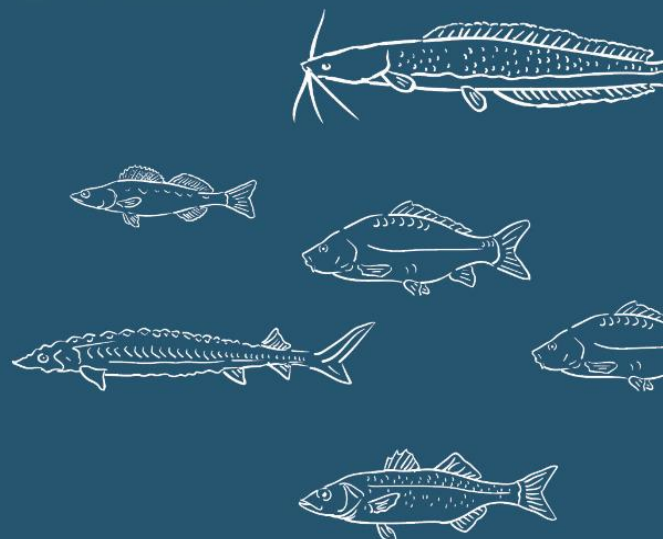




SYSTEM ZBIORNIK PRZY STAWIE DO INTENSYWNEJ HODOWLI

AKWAKULTURA W STAWACH



ALLER
AQUA

Zdjęcia i ilustracje na okładce: Aller Aqua

*Ilustracje i zdjęcia w niniejszym dokumencie technicznym zostały zamieszczone dzięki uprzejmości
Danijela Gospića.*

Projekt graficzny autorstwa: Aller Aqua

SYSTEM ZBIORNIK PRZY STAWIE DO INTENSYWNEJ HODOWLI AKWAKULTURA W STAWACH

Autor:

Mgr. Danijel Gospić, Dr. N. M.

we współpracy z Aller Aqua

© Aller Aqua, 2024

Publikacja jest dostępna na stronie internetowej Aller Aqua pod adresem www.aller-aqua.com.

Cały tekst i ilustracje książki są chronione prawem autorskim. Pełne lub częściowe tłumaczenie tekstu na inny język jest zabronione bez pisemnej zgody Aller Aqua.

W celu wspierania dzielenia się wiedzą i rozwoju żywienia ryb, tekst może być drukowany, udostępniany i cytowany bez uprzedniej zgody Aller Aqua zgodnie z międzynarodowymi standardami praw autorskich i z odpowiednim cytatem, jak wskazano poniżej.

Wymagane cytowanie:

Gospić D. 2023. Tank by Pond System for Intensive Farming. Aller Aqua, Christiansfeld, 25 pp

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	2
WSTĘP	3
ZDOLNOŚĆ PRODUKCYJNA SYSTEMU.....	4
PODSTAWOWE ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMU	5
NAPOWIERZANIE	14
GOSPODARKA OSADOWA	19
MONITOROWANIE I KONTROLA JAKOŚCI WODY	20
WYKORZYSTANIE TLENU W SYSTEMIE.....	21
EKONOMICZNY ASPEKT SYSTEMU	24

PRZEDMOWA

Niniejsza publikacja służy jako wytyczne dotyczące budowy, utrzymania i obsługi systemu Zbiornik przy Stawie (ang. „Tank by Pond”) opracowanego przez firmę G20. System został opracowany w celu umożliwienia intensywnej hodowli przy stosunkowo niskich kosztach budowy i utrzymania w porównaniu do przewidywanego wolumenu produkcji. Z tego względu, można go sklasyfikować jako ekonomiczny sposób intensywnej hodowli ryb. System pozwala na hodowlę różnych gatunków, między innymi karp, sum europejski i afrykański, sandacz i jesiotr.

Głównym celem niniejszej publikacji jest umożliwienie hodowcom ryb na całym świecie wypróbowania i wdrożenia w swoich gospodarstwach nowego, pionierskiego podejścia do hodowli stawowej, szczególnie w obszarach, w których nowoczesne i kosztowne systemy, takie jak RAS, nie są powszechne i możliwe do zbudowania. System Zbiornik przy Stawie, podobnie jak RAS, bazuje na recyrkulacji wody i wykorzystuje sprzęt do pompowania wody i dostarczania tlenu do systemu. Każda sekcja tego podręcznika opisuje różne aspekty jego budowy i działania.

WSTĘP

W Słowenii, w intensywnych hodowlach stawowych osiągnięto produkcję 5-10 t/h w mniejszych stawach (bez odświeżania wody, z napowietrzaniem i wykorzystaniem wysokiej jakości ekstrudowanej paszy); podobne wyniki osiągnięto w regionach o podobnych warunkach klimatycznych. Dalszy rozwój akwakultury w stawach nie będzie opierał się wyłącznie na budowie nowych stawów, ze względu na ograniczone obszary lądowe, ograniczoną dostępność wody, nieefektywność ekonomiczną uprawy na dużych obszarach, ograniczenia związane z ochroną przyrody i wiele innych czynników ograniczających. Jednocześnie stawy mają duży potencjał do wprowadzenia nowych technologii, które umożliwią intensyfikację w synergii ze stawami, bez zwiększonego zapotrzebowania na zasoby naturalne. Dla organicznego wzrostu i rozwoju uprawy gatunków stawowych niezbędne jest wprowadzenie nowych systemów bez wykluczania istniejących praktyk.

System Tank By Pond (TBP, „zbiornik przy stawie”) został opracowany przez firmę G20 d.o.o. (Słowenia) w latach 2018-2024 i zgodnie z zasadą działania jest powiązany z systemem „Staw w stawie”. TBP umożliwia super intensywną hodowlę ryb ciepłolubnych w synergicznie połączonych zbiornikach i stawach. Zgodnie z mechanizmem działania i wydajnością, TBP jest systemem RAS (Recirculation Aquaculture System), w którym funkcję filtracji mechanicznej i biologicznej przejmuje staw; jednocześnie TBP jest znacznie bardziej wytrzymały, prostszy w budowie i łatwiejszy w użyciu, a tym samym bardziej efektywny ekonomicznie (pod względem CAPEX i OPEX) niż RAS. W firmie G20 d.o.o. hodujemy ryby karpowate (w stawach), pstrągi (w systemie RAS) i sumy afrykańskie (w systemie RAS); jednocześnie projektujemy super intensywne systemy (głównie RAS) i posiadamy ponad 70 referencji w 7 krajach; dlatego rozwiązania zastosowane w systemie TBP wywodzą się z różnych rozwiązań technicznych, które zostały nabyte nie tylko w stawach karpowych.

Wszystkie informacje zawarte w podręczniku pochodzą z praktyki i nie zostały poddane ocenie naukowej. Wszystkie dane są orientacyjne i odnoszą się do wyników osiągniętych we własnym gospodarstwie rybackim i jako takie pełnią rolę orientacyjną w zrozumieniu potencjału i możliwości systemu TBP. Wierzmy, że doświadczenia zdobyte w Słowenii mają zastosowanie (z modyfikacjami) na poziomie globalnym. Należy również zauważyć, że opisane rozwiązania reprezentują tylko niektóre z wielu możliwości, które można zastosować w ramach zasady „staw w stawie” i są oferowane jako możliwe i przetestowane rozwiązania, które nie powinny być postrzegane jako ostateczne lub optymalne.

