

Aplicarea conceptului de servicii ecosistemice în acvacultură. Review.

**Angelica DOBRE^{1,*}, Maria Desimira STROE¹, Mirela CRETU¹, Floricel Maricel
DIMA^{1,2}, Gabriel ION¹**

¹Institutul de Cercetare – Dezvoltare pentru Ecologie Acvatică, Pescuit și Acvacultură
Str. Portului nr. 54, Galați, România

²Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Universitatea “Dunărea de Jos”,
Str. Domnească nr. 111, Galați, România

email: angelica.dobre85@yahoo.com

Abstract

Ecosistemele, prin serviciile lor de furnizare, reglare, susținere și culturale, joacă un rol vital în menținerea echilibrului ecologic și în asigurarea resurselor necesare pentru acvacultură. Integrarea acestor servicii în practicile de acvacultură poate contribui la îmbunătățirea calității apei, reglarea nutrienților, captarea carbonului și protejarea biodiversității. Studiul subliniază necesitatea unei gestionări ecologice și a unor strategii inovatoare pentru a minimiza impactul negativ asupra mediului și a maximiza beneficiile aduse de acvacultură, având în vedere provocările legate de creșterea populației globale și schimbările climatice.

Keywords: Servicii ecosistemice, Acvacultură, Sustenabilitate, Schimbări climatice, Calitatea apei

INTRODUCERE

Raportul Millenium Ecosystem Assesment (MEA, 2005) consideră că oamenii utilizează ecosistemele naturale într-o măsură mai mare decât rata lor de regenerare și că mai mult de 60% din serviciile ecosistemice sunt degradate sau utilizate într-un mod nesustenabil. O mare parte din populația lumii depinde, în termeni de supraviețuire, de modul în care funcționează ecosistemele (Gradinariu, 2012). Deciziile oamenilor, atât individual, cât și la nivel de comunitate, privind utilizarea resurselor, afectează tipul, calitatea și cantitatea serviciilor furnizate de un ecosistem, determinând o realitate deja dovedită: degradarea continuă a sistemelor naturale (Liu, J., et al., 2008; Stuart Chapin III et al., 2009).

Ecosistemele, fie că sunt terestre, acvatice sau marine, reprezintă rețele complexe și interconectate de organisme și mediu fizic, care interacționează în moduri subtile pentru a menține echilibrul natural (Vardan, 2023). Fiecare tip de ecosistem oferă servicii esențiale, cum ar fi purificarea apei, ciclul nutrienților și susținerea biodiversității, care sunt cruciale pentru sănătatea planetei. În acest context, ecosistemele acvatice, de la râuri și lacuri până la oceane,

joacă un rol deosebit de important în furnizarea resurselor naturale esențiale pentru activități umane, inclusiv acvacultura.

Pe măsură ce populația globală continuă să crească, presiunea asupra acestor ecosisteme crește, necesitând soluții sustenabile pentru asigurarea resurselor alimentare. Acvacultura, care depinde direct de sănătatea ecosistemelor acvatice, a devenit o parte vitală a economiei globale, contribuind semnificativ la securitatea alimentară la nivel mondial. Astfel, prin valorificarea responsabilă a serviciilor ecosistemice, acvacultura oferă o sursă crucială de hrană în contextul cererii tot mai mari pentru produse acvatice (FAO, 2018).

În acest context, integrarea conceptului de servicii de mediu în acvacultură devine esențială pentru asigurarea unei dezvoltări durabile și protejarea resurselor naturale.

Lucrarea de față își propune să evidențieze importanța integrării conceptului de servicii ecosistemice în sectorul acvaculturii, subliniind impactul acvaculturii asupra mediului și rolul său în conservarea și îmbunătățirea ecosistemelor acvatice. Prin analiza beneficiilor și potențialului acvaculturii de a susține serviciile ecosistemice, se urmărește conturarea unei perspective asupra modului în care această industrie poate contribui la menținerea echilibrului ecologic și la promovarea unei dezvoltări durabile.

