



Funded by  
the European Union



**The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCā]”**

*2023-1-LT01-KA220-HED-000154247*

## **МОДУЛЬ 1: Вплив глобального потепління на якість води та вплив на аквакультуру**

### **КЕЙС та РОБОЧИЙ ЛИСТ**

#### **АВТОРИ**

Доц. д-р Анжеліка Даутарте / Університет Вітаутаса Магнуса / Литовський

#### **РОБОЧА СТОРІНКА З ТЕМАТИЧНИМИ ДОСЛІДЖЕННЯМИ**

Стр. 2 Тематичне дослідження 1- Адаптація аквакультури лосося до підвищення температури в Норвегії

Стор. 4 Тематичне дослідження 1- Запитання до робочого аркушу

Стор. 5 Тематичне дослідження 2- Вирощування зебрових мідій у Куршській затоці, Литва, для пом'якшення наслідків евтрофікації

Стор. 10 Тематичне дослідження 2- Запитання до робочого аркуша



## ПРИКЛАД 1: Адаптація аквакультури лосося до підвищення температури в Норвегії

### Введення

Норвезька лососева аквакультура стикається з серйозними проблемами через глобальне потепління, що призводить до підвищення температури моря. Підвищення температури води посилює метаболізм лосося, збільшує його потребу в кисні та вразливість до хвороб. Для вирішення цих проблем Норвегія впроваджує передові технологічні та управлінські стратегії для підтримки виробництва та збереження здоров'я риби. Одним з успішних прикладів є Salmon Evolution, компанія з вирощування лосося в Норвегії, яка використовує інноваційні технології та адаптивне управління для підвищення стійкості та продуктивності в мінливих кліматичних умовах.

### Опис

Salmon Evolution експлуатує найсучаснішу гібридну систему рециркуляційної аквакультури (RAS) на острові Індре Харой, видобуваючи холодну, багату на кисень морську воду з глибин від 30 до 100 метрів. Це забезпечує стабільну температуру в діапазоні 8-14°C протягом усього року. Передові технології фільтрації та оксигенації значно зменшують поширені проблеми аквакультури, такі як зараження морськими вошами та шкідливе цвітіння водоростей, що призводить до покращення здоров'я рибних популяцій та збільшення прибутковості.

### Переваги

- Покращення показників виживання, незважаючи на підвищення температури води.
- Стабільне та прогнозоване виробництво протягом року.
- Зменшення спалахів захворювань завдяки вдосконаленому управлінню якістю води.
- Посилення економічної стійкості завдяки оптимізації операцій та зменшенню збитків.
- Зменшення впливу на навколишнє середовище шляхом інтеграції сталого управління кормами та водними ресурсам.
- Зниження вуглецевого сліду, перехід на відновлювані джерела енергії.

### Визначено (практики, що стосуються конкретних модулів)

- Рециркуляційні аквакультурні системи (RAS): Стабілізує температуру та рівень кисню для захисту здоров'я риб.
- Передові технології оксигенації: Впорскування рідкого кисню та аерація підтримують рівень розчиненого кисню.
- Селекційні програми: Виведення штамів лосося, стійких до високих температур і хвороб.
- Системи моніторингу в реальному часі: Аналітика на основі сенсорів для моніторингу та оптимізації стану води.
- Інтеграція відновлюваної енергетики: Перехід на сонячну та гідроенергетику для зменшення викидів.



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCá]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- Інновації в галузі сталого харчування: Використання джерел Омега-3 на основі водоростей для зменшення залежності від запасів дикої риби.
- Фільтрація води та управління відходами: Методи біоре mediaції для зменшення впливу на навколишнє середовище.

### Недоліки

- Високі інвестиційні витрати на кліматично стійку інфраструктуру аквакультури.
- Енергоємні системи, що потребують інтеграції з відновлюваними джерелами енергії.
- Регуляторні бар'єри на шляху впровадження нових технологій аквакультури.
- Довші цикли розмноження для термостійких штамів лосося.

*Наведене вище тематичне дослідження адаптоване з дослідження норвезької галузі аквакультури лосося та посилання ..... . Текст був скорочений для цілей тематичного дослідження, але формулювання залишаються такими ж, як в оригіналі. Щоб прочитати повний текст, будь ласка, відвідайте цей веб-сайт: .....*

1. <https://>

2. Додаткову інформацію можна отримати за посиланням: .....