ZDOLNOŚĆ PRODUKCYJNA SYSTEMU

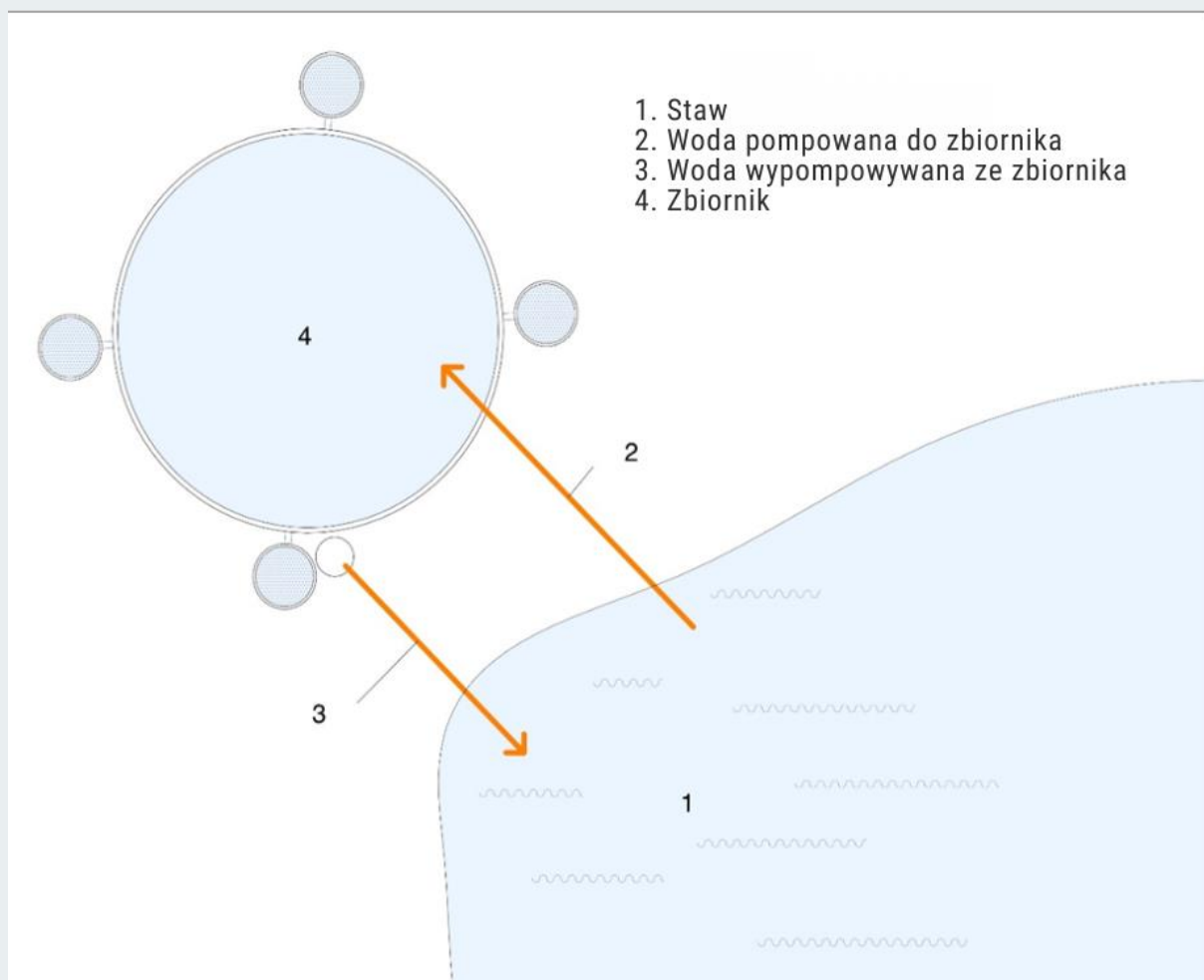
Praktyka pokazała, że TBP ma wydajność 30 t/ha/rok, bez regularnego odświeżania wody. W stawach firmy G20 nie ma regularnych dostaw świeżej wody; w miesiącach letnich straty spowodowane parowaniem są kompensowane wyłącznie przez sporadyczne opady deszczu. Wydajność hodowlana odnosi się do sumy ryb hodowanych w zbiornikach i powiązonym stawie, w którym wydajność w mniejszych stawach jest ograniczona do około 10 t/ha/rok, podczas gdy wydajność w betonowych zbiornikach (wyrżona w kg/m³) nie jest określona, ponieważ zależy ona przede wszystkim od intensywności napowietrzania i/lub natleniania. Dotychczasowe doświadczenia wykazały, że wydajność wynosząca 30 kg/m³ stanowi górną granicę dla ekonomicznie zoptymalizowanej i racjonalnej uprawy w zbiornikach, z wykorzystaniem napowietrzania. Jeśli stosuje się natlenianie (wzbogacanie wody czystym tlenem), wydajność systemu może być 3 razy wyższa, ale w tym przypadku konieczne jest najpierw przeanalizowanie parametrów ekonomicznych.

Stosunek możliwości hodowlanych w zbiornikach i stawach będzie zależał przede wszystkim od charakterystyki stawu: stawy o dużej powierzchni z ekstensywną hodowlą będą w stanie wyprodukować mniejszą część całkowitej produkcji, w samym stawie (np. 1-2 t/ha/rok), podczas gdy większa część produkcji będzie w betonowych zbiornikach; w mniejszych stawach z intensywną produkcją (5-10 t/ha/rok) około 1/3 hodowli będzie realizowana w stawie, a 2/3 w betonowych zbiornikach.

Często zadawanym pytaniem jest, dlaczego produkcja na poziomie 30 t/ha nie jest możliwa do osiągnięcia w stawie, a jest możliwa w TBP, chociaż filtracja wody (czyli rozkład materii organicznej) w obu przypadkach jest związana wyłącznie ze stawem. Odpowiedź sprowadza się do utrzymania stężenia tlenu, jako głównego czynnika ograniczającego. W stawie same ryby zużywają mniej tlenu niż reszta ekosystemu stawu, co czasami jest bardzo trudne do utrzymania dzięki napowietrzaniu, szczególnie w krytycznych okresach sezonu. W zbiornikach zużycie tlenu jest ograniczone do zapotrzebowania ryb na tlen, ponieważ gęstość obsad jest zwykle 30 razy większa niż w stawie; stałe odprowadzanie zanieczyszczeń mechanicznych i brak szlamu (dno jest betonowe lub plastikowe) wykluczają większość innych konsumentów tlenu obecnych w stawie. Zużycie tlenu przez plankton nie wykazuje dużego wpływu w zbiornikach, a regularne stosowanie wapna może dodatkowo zmniejszyć jego ewentualny wpływ. Ponadto zanieczyszczenia mechaniczne (które są stale usuwane ze zbiornika) są zatrzymywane w zbiorniku sedymentacyjnym (separatorze wirowym) i (w razie potrzeby) są odprowadzane do stawu (jako nawóz) lub usuwane z systemu (mogą być stosowane jako nawóz do gruntów ornych itp.) - w ten sposób zmniejsza się obciążenie systemu ekologicznego stawu w związku z rozkładem materii organicznej, a tym samym zużyciem tlenu.

PODSWOWE ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMU

Technologia hodowli w samym stawie nie będzie omawiana w poniższym tekście, choć oczywiste jest, że staw jest nieodłączną częścią systemu TBP i konieczne jest zwrócenie maksymalnej uwagi na środki techniczne i technologiczne w stawie, w celu utrzymania właściwej higieny, która umożliwi odpowiednią jakość wody również w zbiornikach.



Ryc. 1 Schemat zasady działania TBP

Należy zauważyć, że bardzo ekstensywna hodowla (lub brak hodowli) w stawach nie jest zalecana, ponieważ pewna ilość ryb w stawie (jeziorze, zbiorniku itp.) umożliwia lepszą jakość wody dzięki destratyfikacji, „przetwarzaniu” bentosu, wykorzystaniu planktonu itp. Materia organiczna, która wydostaje się z betonowych zbiorników do stawu, jest wykorzystywana przez system ekologiczny - ryby w samym stawie; w przypadku zbyt małej liczby plantacji może dojść do eutrofizacji stawu i związanych z tym problemów dla hodowli w samym zbiorniku. Ważną zaletą systemu TBP jest zmniejszony FCR w połączonym stawie, ze względu na wykorzystanie materii organicznej powstałej w stawie, dlatego zaniedbanie uprawy w stawie zmniejsza ekonomię całej produkcji.

PODSTAWOWE ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMU TBP OPIERAJĄ SIĘ NA (Z WYŁĄCZENIEM WSPOMNIANYCH JUŻ CZYNNIKÓW ZWIĄZANYCH ZE STAWEM)

- Prawidłowe zaprojektowanie i określenie wymiarów zbiornika,
- Pompowanie (recyrkulacja) wody,
- Napowietrzanie, natlenianie (opcjonalnie), zarządzanie osadami,
- Monitorowanie i kontrola jakości wody.

