

# BIOFILTRE CU RECIRCULARE SUB FORMĂ DE INSULE PLUTITORE - PRINCIPII OPERAȚIONALE ȘI CONSTRÂNGERI DE DURABILITATE

Dr. Radu POPA<sup>1</sup>, Prof. Dr. Vily Marius CIMPOIASU<sup>2</sup>,  
Dr. Ioana Corina MOGA<sup>3</sup>, Sl. Dr. Vasile Daniel GHERMAN<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> River Road Research, 2440 Sheridan Dr., Tonawanda, NY, 14150, SUA.

<sup>2</sup>University of Craiova, Faculty of Horticulture, Biology and Environmental Engineering Department, A.I. Cuza Street, no 13, RO 200585, Craiova, Romania.

<sup>3</sup>DFR Systems S.R.L., Drumul Taberei Street, no 48, Bl. G2/3, Ap. 2, Sector 6, București, Romania.

<sup>4</sup>University Politehnica of Timisoara, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydrotechnics, Spiru Haret Street, RO300023, Timisoara, Romania.

\* vasile.gherman@upt.ro

**REZUMAT.** Biofiltrele cu recirculare sub formă de Insule plutitoare (BRIP) sunt o tehnologie promițătoare pentru curățarea unor volume mari de apă care transportă o combinație diversă de poluanți cu concentrații la nivel de prag toxic. Spre deosebire de zonele umede construite, care doar transferă și sechestrează poluanții în diferite părți ale ecosistemului, BRIP pot ajuta la îndepărtarea poluanților din mediul respectiv. Spre deosebire de filtrele tipice cu insulă plutitoare, BRIP au circulație activă a apei prin paturile plantelor pentru o eficiență sporită. În condiții normale de funcționare într-un climat temperat, paturile BRIP sunt desfășurate primăvara și colectate la sfârșitul sezonului de creștere a plantelor. Metodele care pot fi teoretic utilizate pentru procesarea biomasei recoltate includ uscarea, digestia anaerobă, compostarea, producerea de bioetanol, însilozarea, peletizarea, producția de celuloză, piroliza și incinerarea. Previzionăm că BRIP vor găsi aplicații în îndepărtarea unor poluanți persistenți precum metale grele, microplastice, derivați din plastic, îngrășăminte, pesticide, PCBs și PFAS. Se preconizează că biofiltrele BRIP pot găsi aplicații în recuperarea macronutrienților pentru îngrășămintele organice, în tratarea efluenților de mare volum cu poluanți la nivel apropiat de pragul toxic, detoxifierea metalelor grele, și efluenții lichizi de canalizare, din creșterea animalelor și în curățarea mediului. Cele mai importante impacturi asupra mediului prezise pentru sistemele de tip BRIP sunt pierderi de apă prin evapotranspirație, schimbările în habitat și biodiversitate și modificările concentrațiilor de nutrienți.

**Cuvinte cheie:** Poluare, Insule plutitoare, Plante de apă, Biofiltru, Sustenabilitate.

**ABSTRACT.** Recirculated floating island biofilters (BRIP) are designed for clean-up large volumes of water carrying pollutants at threshold-level concentrations. In temperate climate conditions the BRIP systems are only deployed during plant growth season. The resulting phytomass is harvested and may be post-processed by a variety of methods such as drying, anaerobic digestion, composting, bioethanol, ensiling, palletization, pulp production, pyrolysis, and incineration. It is predicted that BRIP systems can find applications in removing persistent pollutants such as heavy metals, microplastics, soluble plastic derivatives, fertilizers, pesticides and pfas. BRIP systems are predicted to find applications in reclamation of macronutrients, treatment of high-volume effluents with threshold level pollutants, metal detoxification, treatment of sewage fluids and environmental cleanup. Most notable environmental impacts of BRIP are predicted to be water loss by evapotranspiration, changes in habitat and biodiversity and changes in the concentration of nutrients.