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCā]”

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### ПРИКЛАД -1: ЗАПИТАННЯ ДО РОБОЧОГО АРКУША

1. Опишіть, як гібридна система RAS стабілізує температуру та покращує здоров'я риб?
2. Чи може система Case Study-1 бути впроваджена за межами регіону/країни? Як це може виглядати? (Наведіть приклад на прикладі вашої країни, якщо маєте)?
3. Поміркуйте над перевагами та недоліками прикладу з практики-1?

	Переваги	Недоліки
1.		
2.		
3.		



## ПРИКЛАД 2: Вирощування зебрових мідій у Куршській затоці, Литва, для зменшення евтрофікації

### Опис

Куршська затока, критичний водний об'єкт у регіоні Балтійського моря, страждає від евтрофікації через високий рівень надходження поживних речовин, в першу чергу від сільськогосподарських стоків та скидів стічних вод. Однією з потенційних стратегій біоремедіації є вирощування мідій *Dreissena* (зебрових мідій), відомих своєю високою фільтраційною здатністю та здатністю поглинати поживні речовини. У цьому дослідженні оцінюється можливість впровадження аквакультури *Dreissena* як стратегії пом'якшення наслідків забруднення Куршської затоки.

Евтрофікація Куршської затоки призвела до погіршення якості води, шкідливого цвітіння водоростей та виснаження кисню. Традиційні стратегії управління поживними речовинами, включаючи очищення стічних вод та найкращі сільськогосподарські практики, виявилися недостатніми. Аквакультура двостулкових молюсків, зокрема мідій Дрейссена, представляє інноваційне, засноване на природі рішення для зменшення кількості поживних речовин шляхом фільтрації твердих органічних речовин, біоаккумуляції поживних речовин та покращення прозорості води.

**Біологічні та екологічні аспекти мідій Дрейссена.** Зеброві мідії є фільтраторами, здатними видаляти з товщі води фітопланктон, детрит і зважені осади. Одна доросла мідія може відфільтрувати **до 1 літра води на день**. Їх роль у кругообігу поживних речовин включає секвестрацію азоту і фосфору в структурах тканин і мушлі. Виділення ними біологічних відкладень може сприяти потокам поживних речовин у бентосі, а також посилює процеси денітрифікації.

### Екологічні міркування:

**Позитивні ефекти:** Однією з основних переваг є покращення прозорості води, що призводить до зменшення біомаси фітопланктону та підтримує збільшення біорізноманіття у придонних біотопах. Ці зміни сприяють стабільності екосистеми та створюють кращі умови для життя водних організмів.

**Негативні наслідки:** Однак існують і певні негативні наслідки. Накопичення біологічних відкладень може призвести до локальної гіпоксії, що негативно впливає на організми, які мешкають на дні. Крім того, конкуренція з місцевими видами двостулкових молюсків може призвести до скорочення їхніх популяцій. Існує також ризик біообростання, яке може заважати інфраструктурі та водному транспортуванню.

**Придатність середовища існування:** Оптимальні умови зростання включають помірний рівень солоності (до 3 проміле), стабільний субстрат для прикріплення та достатню кількість їжі. Ці фактори створюють сприятливе середовище для виживання і розвитку виду, але необхідно ретельно враховувати потенційний вплив на місцеві екосистеми.

**Системи вирощування та потенційні ділянки *Dreissena*.** Можуть застосовуватися різні технології вирощування мідій, в тому числі:

- **Системи з довгими лініями:** Плаваючі мотузки або сітки забезпечують субстрат для прикріплення мідій.
- **Підвісні системи сіток:** Оптимізовані за щільністю мідій та ефективністю фільтрації води.
- **Культикування на основі субстрату:** Штучні поверхні імітують природні тверді субстрати, щоб сприяти колонізації мідій.



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]™

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

Аналіз на основі ГІС визначає **південні та центральні** райони Куршської затоки як оптимальні для вирощування мідій завдяки доступності поживних речовин, стабільним гідродинамічним умовам та відповідному рівню солоності.

**Потенціал видалення поживних речовин та вплив на навколишнє середовище.** Зеброві мідії ефективно видаляють поживні речовини шляхом біофільтрації. За оцінками, великомасштабне вирощування може видалити **15 кг азоту і 1,4 кг фосфору на тонну біомаси мідій**. Ця стратегія доповнює інші зусилля з відновлення, такі як реабілітація водно-болотних угідь та днопоглиблювальні роботи. Однак необхідно враховувати потенційні екологічні ризики:

- **Конкуренція з місцевими двостулковими молюсками:** Потенційне витіснення місцевих видів мідій.
- **Модифікація середовища існування:** Великі колонії мідій можуть змінити склад осаду.
- **Біообростання інфраструктури:** Щільні популяції мідій можуть засмічувати водозабори та пошкоджувати підводні споруди.

