

UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" GALAȚI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA ALIMENTELOR

TEZĂ DE DOCTORAT

**Integrarea elementelor de inteligență artificială
în managementul tehnologic al sistemelor
recirculante din acvacultura românească**

= *Rezumat* =

**Conducător științific,
C.S.I Prof. univ. dr. ing. Neculai PATRICHE**

**Doctorand,
ing. Ștefan-Traian POPA**

Galați, 2011

Mulțumiri

Lucrările din cadrul tezei reprezintă rezultatul muncii cu dăruire și pasiune a întregului colectiv de cercetare de la I.C.D.E.A.P.A. Galați și contribuția a numeroase personalități din învățământul superior și cercetarea științifică din domeniu, cărora doresc să le adresez cele mai sincere mulțumiri și să-i asigur de întreaga mea considerație și apreciere.

Aduc cele mai sincere mulțumiri, domnului ***Profesor universitar doctor inginer Neculai Patriche***, pentru onoarea acordată de a fi doctorandul domniei sale, pentru încrederea acordată și răbdarea cu care mi-a călăuzit pașii în vederea realizării și finalizării tezei.

Cu deosebită stimă mulțumesc tuturor cadrelor didactice din cadrul Departamentului de Acvacultură, Știința Mediului și Cadastru – Facultatea de Știința și Ingineria Alimentelor, pentru modul de apreciere a lucrărilor susținute în perioada de pregătire pentru doctorat și în mod special d-lui ***Prof. univ. dr. ing. Victor Cristea***, pentru încurajările și sprijinul acordat în momentele dificile din perioada de elaborare și redactare a tezei.

Mulțumirile mele doamnei secretar științific – ***CS II dr. ing. Talpeș Marilena***, din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură care m-a sprijinit și ajutat la realizarea experimentelor, și în realizarea tezei.

Mulțumiri domnișoarei ***CS III dr. ing. Tenciu Magdalena*** din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură pentru sprijinul și atenția acordată.

Adresez mulțumiri domnului ***CS dr. ing. Savin Cristian*** din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură pentru sprijinul și ajutorul acordat în perioada de elaborare și redactare a tezei.

În egală măsură mulțumesc tuturor colegilor din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură, pentru îndrumările,

sugestiile și observațiile acordate în perioada elaborării lucrării. Mulțumesc d-lui dr. ing. Cristian Savin pentru sprijinul acordat pe întreaga perioadă de derulare a tezei.

Sincere mulțumiri tuturor membrilor comisiei de doctorat, domnului Decan al Facultății de Știința și Ingineria Alimentelor **Profesor Universitar Doctor Inginer PETRU ALEXE**, pentru onoarea de a prezida această comisie, domnului Rector al Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București **Profesor Universitar Doctor Inginer ȘTEFAN DIACONESCU**, domnului Prorector al Universității Danubius Galați **Profesor Universitar Doctor Inginer VIOREL ARITON**, precum și domnului Prorector al Universității “Dunărea de Jos” Galați **Profesor Universitar Doctor Inginer Victor Cristea**, pentru acceptul domniilor lor a fi referenți oficiali ai acestei teze.

Adresez mulțumiri colegilor doctoranzi din cadrul Departamentului de Acvacultură, Știința Mediului și Cadastru – Facultatea de Știința și Ingineria Alimentelor, pentru buna colaborare și încurajările permanente, pe parcursul desfășurării experimentelor.

De asemenea, mulțumesc tehnicienilor din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură pentru ajutorul acordat în realizarea experimentelor, mi-au împărtășit din ideile lor, iar unele, m-au ajutat în realizarea acestei teze.

Mulțumesc și nu în ultimul rând familiei mele pentru răbdarea și sprijinul moral acordat în momentele dificile și de nemulțumire pe perioada pregătirii tezei.

CUPRINS

OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

PARTEA I ANALIZA DATELOR DIN LITERATURA DE SPECIALITATE

CAPITOLUL I - SISTEME RECIRCULANTE

1.1. Introducere	10
1.2. Stadiul actual al sistemelor recirculante pe plan international	11
1.3. Stadiul actual al sistemelor recirculante pe plan national	12

CAPITOLUL II – STADIUL ACTUAL PRIVIND APLICAREA AUTOMATIZARILOR ÎN SISTEMELE RECIRCULANTE DIN ACVACULTURA

2.1. Managementul sistemelor recirculante din acvacultura	15
2.1.1. Managementul parametrilor primari de calitate ai fluxului tehnologic privind condiționarea apei	15
2.1.2. Monitorizarea și controlul afluenților	17
2.1.3. Monitorizarea și controlul oxigenului dizolvat	18
2.1.4. Monitorizarea pH-ului	19
2.1.5. Monitorizarea și controlul efluenților (solidelor reziduale)	20
2.1.6. Monitorizarea temperaturii	20
2.2. Determinarea punctelor cheie de intervenție în procesul tehnologic	21
2.2.1. Determinarea principalelor probleme ce pot interveni în fluxul tehnologic	21
2.2.2. Controlul stării sanitare	24
2.3 Microcontrolere și importanța acestora în managementul	23

tehnologic al sistemelor recirculante din acvacultură

2.4. Protocoale de asigurare a securității privind transmiterea datelor de la distanță, în vederea implementării acestora în managementul SRA	35
--	-----------

PARTEA a II-a DATE EXPERIMENTALE

CAPITOLUL III - PROIECTAREA SISTEMELOR DE AUTOMATIZARE

3.1. Proiectarea schemei de automatizare de ansamblu în corelație cu sistemul recirculant (ICDEAPA Galati)	57
3.1.1. Proiectarea sistemului de monitorizare	58
3.1.1.1 Proiectarea instalatiei de monitorizare a calitatii apei tehnologice	58
3.1.1.2 Proiectarea instalatiei de monitorizare video	60
3.1.2. Proiectarea sistemului de control în punctele critice și cheie de intervenție în SRA	62
3.1.2.1. Proiectarea sistemului cu includerea elementelor de inteligență artificială în managementul debitului și nivelului apei tehnologice	62
3.1.2.2 Proiectarea sistemului cu includerea elementelor de inteligență artificială în managementul efluentilor (solidelor reziduale)	63
3.1.2.3 Proiectarea sistemului cu includerea elementelor de inteligență artificială în managementul temperaturii	63
3.1.2.4 Proiectarea sistemului cu includerea elementelor de inteligență artificială în managementul oxigenului	64
3.1.2.5 Proiectarea sistemului cu includerea elementelor de inteligență artificială în managementul furajarii	64
3.1.2.6 Proiectarea și alegerea controlerului în corelație cu sistemul recirculant (ICDEAPA Galati)	65

3.1.2.7 Identificarea sistemului de calcul necesar conducerii proceselor în corelație cu sistemul recirculant (ICDEAPA Galați).
Configurație 66

3.2. Descrierea schemei de ansamblu a sistemului recirculant HERNEACOVA Timișoara 69

3.2.1 . Proiectarea schemei de automatizare a sistemului recirculant HERNEACOVA Timișoara 70

CAPITOLUL IV – REALIZAREA MODELELOR EXPERIMENTALE

4.1. Realizarea modelului experimental de sistem recirculant cu elemente de inteligență artificială (ARTINT, ICDEAPA Galați) 71

4.1.1. Descrierea sistemului recirculant 71

4.1.1.1 Prezentare sistem recirculant ICDEAPA Galați 71

4.1.1.2 Realizarea instalației de monitorizare video a fluxului tehnologic din cadrul sistemului recirculant 85

4.1.1.3. Determinarea punctelor cheie de prelevare a informațiilor 87

4.1.2. Echipamentele de control implementate in sistemul recirculant 88

4.1.2.1 Montarea electrovalvelor pe traseul afluenților 88

4.1.2.2 Montarea electrovalvelor pe traseul efluenților 89

4.1.2.3 Montarea echipamentelor de control al DO 89

4.1.3. Implementarea elementelor de inteligență artificială și ale echipamentelor de automatizare 90

4.1.3.1 Montarea controler-ului, corelația senzori – controler, 90

corelația controler – echipamente de comandă	
4.1.4. Instalarea sistemului de calcul pentru setarea proceselor și conectarea acestuia la controller	93
4.1.4.1 Instalare sistem operare, configurare sistem operare, atribuire drepturi pentru utilizatori	93
4.1.4.2 Implementarea protocolului de comunicare sistem calcul – controler	95
4.1.4.3 Configurarea software a controlerului	97
4.2. Realizarea modelului experimental HERNEACOVA – Timișoara	99
4.2.1. Implementarea controlerului, funcțiile acestuia în cadrul sistemului recirculant	99
4.2.2 Montarea senzorilor din incintele de creștere. Descriere	100
4.2.3 Montarea echipamentelor de automatizare și control al proceselor în cadrul fluxului tehnologic	104
4.2.4 Descrierea modulelor de filtrare și tratare a apei tehnologice din cadrul sistemului recirculant	108
 CAPITOLUL V – EXPERIMENTE PRIVIND FUNCȚIONALITATEA ELEMENTELOR DE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ ÎN MANAGEMENTUL TEHNOLOGIC ÎN SRA (ICDEAPA Galați și HERNEACOVA Timișoara)	
5.1. Experimentarea sistemului cu elemente de inteligență artificială (ARTINT) ICDEAPA Galați	111

5.1.1.1 Verificare si testare software	111
5.1.1.2 Verificare si testare hardware	112
5.1.1.3. Verificarea si testarea echipamentelor de automatizare	112
5.1.1.4. Analiza parametrilor funcționali în punctele cheie ale SAR	113
5.1.1.5. Aplicarea corecțiilor necesare obținerii unor parametri optimi in punctele de intervenție în SRA	113
5.1.1.6. Rezultate si discuții	114
5.2. Experimentarea sistemului cu elemente de inteligență artificială (ARTINT) Herneacova Timișoara	119
5.2.1. Material si metode de lucru	120
5.2.1.1 Măsurarea debitelor de apă și a consumurilor energetice	120
5.2.1.2 Măsurarea parametrilor fizico – chimici ai apei	120
5.2.2 Încercări în condiții de laborator	122
5.2.2.1 Încercări de funcționare în gol	122
5.2.2.2 Verificarea etanșeității circuitelor hidraulice	122
5.2.2.3 Verificarea etanșeității circuitelor de aer și oxigen	125
5.2.2.4 Încercări în sarcină	125
5.2.2.5 Experimentarea sistemului recirculant implementat cu elemente de inteligență artificială Herneacova	129
5.2.3 Rezultate si discuții	137

CAPITOLUL VI – IMPLEMENTAREA SISTEMULUI INFORMATIC SECURIZAT DE MONITORIZARE ȘI CONTROL DE LA DISTANTA (PRIN INTERMEDIUL LAN SAU INTERNET)	
6.1. Instalarea și configurarea serverului de acces în sistemul recirculant ARTINT – ICDEAPA Galați	154
6.1.1. Instalarea sistemului de operare pe server	154
6.1.2. Setarea LAN, atribuirea IP-urilor, setarea protocoalelor	155
6.2. Securitatea informațiilor și a datelor de transfer în protocolul de monitorizare și control de la distanță al sistemului ARTINT	156
6.2.1. Folosirea protocolului SSH (Secure Shell) pentru confidențialitatea comunicării și instalarea software-ului de acces de la distanță	156
6.2.2. Selectarea userilor și alocarea drepturilor în sistem	157
6.3. Schema de ansamblu a sistemului de control de la distanță	157
6.3.1 Schema de ansamblu, Procedura de conectare la sistemul de calcul din cadrul sistemului recirculant (ARTINT)	158
CAPITOLUL VII - CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	161
ANEXA I Listă tabele	
ANEXA II Listă figuri	
ANEXA III Listă fotografii	
ANEXA IV Listă grafice	
BIBLIOGRAFIE	

OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Interesul asupra sistemelor recirculante din acvacultură rezidă din avantajele pe care le prezintă, cum ar fi: reducerea suprafeței de teren necesare și a consumului de apă, gradul ridicat de control asupra mediului care să permită obținerea unor rate optime de creștere pe tot parcursul anului, posibilitatea de a produce în imediata apropiere a piețelor (Dunning et al. 1998, Singh et al., 1999).

În condițiile actuale, în care multe amenajări piscicole au un statut incert ca urmare a revendicării resursei naturale (pământ, luciu apă etc.), sau care prin degradare și-au pierdut parțial sau total potențialul de producție, se caută alternative care să asigure obținerea unor producții piscicole în cantitatea și calitatea impusă de principiile viabilității economice în contextul asigurării normelor Uniunii Europene.

Acvacultura sistemelor recirculante constituie o bună soluție pentru rezolvarea problemei refacerii și conservării unor populații de pești, care au înregistrat declinuri drastice de pe urma supraexploatării, și impun măsuri de refacere a stocurilor prin populări cu material biologic.