ZBIORNIKI - OKRĄGŁE, GŁĘBOKIE I DUŻE

Zbiorniki w systemie TBP są okrągłe i mogą mieć różne średnice. Stosunek średnicy do głębokości może wynosić do 3:1, co oznacza, że na przykład zbiornik o średnicy 6 m może mieć aktywną głębokość (wysokość słupa wody) do 2 m, w przeciwnym razie usuwanie osadów nie będzie optymalne, ponieważ prawidłowy przepływ wody w zbiorniku zostanie zakłócony. Jeśli hodowane są ryby, które pobierają pokarm z bentosu (karpie, jesiotry, sumy...), ten stosunek średnicy do głębokości nie jest bardzo ważny, a zbiorniki z wyższym niż optymalny słupem wody nie wykazują znaczących dysfunkcji w usuwaniu osadów. Zbiorniki o większych średnicach mogą mieć znacznie większą głębokość czynną, chociaż w praktyce zbiorniki o większej głębokości około 3 m okazały się wymagające podczas budowy i niepraktyczne podczas odłowów, a zwiększona głębokość nie zwiększy proporcjonalnie wydajności. Dotyczy to zwłaszcza gatunków, które nie są równomiernie rozmieszczone w słupie wody, takich jak karp, jesiotr, sum. W praktyce stosujemy zbiorniki o różnych średnicach (5-40 m), a ich wymiary zależą przede wszystkim od planowanych gatunków, planowanych ilości, cyklu hodowlanego, planowanego rytmu połowów itp. Z reguły zbiorniki o większych średnicach są tańsze w budowie, przeliczając wydatki na m³ objętości hodowlanej wody, choć w przypadku zbiorników o dużych średnicach funkcjonalność jest nieco upośledzona ze względu na proporcjonalnie duże potrzeby napowietrzania, które trudno zaspokoić bez użycia dużej liczby aeratorów, które stanowią uciążliwość podczas połowów, a ponieważ duża liczba urządzeń wymaga dużo pracy podczas manipulacji i serwisowania.



Ryc. 2 System TBP ze zbiornikiem o średnicy 15 m (hodowla Żabnik (Słowenia), G20 d.o.o.)

W oparciu o dotychczasowe doświadczenia, zbiorniki o wymiarach 15 m średnicy i 3 m głębokości (dalej 15/3) okazały się „złotym środkiem”, ponieważ:

- koszt budowy w przeliczeniu na m³ objętości wody hodowlanej (CAPEX) jest stosunkowo niski (akceptowalny),
- ilość ryb hodowlanych w pojedynczym zbiorniku o wymiarach 15 x 3 m uzasadnia inwestycję w stacjonarny tlenomierz i automatyczne napowietrzanie,
- napowietrzanie można osiągnąć bez użycia dodatkowych aeratorów, a jedynie za pomocą podnośników powietrznych, co ułatwia połowy i minimalizuje konserwację.

Mniejsze zbiorniki są również funkcjonalnie akceptowalne i są używane, gdy istnieje potrzeba kilku mniejszych zbiorników ze względu na częste sortowanie (np. hodowla okoni), jednoczesną hodowlę kilku różnych gatunków, hodowlę narybku, przeprowadzanie eksperymentów itp. Zbiorniki o średnicy do 20 m nadal mogą być napowietrzane tylko za pomocą systemu airlift, a większe zbiorniki zwykle wymagają napowietrzania za pomocą aeratorów.



Ryc.3 System TBP ze zbiornikami o średnicy 5 m (hodowla Żabnik (Słowenia), G20 d.o.o.)

Zbiorniki są wykonane z betonu, a praktyka pokazała, że konstrukcja z betonowych bloków H (pustaków betonowych, do których wlewa się beton) jest najszybszą i najbardziej efektywną finansowo techniką. Preferowane jest, aby zbiorniki były zakopane w ziemi, a część nad ziemię wynosiła około 0,7 m. Zbiorniki wykonane z tworzywa sztucznego lub plandeki mają wadę, ponieważ nie mogą być zakopane w ziemi w celu osiągnięcia głębokości słupa wody 3 m, więc są zwykle płytsze, a część nad powierzchnią manipulacyjną (terenem) ma 1 m lub więcej wysokości, więc manipulacja podczas karmienia, łowienia i monitorowania jest trudna. Dno zbiornika jest również betonowe, a pośrodku znajduje się wylot (otwór) zabezpieczony siatką, która zapobiega ucieczce ryb ze zbiornika. Oprócz centralnego wylotu, preferowane jest, aby zbiornik miał wylot w górnej części słupa wody, tak aby w przypadku zablokowania centralnego otworu (martwe ryby, liście itp.) woda mogła przelać się przez górny przelew. Dno zbiornika nie musi mieć nachylenia w kierunku środka, aby osiągnąć efekt „samoczyszczącego się zbiornika”, ale nachylenie jest pożądane, aby ryby koncentrowały się w kierunku środka podczas łowienia, co umożliwia łatwiejsze zbieranie ryb podczas końcowego połowu.



Ryc. 4 Budowa system TBP.

Często zadawane jest pytanie, dlaczego nie używamy kanałów zamiast okrągłych zbiorników. Kanały wymagają zupełnie innej koncepcji niż systemy TBP, co staje się jaśniejsze po opisanu pompowania (recyrkulacji) i napowietrzania, opisanych w kolejnych rozdziałach.

Kanały mają jedną zaletę - w tym samym kanale można hodować kilka różnych kategorii (rodzajów) ryb, ponieważ można je oddzielić od siebie sieciami. Wyłapywanie ryb może być również zaletą, ponieważ ryby można skoncentrować za pomocą ruchomej przegrody, co nie jest możliwe w okrągłym zbiorniku. Zaleta dzielenia kanałów siatkami w systemie „staw w stawie” jest wątpliwa, ponieważ siatki są regularnie zarastane glonami i wymagają regularnego czyszczenia i konserwacji (w przeciwieństwie do kanałów do hodowli gatunków zimnowodnych), więc ta zaleta jest rzadko wykorzystywana w praktyce.

Największą wadą kanału jest usuwanie osadów z dna zbiornika („samooczyszczanie”), co w porównaniu ze zbiornikami okrągłymi wymaga co najmniej 8 razy większego przepływu wody. W systemie TBP celem nie jest utrzymanie odpowiedniego stężenia tlenu w zbiorniku poprzez pompowanie wody ze stawu, ponieważ stężenie tlenu w stawie waha się i może być bardzo niskie w niektórych okresach sezonu. Z tego powodu pompowanie dużych ilości wody ze stawu do kanałów jest najbardziej akceptowalne w przypadku podnośników pneumatycznych (ponieważ pompują one wodę i jednocześnie ją napowietrzają), które działają tylko przy niewielkich różnicach wysokości wody, co oznacza, że kanały muszą znajdować się na poziomie wody w stawie, a poziom wody w stawie nie może się wahać. W naszych stawach poziom wody spada o 50-70 cm w sezonie bez regularnych opadów deszczu, co oznacza, że w tym okresie kanały nie byłyby w stanie funkcjonować z podnośnikiem pneumatycznym.

Kolejną wadą kanałów jest słabe wykorzystanie powierzchni, ponieważ kanały z reguły nie mogą być głębsze niż 1-1,5 m, aby zapewnić odpowiedni przepływ (hydraulikę) wody, który umożliwia „samooczyszczanie” kanałów. W literaturze wielokrotnie podkreśla się dobre wykorzystanie powierzchni kanału, chociaż wykorzystanie to pod względem objętości wody jest znacznie niższe niż w przypadku okrągłych zbiorników o większych średnicach, a tym samym większej głębokości. Również koszt budowy kanału jest znacznie wyższy niż okrągłych zbiorników, co najłatwiej wykazać na przykładzie ilości materiału budowlanego (m³ betonu) wymaganego do realizacji jednostki objętości wody (m³ wody).

