

Agata PAWŁOWSKA, Michał ZIELINA\*

## **ANALIZA METOD TECHNICZNYCH STOSOWANYCH W UJĘCIACH WODY W CELU OCHRONY RYB I NARYBKU**

Obecnie obowiązujące regulacje prawne narzucają ochronę zasobów wodnych, w tym również ichtiofauny. Mimo tego, w Polsce, problem ochrony ichtiofauny podczas projektowania ujęć wodnych nie jest wystarczająco uwzględniany. W artykule przedstawiono zagrożenia ryb i narybku w ekosystemach wodnych. Skupiono się na pierwszym elemencie infrastruktury wodociągowej – ujęciu wody. Opisano stosowane obecnie urządzenia chroniące ryby i narybek przed dostaniem się do wnętrza czepni. Wśród nich opisano bariery behawioralne oraz zapewniające lepszą skuteczność – bariery fizyczne. Zostały przedstawione wytyczne i zasady projektowania ekranów, dotyczące materiału, z którego są wykonane jak również maksymalnej dopuszczalnej prędkości wlotowej. Zaprezentowano rozwiązanie nowoczesnej czepni dostępnej na rynku.

### 1. WSTĘP

Ujęcie wody, będące pierwszym elementem systemu zaopatrzenia w wodę odgrywa istotną rolę w jego funkcjonowaniu. Dlatego też, szczególnie ważne jest poprawne zaprojektowanie ujęcia wody. Należy uwzględniać aspekty techniczno-ekonomiczne, jak również, trzeba mieć na uwadze, że pobór wody powierzchniowej może zagrażać – prowadzić do okaleczenia lub śmierci ryb bytujących lub migrujących w pobliżu czepni ujęcia wody.

---

\* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, gacia.pawlowska@gmail.com, mziel@vistula.wis.pk.edu.pl.

## 2. PROBLEM OCHRONY ICHTIOFAUNY W EKOSYSTEMACH WODNYCH

W Polsce cele gospodarki wodnej są określone w Prawie Wodnym. Dotyczy ono między innymi aspektów ochrony zasobów wodnych przed nadmierną eksploatacją i zanieczyszczeniem oraz określa zasady gospodarowania tymi zasobami. W państwach członkowskich Unii Europejskiej, zgodnie z obowiązującym przepisami zawartymi w Dyrektywie Siedliskowej [1] oraz Ramowej Dyrektywie Wodnej [2] istnieje obowiązek ochrony zasobów wodnych, w tym również ichtiofauny.

Konieczność zapewnienia rybom możliwości dotarcia do miejsc rozrodu w górnym biegu cieku jest sprawą niekwestionowaną. Ze względu na znaczny rozwój techniki w tej dziedzinie powstają coraz lepsze konstrukcje przepławek, dostosowanych do biologicznych wymagań ryb, które umożliwiają rybom migrację i pokonanie piętrzeń. Pomimo dużej świadomości co do zapewnienia wędrówek w górę rzeki, jakby w cień pozostaje zagadnienie dotyczące migracji ryb w dół rzeki. Duże zagrożenie dla przemieszczających się ryb stanowią ujęcia wodne. Najbardziej niebezpieczne są duże ujęcia elektrowni wodnych, w których ryby dostają się do komory turbin, gdzie są kaleczone a część jest zabijana przez obracające się łopatki [8]. Stopień śmiertelności związany z dostaniem się ryb do turbiny wodnej zależy od ich gatunku i rozmiaru, jak również rozmiaru i typu zastosowanej turbiny. W publikacji [5] wykazano, że stopień śmiertelność narybku z gatunku łososiowatych, które dostały się do turbiny waha się od mniej niż 5% do ponad 90% w przypadku turbiny Francisa, oraz od mniej niż 5% do ponad 20% w przypadku turbiny Kaplana. Ten rozrzut wyników jest związany ze zmiennymi warunkami rozbioru, co skutkuje zmiennymi warunkami pracy elektrowni. Ze względu na szczególną wrażliwość niektórych gatunków na zmiany ciśnienia oraz większe rozmiary np. węgorzy przypuszcza się [5], że stopień śmiertelności tych gatunków może być znacznie wyższy.

Problem stanowią również mniejsze ujęcia zaopatrujące w wodę do produkcji do wody do spożycia. W przypadku ryb, a szczególnie młodszych osobników – narybku, może dojść do ich porwania przez prąd wodny. Ze względu na niewielkie rozmiary, ryby nie są w stanie się z niego wydostać, co może skutkować okaleczeniem lub śmiercią, gdy zderzą się z powierzchnią czepni. Co więcej, może dojść do wciągnięcia ryb do urządzeń znajdujących się w ujęciu wodnym. Stopień negatywnego oddziaływania urządzeń ujęcia wodnego na ichtiofaunę zależy od liczebności, rozmiaru, rozmieszczenia fauny oraz zdolności pływackich osobników, jak również prędkości przepływu wody, wydatku przepływu dopływającego do czepni i głębokości, na której znajduje się ujęcie. Istotny jest również rodzaj i rozmiar ujęcia oraz rozmiar otworów wlotowych w zastosowanych siatkach, zwanych również ekranami [6].

### 3. URZĄDZENIA CHRONIĄCE RYBY I NARYBEK PRZED DOSTANIEM SIĘ DO CZERPNI

Przy projektowaniu ujęć wody należy pamiętać o zabezpieczeniu ryb i narybku przed ich wciąganiem do czerpni. W tym celu wykorzystuje się bariery behawioralne lub bariery fizyczne.