**Keywords:** Pollution, Floating islands, Water plants, Biofilter, Sustainability.

## 1. INTRODUCERE

Poluarea apei a crescut la nivel mondial atât în ceea ce privește cantitatea totală de poluanți cât și în diversitatea acestora (Strokal et al., 2021). Tehnologiile convenționale de tratare a apei sunt mai eficiente atunci când poluanții au o concentrație mare

(Zolkefli et al., 2020). Adesea însă poluanții sunt prezenți la concentrație foarte apropiată de prag toxic, adică peste limitele de siguranță, dar totuși prea mici pentru un tratament eficient din punct de vedere al costurilor (Jones et al., 2022). Din acest motiv, majoritatea metodelor de tratare a apei devin ineficiente pentru aplicații de epurare a mediului în

volume mari de apă (cum ar fi râuri, lacuri mari, ape subterane, apă de mare). O astfel de combinație larg răspândită astăzi este un exemplu tipic de poluare remanentă; prea costisitoare pentru a fi remediată prin metode convenționale, dar cu consecințele care se agravează dacă sunt ignorate. În astfel de cazuri, strategia comună este reducerea emisiilor, curățarea localizată a mediului în zonele în care are loc cea mai mare acumulare de poluanți, barierele de poluare și lăsarea „mamei natură” să se ocupe de restul.

Cu toate acestea, curățarea naturală nu funcționează întotdeauna și se vor acumula numeroase efecte secundare și probleme cronice. În plus, unii poluanți sunt prezenți mult timp în natură pentru că sunt foarte stabili (unii numiți „nemuritori”, alții „substanțe chimice pentru totdeauna”). Exemple includ metale grele, materialele plastice, hexafluorura de sulf, PFAS și radioizotopii (Ghangrekar, 2022). Nici o economie nu este suficient de puternică pentru a curăța o astfel de poluare care s-a extins deja pe spații naturale largi, făcând unele forme de poluare a mediului ireversibile (Macleod et al., 2021). Avem nevoie de strategii mai bune pentru a face față efluenților de volum mare care transportă poluanți cu niveluri de prag toxic și metode care pot fi utilizate și pentru curățarea mediului în cazurile de poluare remanentă și poluanți „nemuritori”. În mod ideal, ar trebui să găsim tehnologii de tratare a apei care sunt eficiente pentru a elimina o mare diversitate de poluanți de prag toxic la costuri reduse și care pot fi implementate în zone îndepărtate cu acces limitat la rețelele electrice. În acest sens, soluțiile ecologice sunt de preferat (Elbasiouny et al., 2021).

Comunitățile vegetale au o fiziologie complexă și pot absorbi, imobiliza sau neutraliza o mare diversitate de poluanți, chiar și atunci când aceștia sunt prezenți în concentrații scăzute. Din acest motiv, fito-remedierea (tratarea apei cu plante) este adesea implementată în proiectele de epurare a apelor uzate (Ruchkinova și Shchukin, 2017) și de curățare a mediului (Michael, 1982). Costurile operaționale ridicate rămân totuși principalul obstacol pentru extinderea la scară largă a fito-remedierii. Aceste costuri provin în principal din dimensiunile mari ale biofiltrelor necesare, raportat la volumul de apă de tratat, precum și din resurse considerabile necesare recoltării biomasei vegetale curate și a transportului acesteia la instalații de procesare.

Există două tipuri principale de filtre cu macrofite pentru tratarea de poluanți din rezervoare mari de apă: paturi filtrante pe mal și paturi plutitoare (Fig. 1.1). Paturile filtrante pe mal au avantajul că poate fi recirculată apa cu poluanți prin comunitatea de plante. Dezavantajul principal al acestui tip de filtru provine din costurile ridicate de colectare a biomasei din teren cât și costuri prohibitive de colectare a

biomasei subterane. În esență aceste sisteme de filtrare nu permit scoaterea poluanților din ecosistem la costuri rezonabile. Insulele plutitoare permit colectarea de biomasă la prețuri mici, ceea ce include atât biomasa emersă cât și cea submersă. Dar, biofiltrele plutitoare convenționale sunt pasive, ceea ce înseamnă că apa nu este circulată activ prin filtru. Această filtrare se bazează strict pe difuzie ceea ce limitează eficiența insulelor plutitoare și mărește suprafața necesară. În ciuda acestor limitări, biofiltrele cu macrofite emerse au totuși avantaje în fitoremediere și au fost utilizate frecvent pentru curățarea apelor uzate și a mediului în tratamente pentru fosfor, azot, potasiu, substanțe volatile, oxidarea metanului, metale grele, DBO și COD (Chang et al., 2017; Syed et al., 2017; Brown și colab., 2018; Jia și colab., 2022).