Principalele ținte cunoscute ale tezei sunt:

- Dezvoltarea unui sistem recirculant din acvacultură prin implementarea echipamentelor de monitorizare și control automatizat în cadrul proceselor tehnologice
- Conducerea fluxurilor tehnologice prin intermediul inteligenței artificiale în SRA
- Optimizarea parametrilor tehnologici prin implementarea elementelor de inteligență artificială în SRA
- Eficientizarea resurselor, creșterea producției, creșterea economiei în SRA

PARTEA a II-a DATE EXPERIMENTALE

Experiment nr. 1 – Sistem recirculant ICDEAPA Galați

4.1.1 Descrierea sistemului recirculant

4.1.1.1 Prezentare sistem recirculant ICDEAPA Galați

Vedere ansamblu sistem recirculant ICDEAPA



Foto 4.1–*Fotografie de ansamblu a sistemului recirculant ICDEAPA Galați (original)*

3.1. Proiectarea schemei de automatizare de ansamblu în corelație cu sistemul recirculant (ICDEAPA Galați)

Schema de ansamblu a automatizărilor reprezintă totalitatea mecanismelor ce acționează în sistemul recirculant cu rolul de monitorizare și control al proceselor tehnologice. Cu alte cuvinte reprezintă schițat locația senzorilor, a controlerului și a elementelor ce vor fi acționate în urma informațiilor primite de la senzori.

În figura 3.1. este reprezentată o astfel de schema doar pentru o singură încălț de creștere.

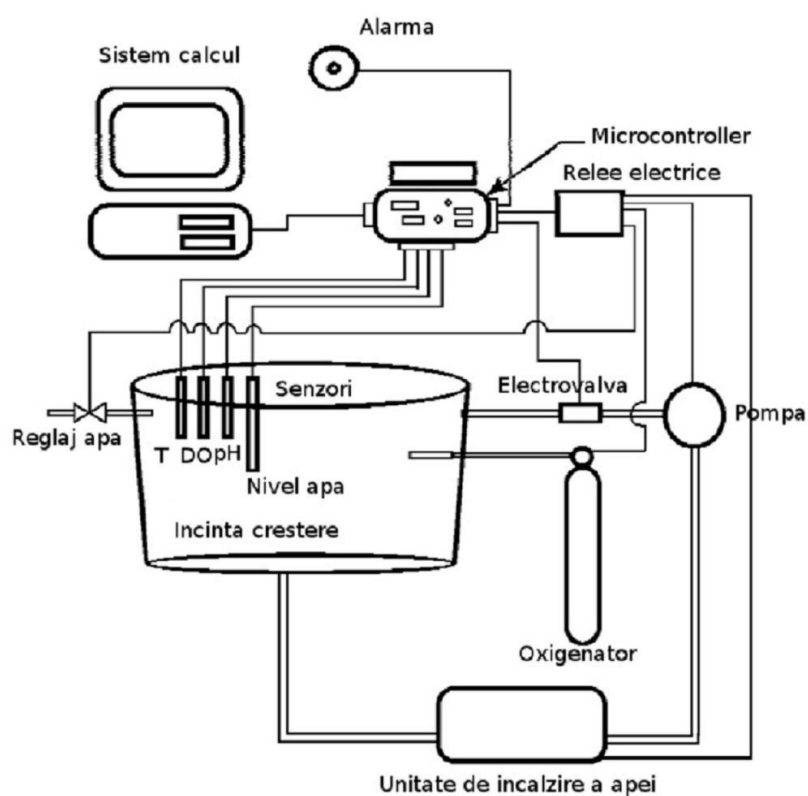


Fig 3.1 - Schema de bază a elementelor de inteligență artificială încadrate în SRA

Principiul de funcționare

Sistemul de calcul setează prin intermediul controlerului ecartul de măsurat stabilit pentru senzori. În momentul în care valoarea citită de senzori depășește intervalul stabilit, fie spre (-) fie spre (+), senzorii trimit un semnal controlerului, care în urma analizei semnalului primit identifica senzorul, acționând un port alocat senzorului respectiv. Portul trimite semnalul la releul alocat iar de la releu se acționează echipamentul electric aferent.

De exemplu, dacă senzorul de oxigen dizolvat citește valoarea minimă admisă în incinta de creștere, acesta va trimite controlerului un semnal. Acesta în urma analizei semnalului primit decide ce port setat pentru controlul oxigenului trebuie să deschidă pentru a comunica cu releul. Astfel în cazul de față, va deschide portul spre releul care acționează electrovalva de la oxigenator, sau în alte cazuri un releu care acționează un aerator. În momentul când concentrația de oxigen ajunge la nivelul de siguranță stabilit, senzorul va comunica din nou controlerului valoare normală atinsă. Astfel prin același principiu va opri electrovalva de oxigenator sau aerator.

În cazul în care o concentrație de oxigen mai mare decât cea prestabilită este necesară în incinta de creștere atunci prin intermediul sistemului de calcul se poate modifica scala sau se poate acționa individual oxigenatorul cât timp este dorit.

Același principiu de funcționare îl au și senzorii de nivel apă sau temperatură. Valorile măsurate sunt afișate pe monitorul sistemului de calcul, astfel funcționarea proceselor se poate urmări și de către operatorul sistemului recirculant.

4.1.3 Implementarea elementelor de inteligență artificială și ale echipamentelor de automatizare

4.1.3.1. Montarea controlerului corelația senzori – controler, corelația controler – echipamente de comandă

Controlerul (foto 4. 11) se montează pe un stand special conceput, împreună cu sistemul de calcul prin care se va realiza configurarea controlerului și accesul de la distanță pentru monitorizarea și controlul sistemului recirculant de la distanță. Standul ce deține controlerul și sistemul de calcul este amplasat între bazinul decantor și modulul de tratare a apei tehnologice.



Foto 4.11 – Foto original, controler

Conectarea senzorilor la controler este reprezentată în figura 4.4

- 1.) Senzorul de oxigen – intrarea nr 1. și masă
- 2.) Senzorul de temperatură – intrarea nr.2 și masă
- 3.) Senzorul de pH – intrarea nr. 3 și masă
- 4.) Senzorul de nivel incintă– intrarea nr.4 și masă
- 5.) Senzorul de nivel decantor– intrarea nr.4 și masă

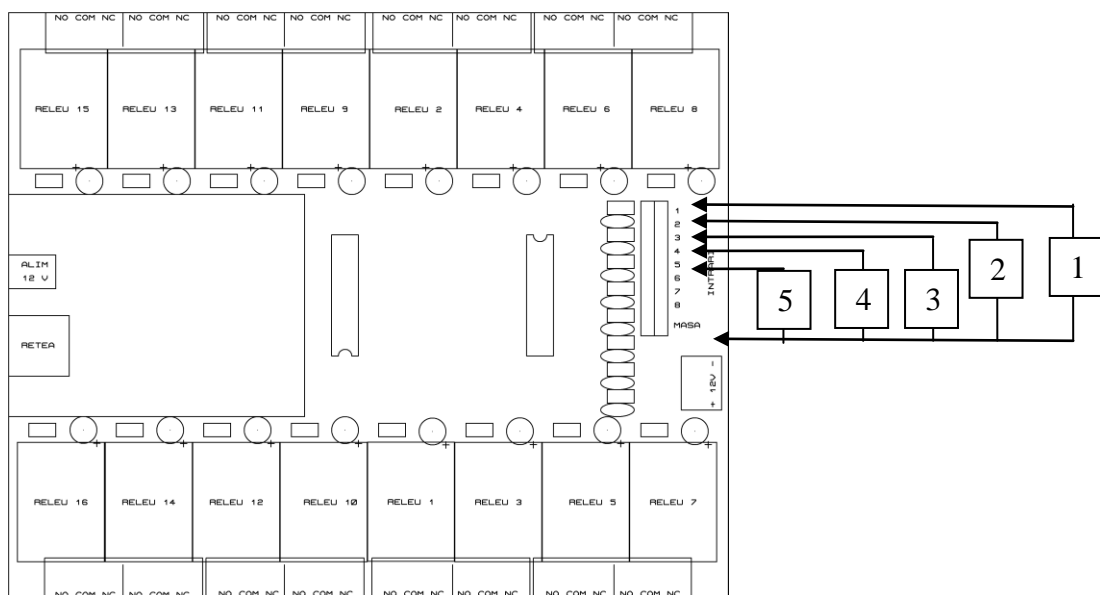


Fig. 4.4 - Conectarea senzorilor la controler

Fiecare intrare de la 1 la 8 poate acționa ieșirile de la 1 la 8. Astfel intrării nr.1 îi corespunde ieșirea nr. 1, intrării nr. 2 îi corespunde ieșirea nr. 2 etc. Semnalul trimis de senzori este interceptat de controler, se procesează și în funcție de valoare trimisă acesta acționează releul alocat sensorului în poziția presetată din software.

De exemplu:

Dacă sensorul nr. 5 (nivel decantor) sesizează nivelul maxim stabilit atunci trimite prin portul de intrare al controler-ului un semnal de maxim, acesta procesează semnalul primit și acționează releul alocat sensorului (releul nr.5) care în timpul acesta se află pe poziția NO (normal deschis). Acționând releul circuitul se închide iar tensiunea electrică trece prin siguranță, releul de forță și ajunge în panoul de automatizare a grupului de pompare, unde se acționează motorul electric al pompei.

În figura 4.5 este exemplificat circuitul informației de la sensorul de nivel până la acționarea grupului de pompare.

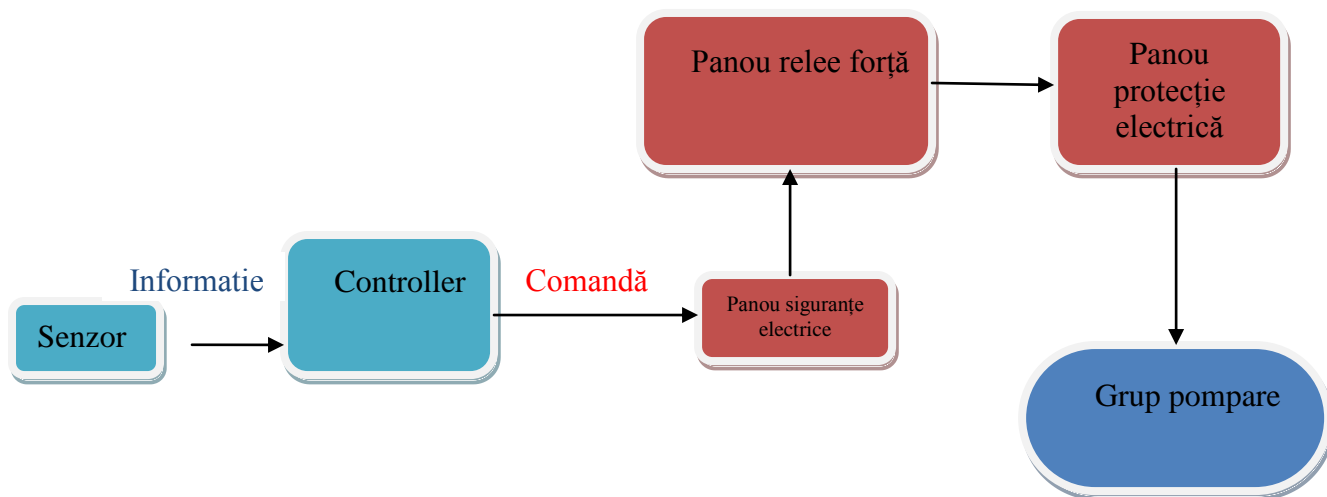


Fig . 4.5 – Exemplu de circuit al informațiilor în sistemul recirculant

4.1.4 Instalarea sistemului de calcul pentru setarea proceselor și conectarea acestuia la controler

4.1.4.1 Instalare sistem operare, configurare sistem operare, atribuire drepturi pentru useri

Pentru stabilitatea sistemului de calcul și siguranța proceselor s-a ales ca sistem de operare distribuția linux Ubuntu cu interfață grafică Gnome.

Sau creat partiții după cum urmează:

/dev/sda2/ 11.71 % (40.5 GiB liberi din 45.8 GiB)

Partiția /dev/sda2/ conține fișierele de sistem, documentele și setările personalizate ale administratorului (root), precum și toate pachetele software preinstalate.

/dev/sda3/home 5.36 % (86.8 GiB liberi din 91.7 GiB)

Partiția /dev/sda3/home conține documentele și setările tuturor useri-lor creați în sistem

/dev/sda4/usr/local 5.28 % (83.4 GiB liberi din 88.1 GiB)

Partiția /dev/sda4/usr/local a fost creată pentru a conține documente (documentație, grafice, rapoarte etc.) la care au acces cu drept de citire sau modificare toți userii din sistem.