System IPRAS opracowany w USA wykorzystuje kanały, jest bardzo rozpowszechniony i daje dobre wyniki hodowlane, co często powoduje sceptycyzm związany z wyższością okrągłych zbiorników w systemie TBP. Ważne jest, aby zrozumieć, że system IPRAS wymaga budowy (lub przebudowy) całego stawu, w którym betonowa przegroda (ściana) jest instalowana obok betonowych kanałów do hodowli ryb, a skuteczność systemu zależy w równym stopniu od przebudowy (budowy) stawu, jak i kanału. Wielkość, wymiary i głębokość stawu są precyzyjnie określone w stosunku do kanałów hodowlanych. Przepływ wody przez kanały jest możliwy dzięki utrzymaniu przepływu wody w całym stawie, a samo zastosowanie pompy powietrza w kanale nie jest wystarczające do utrzymania odpowiedniego stężenia tlenu w kanale. Co więcej, IPRAS został opracowany przede wszystkim dla suma kanałowego, który toleruje wysokie zagęszczenie obsady i stosunkowo niższe stężenia tlenu niż gatunki ciepłowodne typowe dla naszego regionu (karp, jesiotr, sum europejski, okoń, sandacz). System TBP nie wymaga przebudowy stawu i może być stosowany w każdym stawie z takim samym efektem. Czynnikiem ten jest szczególnie ważny w naszym regionie, gdzie karpie hodowane są w stawach, które są bardzo stare, a ich przebudowa jest wątpliwa ekonomicznie i trudna do wdrożenia ze względu na rosnące ograniczenia związane z zachowaniem naturalnego środowiska stawów.

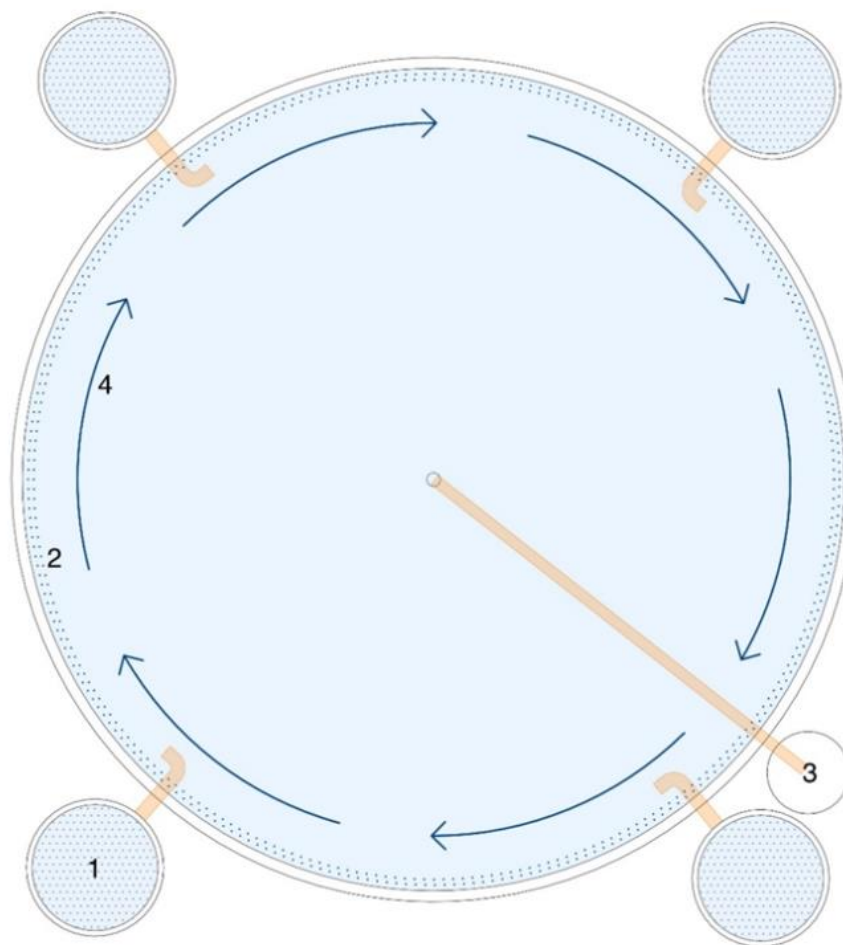
POMPOWANIE WODY - RECYRKULACJA

Do prawidłowego funkcjonowania systemu TBP wymagany jest stały dopływ wody do zbiornika hodowlanego. Woda może być pompowana ze stawu, do którego jest zawracana, lub można użyć świeżej wody, która normalnie zasila staw, z tym że najpierw przepływa ona przez zbiornik. Jeśli staw ma stały przepływ wysokiej jakości wody, woda ta może być wykorzystywana na większą skalę do hodowli w zbiornikach, w celu zmniejszenia potrzeby napowietrzania; w takim przypadku system działa jak przepływowa hodowla ryb z wielokrotnym (kaskadowym) wykorzystaniem wody. Jeśli staw nie ma stałego dopływu wysokiej jakości wody, cyrkulacja wody między stawem a zbiornikiem jest ustanawiana za pomocą pomp. W tym przypadku dopływ wody ma za zadanie utrzymanie związków azotu (TAN, azotynów, azotanów) w zadowalających stężeniach i umożliwienie stałego odprowadzania osadów ze zbiornika.



Ryc. 5 Pompa do zasilania systemu TBP.

Praktyka pokazuje, że optymalizacja pompowania wody (recyrkulacji) wymaga elastyczności w sezonie hodowlanym ze względu na sezonowe oscylacje stężenia tlenu w stawie i stopniowy wzrost biomasy w zbiorniku i stawie. Na początku sezonu stężenie tlenu w stawie jest wysokie, a stężenie ryb w zbiorniku i stawie jest niskie, więc pompowanie wody na większą skalę i bez napowietrzania często utrzymuje optymalne parametry wody. W późniejszej części sezonu stężenie tlenu w stawie będzie czasami niskie i będzie on bardziej obciążony substancjami organicznymi (konsumentami tlenu), więc konieczne będzie zminimalizowanie pompowania wody i zwiększenie napowietrzania. Z pewnością pożądane jest wyposażenie większych zbiorników w stacjonarne mierniki tlenu, które w razie potrzeby aktywują system napowietrzania.



1. Podnośnik powietrzny
2. Obieg napowietrzania
3. Separator wirowy
4. Kierunek obiegu wody

Ryc. 6 Rysunek techniczny napowietrzania i obiegu wody.

Z grubsza można powiedzieć, że mniejsze zbiorniki wymagają większej wymiany wody (20-30% wymiany na godzinę) niż większe zbiorniki (40-100% wymiany na dzień), aby osiągnąć minimalny przepływ wymagany do samooczyszczania, tj. usuwania osadów ze zbiornika. W zbiorniku o średnicy 15 m i głębokości 3 m, przepływ wody 5 l/s jest wystarczający, aby umożliwić samooczyszczanie zbiornika, chociaż nawet przepływ o połowę mniejszy pozwala na odzwierciedlenie odpowiednich stężeń związków odpadowych, z tym że w tym przypadku samooczyszczanie nie będzie zadowalające i konieczne będzie obniżenie poziomu wody o 10-20 cm raz dziennie, w celu usunięcia osadu ze środka zbiornika. Chociaż zbiornik nie jest wyposażony w filtry biologiczne, woda ze stawu zawiera liczne cząsteczki jako nośniki mikroorganizmów o wysokim potencjale nityfikacji, co wraz z napowietrzaniem w zbiornikach umożliwia intensywną filtrację biologiczną równą (lub wyższą) niż w RAS.

Jako ogólną zasadę zalecamy, aby zbiorniki były wyposażone w pompy, które umożliwiają wymianę wody na poziomie 20-30% na godzinę z możliwością regulacji przepływu (kilka mniejszych pomp, regulatory częstotliwości), dzięki czemu przepływ może być zoptymalizowany w trakcie sezonu.

NAPOWIERZANIE

Napowietrzanie ma największe znaczenie w systemie TBP, ponieważ jednocześnie zapewnia: utrzymanie odpowiedniego stężenia tlenu w wodzie, cyrkulację (przepływ) wody, destratyfikację, odgazowanie i filtrację biologiczną. Jeśli chodzi o sprzęt, praktyka pokazała, że stosowanie promieniowych dwustopniowych dmuchaw i dyfuzorów membranowych jest najczęstszym i najbardziej odpowiednim wyborem. Promieniowe dwustopniowe dmuchawy nie wymagają regularnej obsługi (praktycznie nie wymagają specjalnej konserwacji), nie zawierają oleju, nadają się do długich dystrybucji powietrza (czasami kilkaset metrów) i są skuteczne nawet przy wyższym ciśnieniu (większa głębokość wody).