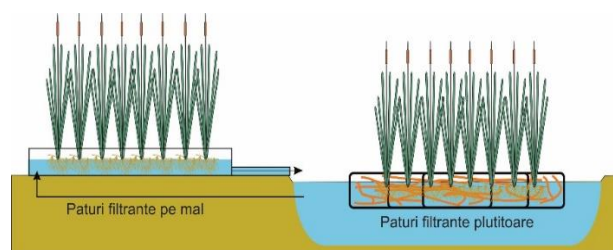


Fig. 1.1. Două tipuri principale de biofiltre cu plante macrofite emerse. Tipul 1 = Paturi filtrante pe mal prin care se poate asigura o circulație activă de apă. Tipul 2 = Paturi filtrante plutitoare cu transfer pasiv de nutrienți către biomasa submersă.

În această lucrare explorăm ideea combinării biofiltrelor cu insulă plutitoare cu recircularea activă a apei prin filtru. Acestea se numesc biofiltre cu recirculare sub forma de insule plutitoare (BRIP). La sfârșitul fazei de creștere a plantelor, fitomasa este recoltată și apoi procesată. Scopul BRIP-urilor este de a deveni o metodă durabilă de tratare a unor volume mari de apă care este contaminată cu o mare varietate de poluanți la nivel de prag toxic. Recirculația activă a apei prin intermediul BRIP-urilor le va face mai eficiente în acumularea de poluanți și va scădea suprafața insulelor plutitoare necesare în raport cu volumul de apă a fi tratată.

Care sunt principiile, cerințele și limitările biofiltrelor BRIP? Pare evident că circulația activă a apei va crește complexitatea sistemului și nevoile de energie. Dar, vor depăși beneficiile obținute costurile adăugate? Ce alte consecințe pot fi anticipate la extinderea tehnologiei BRIP?

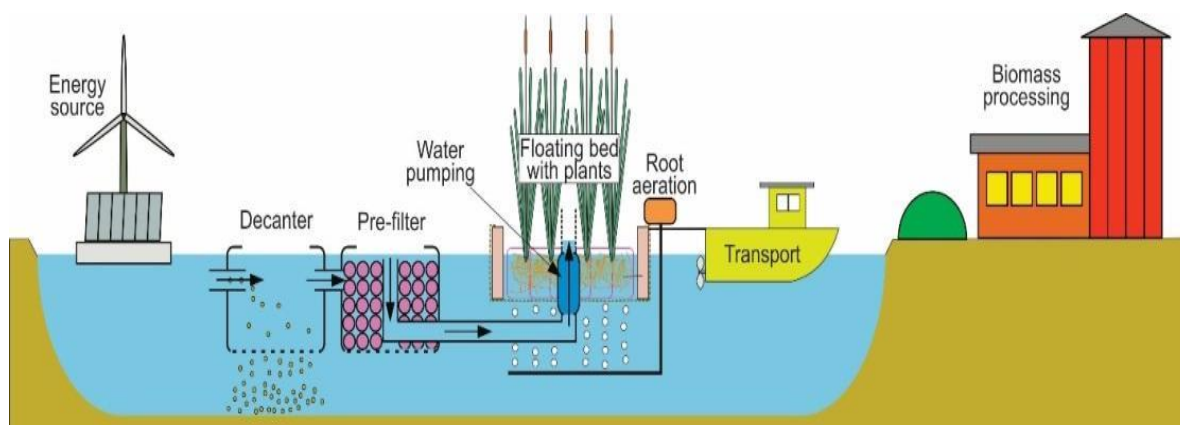
## 2. MATERIALE ȘI METODE

Structura de bază și funcționarea unui fitofiltru BRIP este prezentată în Fig. 2.1. Acesta include subsisteme pentru alimentarea cu energie, circulația apei, decantarea și prefiltrarea apei, aerare, paturi

## BIOFILTRE CU RECIRCULARE SUB FORMĂ DE INSULE PLUTITORE – PRINCIPII OPERAȚIONALE

plutitoare cu plante, transportul apei și procesarea biomasei. Principala diferență față de biofiltrele convenționale cu insulă plutitoare (Oliver 1982; Mallison și colab., 2001) este că în sistemele de tip BRIP apa este circulată activ prin patul plutitor. Aceasta crește performanța de biofiltrare și scade suprafața filtrului în raport cu volumul de apă tratată. Proiectarea secțiunilor de decantare și prefiltrare depinde de tipul și abundența suspensiilor din sursa de apă. Acești doi pași (decantare și prefiltrare) urmăresc să limiteze supraîncărcarea patului BRIP cu solide grele (și posibil să-l scufunde) înainte ca biomasa vegetală să crească suficient pentru recoltare. Supraîncărcarea spațiilor interstițiale ale patului cu solide minerale va reduce eficacitatea BRIP, performanța de flotație și costul recoltării și navigației și va supraîncărca secțiunea de procesare a biomasei cu depozite minerale inerte. Pentru a ajuta la reducerea costurilor cu energie și la independența

