



UDK: 66.098.2

*Originalan naučni rad  
Original scientific paper*

## UREĐAJI ZA OBOGAĆIVANJE VODE KISEONIKOM NA TOPLOVODNIM RIBNJACIMA

Stevan Čanak<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>2</sup>, Goran Topisirović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Ribnjak" - Banatska Dubica

<sup>2</sup> Poljoprivredni fakultet - Beograd

**Sadržaj:** U proizvodnji toplovodnih vrsta riba (pre svega šarana), sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi je jedan od glavnih ograničavajućih faktora uspešnog gajenja i povećanja prinosa. Sadržaj rastvorenog kiseonika u ribnjačkoj vodi je podložan kako dnevnim tako i sezonalnim fluktuacijama, i zavisi od više raznovrsnih faktora. Nedostatak kiseonika utiče preko hemizma vode na zdravlje gajene ribe i mogućnost prirasta. Iz ovih razloga je u savremenom ribarstvu neophodno redovno pratiti sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi, te u slučaju pada vrednosti ispod optimalnih, tj. minimalnih vrednosti, reagovati nekim od metoda za povećanje sadržaja O<sub>2</sub> u vodi. Jedan od načina održavanja poželjnih vrednosti rastvorenog kiseonika (RK) je primena savremenih uređaja - Aeratora.

Aeracija vode u širem smislu označava postupak prinudnog, mehanizovanog pospešivanja mešanja vode sa atmosferskim vazduhom, sa primarnim ciljem obogaćenja vode kiseonikom. Aeracija se može vršiti uz pomoć različitih metoda, ali se pod aeracijom u užem smislu smatra upotreba specijalnih za ovu svrhu, i primenu na toplovodnim ribnjacima, konstruisanih uređaja.

**Ključne reči:** aeratori, ribnjaci, kiseonik, voda.

### 1. UVOD

Pod toplovodnim ribnjakom se podrazumeva proizvodni ribnjački objekat (jezero) u kome se voda u toku letnjih meseci zagreva i do 30 °C.

Kiseonik se normalno nalazi u vodi ribnjaka u koncentracijama koje su određene vazдушnim pritiskom, salinitetom, temperaturom. Glavni izvori kiseonika u vodi su fotosinteza vodenih biljaka kao i difuzija iz atmosferskog vazduha. Sa druge strane, glavni potrošači kiseonika u vodi su transpiracija vodenih biljaka i životinja, kao i procesi aerobnog raspadanja organske materije. Sadržaj kiseonika u vodi varira u zavisnosti od doba dana tj. količine svetla koje pada na vodenu površinu. Najveći sadržaj je obično u sumrak a najmanji pred svitanje.

Neophodno je svakodnevno praćenje sadržaja RK u vodi radi pravovremenog reagovanja pred moguće nestašice. Količina rastvorenog kiseonika u vodi se izražava u mg/l ili ppm (parts per million), i za uspešno gajenje različitih vrsta riba su neophodne različite vrednosti RK. Tako je na primer optimalna količina RK za šarana tokom dana preko 5 mg/l, ali je važno napomenuti da šaran može da izdrži i kratkotrajne koncentracije od 2 mg/l pa i manje.

Obogaćivanje ribnjačke vode kiseonikom na toplovodnim ribnjacima se može vršiti na više načina, ali će ovde biti opisani samo specijalizovani uređaji za ovu namenu - aeratori.

U okviru poljoprivrede se u bivšoj Jugoslaviji i sadašnjoj SCG privrednoj grani ribarstva pridavao skoro nikakav značaj. Samim tim je i svim, za ribarstvo vezanim naukama, pa i predmetu mehanizacije ribarstva poklanjana minimalna tj. nikakva pažnja. Uprkos tome ribarstvo se izborilo za svoje mesto u okviru stočarstva, i dokazalo da se u ovoj proizvodnji može ostvariti pozitivan finansijski rezultat.

Proizvodnja toplovodnih vrsta riba se kod nas obavlja skoro isključivo po sistemu poluintenzivnog uzgoja, a svaku intenzifikaciju radnog procesa bi morala da prati u određenoj meri i mehanizacija istog. Svrha ovog rada je, zbog toga, da istakne značaj poljoprivredne mehanizacije u savremenoj ribnjačkoj proizvodnji, kao i da napravi početni korak u ispitivanju ribnjačke mehanizacije.