Configurarea firewall

Pentru aflarea configurației default se tastează din contul de root în terminal comanda <netstat -antl> , sistemul va afișa starea default:

```
root@ubuntu-server:~# netstat -antl
Active Internet connections (servers and established)
Proto Recv-Q Send-Q Local Address           Foreign Address         State
tcp        0      0 127.0.0.1:3306          0.0.0.0:*                LISTEN
tcp        0      0 127.0.0.1:25           0.0.0.0:*                LISTEN
tcp6       0      0 :::80                  :::*                    LISTEN
tcp6       0      0 :::22                  :::*                    LISTEN
```

Se opresc toate funcțiile firewall-ului:

```
root@ubuntu-server:~# iptables -P INPUT DROP
root@ubuntu-server:~# iptables -P OUTPUT DROP
root@ubuntu-server:~# iptables -P FORWARD DROP
root@ubuntu-server:~# iptables -F
```



```
root@ubuntu-server:~# iptables -L -n
Chain INPUT (policy DROP)
target     prot opt source                destination

Chain FORWARD (policy DROP)
target     prot opt source                destination

Chain OUTPUT (policy DROP)
target     prot opt source                destination
```

Se alocă protocoalelor folosite portul prin care se dorește să se comunice:

```
root@ubuntu-server:~# iptables -A INPUT -j ACCEPT -p tcp --dport 80
root@ubuntu-server:~# iptables -A INPUT -j ACCEPT -p tcp --dport 22
root@ubuntu-server:~# iptables -A INPUT -j ACCEPT -p tcp --dport 25 -s
127.0.0.1
root@ubuntu-server:~# iptables -A INPUT -j ACCEPT -p tcp --dport 3306 -s
127.0.0.1
root@ubuntu-server:~# iptables -P OUTPUT ACCEPT
root@ubuntu-server:~# iptables -L -n
Chain INPUT (policy DROP)
target     prot opt source                destination
ACCEPT    tcp  --  0.0.0.0/0             0.0.0.0/0             tcp dpt:80
ACCEPT    tcp  --  0.0.0.0/0             0.0.0.0/0             tcp dpt:22
ACCEPT    tcp  --  127.0.0.1            0.0.0.0/0             tcp dpt:25
ACCEPT    tcp  --  127.0.0.1            0.0.0.0/0             tcp dpt:3306

Chain FORWARD (policy DROP)
target     prot opt source                destination

Chain OUTPUT (policy ACCEPT)
target     prot opt source                destination
```

Se salvează configurația cu regulile noi create:

```
root@ubuntu-server:~# iptables-save > /etc/iptables_rules.conf
```

Se prescrie fisierul vechi cu cel nou creat:

```
auto eth0
iface eth0 inet dhcp
pre-up iptables-restore /etc/iptables_rules.conf
```

Drepturi user

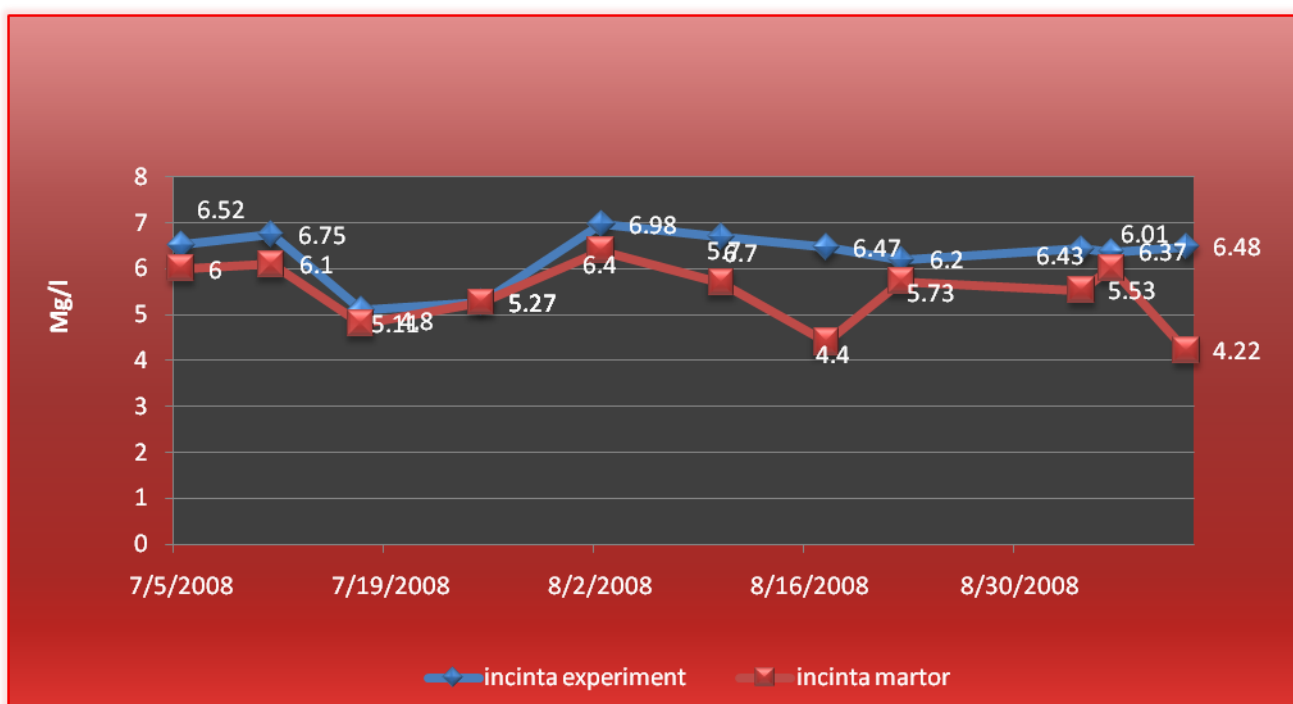
Permiuniunile sunt: **rwXrwxrwx**. Grupate pe useri sunt: rwx rwx rwx, trei grupuri de litere rwx. Primul grup reprezintă drepturile proprietarului, al doilea grup drepturile userilor din grupul proprietarului, al treilea grup drepturile celorlalți, ale altor useri (cei ce nu sunt nici proprietari nici nu sunt în grupul acestuia). În cazul în care permiuniunile sunt: rwxrwxrwx înseamnă că toate categoriile de utilizatori (proprietar, grupul acestuia, restul lumii) au drepturi depline asupra obiectului (citire+scriere+execuție). Dacă un user nu are un drept în loc de acest drept vom avea semnul (-).

5.1.1.6. Rezultate și discuții

S-au prelevat probe de apă tehnologică de la conducta de alimentare a incintei de creștere și din incinta experimentală din cadrul sistemului automatizat.

Rezultate obținute pe durata experimentării sistemului recirculant automatizat din cadrul ICDEAPA Galați privind controlul oxigenului dizolvat în incintele de creștere a peștilor. (grafic nr. 5.1)

Variația oxigenului dizolvat graphic 5.1



Grafic nr. 5.1

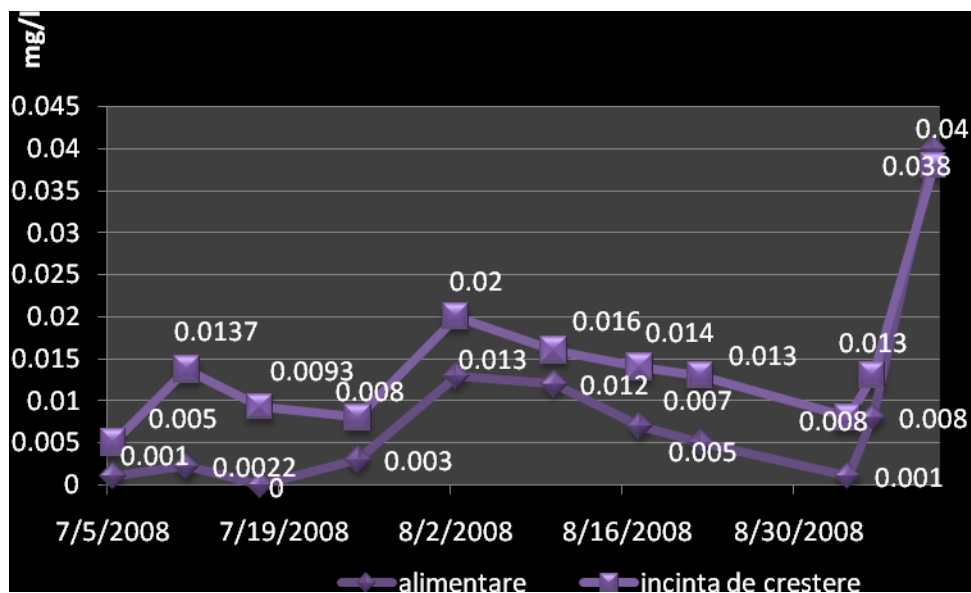
În urma constatării analizelor și aplicării corecțiilor s-a observat menținerea liniarității procentului de oxigen dizolvat în incinta experimentală. S-a constatat o pondere a oxigenului în incinta experimentală de + 13.6 % .

Variația concentrației de substanță organică (grafic nr. 5.2)



Grafic nr. 5.2

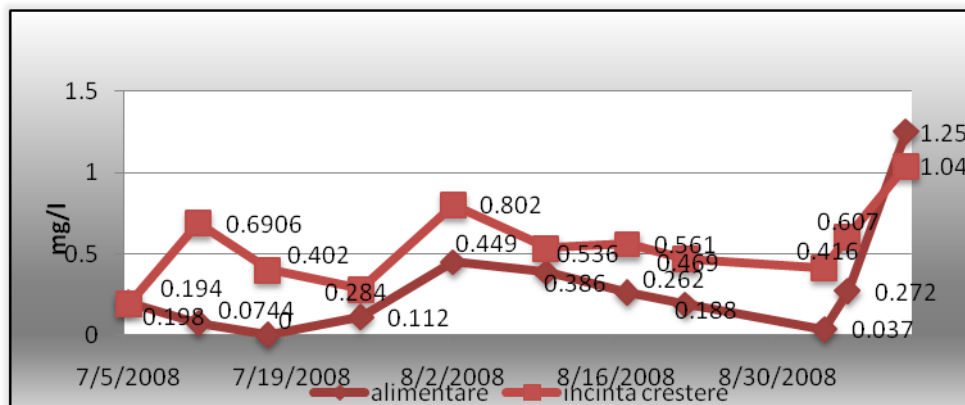
Variația amoniacului graphic 5.3



Grafic nr. 5.

S-au înregistrat valori ușor ridicate ale amoniacului în partea de final al experimentului în apa tehnologica de la alimentarea incintei de creștere a materialului piscicol

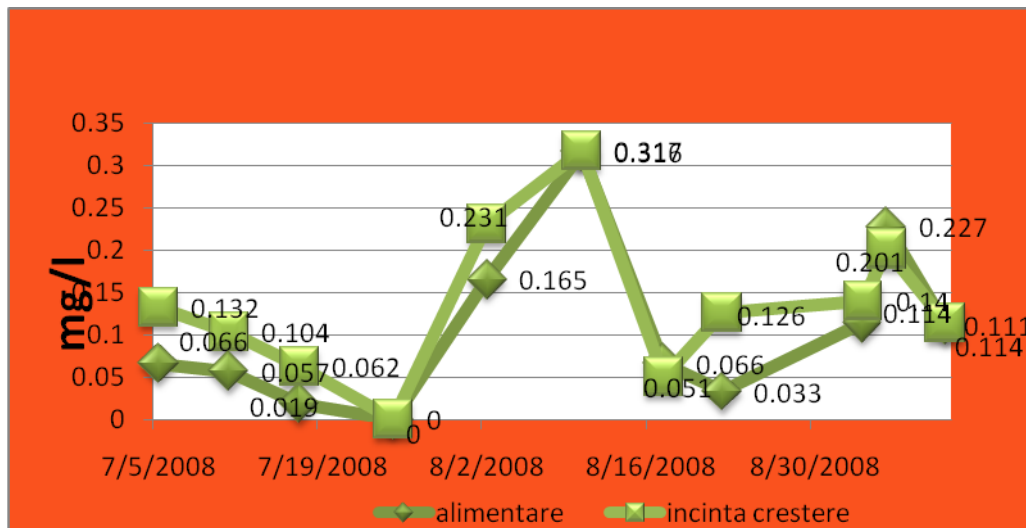
Variația ionului amoniu grafic nr. 5.4



Grafic nr. 5.4

La fel ca și în situația amoniacului s-au înregistrat valori ușor ridicate ale ionului amoniu în partea de final al experimentului în apa tehnologica de la alimentarea incintei de creștere a materialului piscicol.