rețelei electrice se poate folosi energia regenerabilă locală. Cea mai mare parte a energiei va fi cheltuită pentru circulația apei, aerare și transportul și procesarea biomasei. Aerarea îmbunătățește flotația dar și capacitatea unor plante acvatice de a absorbi poluanți solubili. Apa din jurul patului BRIP trebuie să fie suficient de adâncă pentru a le menține în stare de plutire și pentru a evita ca rădăcinile plantelor să se ancoreze în sediment. Plutirea liberă este cheia pentru navigarea întregului sistem de paturi BRIP. Într-un climat temperat, biofiltrele BRIP vor funcționa numai în timpul sezonului de creștere a plantelor. La sfârșitul sezonului, sau înainte ca paturile BRIP să se scufunde din cauza greutății acumulate, paturile sunt tractate către o stație de procesare. Aici, acestea sunt transferate pe mal, drenate, fragmentate, iar biomasa este apoi redusă în volum și greutate. Această reducere ajută la concentrarea poluanților în forme mai ușor de gestionat.



**Fig. 2.1.** Părțile principale ale unui Biofiltru cu Recirculare sub formă de Insule Plutitoare (BRIP). Acest tip de filtru menține capacitatea de a extrage de poluanți, dar adaugă și două avantaje importante: circulație activă de apă prin sistemul radicular folosind surse de energie locală regenerabilă și costuri mici scăzute de recoltare a fitomasei. Foarte important, această colectare include și fitomasa submersă care la plantele de apă cu părți emerse poate reprezenta până la 50 % din biomasa totală.

### 3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Plantele de zone umede sunt considerate a fi unele dintre cele mai bune candidate pentru BRIP. Aceste plante sunt bine adaptate la a avea rădăcini scufundate continuu, concentrație scăzută de oxigen dizolvat în apă și unele dintre ele chiar tolerează anaerobioză radiculară severă și valori negative ale Eh-ului. În BRIP, astfel de condiții pot să apară atunci când energia solară este folosită ca sursă de energie și deci apa este aerată doar în timpul zilei. De asemenea, sunt recomandate specii de plante care cresc rapid și acumulează concentrații mari de poluanți într-un singur sezon. În proiectele de zone umede construite pentru tratarea apei, scopul principal al biomasei vegetale este de a immobiliza poluanții în anumite zone scăzând în același timp concentrația acestora în altă parte (adică, să acționeze ca bariere de poluare). Din acest motiv, cantitatea netă de poluanți per ecosistem

nu se schimbă. În contrast, în sistemele de tip BRIP scopul este de a acumula poluanți într-o biomasă care poate fi ulterior recoltată cât mai ușor posibil (adică, pentru a scoate efectiv poluanții din ecosistem).

Insulele plutitoare sunt flotante; prin urmare, trebuie să îndeplinească cerințele de bază pentru flotație, stabilitate verticală și navigație. De exemplu, acestea trebuie să fie stabile în ape agitate, în condiții de vânt și în timpul transportului. Principalii controlori care stabilesc o lățime minimă pentru paturile plutitoare BRIP sunt masa și volumul sistemului, suprafața expusă la vânt a plantelor și distribuția greutății deasupra și sub nivelul apei. Dacă secțiunea transversală este prea mică în raport cu înălțimea plantelor, mănunchiul de plante se va răsturna. Ca regulă simplă, cea mai scurtă secțiune transversală a unei insule plutitoare stabilă trebuie să fie egală sau mai mare decât înălțimea medie a centrului de greutate a părții emerse a plantelor. La selectarea plantelor,

exemple de plante scurte de apă dulce din zonele umede (< 1 m înălțime) includ *Acorus calamus*, orez, papura pitică și creson. Plantele de apă dulce de mărime medie (între 1 și 3 m înălțime) sunt papirusul, papura cu frunze înguste și late, stuf și specii de bambus scurt. Exemple de plante înalte de zone umede (> 3 m înălțime) includ specii de bambus uriaș, unele specii de stuf, sălcii și plopii. Pentru aplicații în apă salmastră și marine, pot fi utilizate plante halofite, cum ar fi *Spartina sp.*, lavandă de mare, iarbă de marram și mangrove.