Ryc. 6 Centralna instalacja dmuchaw bocznokanałowych

Dmuchawy mają wydajność zgodną z ogólną zasadą „ile m³ wody w zbiorniku, tyle m³ powietrza/godzinę”. Oprócz dwustopniowych dmuchaw promieniowych, często wybierane są również tzw. dmuchawy „root” oraz dmuchawy „high speed turbo”. Dmuchawy typu „root” wymagają serwisowania (wymiana oleju przekładniowego i paska klinowego), podczas gdy wysokoobrotowe dmuchawy turbo oferują znaczne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, ale są stosunkowo drogie, więc odpowiednia dmuchawa powinna być wybrana w oparciu o efektywność energetyczną, kalkulację amortyzacji i potrzebę konserwacji. Dmuchawy są zwykle instalowane centralnie (dla wszystkich zbiorników betonowych i stawów, jeśli napowietrzanie odbywa się w stawach za pomocą nadmuchu powietrza), a linie dystrybucyjne do wszystkich odbiorców są instalowane pod ziemią.



Ryc. 7 Instalacja dmuchaw bocznokanałowych dla każdego podnośnika oddzielnie

Centralna instalacja dmuchawy obniża koszty (głównie ze względu na mniejszą liczbę szaf elektrycznych i innych instalacji elektrycznych) oraz ułatwia serwisowanie i konserwację. Jeśli zbiorniki są wyposażone w stacyjne mierniki tlenu i automatyczne napowietrzanie, wówczas każdy zbiornik jest wyposażony we własne dmuchawy. Z reguły dmuchawy są wyposażone w regulatory częstotliwości, które umożliwiają optymalizację zużycia energii i łagodny rozruch podczas włączania, co zmniejsza obciążenia szczytowe.

W mniejszych zbiornikach (do około 5 m średnicy) napowietrzanie odbywa się za pomocą elastycznego dyfuzora rurowego (podobnego do węża do nawadniania kropelkowego), który jest zamontowany na wewnętrznej krawędzi zbiornika, około 1 m poniżej poziomu wody. Taka instalacja umożliwia skuteczne napowietrzanie, wydajny przepływ wody, a sama instalacja nie przeszkadza w łowieniu ryb i innych manipulacjach w zbiorniku.

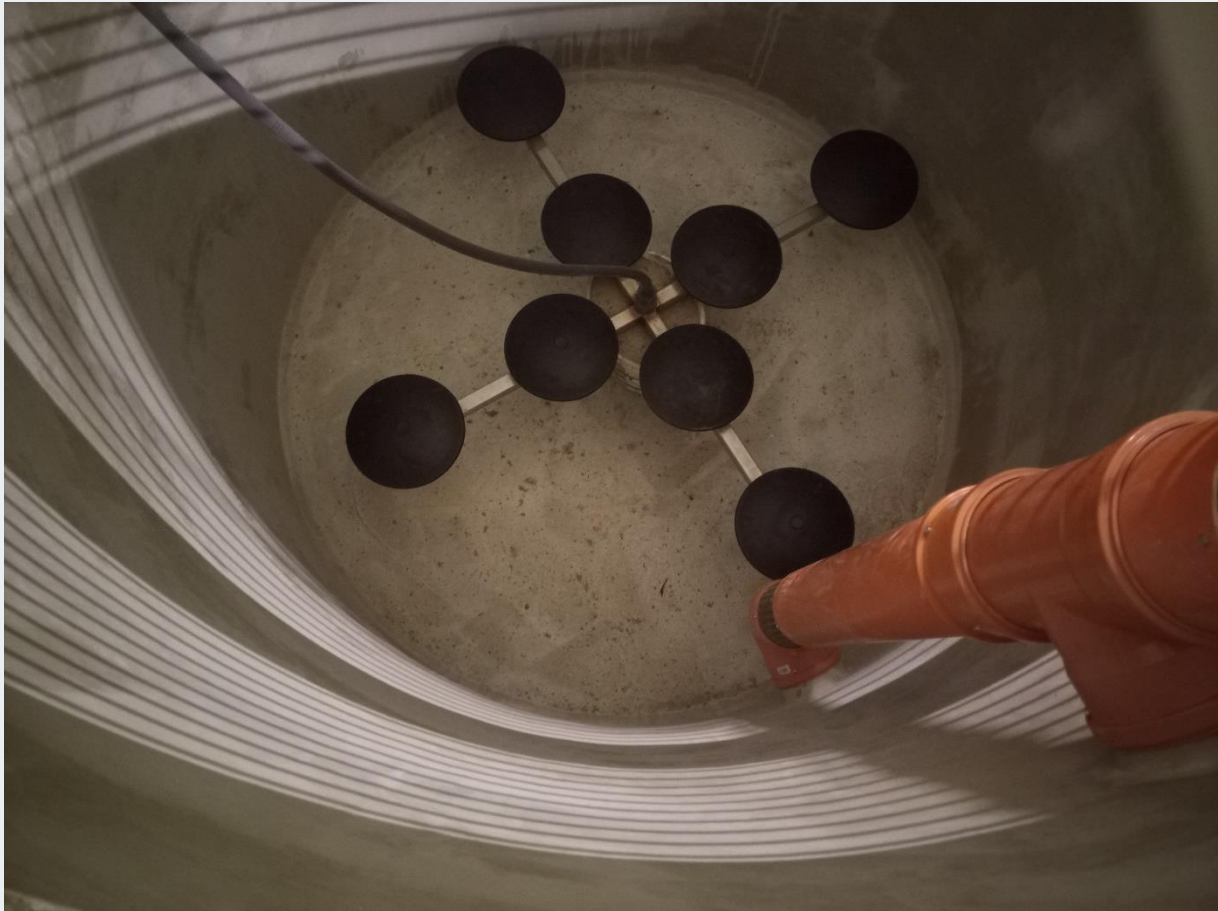


Ryc. 8 Zainstalowany dyfuzor rurowy (wąż)

Dyfuzor rurowy jest zwykle umieszczany w 2 obwodach (podwójnie), aby uzyskać zadowalający przepływ powietrza, ponieważ dyfuzor rurowy ma wydajność 1-2 m³/h/metr bieżący dyfuzora i konieczne jest obliczenie, ile metrów dyfuzora rurowego jest potrzebnych do zbiornika o określonej objętości. Ten typ instalacji ma dodatkową zaletę polegającą na zmniejszeniu lepkości (tarcia między wodą a ścianą), dzięki czemu ukierunkowany przepływ wody łatwiej realizuje ruch kołowy wody. Oprócz okrężnego ruchu wody, ten typ napowietrzania osiąga również wtórną cyrkulację wody w zbiorniku, co okazało się bardzo skuteczne w koncentracji osadów w środku (syfonie) zbiornika i destratyfikacji. Koncentracja osadów w środku zbiornika jest kluczem do efektu „samooczyszczania” zbiornika, a destratyfikacja sprzyja „rozproszonemu” rozmieszczeniu ryb w zbiorniku.

W zbiornikach o średnicy większej niż 5 m, wraz z dyfuzorami rurowymi, instalowane są pompy powietrza (airlift), które znajdują się obok zbiornika (po zewnętrznej stronie ściany) i komunikują się z dwoma otworami (rurami łączącymi) na dole zbiornika i na górze zbiornika. Pompy powietrzne są zasadniczo przedziałami, w których znajdują się dyfuzory; poprzez wdmuchiwanie powietrza (oprócz napowietrzania) powstaje efekt pompowania, tj. woda wpływa do dolnej części wyciągu powietrznego ze zbiornika hodowlanego i wypływa z górnej części wyciągu powietrznego do zbiornika hodowlanego. Na rurze wylotowej umieszcza się kolanko z PVC, które kieruje przepływ wody ruchem okrężnym. Komory podnośnika powietrznego są zwykle wykonane z betonowych rur o różnych średnicach (1-2 m średnicy). Średnica przedziału do podnoszenia powietrza (rury betonowe) musi zawierać odpowiednią liczbę dyfuzorów, aby zaspokoić ilość wdmuchiwanego powietrza na jednostkę czasu. W praktyce stosujemy

dyfuzory rurowe (plastikowe rurki z wywierconymi otworami) lub dyfuzory membranowe; preferujemy dyfuzory membranowe ze względu na większy transfer tlenu do wody, brak możliwości zablokowania otworu (co zdarza się stosunkowo często w przypadku dyfuzorów rurowych) i prostszą instalację. Przedział powietrzny ma taką samą głębokość jak sam zbiornik hodowlany, ale dyfuzory nie są instalowane na dnie przedziału, ale 1,5-1,7 m poniżej poziomu wody.