MATERIALE ȘI METODE

Studiul se bazează pe analiza literaturii de specialitate disponibilă pe platformele științifice precum ResearchGate, ScienceDirect și Google Scholar. Sursele includ studii de cercetare, rapoarte ale organizațiilor internaționale și publicații academice relevante pentru acvacultură și conservarea ecosistemelor acvatice.

Cercetarea s-a realizat în august 2024 și s-a concentrat pe termeni-cheie precum „acvacultură”, „servicii de mediu”, „servicii ecosistemice” și funcții conexe (ex. furnizare, reglare, susținere, culturale, filtrare, schimb de carbon, remedierea nutrienților etc.).

Datele au fost extrase din sursele identificate și analizate în funcție de relevanța și calitatea studiilor, având în vedere impactul și aplicabilitatea acestora în domeniul acvaculturii.

Limitările studiului includ disponibilitatea și accesibilitatea unor surse relevante și posibilă subiectivitate în selecția literaturii.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

1. Conceptul general de servicii ecosistemice

În concepția lui Costanza et al, (1996), serviciile ecosistemice se referă la transferurile de materiale, energie și informații din resursele naturale către serviciile furnizate de capitalul construit și capitalul uman, având ca scop generarea bunăstării umane. Raportul european TEEB (2010) le descrie ca ”un link”, o legătură între natură și om, susținând toate domeniile societății umane, de la supraviețuirea individului până la dezvoltarea unei întregii economii globale (Custodio et al, 2019).

Serviciile ecosistemice reprezintă beneficiile tangibile și intangibile pe care ecosistemele naturale le furnizează oamenilor și mediului în care trăim (De Groot și colab., 2002, Chan și colab., 2006, Costanza și colab., 2014). Aceste servicii sunt fundamentale pentru susținerea vieții umane și pentru menținerea sănătății și funcționării ecosistemelor (Costanza et al, 1996). Conceptul de servicii de mediu a apărut ca o modalitate de a evidenția cauzele care

stau la baza degradării mediului în urma utilizării antropice (Pearce, 1998), dar și de a contabiliza impactul uman asupra acestuia (Daily, 1997).

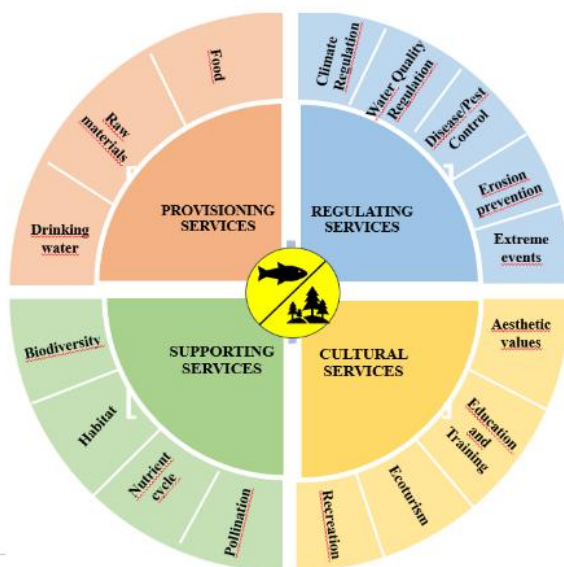


Figura 1 Clasificarea serviciilor ecosistemice (adaptare după TEEB, 2010)

Ținând cont de faptul că serviciile ecosistemice furnizează o gamă variată de beneficii materiale pentru oameni și societate, dar și valori sociale și culturale (MEA, 2005), clasificarea acestor servicii a inclus (Figura 1): servicii de furnizare (precum alimente, apă potabilă, lemn, materiale pentru construcții și medicamente), servicii de reglementare (reglarea climatică, prevenirea inundațiilor și eroziunii, calitatea aerului și a apei), servicii de suport (ciclul nutrienților, polenizarea, biodiversitatea) și servicii culturale (inclusiv recreere și turism, inspirație artistică și legături spirituale cu natura) (Gómez-Baggethun ^{et al, 2010}; Barbier et al, 2009; Ziv et al, 2012)

2. Serviciile ecosistemice în contextul acvaculturii

Acvacultura reprezintă un sector deosebit de semnificativ și în expansiune rapidă în ceea ce privește producția alimentară la nivel global. Strategia **Blue Growth** a Uniunii Europene (Comisia Europeană, 2020) identifică acvacultura drept un sector cu potențial considerabil, capabil să stimuleze creșterea economică în întregul continent și să aducă beneficii sociale prin generarea de noi locuri de muncă. Fiind o componentă esențială a economiei și a securității alimentare, acvacultura interacționează cu mediul înconjurător și contribuie la furnizarea de servicii de mediu vitale pentru societate (Weitzman, 2019), dar și la subminarea lor (Baulcomb, 2013).