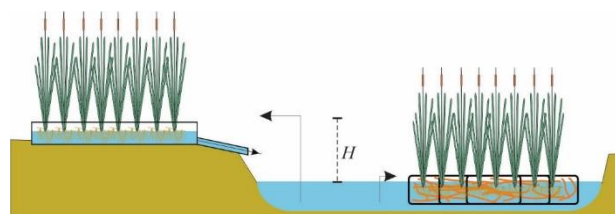
La construirea paturilor plutitoare (adică substratul fizic care găzduiește plantele), trebuie să se acorde preferință materialelor nepoluante cu costuri reduse, care se descompun ușor împreună cu biomasa vegetală. Astfel de materiale pot include baloți de paie, saci de iută umpluți cu aşchii de lemn, mănunchiuri de stuf, crenguțe sau coceni de porumb. Unele plante, cum ar fi stuful, construiesc insule plutitoare naturale prezente în întreaga lume (Mallison et al., 2001; Hubbard et al., 2004). Exemple de plante care vor reface tulpinile din rădăcini și rizomi de pe insulele naturale includ stuf, papura, papirus și bambus. Dezavantajul insulelor plutitoare construite este că trebuie să fie refăcute în fiecare an, consumând astfel materiale, forță de muncă, energie și timp. Dezavantajul insulelor plutitoare naturale este că în climatele temperate ele trebuie menținute vii iarna.

În timpul sezonului cald, partea de vegetație aeriană a unui BRIP va crește deasupra straturilor plutitoare. Biomasa și poluanții se acumulează atât în partea aeriană, cât și în cea scufundată a BRIP. În unele cazuri, acumularea de biomasă în insulele plutitoare va fi de peste 400 de tone metrice greutate umedă pe ha. În unele plante de apă conținutul de apă este de peste 95%. Randamentul biomasei depinde de mulți factori, cum ar fi plantele utilizate, nutrienții din apă, temperatura și aerarea rădăcinilor. Pentru unele plante cu creștere rapidă care se pot regenera din muguri bazali, cosirea repetată a părților aeriene va crește randamentul total de biomasă. Totuși, astfel de acțiuni trebuie să ia în considerare și costurile de tăiere și transport a biomasei recoltate. Acest lucru este contrar principiului BRIP în care biomasă, în loc să fie transportată ca atare, este plutită (adică, navigată în stare de plutire) către locul de procesare.

Capacitatea sistemelor BRIP de a absorbi poluanți nu poate fi anticipată în mod precis; trebuie determinată de la caz la caz. Această eficiență va varia în funcție de specia de plante, de tipul și concentrația de poluanți, alte proprietăți ale apei precum și vremea. Unele plante din zone umede tolerează anoxia rădăcinilor, dar cresc mai bine atunci când rădăcinile sunt aerate. Plantele de apă absorb adesea nitratul-N mai bine decât amoniacul-N și multe plante de apă vor absorbi și substanțe organice dizolvate.

Fracțiile de ulei, solvenții și detergenții în exces vor afecta negativ fiziologia biofiltrelor de tip BRIP.

Conceptul de biofiltru BRIP presupune că apa este circulată în mod activ, iar rădăcinile sunt aerate pentru cel puțin o parte a ciclului zi/noapte. Un mare avantaj al filtrelor plutitoare este diferența mică de înălțime la care trebuie pompată apa (Fig. 3.1). Filtrele pe mal necesită pompe de apă cu presiune mai mare, și care în consecință ridică foarte mult costurile de pompare a apei.



**Fig 3.1.** Înălțimea de pompare a apei este un agent limitativ în eficientizarea diferitelor tipuri de filtre cu macrofite. Macrofitele crescute pe mal necesită pompe de apă cu presiune mai ridicată.

În opoziție, filtrele cu macrofite plutitoare (BRIP) pot fi alimentate cu apă la presiune foarte scăzută (de exemplu: 0.02-0.03 atm.).

Datorită diferenței mici de înălțime dintre apa înconjurătoare și partea de sus a patului plutitor (de aproximativ 20-30 cm), circulația apei se poate face cu echipamente de joasă presiune. Energia pentru astfel de sisteme este ușor de obținut cu panouri solare și mori eoliene. Pentru o eficiență ridicată, care este o condiție cheie pentru sustenabilitatea BRIP-urilor, este recomandat a fi folosite pompe de apă cu înălțime de pompare redusă și pompe de aer de joasă presiune. Pentru circulația apei, cele mai bune sunt pompele cu debit axial (cunoscute și sub numele de rotor - elice sau pompe cu turbină verticală) și pompe de transport asistat cu aer (cum ar fi pompele Venturi, gheizer sau ejector pneumatic). Aceste pompe sunt eficiente la transferul unor debite mari de apă, la costuri reduse și la o înălțime mică. Pompele de apă de înaltă presiune, cum ar fi pompele centrifuge (cunoscute și ca pompe cu debit radial) sunt foarte comune în transferul de apă, dar nu cele mai eficiente pentru BRIP. Blocarea potențială cu suspensii și cu solide grele face ca pompele pe bază de piston să fie de asemenea mai puțin potrivite pentru BRIP. Eficiența energetică este necesară în aplicații la scară largă, cum ar fi proiectele de remediere a mediului.