Variația ionilor azotit grafic 5.5



Grafic nr. 5.5

Spre deosebire de variația amoniacului și ionului amoniu s-au înregistrat valori ușor ridicate ale ionului azotit în partea de mijloc a experimentului în apa tehnologica de la alimentarea incintei de creștere a materialului piscicol și din cadrul incintei

Experiment nr. 2 – Sistem recirculant HERNEACOVA Timișoara

4.2. Realizarea modelului experimental HERNEACOVA – Timișoara

4.2.1. Implementarea controlerului funcțiile acestuia în cadrul sistemului recirculant

Controlerele sunt aparate care monitorizează în mod continuu o serie de parametri și care sunt montate în fluxul sistemului. Această aparatură, de tip HACH LANGE (Foto 4.2), cuprinde un controler având următoarele caracteristici:

- afișaj: afișaj grafic, color, 256 culori;
- operare: ecran digital cu sistem intuitiv de ghidare a operatorului și grafice temporare;
- clasă protecție: IP 65;
- temperatura mediului: -20 la +55°C;
- caracteristici speciale: interferențe de depanare; slot pentru cartelă multimedia (MMC).



Foto 4.3 – Foto original, configurarea controlerului

4.2.2. Montarea senzorilor în incintele de creștere. Descriere

Partea de senzorică necesară prelevării parametrilor apei din incinta de creștere:



Foto 4.4 – Foto original, montajul senzorilor în incinta de creștere

- a) Sondă pentru determinarea oxigenului dizolvat
- b) Sondă pentru determinarea nitraților, nitriților
- c) Sondă pentru determinarea ph-lui
- d) Sondă pentru determinarea conductivității
- e) Sondă pentru determinarea suspensiilor solide și a turbidității
- f) Sondă pentru determinarea amoniului

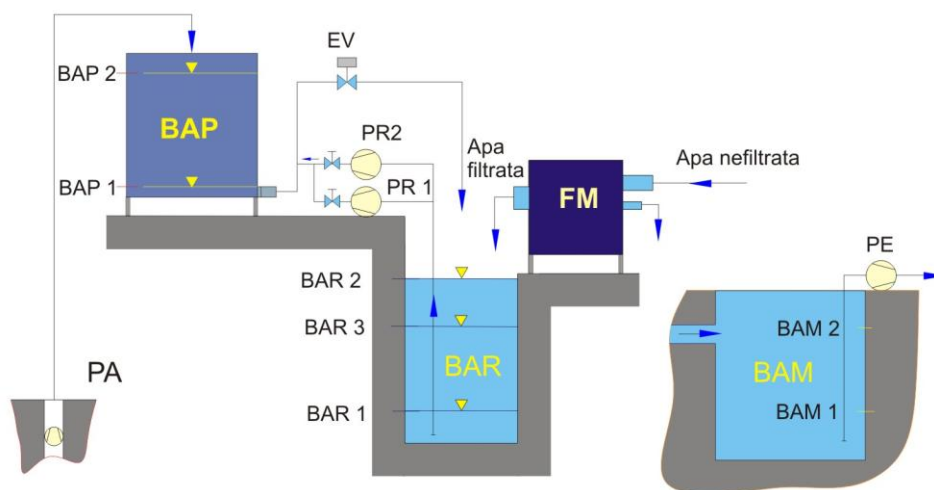


Fig 5.1 – Schema instalației de automatizare SRA Herneacova

5.2. Experimentarea sistemului cu elemente de inteligență artificială HERNEACOVA Timișoara

Experimentul s-a realizat în cadrul proiectului “SISTEM DE CREȘTERE SUPERINTENSIVĂ AL PEȘTILOR” – simbol “SCSP”– realizat în cadrul PNII PROGRAMUL 4 “PARTENERIATE ÎN DOMENIILE PRIORITARE” în parteneriat cu INMA Filiala Timișoara figura 5.1, respectiv 5.2

Locația: Herneacova - Timișoara



Foto 5.1- *Foto original, hală sistem experimental Herneacova*



Foto 5.2- *Foto original, vedere ansamblu sistem experimental Herneacova*

5.2.1.2 Măsurarea parametrilor fizico – chimici ai apei

Pentru măsurarea parametrilor fizico-chimici ai apei tehnologice se utilizează două tipuri de instrumente:

Aparate de monitorizare în flux continuu

La controler se racordează 6 sonde Foto 4.4 care măsoară 9 parametri, și anume:

Kituri de laborator pentru analiza apei

Kiturile mai jos menționate se utilizează periodic în analiza apei tehnologice din cadrul sistemelor recirculante din acvacultură:

- Colorimetru pentru analize complete C 200
- Kit Duritate Ca (LR), 0,00 -... 2.70 mg/L
- Kit Fier total (LR), 0 ... 400 µg/L
- Kit Amoniu (LR), 0,00 ... 3,00 mg/L
- Kit Nitrat, 0,0 ... 30,0 mg/L
- Kit Nitrit (HR), 0 ... 150mg/L
- Kit Fosfor, 0,0 ... 15,0 mg/L
- Kit Clor total, 0,00 ... 3,50 mg/L
- Kit Acid cianuric, 0 ... 80 mg/L
- Kit Iod, 0,0 ... 12,5 mg/L
- Kit Mangan (HR), 0,0 ... 20,0 mg/L
- Kit Fosfat (HR), 0,0 ... 30,0 mg/L
- Cilindru gradat A, 100 ml, cu cioc
- Pipetă gradată, cu o cotă marcaj maroniu
- Balon cotat tip A, cu dop din plastic 5 ml
- Balon cotat tip A, cu dop din plastic 10 ml
- Balon cotat tip A, cu dop din plastic 25 ml
- Eprubetă cu gradație, cu dop de plastic, 10 ml

5.10. Experimentarea sistemului recirculant implementat cu elemente de inteligență artificială Herneacova

După efectuarea experimentărilor în condiții de laborator s-a trecut la încercările în condiții de exploatare care au drept scop verificarea funcționării sistemului în condițiile populării bazinelor cu material piscicol. Aceste încercări s-au efectuat în două etape.

În prima etapă s-a verificat eficiența filtrării mecanice și biologice a apei recirculate, deoarece valoarea materialului biologic cu care se populează sistemul este ridicată. Pentru aceasta s-a populat un singur bazin cu diametrul de 3 m cu cca. 3.000 de exemplare de puiet de nisetru siberian *Acipenser baeri* cu greutatea medie de 4g (respectiv de 6 – 7 cm lungime). În acest mod s-a realizat o densitate de material biologic de 1,7 kg/mp.

Achiziționarea materialului biologic, adaptat în totalitate la o dietă artificială și cu o stare sanitară normală, s-a efectuat de la un producător atestat. Transportul materialului biologic s-a realizat în condiții de securitate pentru evitarea pierderilor.

Înainte de popularea bazinului s-a stabilit durata medie de rezidență hidraulică la cca. 1 oră (1 recirculare la fiecare oră).

Aplicarea tehnologiilor de creștere în sistem recirculant a speciilor de sturioni presupune administrarea unor rețete de furaje care să satisfacă cerințele nutriționale corespunzătoare speciilor de cultură. Acoperirea exigențelor nutriționale ale speciilor de sturioni trebuie realizată printr-o tehnologie de alimentație și exploatare adecvată etapei de dezvoltare a materialului piscicol.

În ceea ce privește frecvența administrării hranei s-a stabilit ca rația zilnică să se repartizeze în mai multe reprize atât ziua cât și noaptea la intervale de timp de 4 – 6 ore. Trecerea de la un tip de furaj la altul și de la o granulație la alta s-a realizat progresiv.

În bazinele de creștere s-a respectat o igienă strictă. Igienizarea se realiza înainte de fiecare masă și consta în îndepărtarea dejecțiilor și a eventualelor resturi de furaj. Cel puțin odată la 24 de ore s-au igienizat pereții incintei prin frecarea acestora

cu un burete îmbibat într-o soluție de permanganat de potasiu sau în albastru de metil în concentrație de 1%.

Durata etapei întâi a fost de 6 săptămâni, timp în care puietul a ajuns la o masă individuală medie de cca. 50 g.

În etapa a doua, după ce s-a verificat eficiența filtrării mecanice și biologice, s-a trecut la popularea întregului sistem.

Popularea celorlalte bazine de creștere s-a efectuat la densități echilibrate pentru a se asigura o gestionare în condiții de rentabilitate a spațiului tehnologic al sistemului de creștere (1,7 – 2 kg/mp). Aceste bazine având o suprafață a luciului de apă cca. 10,2 mp (suprafața totală de luciu de apă a întregului sistem este de 17,3 mp), s-au achiziționat o cantitate de 4.300 – 5.100 exemplare *Acipenser baeri* cu greutatea medie de 4g. Durata experimentului a fost de 22 săptămâni.

5.2.3. Rezultate și discuții

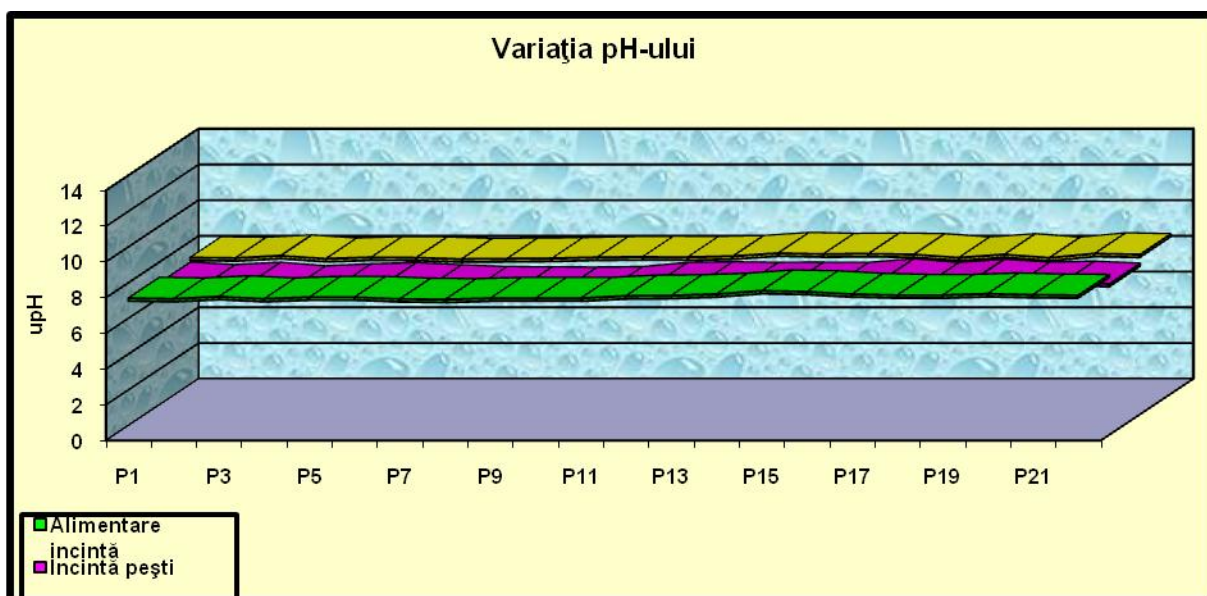
În perioada experimentărilor realizate în cadrul sistemului recirculant automatizat Herneacova Timișoara s-au prelevat probe de apă tehnologică din următoarele puncte critice:

- alimentare incintă
- incintă pești
- evacuare incintă

Datele rezultate din analiza probelor sunt afișate în graficele de mai jos:

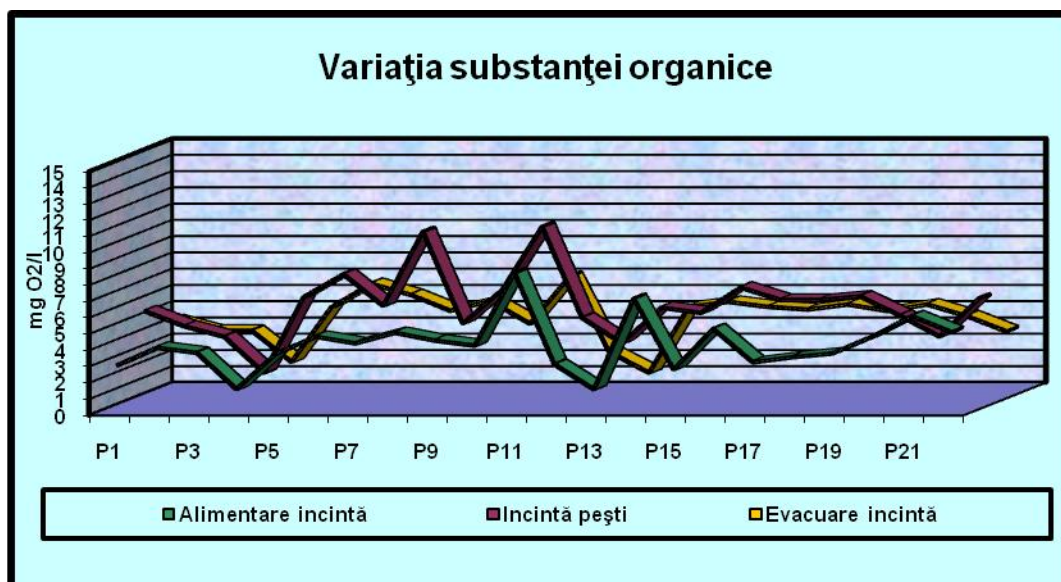
➤ **pH-ul** – reprezintă concentrația ionilor de hidrogen din apă și, în funcție de aceasta, se imprimă apei un caracter acid sau alcalin. pH-ul ia valori în intervalul 0–14 upH, iar pentru protecția organismelor acvatice se recomandă o apă cu valori cuprinse în intervalul 6,5–8,5 upH.