Cu toate acestea, după unii autori, expansiunea necontrolată a acestui sector a generat probleme semnificative, precum poluarea apei, degradarea habitatelor naturale și reducerea biodiversității în regiunile afectate (Henriksson et al., 2021; Troell et al., 2014).

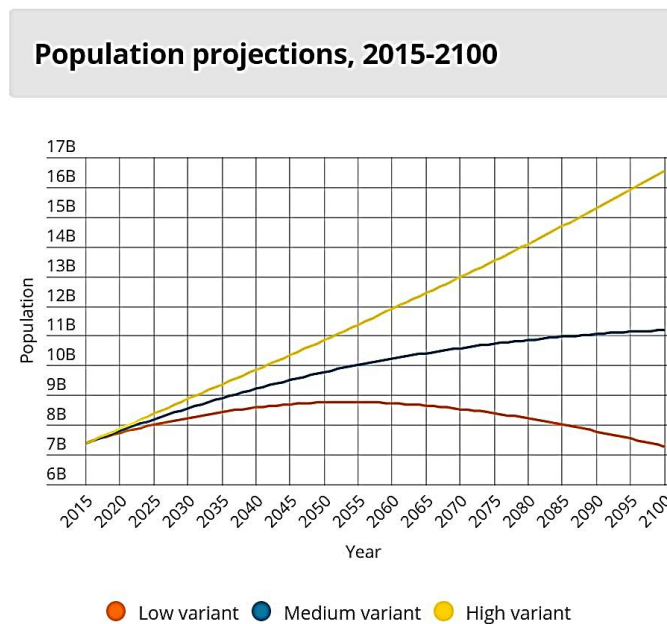


Figura 2 Proiecția mondială privind creșterea populației 2015 – 2100 (Sursa: United Nations Population Fund)

Dezvoltarea urbană și necesitatea creșterii producției pentru a hrăni o populație în creștere conduc la o dezvoltare necontrolată a sectorului. În perioada 1811 – 2011, populația globală a crescut de 7 ori, atingând pragul de 7 miliarde de oameni, iar în 2022 a ajuns la 8 miliarde. Proiecția ONU (Figura 2) sugerează că populația mondială va crește la aprox. 10 miliarde de suflete până în 2050 și se va stabili abia în 2080 la aprox. 10,4 miliarde.

În ultimii ani, s-au făcut progrese semnificative în dezvoltarea unor metode care promovează sustenabilitatea ecologică în acvacultură (Brugère et al., 2018; Alleway, 2019). Overton (2023) și Alleway et al. (2023) au subliniat că, atunci când este practică corect și în locații potrivite, folosind cele mai bune practici, aceasta poate furniza beneficii ecologice semnificative (Mathé & Rey-Valette 2015, Popp et al. 2019), precum furnizarea de habitate, îmbunătățirea calității apei și controlul biologic, reducând astfel riscul impactului negativ asupra mediului.

În acest context, sunt necesare strategii inovatoare care să permită atingerea Obiectivelor de Dezvoltare Durabilă ale Națiunilor Unite, în timp util și în condițiile creșterii demografice. Aceste strategii trebuie să sprijine producția de resurse biologice sustenabile cu un impact minim asupra mediului, să asigure alimente sănătoase, energie durabilă și materiale sigure, contribuind la conservarea biodiversității (Duarte et al., 2022). Această legătură poate fi analizată ca un sistem ce are în vedere stabilitatea economică, generarea de locuri de muncă de înaltă calitate și promovarea unor noi relații între producători, consumatori și sistemele de producție, împreună cu produsele asociate acestora (Turkowski, 2021).