Nu există o soluție ușoară de stocare a energiei electrice peste noapte, pentru a permite circulația continuă a apei prin biofiltrele BRIP folosind energie solară. O BRIP la scară largă va fi probabil o combinație de rețele solare și mori eoliene pentru a exploata ambele beneficii (previzibilitatea crescută a energiei solare pe de o parte, și eficiența mai mare a energiei eoliene pe de altă parte). Oricum, în cazul energiilor regenerabile, vor exista episoade de

## BIOFILTRE CU RECIRCULARE SUB FORMĂ DE INSULE PLUTITORE – PRINCIPII OPERAȚIONALE

întrerupere când circulația și aerarea apei nu va avea loc. Din acest motiv, este de preferat să fie selectate plante care pot tolera episoade de 12-16 ore de stagnare a apei și lipsă de aerare. Modelarea ar trebui să fie, de asemenea, utilizată pentru a realiza recircularea întregului volum de apă dintr-o sursă țintă de mai multe ori prin filtru în timpul unui sezon de creștere sau până când obiectivele de reducere a poluanților au fost atinse. Energia necesară pentru a circula apa în biofiltrele BRIP este:

$$E = \frac{V * \rho * H * g * P_{eff} * HPM * Luni}{3.6 \times 10^6} \quad (3.1.)$$

unde:

$E$  = în kwh;

$V$  = volumul total de apă circulat prin filtru într-un sezon de creștere ( $L$ );

$\rho$  = densitatea apei ( $1 \text{ kg L}^{-1}$ );

$H$  = înălțimea de pompare (aprox. la 0,25 m la acest model);

$g$  = accelerația gravitațională ( $9,81 \text{ m s}^{-2}$ );

$P_{eff}$  = randamentul pompei (peste 80% la unele pompe cu debit axial la  $< 1 \text{ m}$  înălțime);

$HPM$  = ore de pompare pe lună (zece ore de lumină naturală \* 30 de zile = 300 de ore pe lună); și

$Luni$  = luni de funcționare pe an (aprox. șase luni în climat temperat).

Pe baza celor de mai sus, un lac de 1 ha care are 2 m adâncime, recirculat de cinci ori prin filtru într-un sezon de creștere și folosind panouri solare cu o eficiență medie de 100 wați  $\text{m}^{-2}$  în 10 ore. de funcționare zilnică ar necesita o stație BRIP cu panouri solare de aproximativ 110  $\text{m}^2$ . Aceasta înseamnă că rețeaua solară ar fi echivalenta cu aproximativ 1% din suprafața lacului. Cantitatea totală de energie utilizată este de 20.000 kwh pe sezon. La un cost de 0,11 \$/kwh, costurile cu electricitatea din acest exemplu sunt de 2.000 \$ pe sezon dacă energia ar fi fost obținută din rețeaua electrică. Prin urmare, această tehnologie este prea costisitoare pentru a folosi rețeaua electrică și, prin urmare, trebuie să se bazeze pe surse ieftine locale de energie regenerabilă. Se recomandă o combinație de rețele solare și morile eoliene precum și amplasarea sau mutarea BRIP-urilor în calea apei aflată în circulație.

La sfârșitul sezonului de creștere, nivelul apei trebuie să fie suficient de ridicat pentru a menține insulele în stare de plutire, cu rădăcini care nu ating fundul apei. Dacă rădăcinile devin ancorate de sediment, există șanse să nu mai fie posibilă recoltarea insulelor fără a le fragmenta în bucăți. În studii preliminare cu BRIP de papură și papirus, s-a constatat că o adâncime a apei de 60-70 cm este suficientă pentru a menține insulele în stare de plutire.