Valorile ce s-au înregistrat au fost cuprinse la alimentare între 7,81 și 8,30 upH, în incinta cu material biologic între 7,31 și 7,64 upH, iar la evacuare între 7,77 și 8,10 upH, valori ce s-au încadrat în intervalul optim recomandat pentru buna viațuire a materialului piscicol



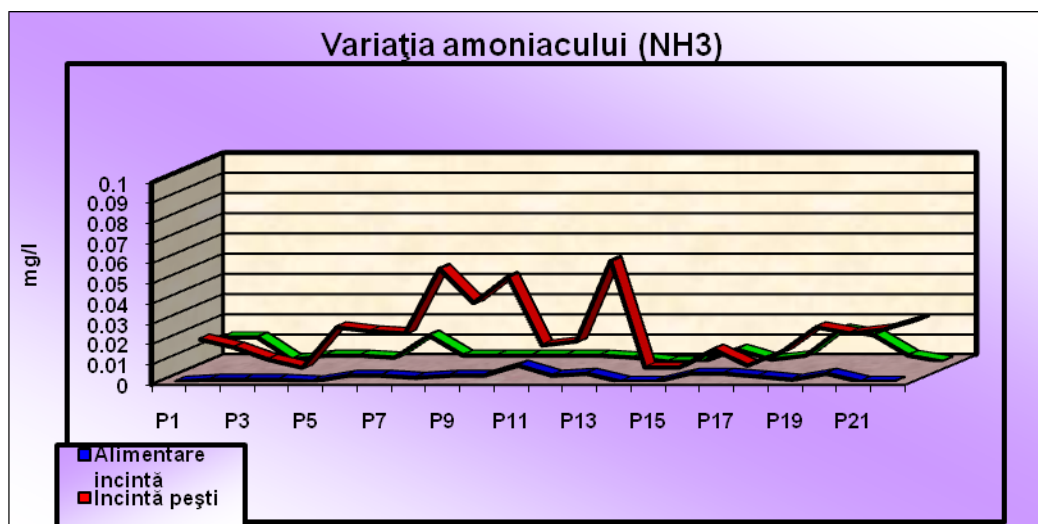
Grafic 5.6 – Variația pH-ului

➤ **Substanța organică**, exprimată în $\text{mg O}_2/\text{l}$, are o valoare ce situează calitatea apei analizate în clasa a II-a, conform Ord. MMGA nr.161/2006. Se observă o creștere a cantității de substanțe organice în piscină, față de alimentare, fapt explicabil datorită prezenței materialului piscicol.



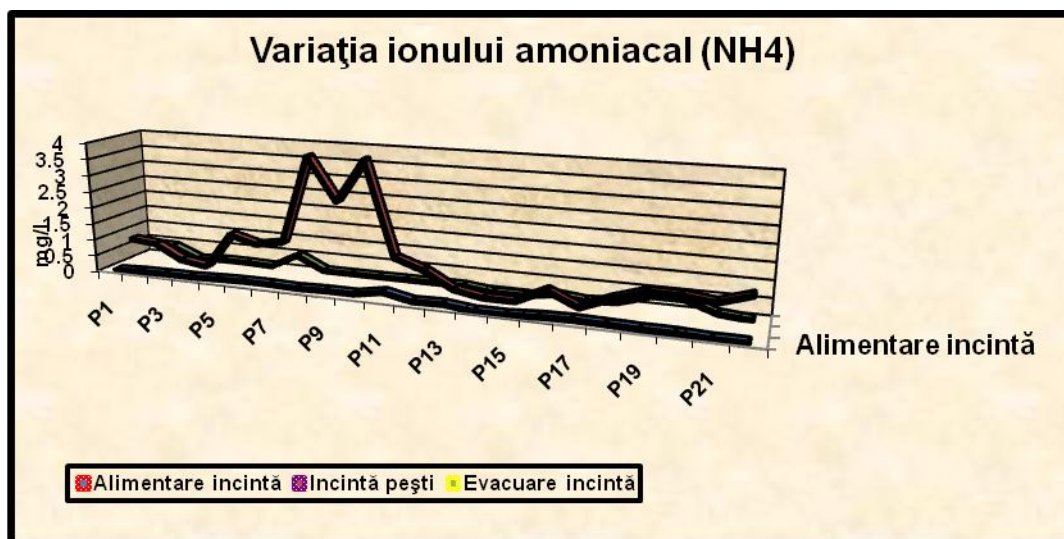
Grafic 5.8

- **Amoniacul (NH_3)** prezent în apă se determină din azotul amoniacal, în funcție de pH. Concentrația amoniacului a fost mai mică decât valoarea maximă peste care prezența lui devine toxică pentru pești (0,2 mg/l) și prezintă în perioada studiată la alimentare valori cuprinse între 0 și 0,008 mg/l, în piscină valori între 0,002 și 0,055 mg/l, iar înainte de intrarea în filtru a avut valori între 0 și 0,016 mg/l,



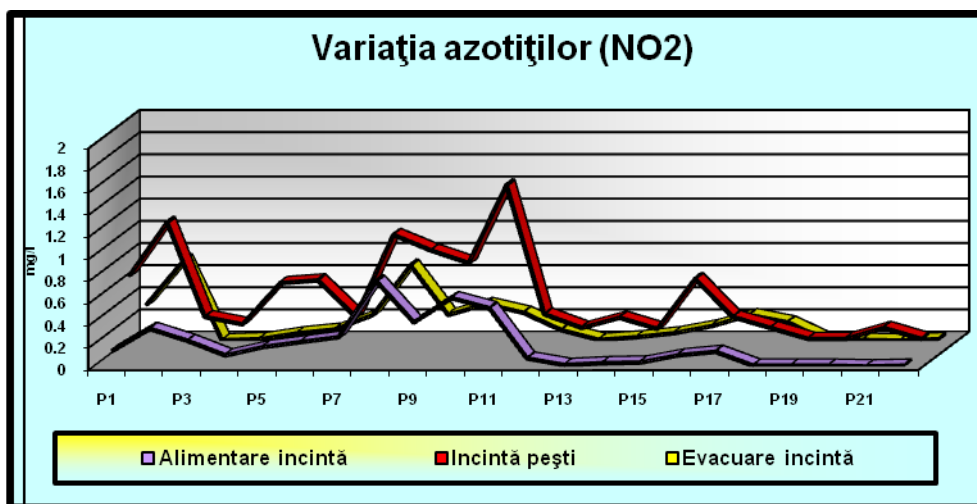
Grafic 5.9

- Ionul **amoniu (NH_4^+)**, determinat din azotul amoniacal, a avut valori ce au oscilat de la 0 la 0,249 mg/l la apa de alimentare, în piscină au fost cuprinse între 0,100 și 3,813 mg/l, iar în apa de la intrarea în filtru valorile amoniului au fost cuprinse între 0 și 0,500 mg/l, (graficul nr.5.10).



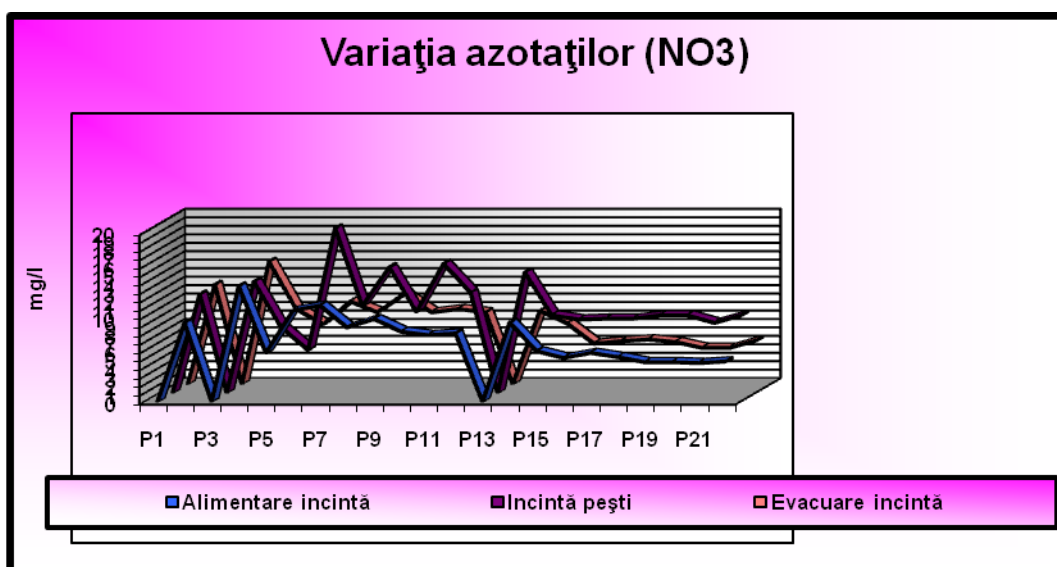
Grafic 5.10

➤ **Nitriții (NO_2^-)** Cantitățile de nitriți măsurate în apa de alimentare au variat între 0 și max. 0,770 mg/l, în apa din incintă între min. 0,132 și max. 1,580 mg/l și în apa de la evacuare, care intră în filtru, între 0 și 0,730 mg/l.



Grafic 5.11

➤ **Nitrații (NO_3^-)** au oscilat la alimentare: între 4,6 și 13,7 mg/l, în piscină între 5,1 și 14,3 mg/l, iar la evacuare între 4,3 și 14,5 mg/l.



Grafic 5.12

CAPITOLUL VI

IMPLEMENTAREA SISTEMULUI INFORMATIC SECURIZAT DE MONITORIZARE ȘI CONTROL DE LA DISTANTA (PRIN INTERMEDIUL LAN SAU INTERNET)

6.1. Instalarea și configurarea serverului de acces în sistemul ARTINT – ICDEAPA Galați

Sistemul de operare instalat pe serverul ICDEAPA este *Open SuSE 10.3*, conceput pe platforma Linux cu o distribuție RPM. **RPM** Red Hat Package Manager - este un puternic sistem de management al pachetelor software folosit pentru instalarea, dezinstalarea, verificarea, interogarea și actualizarea pachetelor de software de pe sistemele de calcul. Orice pachet de software constă într-o arhivă de fișiere cu informații despre versiune și o descriere . Mai jos in figura 6.2 este reprezentat un screenshot al desktop-ului de pe serverul ICDEAPA.

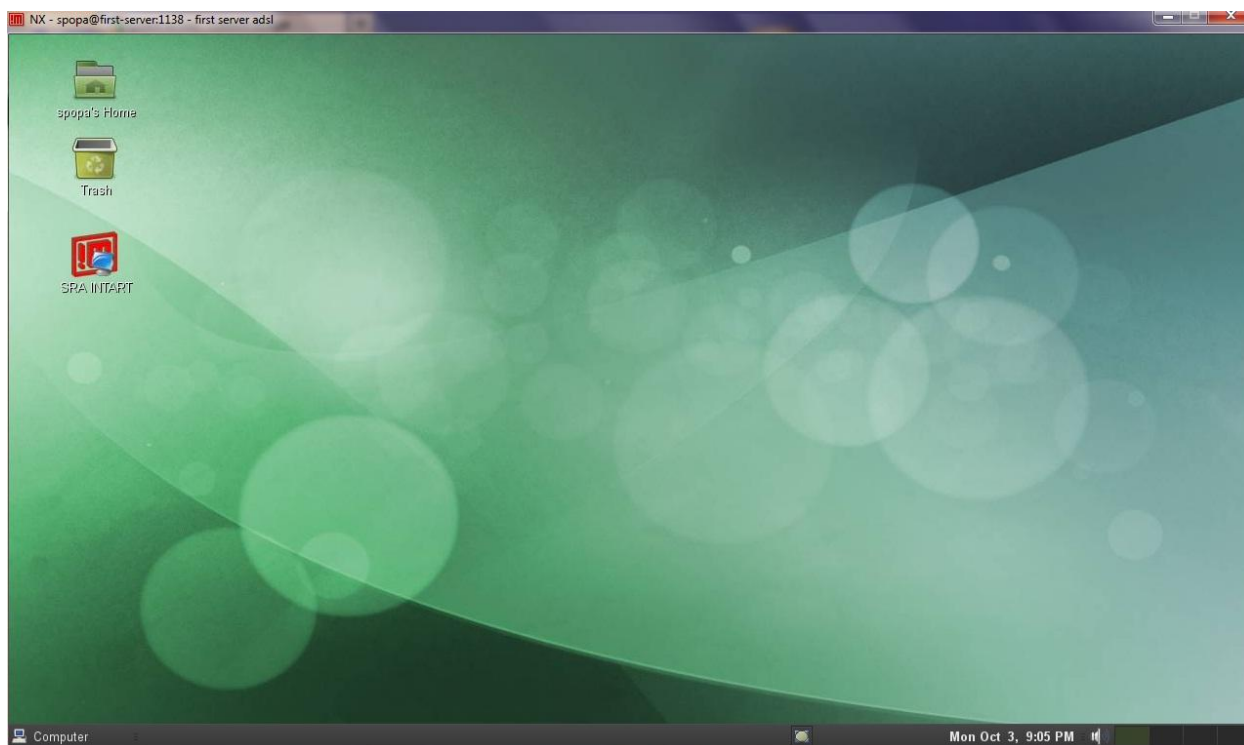


Fig 6.2

6.2.1. Folosirea protocolului SSH (Secure Shell) pentru confidențialitatea comunicării și instalarea software-ului de acces de la distanță:

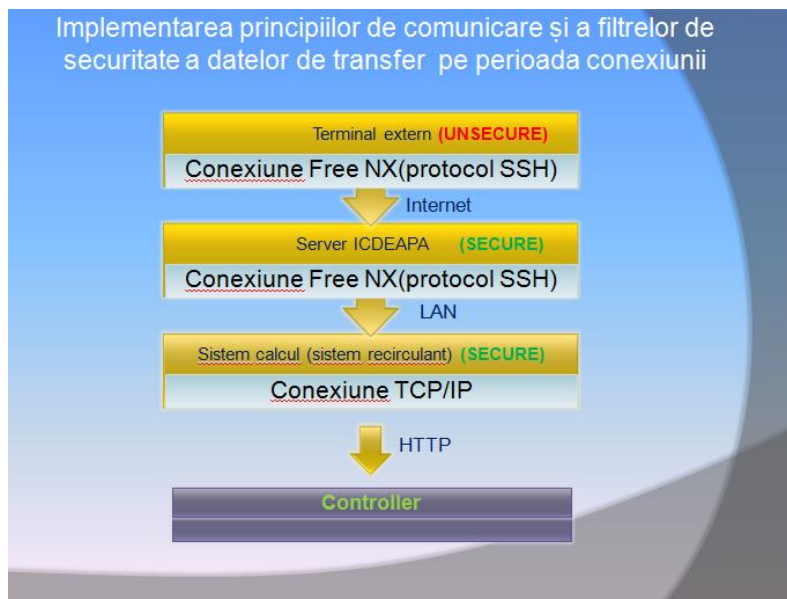


Fig 6.3 - Schema pe nivele de securitate privind SSH

6.3. Schema de ansamblu a sistemului de control de la distanță



Fig 6.4 - Schema de ansamblu a procedurii de control de la distanță

Metoda de conectare:

Pasul I – Utilizatorul se conectează la serverul icdeapa de la un terminal extern prin FreeNX. În momentul stabilirii conexiunii pe monitorul userului apare imaginea de desktop a serverului, acesta avand control în server. Fig 6.5 a

Pasul II – Accesând shortcut-ul de pe desktop, care reprezintă conexiunea prin FreeNX la ARTINT, utilizatorul în urma completării câmpurilor obligatorii ”username” și ”password” deține accesul in sistemul de calcul al ARTINT. Fig 6.5 b

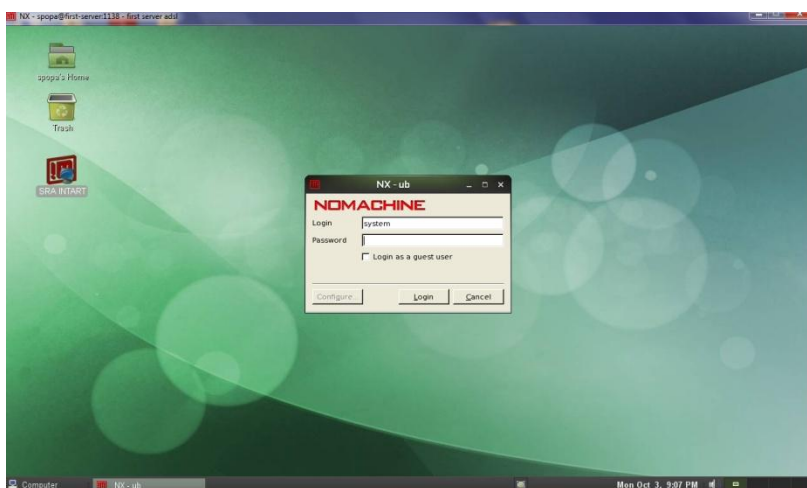


Fig 6.5.a



FreeNX

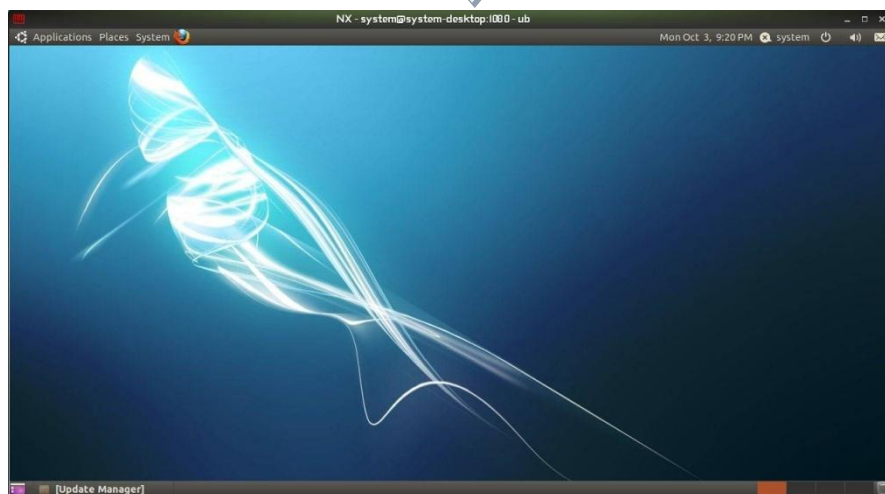


Fig 6.5.b

CAPITOLUL VII

CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Interesul asupra sistemelor recirculante din acvacultură rezultă din avantajele pe care acestea le oferă. În condițiile actuale, în care multe amenajări piscicole au un statut incert ca urmare a revendicării resursei naturale sau care prin degradare și-au pierdut parțial sau total potențialul de producție, se caută alternative care să asigure obținerea unor producții piscicole în cantitatea și calitatea impusă de principiile viabilității economice în contextul asigurării normelor Uniunii Europene.

Obiectivul general al tezei de doctorat a avut ca scop integrarea elementelor de inteligență artificială în managementul tehnologic al sistemelor recirculante din acvacultura românească.

În acest sens în urma studiilor, cercetărilor și experimentărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat s-au realizat următoarele:

- *Dezvoltarea unui sistem recirculant de acvacultură cu integrarea de elemente de inteligență artificială în scopul managementului tehnologic în cadrul ICDEAPA Galați și HERNEACOVA Timișoara;*
- *Realizarea sistemelor automatizate și computerizate specifice în conducerea fluxurilor tehnologice în SRA prin implementarea elementelor de inteligență artificială;*
- *Determinarea punctelor critice și cheie în cadrul SRA în vederea implementării sistemelor automate și computerizate de monitorizare și control;*
- *Realizarea algoritmilor și schemelor logice de optimizare a parametrilor tehnologici (controlul și monitorizarea calității apei tehnologice) prin implementarea elementelor de inteligență artificiale în SRA;*

- Realizarea sistemului ARTINT de conducere a fluxurilor tehnologice din locații diferite;
- Realizarea protocoalelor specifice SSH (Secure Shell) de transmitere de date la distanță în cadrul sistemului ARTINT;
- Eficientizarea resurselor, creșterea producției, creșterea economiei în SRA.

Cercetările efectuate s-au conturat în două etape importante în procesul de implementare a echipamentelor de inteligență artificială, după cum urmează:

Etapa I – Definirea și localizarea punctelor de intervenție (critice și cheie) din cadrul fluxului tehnologic cu scopul de a modifica cu un randament optim parametrii tehnologici (controlul și monitorizarea calității apei tehnologice).

Etapa II – Implementarea echipamentelor de inteligență artificială în cadrul sistemelor recirculante în conformitate cu rezultatele obținute în cadrul etapei I.

Etapa I

În urma cercetărilor întreprinse în cadrul sistemelor recirculante ICDEAPA Galați și HERNEACOVA Timișoara s-au stabilit următoarele puncte de intervenție în cadrul fluxului tehnologic divizate în două categorii:

1. Puncte de intervenție critice - punctele de control asupra parametrilor fizico-chimici ai apei tehnologice care pot depăși valorile admise într-un timp foarte scurt și conduc implicit la moartea materialului piscicol.

În urma catalogării s-au definit ca puncte de intervenție critice următoarele puncte:

- a. Oxigenul dizolvat (DO) - reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri calitativi ai apei ce determină, în sens limitativ, nivelul capacității portante, respectiv al densității de populare dintr-un sistem recirculant. Limitarea provine din cerința relativ ridicată de oxigen a

organismelor aerobe din interiorul sistemului, solubilitatea relativ scăzută a oxigenului în apă, absența fotosintezei și rata redusă a primenirii apei.

- b. Debitul și nivelul apei tehnologice în incintele de creștere precum și bilanțul de apă defectuos din cadrul sistemului recirculant sunt factori critici ce intervin semnificativ în cadrul fluxului tehnologic.
- c. Șocurile produse de schimbarea bruscă a temperaturii apei tehnologice reprezintă deasemenea un punct critic ce își lasă amprenta în scăderea drastică a producției.

2. Puncte de intervenție cheie - reprezintă parametrii ce pot depăși valorile admise dar nu prezintă o amenințare iminentă și care intervin în mod negativ în fluxul tehnologic conducând la scăderea randamentului, îmbolnăvirea și pierderea materialului piscicol

S-au determinat următoarele puncte de intervenție cheie după cum urmează:

- a. pH, NO₂, NO₃, NH₃, NH₄⁺

Etapa II – Implementarea echipamentelor de inteligență artificială în cadrul sistemelor recirculante conform rezultatelor obținute în cadrul etapei I.

După definirea și localizarea punctelor de intervenție critice și cheie, cercetările s-au îndreptat spre implementarea echipamentelor de inteligență artificială în cadrul fluxului tehnologic din sistemele recirculante ICDEAPA Galați și HERNEACOVA Timișoara conform rezultatelor obținute în cadrul etapei I.

În cadrul etapei a II-a s-au experimentele de implementare a inteligenței artificiale s-au desfășurat în următoarele 3 moduri:

1. Implementarea echipamentelor de tip embedded.

Pentru controlul punctelor critice (oxigen dizolvat, intensitatea debitului, nivel apă, temperatură) s-au folosit echipamentele de tip embedded. Echipamentul de tip embedded reprezintă un sistem electronic care folosește un chip CPU, nefiind însă o

stație de lucru de uz general, cum ar fi un sistem de calcul. Astfel de sisteme utilizează în general microprocesoare sau cip-uri custom-design și sunt folosite practic în toate domeniile. Aceste echipamente nu pot fi virusate cum des se întâmplă la sistemele de calcul.

Echipamentele de tip embedded au fost prezente în următoarele module:

- în cadrul modulului de filtrare cu rol de a acționa automat ciclul de spălare pe fiecare filtru în parte în funcție de setarea realizată de către operator.
 - în modulul de pompare al sistemului recirculant cu rolul de a menține automat bilanțul și controlul parametrilor fizico – chimici* ai apei tehnologice din sistem;
 - în cadrul modulului de termostatare a apei tehnologice
- parametrii fizico – chimici s-au controlat prin realizarea unui algoritm de lucru cu corelarea între variația debitelor și ciclul de funcționare al sistemului de filtrare.

În urma cercetărilor efectuate pe echipamentele de tip embedded s-a ajuns la concluzia integrării în cadrul fluxului tehnologic a unui controler cu rol de a monitoriza și controla principalii parametri ai apei.

2. Management mixt (Implementarea controlerului)

În urma experimentelor efectuate pe echipamentele de tip embedded s-a ajuns la concluzia instalării unui dispozitiv denumit controler, în paralel cu echipamentele embedded, cu scopul de a monitoriza și controla fluxul tehnologic din cadrul sistemului recirculant. Managementul mixt al sistemului recirculant cu echipamente de tip embedded și controler integrat a ridicat eficiența sistemului și a sporit considerabil securitatea în prevenirea avariilor.

Managementul mixt creat astfel între controler și echipamentele de tip embedded a conferit fluxului tehnologic din cadrul sistemului recirculant un grad înalt de monitorizare și control al parametrilor.