În contextul acvaculturii, conceptul de servicii de mediu a fost integrat din necesitatea de a măsura impactul sectorului asupra mediului (Evans et al, 2017), dar și pentru a constitui baza de suport pentru crearea cadrului legal.

Deși conceptul de “servicii ecosistemice” a apărut prin anii '70, studii privind legătura cu sectorul acvaculturii este relativ recent. Până în 2019, erau relativ puține studiile care se axau pe creșterea speciilor acvatice și beneficiile pe care le furnizează această activitate și majoritatea dintre ele se concentrau în zona asiatică (Weitzman, 2019).

Abia în ultimii ani, a avut loc o explozie studii și cercetări, cel mai probabil datorită: i) expansiunii înregistrate, atât în ceea ce privește producția, dar și consumul de produse acvatice; ii) îngrijorărilor legate de sustenabilitate, concept ce a devenit o preocupare majoră, iar cercetătorii sunt interesați să evalueze cum poate fi gestionată acvacultura pentru a minimiza efectele negative asupra ecosistemelor și a maximiza beneficiile; iii) cu impactul tot mai evident al schimbărilor climatice, există un interes crescut în a înțelege cum acvacultura poate contribui la adaptare și atenuare. Evaluarea serviciilor ecosistemice poate ajuta la informarea politicilor și strategiilor de gestionare a resurselor naturale într-un mod mai eficient.

3. Impactul acvaculturii asupra serviciilor ecosistemice

Impactul pozitiv al acvaculturii asupra serviciilor de mediu este considerabil atunci când sunt implementate practici sustenabile și inovatoare. În ciuda acestui fapt, au apărut probleme ecologice semnificative care au fost amplificate de presă și au rămas în atenția publicului (Tovar et al., 2000, Folke et al., 1998, Pullin, 1993).

De exemplu, producția intensificată de pește este adesea asociată cu densități mari de pește, inputuri ridicate de hrană și antibiotice, urmate de eliberarea hranei neconsumate, ape uzate netratate, substanțe chimice și izbucniri de boli (Da et al., 2011; Anh et al., 2010).

Mai multe lucrări au abordat creșterea creveților ca o amenințare la adresa furnizării serviciilor ecosistemice, conducând, de exemplu, la reducerea zonelor de reproducere (Zavalloni et al., 2014), stocării carbonului (Ahmed și Glaser, 2016) și protecției costiere (Gunawardena și Rowan, 2005). Aceste practici pun o presiune semnificativă asupra funcțiilor ecosistemice și serviciilor ecosistemice (ES), afectând negativ atât mijloacele de trai ale oamenilor, cât și dezvoltarea industriei acvaculturii (Da et al., 2011). Această situație apare adesea din cauza lipsei generale de înțelegere ecologică privind interdependența dintre mediul de suport și operațiunile de acvacultură (Hambrey et al., 2008).

4. Beneficiile aplicării conceptului de servicii ecosistemice în acvacultură

În ciuda imaginii acvaculturii ca industrie consumatoare de servicii de mediu (Alleway et al. 2019), nu este oportun să negăm beneficiile pe care acvacultura le furnizează mediului și societății.

a) Contribuția în dezvoltarea economiei globale și a securității alimentare

În ultimele decenii, impactul acvaculturii asupra mediului a fost intens dezbătut și adesea criticat. Totuși, efectele ecologice ale acvaculturii variază semnificativ în funcție de specia cultivată, intensitatea producției și locația fermei.