Pentru transport, multe insule plutitoare pot fi legate într-un lanț și navigate ca o plută către o unitate de procesare. Aici vor fi transferate la țârm, drenate de apă interstițială, fragmentate și procesate în continuare. Metodele de procesare a fitomasei BRIP pot include uscarea, digestia anaerobă, compostarea, producția de etanol, însilozarea, peletizarea, producția de celuloză, piroliza și incinerarea.

## 4. CONCLUZII

Biofiltrele BRIP sunt o soluție promițătoare pentru curățarea unor volume foarte mari de apă care transportă o combinație diversă de poluanți la concentrații de prag toxic. Spre deosebire de zonele umede construite care redistribuie poluanții în anumite părți ale ecosistemului, BRIP-urile ajută la eliminarea netă a poluanților din ecosistem. Spre deosebire de filtrele tipice cu insule plutitoare, BRIP-urile au circulație activă a apei prin paturile plantelor pentru o eficiență sporită. Aceste funcții adăugate BRIP-urilor, măresc însă și complexitatea sistemului, ceea ce necesită mai multă înțelegere pentru a atinge o stare de sustenabilitate. În opinia noastră, cele mai importante complicații adăugate sistemelor BRIP provin din consumul crescut de energie, sedimente minerale care pot bloca și scufunda paturile de plante și nevoia de recoltare și procesare a biomasei.

În BRIP, costul energiei pentru circulația apei este de aproximativ 1.000 până la 2.000 USD pe ha per sezon de creștere (presupunând o adâncime medie a apei de 2 m și nivelul de recirculare a apei de 5-10x pe sezon). În aceste condiții, sistemul de panouri solare care să susțină sistemul va fi de 1-2% din suprafața unui lac ce urmează a fi tratat. Menținerea costurilor la un nivel scăzut necesită utilizarea unor pompe de apă care sunt foarte eficiente, cu înălțime redusă și robuste la fluxul de sedimente. În opinia noastră; cele mai potrivite sunt pompele axiale și pompele cu transport bazat pe aer. Analiza noastră a indicat de asemenea că cel mai bun mijloc de a furniza energie regenerabilă ieftină potrivită pentru BRIP este o combinație de rețele solare și mori eoliene. Pentru a optimiza procesarea apei într-un rezervor staționar (de exemplu, un lac cu circulație slabă) se recomandă relocarea periodică a BRIP-urilor peste lac.

În condiții normale de funcționare, într-un climat temperat, paturile BRIP sunt desfășurate primăvara și colectate la sfârșitul sezonului de creștere a plantelor. Acumularea prematură a sedimentelor minerale în paturile de creștere poate duce la pierderea flotabilității și va crește cheltuielile din cauza necesității de recoltare prematură. Supraîncărcarea straturilor plutitoare cu sedimente minerale va reduce și eficiența procesării biomasei. În aceste scopuri, este

important ca BRIP-urile să includă și subsisteme de limitare a sedimentării și subsisteme prefiltru. Acest lucru se datorează faptului că funcția principală a BRIP-urilor este de a procesa poluanți solubili, suspensii fine și microplastice de densitate scăzută. Metodele care pot fi utilizate pentru prelucrarea biomasei recoltate depind de compoziția în poluanți a biomasei vegetale. Aceste metode includ uscarea, digestia anaerobă, compostarea, bioetanolul, însilozarea, paletizarea, producția de celuloză, piroliza și incinerarea. Anticipăm că BRIP-urile vor găsi aplicații în îndepărtarea de poluanți precum metale grele, microplastice, derivați solubili din plastic, îngrășăminte, pesticide, PCBs și PFAS. Poluanți precum fracțiuni de ulei, solvenți și detergenți în concentrație mare sunt susceptibili să afecteze funcționarea BRIP-urilor.

Se crede că biofiltrele BRIP își pot găsi aplicații în tratarea efluenților cu volum mare cu poluanți la nivel de prag toxic; detoxifierea metalelor a efluenților minieri; curățarea apelor uzate și a efluenților de zootehnie și curățarea mediului. Extinderea utilizării BRIP la curățarea mediului necesită studierea mai întâi a efectelor extinderii asupra modificărilor costurilor operaționale și a logisticii mobilității pe teren, deoarece BRIP-urile sunt grele și trebuie navigate în stare de plutire. Sustenabilitatea financiară rămâne cel mai important factor controlor atunci când se evaluează meritele unei operațiuni de curățare a mediului cu BRIP. Credem că cu BRIP este posibilă curățarea mediului pentru < 2.000 USD per ha în lacuri cu adâncime medie de 2 m. Cele mai importante impacturi asupra mediului prezise pentru BRIP sunt pierderile de apă prin evapotranspirație, schimbări în habitat și biodiversitate și modificările concentrației de nutrienți ai apei.