### Соціально-економічні та політичні міркування

**Економічна життєздатність.** Економічна доцільність проектів з аквакультури залежить від різних факторів, включаючи початкові інвестиції, операційні витрати та потенційні потоки доходів. Створення життєздатної системи вимагає фінансових ресурсів для розвитку інфраструктури, регулярного обслуговування та збору біомаси. Незважаючи на ці витрати, вирощування мідій надає безліч можливостей для економічної віддачі завдяки диверсифікованим джерелам доходу:

- **Кормові добавки для тварин:** Мідії багаті на білки, амінокислоти та основні мінерали, що робить їх чудовим інгредієнтом для кормів для тварин. Їх можна переробляти на корм для худоби, птиці і навіть видів аквакультури, зменшуючи залежність від традиційних джерел кормів, таких як рибне борошно та соєвий шрот. Це сприяє більш сталому веденню сільського господарства і водночас створює додатковий ринок збуту біомаси мідій.
- **Органічні добрива:** Мушлі мідій містять високий вміст карбонату кальцію, природного поліпшувача ґрунту, який покращує структуру ґрунту, знижує кислотність і підтримує ріст рослин. Мушлі можна переробляти на порошок або гранули і використовувати в органічному землеробстві, забезпечуючи екологічно чисту альтернативу синтетичним добривам. Це додає цінності галузі вирощування мідій, одночасно просуваючи принципи циркулярної економіки.
- **Біофільтри для очищення стічних вод:** Мідії відіграють вирішальну роль у покращенні якості води, відфільтровуючи надлишок поживних речовин, таких як азот і фосфор. Інтегровані в системи очищення стічних вод або аквакультурні об'єкти, вони допомагають зменшити евтрофікацію та сприяють загальному здоров'ю екосистеми. Ця функція відкриває можливості для використання мідій у проектах сталого управління водними ресурсами, створюючи економічні стимули для їх вирощування.

Використовуючи ці різноманітні сфери застосування, аквакультура мідій може стати прибутковою та екологічно відповідальною галуззю з довгостроковою стійкістю.

**Регуляторні виклики.** Незважаючи на економічні вигоди, аквакультура мідій стикається з низкою регуляторних та політичних проблем, які необхідно вирішити для забезпечення відповідального та сталого розвитку. Основні з них включають в себе наступні:

- **Процедури отримання дозволів:** Створення мідійних ферм вимагає отримання дозволів від регуляторних органів, які здійснюють нагляд за оцінкою впливу на довкілля, стандартами якості води



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]™

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

та критеріями вибору ділянки. Бюрократичні процедури можуть бути складними і тривалими, що може затримати реалізацію проекту. Оптимізація цих процесів і створення чіткої нормативно-правової бази може сприяти зростанню галузі.

- **Оцінка ризиків для контролю інвазивних видів:** Впровадження або розширення мідійного фермерства повинно ретельно контролюватися, щоб запобігти поширенню чужорідних видів, які можуть порушити місцеві екосистеми. Комплексна оцінка ризиків допомагає оцінити вплив вирощування мідій на навколишнє середовище та вжити заходів для зменшення потенційних загроз.
- **- Моніторинг програм для сталого впровадження:** Регулярний моніторинг має важливе значення для забезпечення екологічної та соціальної стійкості операцій з вирощування мідій. Це включає оцінку якості води, впливу на біорізноманіття та продуктивність ферм. Розробка довгострокових схем моніторингу дозволяє політикам і зацікавленим сторонам вирішувати нові виклики і відповідно адаптувати стратегії управління.

Баланс між економічним розвитком та екологічною відповідальністю вимагає скоординованих зусиль між політиками, науковцями та зацікавленими сторонами з метою створення нормативно-правових актів, які сприяють сталому розвитку і водночас підтримують зростання промисловості.

**Залучення зацікавлених сторін.** Успішна реалізація проектів з аквакультури мідій залежить від активної співпраці з різними зацікавленими сторонами. Залучення місцевих громад, рибалок, природоохоронних організацій та політиків має важливе значення для сприяння прийняттю та забезпечення довгострокового успіху.