Acvacultura a fost inițial dezvoltată pentru a spori securitatea alimentară, nu pentru a afecta negativ mediul. Prin producerea unei surse stabile de fructe de mare sustenabile, acvacultura poate îmbunătăți serviciile de aprovizionare (Weitzman, 2019), asigurând hrana pentru consumul casnic. Mai mult, se îmbunătățește oferta pe piață, contribuind astfel la

reducerea prețurilor (Edwards, 1999; Ahmed & Lorica, 2002). Expansiunea ofertei de alimente și creșterea consumului îmbunătățesc nutriția (Ahmed & Lorica, 2002). În plus, diversificarea fermelor prin acvacultură aduce noi oportunități de angajare și surse de venit, sprijinind dezvoltarea economică și îmbunătățind securitatea alimentară (World Bank, 2006).

b) Furnizarea de Habitate Acvatice

Acvacultura, în special atunci când este realizată în bazine marine sau zone de mangrove, poate crea habitate artificiale care contribuie la diversitatea biologică. De exemplu, fermele de alge și bazinele de creștere a peștilor pot oferi adăpost și hrănire pentru specii marine, susținând astfel biodiversitatea locală. Crearea de habitate acvatice artificiale poate contribui la regenerarea și menținerea ecosistemelor naturale, oferind refugii pentru specii de pește și alte organisme acvatice (van den Burg et al., 2022).

Fermele de midii sunt recunoscute pentru rolul lor pe care îl dețin în funcționarea ecosistemelor de coastă (Alpine și Cloern, 1992; Dame 1996). Într-un studiu realizat în 3 situri diferite, Ysebaert et al (2009) au demonstrat efectul pozitiv al midiilor asupra biodiversității acvatice, evidențiind rolul acestora în formarea de habitate prin intermediul bancurilor.

c) Îmbunătățirea Calității Apelor

Tehnologiile moderne și metodele inovatoare aplicate în acvacultură, cum ar fi sistemele de recirculare a apei și utilizarea biofiltrelor, pot reduce semnificativ poluarea și contaminarea apelor. Aceste practici ajută la îmbunătățirea calității apei prin reducerea încărcăturii de nutrienți și substanțe chimice. Utilizarea sistemelor de filtrare și reciclare a apei poate preveni acumularea de deșeuri și substanțe toxice în mediul acvatic, protejând astfel ecosistemele acvatice și prevenind eutrofizarea (Tacon & Metian, 2013; Marinho-Soriano et al. 2011; Gentry et al., 2020).

d) Reglarea Nutrienților

Numeroase studii asupra bivalvelor au evidențiat legătura cu furnizarea de servicii, cum ar fi bioremedierea eutrofizării și potențialul de a contribui la sistemele de tranzacționare a creditelor de nutrienți (Saurel et al., 2014; Ferreira și Bricker, 2016).

De asemenea, integrarea acvaculturii cu alte activități agricole, precum agricultura sau silvicultura, poate ajuta la reducerea încărcării de nutrienți în bazinele de apă și la îmbunătățirea calității solului și apei în regiunile înconjurătoare (Troell et al. 1999). Un rol important aici îl deține acvacultura multitrofică integrată. Prin implementarea unor tehnici de acvacultură bine gestionate, cum ar fi integrarea peștilor cu alge și creșterea de specii complementare în același sistem, este posibilă o utilizare mai eficientă a nutrienților. Aceste metode pot contribui la ciclul natural al nutrienților, reducând risipa și îmbunătățind eficiența ecologică a fermelor acvatice.

e) Captarea Carbonului

Unele forme de acvacultură, cum ar fi cultivarea algelor marine sau a bivalvelor, pot contribui la captarea și stocarea carbonului, contribuind astfel la reducerea efectului de seră și la combaterea schimbărilor climatice. (Han, 2017; Sondak et al., 2017, Duarte et al., 2017).

CONCLUZII

Serviciile ecosistemice joacă un rol crucial în susținerea acvaculturii și în menținerea echilibrului ecologic. Integrarea eficientă a acestora în acvacultură poate contribui semnificativ la îmbunătățirea sustenabilității și a impactului asupra mediului.

Aplicarea conceptului de servicii de mediu în acvacultură are implicații directe asupra practicilor și politicilor de mediu, având potențialul de a îmbunătăți gestionarea resurselor și protejarea ecosistemelor acvatice.

Impactul pozitiv al acvaculturii asupra serviciilor de mediu este considerabil atunci când sunt implementate practici sustenabile și inovatoare. De la furnizarea de habitate acvatice și îmbunătățirea calității apei, până la reglarea nutrienților, captarea carbonului și restaurarea ecosistemelor, acvacultura poate contribui semnificativ la conservarea și îmbunătățirea serviciilor ecosistemice. Este esențial ca aceste practici să fie integrate într-o strategie de management ecologic pentru a maximiza beneficiile și a minimiza impactul negativ asupra mediului.