## Mulțumiri

Cercetarea a fost realizată în cadrul proiectului: PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0189; CF 103 PTE /23.06.2022 "Implementarea multiplexoarelor CMOS într-o stație de control a calității apei pentru reducerea costurilor în acvacultură recirculantă (Acronim: RASCONTROL)", finanțat de Ministerul Educației și Cercetării din România, CCDI – UEFISCDI.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Boyer T., Sindelar R.J., Arden S., Persaud A., Brandt-Williams S., *A floating island treatment system for the removal of phosphorus from surface waters*. 4(5):597-609, Engineering, 2018.
- [2] Chang Y., Cui H., Huang M., He Y., *Artificial floating islands for water quality improvement*, Environmental Reviews, 25(3):350-357. <https://doi.org/10.1139/er-2016-0038>, 2017.
- [3] Elbasiouny H., Darwesh M., Elbeltagy H., et al., *Ecofriendly remediation technologies for wastewater contaminated with heavy metals with special focus on using water hyacinth and black tea wastes: a review*. Environ Monit Assess 193, 449. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09236-2>, 2021.
- [4] Ghangrekar M.M., *Classification and Quantification of Major Water Pollutants*. In: Wastewater to Water. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-4048-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-4048-4_5), 2022.
- [5] Jia J., Huang C., Huang Y., Huang F., Xu J., Ni S., Li Z., *Biological contact oxidation and an artificial floating island for black odorous river purification*. Water Supply, 22(9):7158-7171. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.292>, 2022.
- [6] Jones E.R., Bierkens M.F.P., Wanders N., et al., *Current wastewater treatment targets are insufficient to protect surface water quality*. Commun Earth Environ 3, 221. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00554-y>, 2022.
- [7] Macleod M., Arp H.P.H., Tekman M.B., Jahnke A., *The global threat from plastic pollution*, Science, 373(6550):61-65. DOI: 10.1126/science.abg5433, 2021.
- [8] Mallison C., Stoker R.K., Cichra C., *Physical vegetative charact floating islands*, JAquatPlantManag, 39(2), 2001.
- [9] Michael K.O., "Floating islands: a means of fish dispersal in Lake Malawi, Africa". Copeia. 1982 (4): 748-754. doi:10.2307/1444082, 1982.
- [10] Ruchkinova O., Shchukin I., *Phytofilter – environmental friendly solution for purification of surface plate from urbanized territories*, Conference Series Earth and Environmental Science 72(1):012002, DOI:10.1088/1755-1315/72/1/012002, 2017.
- [11] Strokhal M., Bai Z., Franssen W., et al., *Urbanization: an increasing source of multiple pollutants to rivers*. in the 21st century. npj Urban Sustain 1, 24 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00026-w>, 2021.
- [12] Syed R., Saggat S., Tate K., Rehm B.H.A., Berben P., *Assessing the performance of floating biofilters for oxidation of methane from dairy effluent ponds*. Journal of Environmental Quality, 46(2):272-280. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.08.0310>, 2017.
- [12] Zolkefli N., Sharuddin S.S., Yusoff M.Z.M., Hassan M.A., Maeda T., and Ramli N., *A review of current and emerging approaches for water pollution monitoring water*. 12(12):3417; <https://doi.org/10.3390/w12123417>, 2020.

## Despre autor

Dr. Radu POPA

River Road Research, 2440 Sheridan Dr., Tonawanda, NY, 14150, SUA.

Doctor în ecologie la Universitatea din București (București, România). Doctor în microbiologie la Universitatea din Cincinnati (Cincinnati, SUA). Post-doctorat la CalTech (Pasadena, SUA). Cercetare și predare de peste 30 de ani. Domenii: ecologie acvatică, geo-microbiologie, biotehnologii, este inventator de biofiltre cu ticoplancton și cu macrofite. A predat microbiologie, geobiologie, astrobiologie și biotehnologii la Universitatea de Stat din Portland (Portland, SUA) și la Universitatea din California de Sud (Los Angeles, SUA). A fost membru în echipa de cercetare Mars Curiosity Rover a NASA. PI în grant NASA pentru astrobiologie și altele. Conduce o echipă de cercetare la River Road Research (Buffalo, SUA) pentru a dezvolta biotehnologii de reciclare. A publicat: 3 cărți, 8 capitole de carte, >70 articole, total IF 154.178; Indicele Hirsh 22.