## 2. ZADATAK I PODELA AERATORA

Aerator je specijalno konstruisan uređaj, koji pospešuje mešanje vode sa atmosferskim vazduhom, a kao primarni cilj ima povećanje sadržaja rastvorenog kiseonika u vodi ribnjaka.

Iz ove definicije se može zaključiti da aerator ima još neke funkcije, kao što su: mešanje slojeva vode (tj. uniformisanje fizičko-hemijskih karakteristika vode) u vertikalnoj ravni, kao i u horizontalnoj ravni (eliminisanje mrtvih uglova ribnjaka), kao i izbacivanje štetnih gasova iz ribnjačke vode.

U zavisnosti od intenziteta proizvodnje, fizičko-hemijskih karakteristika vode i meteoroloških osobina određenog područja, aeracija vode se može vršiti kao:

- Stalna aeracija, podrazumeva permanentnu potrebu ribnjačke vode za obogaćivanjem kiseonikom. Ova vrsta aeracije vezana je za veoma visoke gustine nasada gajene ribe, tj. takozvane superintenzivne sisteme uzgoja ribe.

- Dodatna aeracija je sistem aeracije u kome se aeratori uključuju samo u slučaju potrebe, odnosno kada sadržaj RK padne ispod optimalnih vrednosti. Primena sistema dodatne aeracije se vrši noću (kada nema fotosinteze) i u uslovima smanjene vidljivosti (oblačnost).

- Urgentna aeracija ima za cilj da nivo RK dovede u područje bezbedno za preživljavanje riba. Svrha ovog sistema nije da poveća sadržaj RK u celom ribnjaku, već samo u jednom njegovom delu. Riba se kreće i pronalazi delove ribnjaka sa povećanim sadržajem kiseonika i preživljava do nastupanja povoljnijih uslova.

Aeratori pogodni za ribnjake, mogu se podeliti po vrsti i snazi pogona, kao i principu rada:

1. U odnosu na vrstu pogona na pogonjene traktorom, dizel motorom, solarnom energijom, energijom vetra i najzastupljenije, pogonjene elektromotorom.
2. U zavisnosti od snage pogona aeratora: male aeratore pogona do 1 kW, srednje aeratore pogona 1-3 kW i velike aeratore snage pogona veće od 3 kW.
3. Po principu rada postoje aeratori koji vrše ubacivanje atmosferskog vazduha u vodu i oni koji vrše izbacivanje i raspršivanje vode u vazduh.

Aerator treba razlikovati od Oxygenatora koji vrši mešanje čistog gasovitog ili tečnog tehničkog kiseonika sa vodom.

### 3. VRSTE AERATORA

#### 3.1. Aerator sa lopaticama

Sastoji se od plovaka, elektromotora, reduktora broja obrtaja elektromotora na kome se nalaze lopatice, i lopatica. Konstrukciono je složenije izrade od ostalih vrsta kompresora, što se odražava i na njegovo održavanje. Lopatice mogu biti različitih oblika (U, V, oblika čaše), kao i perforirane.

Princip rada: elektromotor pokreće bubanj na koji su krutom vezom pričvršćene lopatice. Lopatice su često postavljene po obimu bubnja po krivoj liniji (spiralni) da bi se smanjila udarna opterećenja. Lopatice zahvataju sloj vode i izbacuju ga u vazduh, pri čemu dolazi do dezintegriranja ovog vodenog sloja na sitne kapljice.

Kapljice lete kroz vazduh pri čemu se dolazi do difuzije kiseonika iz atmosfere. Pri tome se proizvodi i jaka vodena struja koja odnosi vodu obogaćenu kiseonikom dalje od aeratora, što omogućava ribi lakše pronalaženje područja sa više RK. Pored povećanja sadržaja kiseonika ovaj uređaj vrši i efikasno eliminisanje štetnih gasova iz vode.

Snage ovih aeratora se kreću od 1 kW do 15 kW. Često se koriste na ribnjacima širom sveta i smatrani su za najefikasniju vrstu toplovodnih aeratora.