- **Місцеві громади:** Проекти з вирощування мідій повинні враховувати соціально-економічний вплив на прибережні та внутрішні громади. Прозора комунікація, залучення громадськості та механізми розподілу вигод можуть допомогти побудувати довіру та підтримку серед мешканців.
- **Рибалки:** Традиційні рибальські громади можуть сприймати аквакультуру як конкуренцію за морські ресурси. Інтеграція вирощування мідій в існуючі плани управління рибальством та залучення рибалок до ініціатив з аквакультури може створити синергію, яка принесе користь обом секторам.
- **Природоохоронні органи:** Співпраця з природоохоронними групами та регуляторними органами гарантує, що вирощування мідій відповідає цілям захисту навколишнього середовища. Залучення цих організацій до процесів планування, моніторингу та прийняття рішень допомагає пом'якшити екологічні ризики, одночасно просуваючи кращі практики сталої аквакультури.

Сприяючи партнерству з багатьма зацікавленими сторонами та застосовуючи інклюзивний підхід, аквакультура мідій може сприяти економічній стійкості, збереженню навколишнього середовища та продовольчій безпеці, гарантуючи при цьому, що розвиток галузі є одночасно відповідальним і корисним для суспільства.

**Ключові пріоритети досліджень.** Для отримання максимальної вигоди від вирощування мідії зебри при одночасному зменшенні потенційних ризиків, подальшого дослідження потребують наступні напрямки:

- **Техніко-економічна доцільність та оптимізація вирощування для конкретного місця:** Розуміння унікальних гідрологічних, хімічних та біологічних умов Куршської затоки має вирішальне значення для визначення оптимальних місць вирощування та вдосконалення технологій вирощування. Такі



фактори, як солоність води, стабільність субстрату та доступність їжі, повинні бути ретельно оцінені для підвищення росту мідій та ефективності біофільтрації.

- **Довгострокові екологічні та економічні оцінки:** Хоча зеброві мідії сприяють зменшенню кількості поживних речовин, необхідно оцінити їхній довгостроковий вплив на місцеві види, структуру оселищ та загальну динаміку екосистеми. Крім того, слід провести економічне обґрунтування для визначення витрат і вигод, пов'язаних з великомасштабним вирощуванням мідій, включаючи інвестиції в інфраструктуру, технічне обслуговування і потенційні потоки доходів.
- **Реалізація пілотного проекту:** Перед повномасштабним розгортанням слід ініціювати невеликі пілотні проекти для тестування різних моделей вирощування, оцінки потенційних ризиків і вдосконалення стратегій управління. Ці випробування дадуть цінну інформацію про практичні проблеми вирощування мідій та допоможуть розробити найкращі практики для інтеграції з існуючими ініціативами з управління якістю води.

**Інтеграція в стратегії управління якістю води.** Вирощування зебрових мідій, за умови стратегічної інтеграції з існуючими підходами до управління навколишнім середовищем, може підвищити стійкість екосистеми Куршської затоки. Доповнюючи інші заходи зі зменшення кількості поживних речовин, такі як відновлення водно-болотних угідь, покращення очищення стічних вод та практики сталого землекористування, вирощування мідій може відіграти значну роль у досягненні довгострокового поліпшення якості води.

Крім того, цей підхід відповідає ширшим цілям сталого розвитку, просуваючи принципи циркулярної економіки, підтримуючи збереження біорізноманіття та заохочуючи інноваційні рішення для вирішення екологічних проблем. За умови ретельного планування, міждисциплінарної співпраці та постійного моніторингу вирощування зебрових мідій може стати цінним компонентом екологічного відновлення Куршської лагуни та управління водними ресурсами.

## Переваги

- **Зменшення евтрофікації:** Зеброві мідії діють як природні біофільтри, значно знижуючи концентрацію азоту та фосфору у водоймах. Видаляючи ці поживні речовини, вони допомагають контролювати цвітіння водоростей, знижуючи ризик гіпоксії та покращуючи загальну якість води. Ця функція є особливо цінною для екосистем, що зазнали значного впливу, таких як Куршська затока, де перевантаження поживними речовинами є постійною проблемою.
- **Збільшення водного біорізноманіття:** Покращуючи прозорість води та зменшуючи заростання водоростями, зеброві мідії сприяють кращому проникненню світла та доступності кисню, що підтримує відновлення підводної рослинності та підвищує складність середовища існування. Це, в свою чергу, приносить користь популяціям риби та інших водних організмів, сприяючи підвищенню стійкості екосистеми.
- **Економічні можливості:** Біомаса, отримана в результаті вирощування мідії зебри, може бути використана в різних галузях промисловості:
  - **Сільське господарство:** Мушлі мідій, багаті на карбонат кальцію, можна переробляти на органічні добрива, які покращують структуру ґрунту та вміст поживних речовин.