În urma cercetărilor efectuate pe sistemul recirculant implementat cu elemente de inteligență artificială de tip embedded și controler s-au desprins următoarele concluzii:

- Obiectivele specifice propuse și-au atins scopul;
- Consumul de energie electrică a scăzut datorită utilizării optime a consumatorilor prin integrarea modulelor de automatizare;
- Materialul biologic a înregistrat un comportament normal în perioada experimentală, starea biologică și dezvoltarea masei corporale au atins valorile optime;
- Parametrii apei tehnologice au înregistrat valori normale în perioada experimentală, deasemenea fluctuațiile principalilor parametri s-au prezentat ca având valori optime datorită intervențiilor prompte în fluxul tehnologic ale echipamentelor de inteligență artificială.

Pentru un management mai bun al fluxului tehnologic din cadrul sistemului recirculant, și pentru o monitorizare on-line a proceselor de către expert s-a creat sistemul ARTINT.(Sistem recirculant din acvacultură implementat cu elemente de inteligență artificială)

3. Sistemul ARTINT (Managementul embedded – controler – expert)

Sistemul ARTINT creat reprezintă procesul de integrare în sistemul recirculant a trei factori foarte importanți privind funcționarea optimă a fluxurilor tehnologice și obținerea unui grad maxim de securitate în conducerea sistemului recirculant. Managementul embedded – controler – expert (figura 8) reprezintă compilarea managementului mixt cu protocolul de monitorizare și control de la distanță de către expert a fluxului tehnologic din cadrul sistemului recirculant. Astfel înalta precizie de

monitorizare și control al fluxului tehnologic, randamentul sistemului recirculant și respectarea protocoalelor de lucru sunt urmărite și modificate de către expert. În același timp expertul are acces în serverul DBF și poate modifica sau adauga instrucțiuni în baza de date care conține informații despre activitatea sistemului recirculant și instrucțiuni date de expert pentru instruirea operatorului tehnolog specialist (care este poziționat în conducerea directă a fluxurilor tehnologice în SRA).

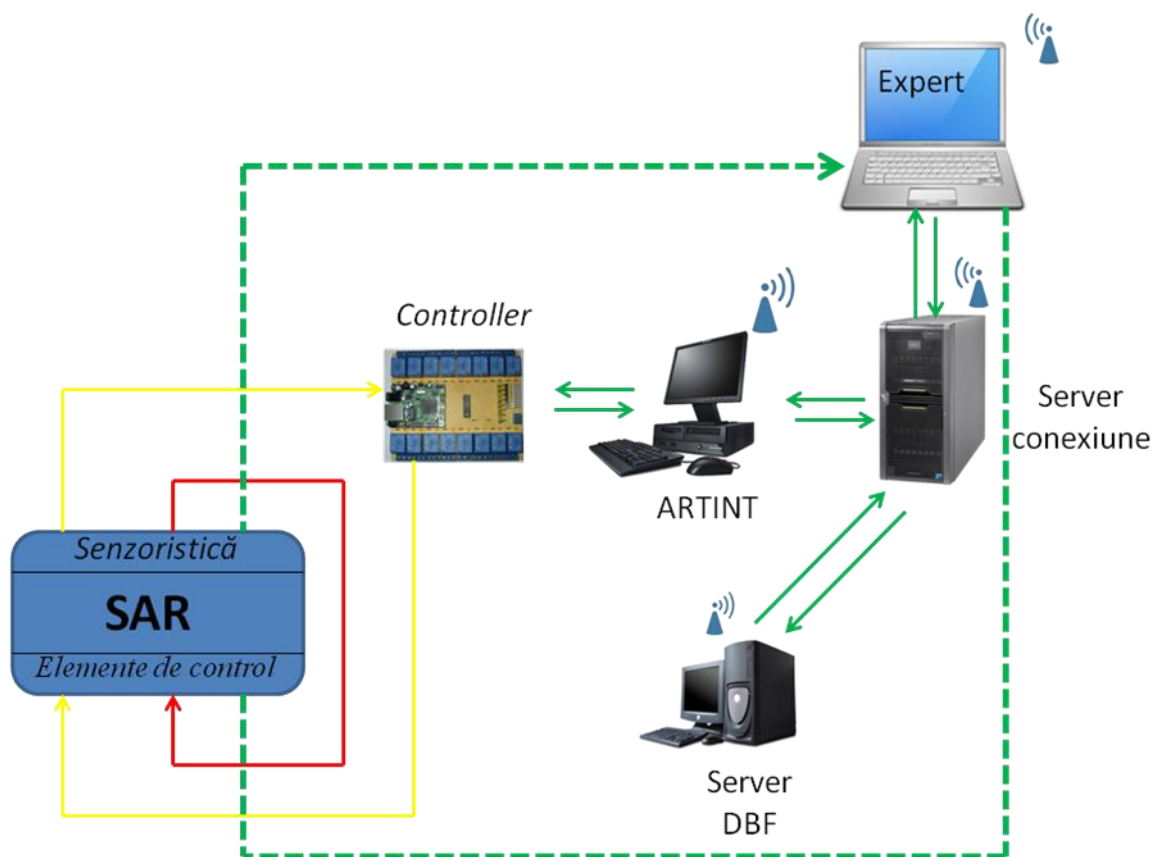


Fig. 7.1 - ARTINT Schema generală a managementului tehnologic din cadrul ARTINT ICDEAPA Galați

Descriere:

- > Managementul cu echipamente de tip embedded
- > Managementul mixt – embedded + controller
- > Managementul embedded – controller – operator tehnolog specialist – expert

În urma realizării sistemului ARTINT s-a determinat net o creștere a randamentului din cadrul proceselor din sistemul recirculant datorită posibilității de interacțiune și intervenție de la distanță a expertului fie cu operatorul specialist fie direct în sistem.

BIBLIOGRAFIE

1. Alon S., Shmuel P., Amit G., Amir S., Asher B., 2007. A novel approach to denitrification processes in a zero-discharge recirculating system for small-scale urban aquaculture. *Aquacultural Engineering* 39 (2008) 72–77.
2. Avnimelech, Y., Mozares, N., Shaher, D., Kochba, M., 1995. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture*, 134:211-216.
3. Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen as a control element in aquaculture system. *Aquaculture* 176, 227 – 235.
4. Billard R., 2002. Esturgeons et caviar. *Collection Aquaculture - Pisciculture*.
5. Blancheton, J.P., 2000. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering*, 22 : 17-31.
6. Blancheton, J.P. Canaguier, B., 1995. Bacteria and particulate materials in recirculating seabass (*Dicentrarchus labrax*) production system. *Aquaculture*, 133 : 215-224.
7. Blancheton J.P., Coves D. and Lemarie G., 1997. Intensive land-based marine fish aquaculture in closed system, hatchery and on growing units: state of the art and prospects. *Journal of Japanese Aquaculture Societies Suisanzoshoku* H9, 143-149.
8. Bouvendeur, J., Zwaga, A. B., Lobee, B. G. J., Blom, J.H., 1990. Fixed-biofilm reactors in aquacultural water recycle systems: Effect of organic matter elimination on nitrification kinetics. *Water Res.* 24 (2), 207-213.
9. Boyd, C. E., 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. *Alabama Agricultural Experiment Station: Auburn University, AL*.
10. Boyd, C.E., 2000. Water Quality, An Introduction. *Kluwer Academic Publishers, Boston, MA*.
11. Burrows, R., Chenoweth, H., 1955. Evaluation of Three Types of Fish Rearing Ponds, Research Report 39. *US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service*.
12. Chang, H. T., Rittmann, B. E., Amar, D., Heim, R., Ehlinger, O., Lesty, Y., 1991. Biofilm detachment mechanism in a liquid fluidized-bed. *Biotechnology and Bioengineering*. 38pp 499-506.
13. Characklis, W.G., 1981. Fouling biofilm development a process analysis, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XXIII, Pp 1923-1960.
14. Chen, G.H., Ozaki, H., Terashima, Y., 1989. Modeling of simultaneous removal of organic substances and nitrogen in a biofilm. *Wat. Sci. Tech.* 21, 791-804.
15. Chen, S., Ling, J., Blancheton, J., 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*. 34, 179-197.

16. Chenoweth, H.H., Larmoyeux, J.D., Piper, R.G., 1973. Evaluation of circular tanks for salmonid production. *Prog. Fish-Cult.* 35, 122–131.
17. Colt, J., Lamoureux, J., Patterson, R., Rogers, G., 2006. Reporting standards for biofilter performance studies. *Aquacultural Engineering* 34(3): 377-388.
18. Colt J., 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquaculture Engineering*, 34: 143–156.
19. Ciudad, G. González, R. Bornhardt, C., Antileo, C., 2007. Modes of operation and pH control as enhancement factors for partial nitrification with oxygen transport limitation *Water Research, Volume 41, Issue 20, Pages 4621-4629.*
20. Claude E. Boyd., 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Auburn, AL 36849 5419, USA. Aquaculture* 226 (2003) 101–112.
21. Craig Mackenzie Macintyre B.Sc (Hons), 2008. Water quality and welfare assessment on United Kingdom trout farms. (*Thesis submitted for the degree of doctor of philosophy*).
22. Cripps S.J. and Bergheim A., 2000. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquaculture Engineering*, 22: 33–56.
23. Cristea V., Ceapă C., Răuță M., Ștefănescu V., 1998. Oportunitatea și condițiile introducerii sistemelor superintensive în acvacultura României. *Proceedings of "Aquarom '98" Symposium, Galați, România, May 18 – 22 : 196 – 200.*
24. Cristea V., Grecu I., Ceapă C., 2002. Ingineria sistemelor recirculante. *Editura Didactică și Pedagogică, București.*
25. Cristea V, Sfetcu L., Oprea L., Vasilean I., 2005. Metode de tratament a apelor reziduale din acvacultura superintensivă prin fitoremediere. *Sesiunea de comunicări științifice Ecologia și Protecția Ecosistemelor, Universitatea din Bacău.*
26. Cristea V., Sfetcu L., Vasilean I., Grecu I., Docan A.. 2008. The effect of initial stocking density on growth and survival of beluga sturgeon (*Huso huso*). *Workshop-ul „Development of modern recirculation system: freshwater versus saltwater technology”, Universitatea Dubrovnik, Croația.*
27. Cristea V., Sfetcu L., Grecu I., Mihalache A., Vasilean I., 2005. Rearing of different fish species in a experimental recirculating systems. *Buletin USAMV-CN, 62/2005 (-), ISSN 1454-2382.*
28. Dierberg, F.E., Kiattisimukul, W., 1996. Issues, impacts, and implications of shrimp aquaculture in Thailand. *Environmental Management* 20, 649– 666.
29. David Crosby. *Fish Health Management of Recirculating Systems.*
30. Davidson, J., Helwig, N., Summerfelt, S.T., 2008. Fluidized sand biofilters used to remove ammonia, biochemical oxygen demand, total coliform bacteria, and suspended

solid from an intensive aquaculture effluent. *Aquacultural Engineering*, Volume 39, Issue 1, Pages 6-15

31. DeLosReyes, A.A. Jr., Rusch, K.A., Malone, R.F., 1997b. Performance of commercial scale recirculating alligator production system employing a paddle-wash floating bead filter. *Aquacultural Engineering*, 16, 239-251.

32. DeLosReyes Jr., A.A., Lawson, T. B., 1996. Combination of bead filter and rotating biological contactor in a recirculating fish culture system. *Aquacultural Engineering*. 15 (1), 27-39.

33. Dettlaff T.A., Ginsburg A.S., Schmalhausen O.I., 1993. Sturgeon fishes. Developmental biology and aquaculture.

34. Dunning, R.D., T.M. Losordo, and A.O. Hobbs. 1998. The economics of recirculating tank systems: A spreadsheet for individual analysis. *Southern Regional Aquaculture Center Pub. SRAC-456*.

35. Fivelstad, S., Haavik, H., Løvik, G. and Olsen, A.B. 1998. Sublethal effects and safe levels of carbon dioxide for Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 160: 305 – 316.

36. Food and Agriculture Organization (FAO), 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*.

37. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1997. Aquaculture Development. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, vol. 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*.

38. Forsberg, O.I., 1997. The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture Research* 28: 29 – 41.

39. Franco-Nava, M.A., Blancheton, J.P., Deviller, G., Le-Gall, J.Y., 2004. Organic matter dynamics and transformations in a recirculating aquaculture system: Application of stable isotope tracers in a sea bass rearing. *Aquacultural Engineering*.

40. Franco-Nava, M.A., Blancheton, J.P., Charrier, A., Deviller, G., Le-Gall, J.Y., 2004. Effect of fish size and hydraulic regime on particulate organic matter dynamics in a recirculating aquaculture system: Elemental carbon and nitrogen approach. *Aquaculture*

41. Gilmore K.R., Husovitz K.J., Holst T. and Love N.G., 1999. Influence of organic and ammonia loading on nitrifier activity and nitrification performance for a two-stage biological aerated filter system. *Water Science Technology*, 39: 227-234.

