, Volume 417, 2002, Pages 166–170.
- [78] Killen, S.S., Atkinson, D., Glazier, D.S., *The intraspecific scaling of metabolic rate with body mass in fishes depends on lifestyle and temperature*, Ecology Letters, Volume 13, 2010, Issue 2, Pages 184–193.
- [82] Videler, J.J., *Fish Swimming*. Chapman & Hall Publisher, Fish and Fisheries Series 10 2012, New York, Waterland Aquaculture, ISBN-13:9789401046879.
- [83] Norin T., Clark, T., *Measurement and relevance of maximum metabolic rate in fishes*, Journal of Fish Biology, Volume 88, 2016, Issue 1, Pages 122–151.
- [85] Reidy, S.P., Nelson, J.A., Tang, Y., Kerr, S.R., *Post-exercise metabolic rate in Atlantic cod and its dependence upon the method of exhaustion*, Journal of Fish Biology, Volume 47, 1995, Issue 3, Pages 377–386.
- [87] Fry, F.E., *The effect of environmental factors on the physiology of fish. In Fish Physiology*, Vol. VI, Editors W.S. Hoar and D.J. Randall, NY Academic Press Publisher, 1971, Pages 1-98, New York.
- [91] Lebreton, G.T.O., Beamish, F.W., *Growth, bioenergetics and age*. Chapter 9 in Sturgeons and Paddlefish of North America, 2004, Pages 167-216
- [92] Lardies, M.A., Bozinovic, F., *Genetic variation for plasticity in physiological and life-history traits among populations of an invasive species, the terrestrial isopod Porcellio laevis*, Evolutionary Ecology Research, Volume 10, 2008, Pages 747–762.
- [93] Ketola, T., Kotiaho, J.S., *Inbreeding, energy use and condition*, Journal of Evolution Biology, Volume 22, 2009, Pages 770–781.
- [102] Crocker, C.E., Cech, J.J., *The effects of hypercapnia on the growth of juvenile white sturgeon, Acipenser transmontanus*, Aquaculture., Volume 147, Issue 3-4, 1996, Pages 293-299.
- [106] Fajfer, S., Meyers, L., Willman, G., Carpenter, T., Hansen, M. J., *Growth in juvenile lake sturgeon reared in tanks at three densities*, North American Journal of Aquaculture, Volume 61, 1999, Issue 4, Pages 331–335.
- [107] Jodun, W.A., Millard, J.M., Mohler, J., *The Effect of Rearing Density on Growth, Survival, and Feed Conversion of Juvenile Atlantic Sturgeon*, North American Journal of Aquaculture, Volume 64, 2011, Issue 1, Pages 10-15
- [112] Steffensen, J.F., *Some errors in respirometry of aquatic breathers: how to avoid and correct for them*, Fish Physiology and Biochemistry, Volume 6, 1989, Issues 1, Pages 49-59.
- [125] Rosewarne, P.J., Svendsen, J.C., Mortimer, R.J.G., Dunn, A.M., *Muddied waters: suspended sediment impacts on gill structure and aerobic scope in an endangered*



- native and an invasive freshwater crayfish*, *Hydrobiologia*, Volume 722, 2014, Pages 61-74.
- [134] Webb, P.W., *Kinematics of lake sturgeon, Acipenser fulvescens, at cruising speeds*, *Canadian Journal of Zoology*, Volume 64, 1986, Pages 2137–2141.
- [142] Beamish, F.W.H., *Swimming capacity*. In, Hoar WS, Randall D.J. (Eds): *Fish Physiology*. Volume VII. Locomotion, Pages 101-187, Academic Press Publisher, 1978, New York, USA.
- [144] Singer, T.D., Mahadevappa, V.G, Ballantyne, J.S. *Aspects of the energy metabolism of lake sturgeon, Acipenser fulvescens, with special emphasis on lipid and ketone body metabolism*, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Volume 47, 1990, Pages 873–881.
- [145] Liu, L., Sun, Z., Wang, J., Shi, Y., Gao, M., Chen, J., *Design of Biomimetic Robofish System*, *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, Vol. 32, 2017, Issue 1, Pages 228-236.
- [185] Kieffer, J.D., Wakefield, A.M., Litvak, M.K., *Juvenile sturgeon exhibit reduced physiological responses to exercise*, *Journal of Experimental Biology*, Volume 204, 2001, Pages 4281-4289.
- [187] Cai, L., Taupier, R., Johnson, D., Tu, Z., Liu, G., Huang, Y., *Swimming capability and swimming behavior of juvenile Acipenser schrenckii*, *Journal of Experimental Zoology Part A*, Volume 319, 2013, Issue 3, Pages 149–155.
- [193] Tirsgaard, B., Behrens, J.W., Steffensen, J.F., *The effect of temperature and body size on metabolic scope of activity in juvenile Atlantic cod*, *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A Molecular & Integrative Physiology*, Volume 179, 2014, Pages 89-94.
- [194] Cai, L., Johnson, D., Mandal, P., Gan, M., Yuan, X., Tu, Z., Huang, Y., *Effect of exhaustive exercise on the swimming capability and metabolism of juvenile Siberian sturgeon*, *Transaction of American Fisheries Society*, Volume 144, 2015, Pages 532–538.