Ryc. 9 Membranowe dyfuzory dyskowe zainstalowane w komorze podnośnika powietrza

W ten sposób osiągnięto dobry kompromis między wzbogacaniem wody w tlen (im większa głębokość wdmuchiwanego powietrza, tym skuteczniejsze wzbogacanie w tlen), a ilością wdmuchiwanego powietrza (ilość wdmuchiwanego powietrza jest większa na mniejszych głębokościach) i efektem pompowania (który wzrasta wraz z głębokością). Ilość wyciągów powietrznych różni się w zależności od średnicy (objętości) zbiornika, zwykle instaluje się 1-4 wyciągów powietrznych na zbiornik. W przypadku zbiorników o średnicy 15 m i głębokości 3 m stosujemy 4 podnośniki powietrzne na każdy zbiornik, które są wykonane z betonowych rur o średnicy 2 m, z otworami o średnicy 300 mm, a w każdym podnośniku powietrznym znajduje się 8-12 membranowych dyfuzorów dyskowych (średnica pojedynczego dyfuzora wynosi 300 mm).

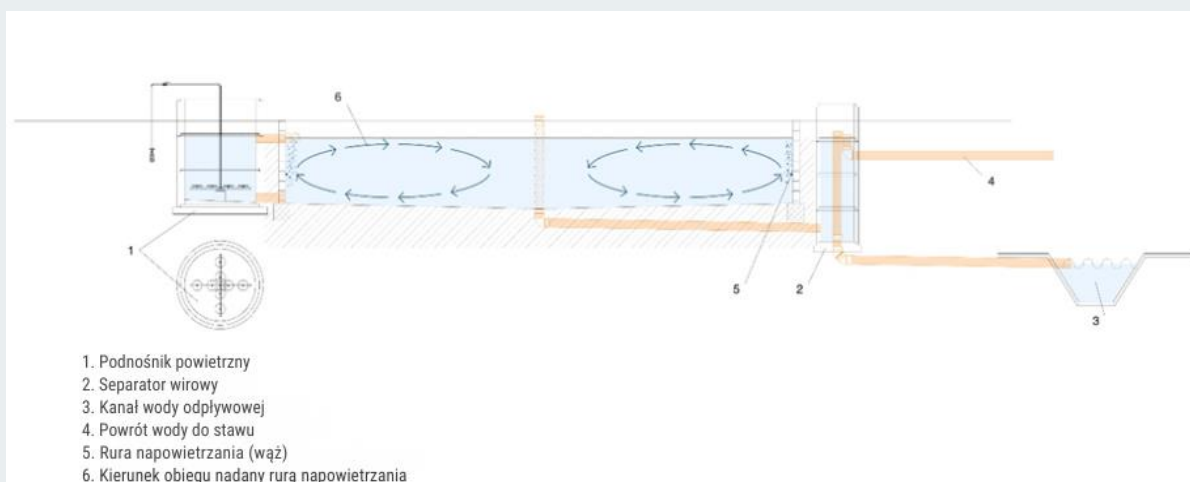


Ryc. 10 Dyfuzor grubopęcherzykowy (rury z wywierconymi otworami) zainstalowany w komorze podnośnika powietrznego

W zbiornikach o średnicy większej niż 20 m trudniej jest uzyskać napowietrzanie za pomocą samych podnośników powietrznych umieszczonych obwodowo wzdłuż ścian zbiornika i konieczne jest napowietrzanie w samych zbiornikach, głównie za pomocą aeratorów łopatkowych. Oczywiście istnieje możliwość zainstalowania pływających podnośników powietrznych (z ukierunkowanym przepływem wody) w zbiorniku, co ma pewne zalety, ponieważ system nie zależy od wielu silników elektrycznych (aeratorów), ale raczej od centralnych wentylatorów i dystrybucji powietrza. Istnieje również możliwość zainstalowania centralnie umieszczonego podnośnika powietrznego, który wykonuje wtórny ruch wody i gromadzenie się osadów w środku zbiornika, chociaż to rozwiązanie staje się mniej skuteczne wraz ze wzrostem średnicy zbiornika. Dyfuzory węzowe są czasami umieszczane na dnie zbiornika, które można umieścić w wystarczającej ilości, aby zaspokoić napowietrzanie dużych zbiorników, ale przeszkadzają one w łowieniu ryb i uniemożliwiają prawidłowy przepływ wody, niezbędny do samooczyszczania zbiornika.

GOSPODARKA OSADOWA

Każdy zbiornik wyposażony jest w osadnik (separator wirowy), który jest jednocześnie regulatorem wysokości poziomu wody w zbiorniku. Osadnik to betonowa rura o średnicy 1-1,5 m, tej samej wysokości co betonowy zbiornik, z dnem nieco niższym niż dno zbiornika. Rura łącząca syfon wchodzi na dno osadnika i służy do odprowadzania wody i osadów ze zbiornika. W górnej części osadnika znajduje się przelew, który umożliwia mechanicznie oczyszczonej wodzie przepływ z powrotem do stawu, a osad jest zatrzymywany na dnie osadnika. Przelew służy również jako regulator wysokości wody w zbiorniku. W dolnej części osadnika znajduje się otwór zamknięty pionową rurą, która służy do odprowadzania wody ze zbiornika, czyli łączy się z rurą spustową. Zaleca się, aby rura odprowadzająca wodę była podłączona do strumienia lub kanału, który znajduje się niżej niż dno zbiornika, tak aby zbiornik mógł być opróżniany przez swobodny spadek w razie potrzeby, w przeciwnym razie konieczne jest użycie pompy do opróżnienia zbiornika.



Ryc. 11 Rysunek techniczny przekroju poprzecznego i kierunku wody wtórnej

Nagromadzony osad w zbiorniku sedymentacyjnym może być okresowo odprowadzany do stawu, co odbywa się poprzez obniżenie wysokości przelewu o około 0,5 m, co oznacza, że poziom wody w zbiorniku musi być co najmniej 0,5 m wyższy niż poziom wody w stawie. Jeśli staw jest przeciążony materia organiczną, osad można wypompować i wywieźć na tereny rolnicze lub zutylizować w inny sposób, zgodnie z możliwościami i przepisami prawa. Podczas intensywnego karmienia i dużego zagęszczenia plantacji, pożądane jest obniżanie poziomu wody w betonowym zbiorniku raz dziennie, w celu usunięcia osadu wokół syfonu, a tym samym dalszego zmniejszenia ilości osadu w zbiorniku.

MONITOROWANIE I KONTROLA JAKOŚCI WODY

Kluczowym parametrem jest tlen, który z reguły musi wynosić powyżej 4,0 mg/l (dla karpia). W mniejszych zbiornikach tlen (i temperaturę) mierzy się co najmniej dwa razy dziennie, a stopień napowietrzenia reguluje się za pomocą ręcznych zaworów i odpowiedniej regulacji mocy centralnych dmuchaw. W większych zbiornikach zazwyczaj stosuje się stacjonarny miernik tlenu, który aktywuje dmuchawę, gdy stężenie tlenu spadnie poniżej 4 mg/l. Czasami w większych zbiornikach stosuje się stałą pracę dmuchawy (umieszczonej centralnie dla wszystkich potrzeb hodowli ryb), a dodatkowa dmuchawa jest włączana automatycznie za pomocą stacjonarnego miernika tlenu w wodzie, w zależności od potrzeb („dostarczanie”).

W praktyce nie mierzymy innych parametrów wody, a głównym wyznacznikiem jej jakości jest apetyt i zachowanie ryb. W przypadku nadmiernego karmienia i rozkładu niezjedzonego pokarmu w zbiornikach (typowy błąd), następuje widoczne pogorszenie jakości wody, więc konieczne jest zaprzestanie karmienia, a dodatkowo spuszczenie wody ze zbiornika (czyli obniżanie poziomu wody w zbiorniku) kilka razy dziennie, aż jakość wody nie ulegnie poprawie, a ryby zaczną ponownie wykazywać zwiększony apetyt. Pomiar innych parametrów wody (TAN, NH₂, NH₃...) z pewnością byłby przydatny, aby móc ocenić obciążenie organiczne wody i lepiej regulować odżywianie.