42. Goldberg, R., Triplett, T., 1997. Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the United States. *Environmental Defense Fund, Washington, DC*. 198 pp.

43. Goldsmith, D.L., Wang, J.-K., 1993. Hydromechanics of settled solids collection using rotating flow. In: Wang, J.-K. (Ed.), *Techniques for Modern Aquaculture (Proc.)*, American Society of Agricultural Engineers, Saint Joseph, MI, pp. 467–480.
44. Grecu I., Cristea V., Sfetcu L., Iordache G., 2005. Creșterea puietului de păstrugă (*Acipenser stellatus*) și crap (*Cyprinus carpio*) în condițiile unui sistem recirculant. *Volumul Simpozionului International USAMV, Timisoara*.
45. Groeneweg, J., Sellner, B., Tappe, W., 1994. Ammonia oxidation in Nitrosomonas at NH₃ concentrations near *K_m*: Effects of pH and Temperature. *Water Res.* 28, 2561-2566.
46. Gujer, W., Boller, M., 1986. Design of a nitrifying tertiary trickling filter based on theoretical concepts. *Water Res.* 20, 1353.
47. Gutierrez-Wing, M., Malone R.F., 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering, Volume 34, Issue 3, Pages 163-171*.
48. Hagopian, D.S., Riley, J.G., 1998. A closer look at the bacteriology of nitrification. *Aquacultural Engineering.* 18, 223-224.
49. Heinen, J.M., Hankins, J.A., Weber, A.L., 1996. A semi-closed recirculating-water system for high-density culture of rainbow trout. *Prog. Fish Cult.* 58 (1), 11–22.
50. Hanus, F. J., Morita, R. Y., 1968. Significance of the temperature characteristic of growth, *Journal of Bacteriology*, P 736-737.
51. Hao, O.J., Huang, J., 1996. Alternation aerobic-anoxic process for nitrogen removal: process evaluation. *Water Environ. Res.* 68, 83-93.
52. Heisbroek, L. T. N., Kamistra, A., 1990. Design and performance of water recirculating systems for eel culture. *Aquacultural Engineering*, 9,187-207.
53. Ionescu, Aurelia, 1995 - *Tehnici și procedee de conservare ale peștelui*
54. James M. Ebeling. Development and evaluation of a feedback control system for dynamic control of dissolved oxygen in intensive recirculating aquaculture systems. *Biological Resources Engineering Department University of Maryland*. jebeling@wam.umd.edu.
55. Kaiser G., Wheaton F., 1983. Nitrification filters for aquatic culture systems: State of the art. *J. World Maricul. Soc.* 14:302-324.
56. Kamstra A. van der Heul J.W. and Nijhof M., 1998. Performance and optimization of trickling filters on eel farms. *Aquaculture Engineering*, 17: 175-192.
57. Kim S., Kong I., Lee B., Kang L., Lee M. and Suh K., 2000. Removal of ammonium – N from a recirculation aquacultural system using an immobilized nitrifiers. *Aquaculture Engineering*, 21: 139-150.

58. Kuo-Feng, T. and Wu, K., 2004. The ammonia removal cycle for a submerged biofilter used in a recirculating eel culture system. *Aquacultural Engineering*, Vol. 31 17–30.
59. Larmoyeux, J.D., Piper, R.G., Chenoweth, H.H., 1973. Evaluation of circular tanks for salmonid production. *Prog. Fish-Cult.* 35, 122–131.
60. Lee, P. G., 2000. Process control and artificial intelligence software for aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 23, 13-36.
61. Léonard N., Blancheton J.P. and Guiraud J.P., 2001. Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system. *Aquaculture Engineering*, 22: 109-120.
62. Losordo T., Masser M., Rakocy, J. 1992. Recirculating aquaculture tank production systems: An overview of critical considerations. *Southern Regional Aquaculture Center Publication 451*.
63. Losordo T., Westerman P. W., Liehr S. K., 1994. Water treatment and wastewater generation in intensive recirculating fish production system. *Bull. Natl. Inst. Aquaculture, suppl. 1*, 27 - 36.
64. Loyless, J.C., Malone, R. F., 1997. A sodium bicarbonate dosing methodology for pH management in freshwater-recirculating aquaculture systems. *The progressive fish Culturist*, 59: 198-205.
65. Manea G., 1980. Sturionii. Biologie, sturionicultură și amenajări piscicole.
66. Malone, R.F., Beecher, L.E., 2000. Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 22, 57–74.
67. Malone, R.F., 2002. Perspective on responsible aquaculture for the new millennium. In Creswell, R.L., Flos, R (Eds), World aquaculture society, Baton Rouge. LA USA and *European Aquaculture Society, Oostende, Belgium*, pp. 94-111.
68. Malone R.F., Chitta, B.S., Drennan , D.G., 1993. Optimizing Nitrification in bead filters for warm water recirculating aquaculture systems. In: Jaw- Kai Wang (Ed.), *Techniques for Modern Aquaculture. ASAE Publication 02-93 (ISBN 0-9293355-40-7; LCCN 93-71584)*.
69. Manthe, D. P., Malone, R. F., Kumar, S., 1988. Submerged rock filter evaluation using an oxygen consumption criterion for closed recirculation systems, *Aquacultural Engineering*, 7, 97 – 111.
70. Masser, M.P., Rakocy, J., Losordo, T.M., 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. Management of Recirculating Systems. *SRAC Publication No. 452 USDA*, 12 pp.
71. Meade J.W., 1985. Allowable ammonia for fish culture. *Progress in Fish Culture*, 47: 135-145.

72. Mele M, Secchiari P, Ferruzzi G, Serra A, Berni P, 2001. Modificazione quantitativa della composizione acidica intramuscolare in ibridi di storione sottoposti a differenti integrazioni alimentari di acido oleico e linoleico. *Agric.Med.*
73. Michael P.M., James Rakocy, Thomas M. L., 1999. Recirculating aquaculture tank production systems, Management of recirculating systems. *Southern regional aquaculture center, Publications no. 452, Martie 1999.*
74. Michaud, L., Blancheton, J.P., Bruni, V., Peidrahita, R., 2006. Effects of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters, *Aquacultural Engineering 34, 224-233.*
75. Miguel Angel Franco Nava. 2003. Origine, devenir et contrôle de la matière particulaire dans les élevages de poissons marins en système recyclé. (*These pour obtenir le titre de Docteur*).
76. Oprea L., Georgescu R., 2000. Nutriția și alimentația peștilor. *Editura tehnică București.*
77. Paltenea E., Talpeș M., Pecheanu C., Patriche N., 2003. Eficiența bioproductivă a furajelor utilizate în creșterea intensivă a sturionilor, *Simpozionul Euroaliment 2003, ISBN 973-8316-68-5, pag.674-678.*
78. Paltenea, M. Talpeș, N. Patriche, 2003. Evaluarea caracteristicilor organoleptice și fizico-chimice ale cărnii de păstrugă. *Simpozionul International Euroaliment, Galati, 2003.*
79. Paltenea E., Talpeș M., Ionescu A., Zara M., Jecu E., Mocanu E., Savin C., Vasile A., 2009. Quality changes of stellate sturgeon meat (*Acipenser stellatus* Pallas) from aquaculture during frozen storage. *The 3rd International Workshop in Agro-Food Issues – Environment/ Nutrition / Health relationship in the frame of EU policy, Galati, Romania.*
80. Patriche N., 2000. Păstruga, biologie și reproducere artificială. *Ed. Ceres, București.*
81. Patriche N., Pecheanu C., Vasile M., 1995. Remarks on predevelopment technology for sturgeon larvae in superintensive system.
82. Patriche N., Pecheanu C., Vasile M., Talpes M., 2002. Rearing Techniques of Sturgeons Rearing the Stellate Sturgeon *Acipenser stellatus* in-Mono-and Polyculture with Chinese and Common Carps in Ponds *International Review Of Hydrobiology Volume 87, Issue 5-6, p.561-568.*
83. Patriche N., Talpeș M., Meliceanu I., Tenciu M., Obrocea L., Savin C., 2007. Rolul acvaculturii în contextul protecției resursei pescărești. *Ziua internațională a zonelor umede „Fish for tomorrow?” – Seminar zone umede și resursa piscicolă, Galați.*

84. Patriche N., Talpeș M., Tenciu M., Patriche T., Savin C., Sandu P., Bunea A., Marin T., Popa Ș., 2010. The plasticity of *Acipenser Baeri* (Bramdt, 1869), species expressed in technological bio-indicators in different breeding systems. *Scientifical papers, Animal Science and Biotechnologies*, vol. 43 (2), ISSN 1221-5287, Timișoara.
85. Paul, T.C., Sayal, S.K., Sakhuja, V.S., Dhillon, G.S., 1991. Vortex-settling basin design considerations. *J. Hydraul. Eng.* 117, 172–189.
86. Piedrahita R.H., Fitzsimmons K., Zachritz II W.H. and Brockway, C. (1996) In: Proceedings of the successes and failures in commercial recirculating aquaculture conference (II), vol. 1, Aquaculture Engineering Society, Roanoke, VA, USA, 19–21 July 1996, pp. 141–150.
87. Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture, Principles and Practices, 2nd Edition. *Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 630 p.*
88. Pfeiffer, T. J., Osborn, A. Davis, M., 2008. Particle sieve analysis for determining solid removal efficiency of water treatment components in a recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering, Volume 39, Issue 1, Pages 24-29.*
89. Popa P., Patriche N., Mocanu R., Sârb C., 2001. Calitatea Mediului Acvatic. *Editura CERES, București.*
90. Popa P., Patriche N., 2001. Chimia Mediului Acvatic. *Editura CERES, București.*
91. Randall, C. W., Barnard, J. L, Stensel, H.D., 1992. Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. *Volume 5, Water quality management Library, Technomic Publishing Co., Lancaster, PA.*
92. Reilly A., Käferstein F. 1999. Food safety and products from aquaculture. *J. Appl. Microbiol. Symp. Suppl.* 85:249S-257S.
93. Richard F. Kazmierczak, JR. and Rex H. Caffey. 1995. Management Ability and the Economics of Recirculating Aquaculture Production Systems. Department of Agricultural Economics and Agribusiness Louisiana State University Agricultural Center Baton Rouge, LA 70803-5604 U.S.A. *Marine Resaurcf Economics*. Votume 10, pp, 187-209
94. Sanni, S., Forsberg, O.I., 1996. Modeling pH and carbon dioxide in single-pass sea-water aquaculture systems. *Aquacultural engineering*, 2(15):91-110.
95. Savin C., Cristea V., Richard D., Patriche N., Talpeș M., Tenciu M., 2007. General consideration for suspended and sedimentable solids on sturgeon larval growth. *Analele Universității „Dunărea de Jos”, Fascicola Pescuit și Acvacultură, 2007, ISSN 1453-0821.*
96. Savin C., Păltânea E., Patriche N., Talpeș M., Tenciu M., Jecu E., Mocanu E., Mocanu C., 2009. Researches regarding the aquatic environment influence on the quality meat of beluga species (*Huso huso*). *The 3rd International Workshop in Agro-*

Food Issues – Environment/ Nutrition / Health relationship in the frame of EU policy, Galati, Romania.

97. Savin C., Cristea V., Vasilean I., Patriche N., Talpeș M., 2009. The water quality monitoring, in the recirculating systems, for intensive sturgeon culture. *Lucrările științifice Zootehnie și Biotehnologii*, vol. 42 (2), 2009, ISSN 1221-5287.
98. Savin C., Cristea V., Talpeș M., Ionescu T., Ion (Plăcintă) S., 2010. Ammonia control from intensive sturgeon aquaculture. *International Conference On Fishery And Aquaculture - A View Point Upon The Sustainable Management Of The Water Resources In The Balkan Area, Galati, Romania.*
99. Sfetcu L., Paltenea E., Cristea V., Oprea L., Docan A., 2006. Date regarding biochemical composition of carp fingerlings (*Cyprinus carpio*, Linne, 1758) reared in a recirculating system. *Lucrari stiintifice - seria zootehnie, Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara —Ion Ionescu de la Brad Iasi.*
100. Sfetcu L., 2009. Creșterea peștilor în sisteme recirculante integrate. *Teză de doctorat.*
101. Shulin Chen and Ronald F Malone., 1991. Suspended solids control in recirculating aquacultural systems. *Engineering aspects of intensive aquaculture*, pp 170-186. *Aquaculture symposium , Cornell University, Ithaca, New York, 1991.*
102. Shnel, N., Barak, Y., Ezer, T., Dafni, Z., van Rijn, J., 2002. Design and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. *Aquacult. Eng.* 26, 191–203.
103. Singh, S., Ebeling, J., Wheaton, F., 1999. Water quality trials in four recirculating aquacultural systems configurations. *Aquacult. Eng.* 20, 75–84.
153. P. Fowler, D. Baird, R. Bucklin, S. Yerlan, C. Watson & F. Chapman. *Microcontrollers in Recirculating Aquaculture Systems*