- [199] Downie, A.T., Kieffer, J.D., *Swimming performance in juvenile shortnose sturgeon (Acipenser brevirostrum): the influence of time interval and velocity increments on critical swimming tests*, *Conservation Physiology*, Volume 5, 2017, Issue 1, Pages 1-12.
- [200] Deslauriers, D., Kieffer, J.D., *The effects of temperature on swimming performance of juvenile shortnose sturgeon (Acipenser brevirostrum)*, *Journal of Applied Ichthyology*, Volume 28, 2012, Issue 2, Pages 176-181.
- [216] Enders, E.C., Scruton, D.A., *Potential application of bioenergetics models to habitat modeling and importance of appropriate metabolic rate estimates with special consideration for Atlantic salmon*, *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science no.2641*, 2006, 40 Pages.
- [218] Cooke, S.L., Hill, W.R., *Can filter-feeding Asian carp invade the Laurentian Great Lakes? A bioenergetics modeling exercise*, *Freshwater Biology*, Volume 55, 2010, Issue 10, Pages 2138–2152.
- [232] Peake, S., *Substrate preferences of juvenile hatchery-reared lake sturgeon, Acipenser fulvescens*, *Environmental Biology of Fishes*, Volume 56, 1999, Pages 367-374.
- [233] Tran-Duy, A., Schrama, J.W., van Dam, A.A., Verreth, J.A., *Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, Oreochromis niloticus*, *Aquaculture*, Volume 275, 2008, Issue 1-4, Pages 152–162



- [241] Peake, S., *Swimming and respiration. In Sturgeons and Paddlefish of North America*, Lebreton, G.T.O., Beamish, F.W.H., McKingley, R.S., (eds), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2004, Pages 147–166, ISBN 978-1-4020-2832-8.
- [242] Kieffer, J.D., Penny, F.M., Papadopoulos V., *Temperature has a reduced effect on routine metabolic rates of juvenile shortnose sturgeon (Acipenser brevirostrum)*, Fish Physiology and Biochemistry, Volume 40, 2014, Issue 2, Pages 551–559.
- [244] McKenzie, D.J., Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., Romano, P., Anferri, S., Bronzi, P., and Cataudella, S., *Some aspects of osmotic and ionic regulation in Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii). II. Morpho-physiological adjustments to hyperosmotic environments*, Journal of Applied Ichthyology, Volume 15, 1999, Pages 61–66.
- [270] Prosser, C.L. *Environmental and metabolic animal physiology*. Wiley Publisher, 1991, New York, Pages 109–166.
- [276] Kieffer, J.D., Cooke, S.J., *Physiology and organismal performance of centrarchids. In: Centrarchid fishes: diversity, biology and conservation*. Cooke, S.J., Philipp, D.P. (eds), Oxford Press, Wiley, 2009, Pages 207-263.
- [277] **Andrei (Guriencu), R.C.**, Cristea, V., Crețu, M., Dediu, L., Mogodan, A., *The effect of temperature on the standard and routine metabolic rates of young of the year sterlet sturgeon (Acipenser ruthenus)*, Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society, volume 11, 2018, Issue 5, Pages 1467-1475.
- [314] Castro, V., Grisdale-Helland, B., Helland, S.J., Kristensen, T., Jørgensen, S.M., Helgerud, J., Jan, H., Claireaux, G., Farrell, A. P., Krasnov, A., Takle, H., *Aerobic training stimulates growth and promotes disease resistance in Atlantic salmon (Salmo salar)*, Comparative Biochemistry of Physiology, Part A 160, 2011, Issue 2, Pages 278–290.
- [321] Shivaramu, S., Santo, C. E., Kašpar, V., Bierbach, D., Gssner, J., Rodina, M., Wuertz, S., *Critical swimming speed of sterlet (Acipenser ruthenus): Does intraspecific hybridization affect swimming performance?* Journal of Applied Ichthyology, Volume 35, 2019, Issue 1, Pages 217–225.
- [337] Adams, S.R., Hoover, J.J., Killgore K.J., *Swimming endurance of juvenile pallid sturgeon, Scaphirhynchus albus*. Biology Copeia, Volume 3, 1999, Pages 802-807.
- [369] Adams, S.R., Adams, G.L., Parsons, G.R., *Critical swimming speed and behaviors of juvenile shovelnose sturgeon and pallid sturgeon*, Transaction of American Fisheries Society, Volume 132, 2003, Pages 37–41.
- [372] Verhille, C.E., Poletto, J. B., Cocherell, D.E., De Courten, B., Baird S, Cech J Jr, Fangué N.A., *Larval green and white sturgeon swimming performance in relation to water-diversion flows*, Conservation Physiology, Volume 2, 2014, Issue 1, Pages 1-14.
- [386] Divanach, P., Papandroulakis, N., Anastasiadis, P., Koumoundouros, G., Kentouri, M., *Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (Dicentrarchus labrax L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase*, Aquaculture, Volume 156, 1997, Issues 1-2, Pages 145–155.
- [389] Kieffer, J.D., Arsenault, L.M., Litvak, M.K., *Behaviour and performance of juvenile shortnose sturgeon Acipenser brevirostrum at different water velocities*, Journal of Fish Biology, Volume 74, 2009, Issue 3, Pages 674–682.
- [393] Goolish, E.M., *The metabolic consequences of body size*. In: Hochachka P.W. and Mommsen T.P., eds. *Biochemistry and molecular biology of fishes*, Volume 4, 1995, Elsevier Science, Pages 335–366.