Tab. 1. Karakteristike aeratora sa lopaticama

| Pogon        | Dubina rada (cm) | Potrebna snaga (kW) | SKUK (kg O <sub>2</sub> /h) | SEA (kg O <sub>2</sub> /kWh) |
|--------------|------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Traktor      | 10 - 36          | 3,7 – 30            | 6,9 - 40,9                  | 1,28 - 1,93                  |
| Elektromotor | ≈ 10             | 1 – 15              | 2 - 30                      | 1,5 - 2,7                    |

#### 3.2. Aspirator-aerator sa propelerom

Ovaj tip aeratora je nastao prvenstveno u svrhu prečišćavanja otpadnih voda, a kasnije je našao primenu i u akvakulturi. Danas se koristi u više akvakulturnih sistema za proizvodnju slatkovodne i morske ribe, kao i škampa.

Uređaj se sastoji od plovka, noseće konstrukcije, elektromotora i šupljeg vratila sa propelerom na kraju. Na delu kućišta elektromotora postoji otvor za usisavanje atmosferskog vazduha.

Princip rada ovog aeratora se sastoji u sledećem: propeler svojim radom stvara vakuum u šupljem vratilu, što rezultira usisavanjem atmosferskog vazduha kroz otvora na kućištu. Vazduh biva usisan, transportovan kroz šuplje vratilo, i raspršen velikom brzinom u fine mehuriće ispod površine vode.

Postoji i izvedba ovog uređaja sa dodatnim kompresorom. Poboljšanje ovog uređaja u odnosu na isti bez kompresora leži većoj količini ubačenog vazduha, a sa tim povezano i jačom proizvedenom strujom vode.

Efikasnost ovakvog sistema zavisi od količine vazduha koji se ubaci i rasprši u vodu, veličine vazдушnih mehurova, vremena kontakta između mehurova vazduha i vode, kao i temperature vode i vazduha.

Ovi uređaji poseduju mogućnost podešavanja ugla između šupljeg vratila i površine vode, što direktno utiče na dubinu ubacivanja i raspršivanja vazduha, a samim tim i dužinu kontakta vode i vazduha. Ovako podešen aspirator-aerator pospešuje prelazak kiseonika iz vazduha u vodu, kao i vertikalno mešanje slojeva vode. Sa druge strane povećanje ugla između vratila i površine vode smanjuje horizontalnu komponentu brzine proizvedene vodene struje, što isto tako treba imati u vidu.

Za potrebe prečišćavanja otpadnih voda ovi aeratori se izrađuju sa elektromotorima snaga do 150 kW, dok se za primenu u akvakulturi izrađuju sa motorima snaga do 10 kW.

Tab. 2. Karakteristike aspirator-aeratora (Jensen, G. et al, 1989)

| Pogon        | Snaga (kW) | SKUK (kg O <sub>2</sub> /h) | SEA (kg O <sub>2</sub> /kWh) |
|--------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Elektromotor | 0,75       | 1                           | 1,3                          |
| - II -       | 3,75       | 5                           | 1,3                          |
| - II -       | 7,5        | 10,5                        | 1,4                          |
| - II -       | 11,25      | 20,5                        | 1,8                          |

### 3.3. Površinski aerator sa propelerom

Koristi se kako u akvakulturi tako i u malim baštenskim fontanama i jezercima. Primenjuje se i u recirkulacionim sistemima kao npr. za proizvodnju šaranskih larvi.

Plovak je obavezan konstruktivni element i ovog aeratora. Elektromotor može biti kako submerzan tako i emerzno postavljen. Propeler aeratora je direktno pogonjen od elektromotora, što smanjuje potrebu za održavanjem ovog aeratora, i produžava mu vek. Postoje izvedbe sa jednim i dva propelera na istom vratilu.

Princip rada je vrlo jednostavan. Ovaj aerator radi kao pumpa, sa otvorenim radnim kolom. Propeler svojim radom povlači sloj vode, zahvata ga, dezintegriše i izbacuje u vazduh, formirajući jako fine kapljice vode. Na samom aeratoru se može vršiti podešavanje propelera, tako da je moguće da se ili izbacuje veća količina vode (gde je bitnije vertikalno mešanje slojeva vode), ili da se sloj vode više dezintegriše i izbacuje u vazduh (što rezultira efikasnijim obogaćenjem kiseonikom i eliminacijom štetnih gasova).