Jako środek sanitarny regularnie stosuje się wapno hydratyzowane w stężeniu 10 g/m³ wody. Wapno jest umieszczane w podnośnikach pneumatycznych, które rozpuszczają wapno i pompują je do zbiornika. Nie stosowaliśmy innych biocydów, ponieważ nie było takiej potrzeby.

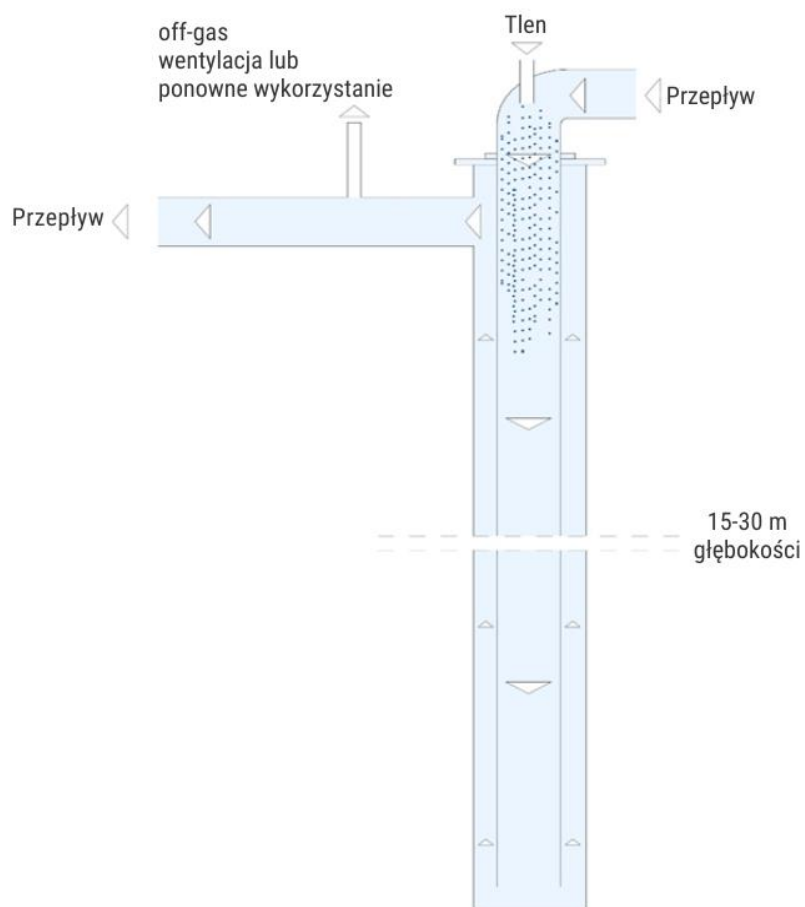
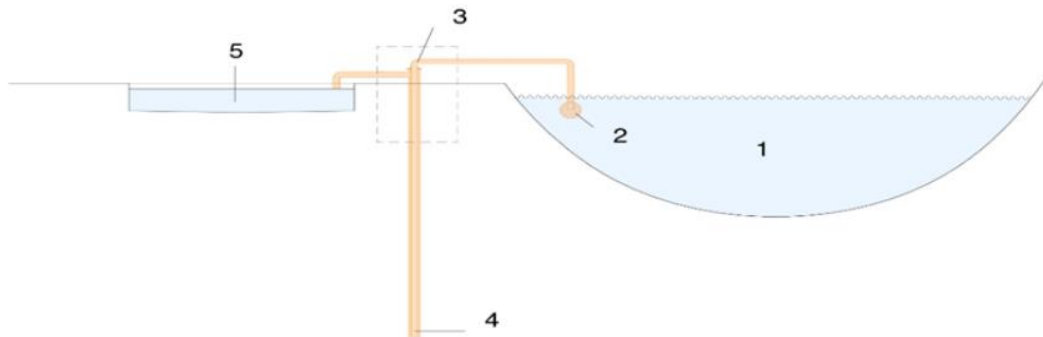
WYKORZYSTANIE TLENU W SYSTEMIE

Dzięki zastosowaniu tlenu w systemie TBP gęstość obsad można z reguły potroić (do 90 kg/m³) w porównaniu z zastosowaniem samego napowietrzania (do 30 kg/m³). Wykorzystanie tlenu nie wyklucza napowietrzania, które pełni wieloraką rolę w systemie TBP (cyrkulacja wody, odgazowanie, wzbogacanie wody w tlen, destratyfikacja, filtracja biologiczna). Chociaż wysokie zagęszczenie ryb można utrzymać tylko dzięki natlenianiu, nie jest to ekonomicznie uzasadnione, ponieważ efektywność energetyczna (a tym samym ekonomiczna) napowietrzania („SAE - Standard Aeration Efficiency”) jest znacznie wyższa niż natleniania, tj. na każdą kWh zainwestowaną w napowietrzanie wzbogacamy ją w wodę o około 2 kg O₂, podczas gdy w natlenianiu rozpuszczanie tlenu nigdy nie wynosi 100%, tj. na każdy kg użytego O₂ nie rozpuszczamy takiej samej ilości O₂. Ponadto, aby skutecznie rozpuścić tlen w wodzie, musimy zużyć energię, co dodatkowo zwiększa różnicę między napowietrzaniem a natlenianiem. Napowietrzanie jest jednak bardziej skuteczne przy niższych poziomach tlenu i zmniejsza się w kierunku 100% nasycenia. Z powyższego wynika, że dzięki napowietrzaniu utrzymujemy stężenie tlenu na poziomie około 70%, a pozostałe 30% uzyskujemy dzięki natlenianiu (liczby mają charakter orientacyjny). Pomimo jasnych obliczeń, że natlenianie jest energetycznie (ekonomicznie) co najmniej 3 razy mniej wydajne niż natlenianie, w niektórych przypadkach natlenianie może mieć ogromny potencjał w systemie TBP:

- gdy cena ryb może udźwignąć koszt natleniania i istnieje zwiększony popyt na ryby,
- jeśli taniej jest zwiększyć wydajność na m³ wody o 3 razy zamiast budować 3 razy większy system TBP (jeśli koszt budowy jest wysoki, z długą amortyzacją),
- gdy hodowane są gatunki wymagające wysokiego stężenia tlenu (głównie okoń),
- gdy hodowane są gatunki o wysokiej wartości, a bezpieczeństwo systemu ma zostać zwiększone (jesiotr na kawior, ryby doświadczalne, młode osobniki).

Z powyższego jasno wynika, że nie ma nadmiernego uzasadnienia dla produkcji karpia i innych gatunków, które zadowolają się stężeniem tlenu na poziomie 4-5 mg/l (65-75%), chyba że mają zostać osiągnięte wyższe wydajności lub większe bezpieczeństwo; jednocześnie natlenianie stanowi ogromny potencjał do szybkiego i skutecznego zwiększenia produkcji oraz oferuje możliwość dywersyfikacji i szybkiej reakcji na potrzeby rynku. Aby wykorzystać maksymalny efekt natleniania, należy przeprowadzić przesylenie (stopień tlenu powyżej 100%), zwykle powyżej 300%. Przesycona woda jest pompowana do zbiornika w celu utrzymania stężenia tlenu na poziomie 90-100%. Przy wysokiej roślinności/dużej ilości fitoplanktonu, stężenie tlenu na poziomie 65-75% nie będzie wystarczające, ponieważ podczas żerowania i innych aktywności ryb stężenie to spada bardzo szybko o 20-30%, dlatego należy zadbać o to, aby dolna granica stężenia tlenu była zadowalająca, aby nie powodować stresu u ryb i aby konwersja paszy była zadowalająca. Najskuteczniejszym (praktycznie bez równoważnej alternatywy) sposobem rozpuszczania tlenu jest zastosowanie tzw. U-rurek, które wytwarzają wysokie ciśnienie (2-3 bary) bez użycia pomp wysokociśnieniowych, czyli bez dużego zużycia energii. Woda, która jest pompowana do zbiornika, najpierw przepływa przez U-rurkę; kluczowe jest osiągnięcie prędkości przepływu wody w U-rurce 1-3 m/s i ciśnienia 0,4-0,6 bara, w przeciwnym razie pęcherzyki tlenu przemieszczające się wzdłuż wewnętrznej U-rurki utworzą pęcherzyk powietrza, którego pompa nie będzie w stanie pokonać (zablokuje przepływ).