Este necesară o aprofundare a studiilor privind integrarea serviciilor de mediu în acvacultură, în special în ceea ce privește impactul pe termen lung și eficiența măsurilor de management ecologic.

REFERINȚE

1. Ahmed, N., Glaser, M. (2016). Coastal aquaculture, mangrove deforestation and blue carbon emissions: is REDD+ a solution? *Mar. Policy* 66, 58–66.
2. Ahmed, M., & Lorica, M.H. (2002). Improving developing country food security through aquaculture development—lessons from Asia. *Food Policy*, 27(2), 125-141.
3. Alleway, H.K., Gillies, C.L., Bishop, M.J., Gentry, R.R., Theuerkauf, S.J., & Jones, R. (2019). The ecosystem services of marine aquaculture: valuing benefits to people and nature. *BioScience*, 69(1), 59-68.
4. Alleway, H.K., Waters, T.J., Brummett, R., Cai, J., Cao, L., Cayten, M.R., Costa-Pierce, B.A., Dong, Y.-W., Brandstrup Hansen, S.C., Liu, S., Liu, Q., Shelley, C., Theuerkauf, S.J., Tucker, L., Wang, Y., & Jones, R.C. (2023). Global principles for restorative aquaculture to foster aquaculture practices that benefit the environment. *Conservation Science and Practice*, 5(8), e12982.
5. Alpine, A.E., Cloern, J.E. (1992) Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnol Oceanogr* 37:946–955.
6. Anh, P.T., Kroeze, C., Bush, S.R. and Mol, A.P.J. (2010), Water pollution by *Pangasius* production in the Mekong Delta, Vietnam: causes and options for control. *Aquaculture Research*, 42: 108-128. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02578.x>.
7. Barbier, E., Baumgärtner, S., Chopra, K., Costello, C., Duraiappah, A., Hassan, R., Kinzig, A., Lehman, M., Pascual, U., Polasky, S., Perrings, C. (2009). 'The valuation of ecosystem services'. 10.1093/acprof:oso/9780199547951.003.0018.
8. Baulcomb, C. (2013). Ecosystem services in agricultural and urban landscapes. In: Wratten, S., Sandhu, H., Cullen, R., Costanza, R. (Eds.), *Aquaculture and Ecosystem Services: Reframing the Environmental and Social Debate*. John Wiley & Sons Ltd., pp. 58–82.

9. Brugère, C., Aguilar-Manjarrez, J., Beveridge, M. C., & Soto, D. (2019). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on—a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 493-514.
10. Chan K.M.A., Shaw M.R., Cameron D.R., Underwood E.C., Daily G.C. (2006) Conservation planning for ecosystem services. *PLOS Biol* 4: 2e379
11. Chapin, F.S., Stephen R. Carpenter, Gary P. Kofinas, et al. (2010). Ecosystem Stewardship: Sustainability Strategies for a Rapidly Changing Planet." *Trends in Ecology & Evolution*. 25 (4):241-249.
12. Comisia Europeană (2020). 2020 Blue Economy Report: Blue Sectors Contribute to the Recovery and Pave Way for EU Green Deal. Accesat în data de 09.08.2024 la https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_986.
13. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, G., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., Belt, M., Belt, H. (1996). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Report of Workshop organised by NCEAS, Santa Barbara, Calif. 387.
14. Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I. et al. (2014) Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152–158.
15. Custódio, M., Villasante, S., Calado, R., Lillebø, A.I. (2019). Valuation of Ecosystem Services to promote sustainable aquaculture practices. *Reviews in Aquaculture*. 1-14. 10.1111/raq.12324.
16. Da, C.T., Hung, L.T., Berg, H., Lindberg, J.E., Lundh, T., 2011. Evaluation of potential feed sources, and technical and economic considerations of small-scale commercial striped catfish *Pangasius hypophthalmus* pond farming systems in the Mekong Delta of Vietnam. *Aquat. Res.*, 1–13 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03048.x>.
17. Daily, G. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. (Ed.) Island Press.
18. Dame RF (1996) *Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach*. CRC Press, Boca Raton, 254 pp
19. De Groot, R.S., Wilson, M., Boumans, R. (2002). A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (3), 393–408.
20. Duarte, C. M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation? *Frontiers in Marine Science*, 4, 100.
21. Duarte, C. M., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. (2022). A seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets. *Nature Sustainability*, 5(3), 185-193.
22. Edwards P. (1999) *Aquaculture and poverty: past, present and future prospects of impact*. A discussion paper prepared for the Fifth Fisheries Development Donor Consultation, Rome, Italy, 22-24 February 1999.
23. Evans, K.S., Chen, X., & Robichaud, C.A. (2017). Living in close quarters? A hedonic analysis of the impact of marine aquaculture on coastal housing prices in Maine.