- **Виробництво біоенергії:** Біомаса мідій може слугувати сировиною для виробництва біогазу або бути включеною в інші системи відновлюваної енергетики, забезпечуючи інноваційний спосіб перетворення відходів на цінні ресурси.
- **Індустрія водопідготовки:** Здатність зебрових мідій фільтрувати зважені частинки та надлишок поживних речовин робить їх потенційним компонентом інтегрованих систем аквакультури або очищення стічних вод.

#### Практичні рекомендації для сталого впровадження модулів

Щоб максимізувати переваги вирощування мідій зебри та мінімізувати ризики, необхідний структурований, науково обґрунтований підхід. Були визначені наступні найкращі практики:

- **Інтегровані стратегії вирощування та видалення біомаси:** Орієнтація на евтрофні водойми з контрольованим вирощуванням мідій забезпечує ефективне видалення поживних речовин. Добре продумана система повинна включати механізми періодичного збору біомаси для запобігання надмірному накопиченню біомаси, що може призвести до локальної гіпоксії.
- **Постійний моніторинг якості води:** Регулярна оцінка ключових параметрів, таких як вміст азоту, фосфору, розчиненого кисню та каламутність, до і після збору біомаси мідій є дуже важливою. Ці дані уможливають адаптивне управління та допомагають виміряти ефективність біофільтрації.
- **Екосистемне управління та адаптивні практики:** Комплексна екологічна оцінка повинна керувати вибором місця та практикою ведення сільського господарства. Інтеграція вирощування зебрових мідій у ширші плани управління водозбірними басейнами - разом із відновленням водно-болотних угідь, сталим сільським господарством і поліпшеним очищенням стічних вод - може підвищити його ефективність. Крім того, практики адаптивного управління, засновані на постійному моніторингу та зворотному зв'язку із зацікавленими сторонами, гарантують, що підхід залишається гнучким і реагує на зміни в навколишньому середовищі.

#### Недоліки

Незважаючи на ці переваги, вирощування зебрових мідій пов'язане з низкою проблем, які необхідно ретельно вирішувати:

- **Екологічний вплив на динаміку видів:** Інтродукція зебрових мідій у великих кількостях може змінити баланс місцевих водних спільнот. Їх фільтруюча поведінка може призвести до змін у популяціях планктону, що може мати каскадний вплив на харчові ланцюги. Крім того, конкуренція з місцевими двостулковими молюсками може загрожувати місцевому біорізноманіттю, що робить оцінку екологічних ризиків критично важливою перед реалізацією проекту.
- **Операційні та фінансові виклики:** Великомасштабне вирощування мідій вимагає значних інвестицій в інфраструктуру, включаючи фермерські структури, обладнання для збору біомаси та системи моніторингу якості води. Крім того, трудомістке технічне обслуговування та дотримання нормативних вимог збільшують операційні витрати. Без чітких фінансових стимулів або державної підтримки широке впровадження може бути ускладнене.



Funded by  
the European Union



**The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCā]”**

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

*Вищевказаний кейс адаптований з розробки методології культивування та збору двостулкових молюсків-фільтраторів для видалення біогенних речовин з Куршської затоки та посилання Підсумковий звіт Текст був скорочений для цілей кейсу, але формулювання залишаються такими ж, як і в оригіналі.*

*Щоб прочитати повний текст, будь ласка, відвідайте цей веб-сайт:*

- Project [Updating the Programme of Measures and Implementation of Measures to Achieve Good Environmental Status in the Lithuanian Baltic Sea](#)



Funded by  
the European Union



**The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCā]”**  
2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

**ТЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ-2 ЗАПИТАННЯ ДО РОБОЧОГО АРКУША**

1. Як працює система Case Study-2?
2. Чи може система Case Study-2 бути впроваджена за межами регіону/країни? Як це може виглядати? (Наведіть приклад на прикладі вашої країни, якщо маєте)?
3. Поміркуйте над перевагами та недоліками Case Study-2?

	Переваги	Недоліки
1.		
2.		
3.		



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author and the commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Attribute** this work: **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes. **NoDerivatives** — If you remix, transform, or build upon the material, you may not distribute the modified material.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>