1. Staw
2. Pompa
3. O₂
4. U-rura
5. Zbiornik



Ryc. 11 Schemat U-rury

W przypadku natleniania należy obliczyć ilość dziennego poboru tlenu (obliczenia ramowe: 1 kg O₂ jest potrzebny na każdy kg paszy), a pompa musi być zwymiarowana zgodnie z zasadą, że procent dodanego tlenu do przepływu wody nie może przekraczać 10% (w przeciwnym razie wykorzystanie / rozpuszczalność tlenu spadnie). Należy podkreślić, że wydajność rozpuszczania tlenu w U-rurkach wzrasta wraz z głębokością U-rurki, która optymalnie wynosi 20-40 m. Należy zauważyć, że w przypadku stosowania U-rurek, tzw. pompy śmigłowe, pomimo niewielkiej różnicy wysokości między zbiornikiem a stawem, nie są odpowiednie; potrzebne będą pompy odśrodkowe o nieco większej wysokości geodezyjnej (zwykle 5-10 m). Podobnie, ilość pompowanej wody będzie zależeć od zapotrzebowania na tlen, a wymiana wody nie będzie zwykle mniejsza niż 25% objętości zbiornika na godzinę.

EKONOMICZNY ASPEKT SYSTEMU

Rozważając ekonomiczne aspekty systemu TBP, należy zauważyć, że celem systemu TBP nie jest zastąpienie hodowli w stawach, ale raczej maksymalizacja potencjału hodowlanego samych stawów. System TBP bez stawów nie wykorzysta swojego potencjału, podobnie jak budowa nowych stawów (lub przebudowa istniejących) bez systemu TBP nie jest zrównoważoną ścieżką z wielu powodów (ekonomicznych, ekologicznych, wysokiego zapotrzebowania na personel itp.) Istniejące stawy, które osiągnęły swoje maksimum (około 10 t/ha/rok) mogą zwiększyć swoje możliwości hodowlane poprzez budowę nowych stawów i/lub budowę systemu TBP. Inwestycja kapitałowa w budowę systemu TBP (betonowy zbiornik z wyposażeniem) jest generalnie niższa niż inwestycja w budowę nowego stawu, chociaż istnieją duże różnice na poziomie regionalnym i globalnym w kosztach budowy, cenach gruntów, regulacjach prawnych i innych czynnikach, które wpływają na koszt inwestycji - więc z pewnością są wyjątki. Ważne jest, aby pamiętać, że jeśli inwestor chce potroić produkcję w intensywnej hodowli stawowej, musi potroić obszar hodowli (i proporcjonalnie zaspokoić zapotrzebowanie na wodę) lub zbudować system TBP (betonowe baseny) obok istniejącego stawu, zajmując znikomy obszar (mniej niż 2% powierzchni należącej do stawu), bez potrzeby dodatkowej wody. Typowy zbiornik produkcyjny 15/3 można uznać pod względem wydajności uprawy (co najmniej) za odpowiednik stawu o powierzchni 1 ha, który jest wyposażony do intensywnej uprawy (elektryfikacja, aeratory, generator prądu itp.). Praktyka pokazała, że koszt budowy takiego zbiornika jest stosunkowo niski i można go zamortyzować w okresie 1-3 lat.

Poza samą budową zbiornika (lub stawu) istotne są dalsze koszty utrzymania, które w przypadku systemu TBP praktycznie nie występują. W przypadku stawów, zamulanie, utrzymanie dróg, koszenie, naprawa nasypów (itp.) stanowią znaczny koszt i zaangażowanie, które nie jest produktywne. Konserwacja i naprawy sprzętu w systemie TBP nie są znaczące, nie wymagają dużej wiedzy specjalistycznej i nie różnią się znacząco od konserwacji aeratorów i pomp wymaganych przy intensywnym chowie w stawach. Koszt produkcji w systemie TBP jest z pewnością ważnym parametrem, jeśli arbitralnie przyjmiemy, że inwestycja w oba systemy jest równa. Praktyka pokazuje, że zużycie energii wynosi około 2,5-3,5 kWh/kg ryb hodowlanych w systemie TBP, podczas gdy parametr ten jest zwykle nieco niższy w stawach (1,5-2,5 kWh/kg). Konwersja paszy (FCR) w młodszych kategoriach jest równa w obu systemach, podczas gdy w większych kategoriach ryb (np. karp 1,5-3 kg) konwersja jest nieco wyższa w systemie TBP. Najlepsze wyniki osiągnęliśmy w przypadku karpia o masie końcowej 0,7-1,5 kg, gdzie konwersja wynosi zwykle 1,4-1,5 (Aller Classic lub Forte).

Koszt hodowli jest ściśle związany z całkowitym przyrostem biomasy w sezonie hodowlanym, który jest najwyższy u ryb młodszych i znacząco spada wraz z większymi rybami. Weźmy na przykład hodowlę jednorocznych narybków (w zbiorniku 15/3), gdzie wchodzimy w sezon wegetacyjny z ekstremalnie niską biomasą (np. 150 000 sztuk palczaków; 150 kg biomasy; 0,3 kg/m³) i kończymy z 15 tonami jednorocznych letnich ryb (30 kg/m³), czyli stukrotnym wzrostem biomasy. Wchodzimy w sezon wegetacyjny z niewielkim zainwestowanym kapitałem, na początku sezonu zużycie energii elektrycznej będzie bardzo niskie (ze względu na niską biomasę początkową), wzrost będzie wysoki przez cały sezon, a FCR będzie stosunkowo niski. Jeśli chcemy hodować karpie o dużych rozmiarach (3-4 kg), prawdopodobnie zaczniemy od plantacji 1,5 t (5000 sztuk średniej biomasy 300 g; 3 kg/m³), przy

znacznym zużyciu energii elektrycznej od samego początku sezonu i raczej słabym FCR pod koniec sezonu, aby osiągnąć dziesięciokrotny wzrost biomasy. W aspekcie ekonomicznym możemy również rozważyć efekty dywersyfikacji, np. intensywną hodowlę jesiotra, okonia itp. w betonowych zbiornikach, co może znacznie poprawić wyniki ekonomiczne hodowli ryb, które w przeciwnym razie nie mogły być hodowane (na znaczącą skalę) w warunkach stawowych.

Czynniki pośrednie, takie jak: skuteczne zwalczanie chorób, skuteczna ochrona przed drapieżnikami oraz zminimalizowany wpływ zmian pogodowych na parametry wody, przyczyniają się do ekonomiczności systemu TBP. Straty pogłowia z reguły nie przekraczają 3%, co jest wartością nieporównywalnie niższą niż w przypadku stawów (zwłaszcza ekstensywnych o większej powierzchni). Z wyjątkiem chorób wirusowych (które mogą powodować takie same konsekwencje w systemie TBP jak w stawie), choroby pasożytnicze i warunkowe choroby bakteriologiczne są po prostu kontrolowane przez regularne kąpiele; w większości przypadków regularne stosowanie wapna hydratyzowanego (1-2 razy w tygodniu) w stężeniu 10 g/m³ wody jest jedynym środkiem, który jest wykonywany. Ochrona przed drapieżnikami jest bardzo skuteczna w zbiornikach betonowych; ptaki bardzo rzadko atakują ryby w zbiornikach betonowych. W razie potrzeby zbiorniki betonowe można przykryć siatkami, co jest ekonomicznie efektywne ze względu na niewielką powierzchnię i wysoką wydajność zbiornika. Stężenie tlenu w zbiornikach betonowych jest stałe, parametry wody (TAN) nie oscylują; z tego powodu stres ryb jest zminimalizowany i możliwe jest ciągłe karmienie.



Ryc.12: Karmnik w systemie 15/3 TBP

Karmienie za pomocą karmników maksymalizuje produktywność, a jednocześnie wyrównuje parametry jakości wody w ciągu dnia. W ten sposób ryby pobierają pokarm przez cały dzień (również w nocy) i samoregulują karmienie zgodnie z apatytem, który jest ponownie związany ze środowiskiem. Nasza praktyka pokazała, że 1 karmnik na żądanie jest wystarczający dla zbiornika 15/3, ponieważ nie wszystkie ryby jedzą w tym samym czasie i nie ma dużych oscylacji we wzroście populacji w zbiorniku.

LET'S GROW
TOGETHER