24. FAO (Food and Agriculture Organisation) - The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the Sustainable Development Goals. Rome, Italy.
25. Ferreira, J.G., Bricker, S.B., 2016. Goods and services of extensive aquaculture: shellfish culture and nutrient trading. *Aquacult. Int.* 24 (3), 803–825.
26. Folke, C., Kautsky, N., Berg, H., Jansson, Å., & Troell, M. (1998). The ecological footprint concept for sustainable seafood production: a review. *Ecological Applications*, 8(sp1), S63-S71.
27. Gentry, R.R., Alleway, H.K., Bishop, M.J., Gillies, C.L., Waters, T., & Jones, R. (2020). Exploring the potential for marine aquaculture to contribute to ecosystem services. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 499-512.
28. Gómez-Baggethun E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes, *Ecological Economics*, Volume 69, Issue 6, 1209-1218, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>.
29. Gradinariu, G. (2012). Conceptul de “servicii de ecosistem” – abordare economică. *Revista Română de Statistică nr. 8*. Accesată în data de 09.08.2024 la https://www.revistadestatistica.ro/wp-content/uploads/2014/02/RRS_7_2012_A4_ro1.pdf
30. Gunawardena, M., Rowan, J.S. (2005). Economic valuation of a mangrove ecosystem threatened by shrimp aquaculture in Sri Lanka. *Environ. Manage.* 36 (4), 535–550.
31. Hambrey, J., Edwards, P., Belton, B. (2008). An ecosystem approach to freshwater aquaculture: a global. *Building an Ecosystem Approach to Aquaculture*, 117.
32. Han, T., Shi, R., Qi, Z., Huang, H., Liang, Q., & Liu, H. (2017). Interactive effects of oyster and seaweed on seawater dissolved inorganic carbon systems: Implications for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*, 9, 469-478.
33. Henriksson, P.J.G., Troell, M., Banks, L.K., Belton, B., Beveridge, M.C.M., Klinger, D.H., Pelletier, N., Phillips, M.J. & Tran, N. (2021). Interventions for improving the productivity and environmental performance of global aquaculture for future food security. *One Earth*, 4(9), 1220-1232.
34. Liu, J., et.al (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *science*, 317(5844), 1513-1516.
35. Marinho-Soriano, E., Azevedo, C.A.A., Trigueiro, T.G., Pereira, D.C., Carneiro, M.A.A., & Camara, M.R. (2011). Bioremediation of aquaculture wastewater using macroalgae and *Artemia*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(1), 253-257.
36. Mathé S, Rey-Valette H (2015) Local knowledge of pond fishfarming ecosystem services: management implications of stakeholders’ perceptions in three different contexts (Brazil, France and Indonesia). *Sustainability* 7: 7644–7666.
37. MEA (Millenium Ecosystem Assessment). (2005) *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Island Press, Washington, DC.
38. Overton, K., Dempster, T., Swearer, S.E., Morris, R.L., & Barrett, L.T. (2023). Achieving conservation and restoration outcomes through ecologically beneficial aquaculture. *Conservation Biology*, e14065.
39. Pearce, D. (1998). Auditing the earth: the value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Environ. Sci. Policy Sustainable Dev.* 40 (2), 23–28.