Ovaj tip aeratora se najčešće izrađuje u veličinama od 0.5 kW do 3 kW. Vršiti efikasnu aeraciju vode, vertikalno mešanje slojeva vode, kao i eliminisanje štetnih gasova. Glavni nedostatak mu je što ne proizvodi vodenu struju, pa tako na neki način stalno aeriše istu vodu. Postoji i izvedba ovog aeratora sa ukoso postavljenim elektromotorom i propelerom, te usmeravanjem izbačene vode, što dovodi do proizvodnje vodene struje. Ova varijanta objedinjuje u sebi sve osobine dobrog aeratora, ali se na račun usmeravanja vodene struje gubi na efikasnosti aeracije.

### 3.4. Sistem za aeraciju sa raspršivačem vazduha

Ovaj sistem za aeraciju je oprobano kako u pogonima za tretiranje otpadnih voda, tako i na ribnjacima.

Sistem se sastoji od elektromotorom pogonjenog centrifugalnog kompresora, voda vazduha i raspršivača vazduha. Raspršivač vazduha može biti izrađen od različitih materijala. Isto tako i forma raspršivača može biti različita. U zavisnosti od materijala izrade razlikujemo keramičke, plastične i gumene raspršivače. Forme raspršivača mogu biti: u obliku ploča različitih oblika, u obliku valjka, creva itd.

Princip rada je vrlo jednostavan i sastoji se uduvavanju atmosferskog vazduha u vodu. Pri prolasku vazduha kroz sitne pore raspršivača stvaraju se sitni mehurovi vazduha. Kao i kod aspirator-aeratora važna karakteristika ovog sistema je veličina mehurova koji se stvaraju u raspršivaču.

Za efikasnost sistema je od presudnog značaja dubina postavljanja raspršivača. Iz ovog razloga ovaj sistem nije efikasan na plićim ribnjacima. Takođe njegovo prisustvo izaziva teškoće prilikom izlova. U uslovima proizvodnje kanalskog soma u SAD se ovaj sistem u poređenju sa ostalim sistemima aeracije pokazao neefikasan. Značajnu primenu može naći u kaveznom sistemu uzgoja, gde je potrebno aeraciju vršiti na dubinama od 3-4 metra. Isto tako se ovaj sistem dosta koristi u prodavnicama ribe, kao i u akvaristici.

## 4. UPOTREBA AERATORA

Potreba ribnjaka za dodatnom aeracijom vode zavisi od više faktora, i to su:

- gabariti ribnjaka,
- meteoroloških uslova određenog područja,
- vrsta gajene ribe,
- doba godine i doba dana,
- kvalitet vode koja se koristi za napajanje ribnjaka,
- gustina nasada,
- vrste hrane, itd.

Određivanje tipa i veličine aeratora zavisi od konkretnog slučaja, odnosno ribnjaka. Osnovni zadatak aeratora je da u ribnjaku poveća sadržaj RK na dovoljnoj površini i tokom nekoliko časova (obično pred zoru), kako ne bi došlo do ugibanja riba. U praksi bi trebalo uključiti aerator već kad sadržaj RK padne ispod 3 mg/l i držati ga uključenim dok sadržaj RK ne pređe 4 mg/l. Praksa uključivanja aeratora tek kada RK dostigne niže vrednosti npr manje od 2 mg/l radi smanjivnja troškova je vrlo rizično i nepovoljno se odražava na zdravlje ribe.

U proizvodnji kanalskog soma u SAD, važi okvirno pravilo, da je za dodatnu aeraciju dovoljno 1,5 kW/ha. U našoj praksi se najčešće koriste površinski aeratori sa propelerom, zatim aspirator-aeratori, a ima nešto i sistema sa raspršivanjem vazduha. Što se veličine aeratora tiče, pokazalo se, da je 1-2 kW/ha dovoljno.

Mesto postavljanja aeratora u ribnjaku treba tako izabrati, da se aeracija vode vrši u delovima ribnjaka gde se riba obično skuplja kada nastupi nedostatak RK. Aeratore koji sem obogaćivanja vode kiseonikom stvaraju i vodenu struju, treba postaviti na sredini najduže stranice ribnjaka, nekoliko metara od obale. Na taj način će aerator (ili grupa aeratora) proizvoditi vodenu struju koja će uspostaviti cirkulaciju u većem delu ribnjaka, pa će riba lako naći delove sa najviše RK.