40. Popp J, Békefi E, Duleba S, Oláh J (2019) Multifunctionality of pond fish farms in the opinion of the farm managers: the case of Hungary. *Rev Aquacult* 11: 830–847.
41. Pullin, R.S.V. (1993). An overview of environmental issues in developing-country aquaculture. In: Pullin, R.S.V., Rosenthal, H. Maclean, J.L., (Eds.). *Ecological & Environment, Environment and Aquaculture in Developing Countries*, vol. 31, pp. 1–19.
42. Saurel, C., Ferreira, J., Cheney, D., Suhrbier, A., Dewey, B., Davis, J., Cordell, J. (2014). Ecosystem goods and services from Manila clam culture in Puget Sound: a modelling analysis. *Aquacult. Environ. Interact.* 5(3), 255–270.
43. Sondak, C. F., Ang, P. O., Beardall, J., Bellgrove, A., Boo, S. M., Gerung, G. S., Hepburn, C. D., Hong, D. D., Hu, Z., Kawai, H., Largo, D., Lee, J. A., Lim, P. E., Mayakun, J., Nelson, W. A., Oak, J. H., Phang, S. M., Sahoo, D., Peerapornpis, Y., Yang, Y. & Chung, I. K. (2017). Carbon dioxide mitigation potential of seaweed aquaculture beds (SABs). *Journal of Applied Phycology*, 29, 2363-2373.
44. Tacon, A.G., & Metian, M. (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in fisheries Science*, 21(1), 22-38.
45. TEEB (2010) *The Economics of Ecosystems & Biodiversity - Mainstreaming The Economics Of Nature A Synthesis Of The Approach, Conclusions And Recommendations Of Teeb*.
46. Tovar, A., Moreno, C., Manuel-Vez, M. P., & García-Vargas, M. (2000). Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. *Water Research*, 34(1), 334-342.
47. Troell, M., Rönnbäck, P., Halling, C., Kautsky, N., & Buschmann, A. (1999). Ecological engineering in aquaculture: Use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. *Journal of Applied Phycology*, 11(1), 89–97.
48. Troell, M., Naylor, R. L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P. H., Folke, C., ... & De Zeeuw, A. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(37), 13257-13263.
49. Turkowski, K. Fish Farmers' Perception of Ecosystem Services and Diversification of Carp Pond Aquaculture: A Case Study from Warmia and Mazury, Poland. *Sustainability* 2021, 13, 2797. <https://doi.org/10.3390/su13052797>.
50. United Nations Population Fund. World population trends. Accesat în 09.08.2024 la <https://www.unfpa.org/world-population-trends#summery105943>.
51. van den Burg, S.W.K., Termeer, E.E.W., Skirtun, M., Poelman, M., Veraart, J.A., & Selnes, T. (2022). Exploring mechanisms to pay for ecosystem services provided by mussels, oysters and seaweeds. *Ecosystem Services*, 54, 101407.
52. Vardan, H. (2023). The biosphere: A complex and interconnected web of life. *Ukrainian Journal of Ecology*. 13: 55-57.
53. Weitzman, J. (2019). Applying the ecosystem services concept to aquaculture: A review of approaches, definitions, and uses. *Ecosystem Services*, 35, 194-206.
54. World Bank. (2006). *Aquaculture: Changing the Face of the Waters*. World Bank, Washington, DC, USA, 136pp.
55. Ysebaert, T., Hart, M. & Herman, P.M.J. (2009). Impacts of bottom and suspended cultures of mussels *Mytilus* spp. on the surrounding sedimentary environment and

- macrobenthic biodiversity. *Helgol Mar Res* **63**, 59–74. <https://doi.org/10.1007/s10152-008-0136-5>.
56. Zavalloni, M., Groeneveld, R.A., van Zwieten, P.A.M. (2014). The role of spatial information in the preservation of the shrimp nursery function of mangroves: a spatially explicit bio-economic model for the assessment of land use trade-offs. *J. Environ. Manage.* **143**, 17–25.
57. Ziv, G., Baran, E., Nam, S., Rodríguez-Iturbe, I., & Levin, S. A. (2012). Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **109**(15), 5609-5614.