Postavljanje aeratora u ugao, te njegovo usmeravanje dijagonalno proizvodi slabu cirkulaciju, dok postavljanje aeratora dalje od obale, u npr. centar ribnjaka iziskuje veće troškove instalacije. Aeratore koji ne proizvode vodenu struju treba koristiti za manje ribnjake, bliže ulivu vode, kao i na mestima gde se obično skuplja veća količina ribe.

Što se veličine ribnjaka tiče, na kojima ima smisla uvesti prinudnu aeraciju, treba istaći, da je bilo koje mehanizovanje radnog procesa, uspešnije na manjim ribnjacima. Veliki ribnjaci su nepovoljni za intenziviranje proizvodnje zbog više razloga među kojima su: različita dubina na različitim mestima, lakši pristup grabljivim pticama, često neuniformna pedološka podloga velikih ribnjačkih jezera, što sve vodi ka jako teškoj kontroli proizvodnog procesa.

Sa druge strane na malim ribnjacima su fizičke i hemijske osobine vode u velikoj meri iste po celoj površini, pa je kontrola i održavanje lakše. Granica u veličini ribnjaka na kojima bi imalo smisla koristiti aeratore je do 10 ha za dodatnu i urgentnu aeraciju, dok za stalnu aeraciju površina mora biti još manja.

## 5. ZAKLJUČAK

U našoj zemlji šaran se gaji u sistemu poluintenzivnog uzgoja, a u novije vreme i u kombinovanom prelaznom sistemu poluintenzivnog ka intenzivnom uzgoju.

Svako povećanje proizvodnje šarana po jedinici površine (kg/ha) praćeno je sa pogoršanjem kvaliteta vode. Pri promeni parametara kvaliteta vode izvan dozvoljenih granica mora se reagovati na neki od raspoloživih načina. To znači da bilo koja dalja intenzifikacija radnog procesa mora u sebe da uključi i primenu uređaja za obogaćivanje vode kiseonikom – aeratorima.

Pravilan izbor aeratora podrazumeva poznavanje potreba gajene ribe, fizičko-hemijskih uslova u ribnjačkoj vodi sa jedne strane, i karakteristika rada različitih vrsta aeratora sa druge strane. Za koji tip, veličinu i broj aeratora će se uzgajivač šarana opredeliti zavisi od konkretnog slučaja i mogućnosti uzgajivača.

## LITERATURA

- [1] Bohl, M. (1982): *Zucht und Produktion von Süsswasserfischen*, Muenchen.
- [2] Čanak, S. (1999): *Tehničko-tehnološka rešenja izgradnje, održavanja i eksploatacije šaranskih ribnjaka*, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Zemun, Beograd.
- [3] Haas, E., Menzel, A. (1997): *Der Karpfenteich und seine Fische*, Leopold Stocker Verlag, Graz.
- [4] Hristić, Đ., i Bunjevac, I. (1999): *Gajenje slatkovodnih riba*, Drugo, dopunjeno izdanje, International Contact Agency, Beograd.
- [5] Jensen, G., Bankston, J., Jensen and John, W. (1989): *Pond aeration - types and uses of aeration equipment*, Texas Agricultural Extension Service.
- [6] Livojević, Z. (1976): *Mehanizacija u ribnjačarstvu*, Ribarstvo Jugoslavije 3: 54-59, Zagreb.
- [7] McGee, M. and Cichra, C. (1991): *The Role of Aeration in Pond Management*, Florida Cooperative Extension Service.

## DEVICES FOR OXYGEN CONTENT INCREMENT IN WARM WATER FISH PONDS

Stevan Čanak<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>2</sup>, Goran Topisirović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Ribnjak" - Banatska Dubica

<sup>2</sup> Faculty of Agriculture - Belgrade

**Abstract:** Successful and high yield warm water fish production (mostly carp) is mainly limited by the content of dissolved oxygen in the water. Oxygen content in fish pond water varies according to daily and seasonal fluctuations, depending on different factors. Less of oxygen influences the fish health status and yield. From those reasons is very important to monitor the oxygen content continuously and to apply appropriate methods of oxygen content increment when necessary. One of those methods for maintaining the optimal oxygen content is applying of modern devices - aerators.

Water aeration is process of forced, mechanical mixing of water and air, which increasing the oxygen content in the water. Aeration can be applied by different methods, but originally this means application of specially designed devices for water aeration.

**Key words:** aerators, fish-ponds, oxygen, water.