#### 3.1. BARIERY BEHAWIORALNE

W przypadku większych ujęć rozwiązaniem bardziej korzystnym finansowo jest zastosowanie tzw. barier behawioralnych. Zadaniem barier behawioralnych jest odstraszenie ryb od wpłynięcia do stref, które mogą stanowić dla nich zagrożenie. W porównaniu z barierami fizycznymi opisanymi w dalszej części artykułu, bariery behawioralne wymagają aktywności ze strony ryb, dlatego też ich skuteczność w dużej mierze jest uzależniona od zdolności pływackich ryb. W publikacji [3] zostały opisane następujące rodzaje barier behawioralnych:

- bariery żaluzjowe – powodujące, że przepływająca woda kieruje ryby do obejścia,
- bariery świetlne i akustyczne – odstraszały ryby z okolic ujęcia wody,
- bariery elektryczne – uniemożliwiały rybom dostanie się do urządzeń ujęć wodnych oraz pomagające w swobodnej migracji ryb.

Ponadto, stosuje się również [3], [4] inne bariery behawioralne takie jak: kurtyny z pęcherzyków powietrza tłoczonego do wody, kurtyny z silnego strumienia wody oraz kurtyny z zawieszonych łańcuchów.

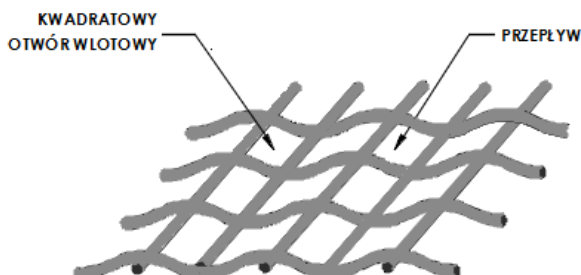
#### 3.2. BARIERY FIZYCZNE

Najbardziej popularną metodą ochrony ryb i narybku w ujęciach wody powierzchniowej jest wykorzystanie barier fizycznych [3]. Są to czerpnie wyposażone w specjalne ekrany (siatki) zapobiegające dostaniu się ryb i narybku do ich wnętrza. Zastosowanie ekranów fizycznych w miejscu poboru wody jest zalecane w przypadku małych i średnich ujęć wody.

Zastosowanie znalazły różnego rodzaju ekrany fizyczne. W publikacji [9] zostały zestawione ekrany powszechnie stosowane w USA i Kanadzie. Wśród nich wyróżnia się ekrany wykonane z:

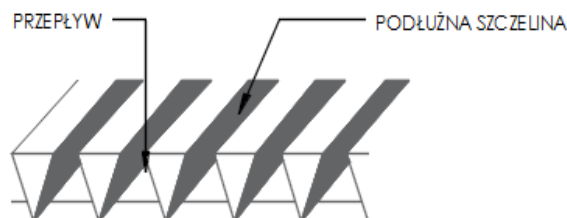
- plecionej siatki drucianej – wykonane z różnych materiałów: stali ocynkowanej, stali nierdzewnej, stopu miedzianego czy włókna syntetycznego (nylonu, poliestru). W zależności od kształtu ekranu wymagana jest odpowiednia średnica drutu, np. 1,5 mm (0,06 cala) dla stałego ekranu płaskiego lub 20 mm (0,8 cala) dla bębnowego. W zależności od wielkości ryb/narybku otwór wlotowy ma maksymalnie

szerokość 2,38 mm (dla narybku o długości do 60 mm) oraz 6,35 mm (dla ryb o długości większej niż 60 mm),



Rys. 1. Profil plecionej siatki drucianej [3]

- blachy perforowane – otwory wlotowe mogą być dowolnego kształtu, wykonane ze stali ocynkowanej, stali nierdzewnej, aluminium lub tworzywa sztucznego (PE, PP), średnice otworów ustalane tak samo jak w przypadku plecionej siatki drucianej,
- drutów profilowanych – najczęściej kształtu klinowego, zwykle wykonane z drutów ułożonych równolegle i przyspawanych do prętów nośnych, maksymalna szerokość otworów w najwęższym miejscu 1,75 mm (dla narybku o długości do 60 mm) oraz 6,35 mm (dla ryb o długości większej niż 60 mm).



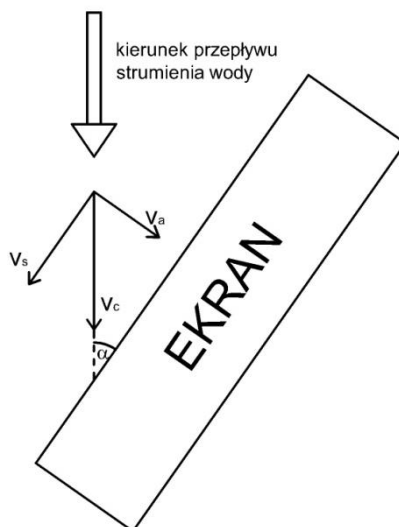
Rys. 2. Profil drutu klinowego [3]

W zależności od zainstalowanej czepni ekrany mogą mieć różne kształty. Najczęściej spotykane są ekrany płaskie o przekroju kołowym lub kwadratowym oraz ekrany cylindryczne.

Zgodnie z ogólnymi zaleceniami dotyczącymi ekranów, perforacja ekranów może mieć różny kształt, jednakże istotne jest aby ekrany nie posiadały ostrych elementów wystających, które mogłyby zranić ryby. Ekrany powinny być wykonane z materiału odpornego na korozję oraz działanie promieni UV. Ponadto, ekrany powinny być umiejscowione w takiej odległości od dna, aby zminimalizować przedostawanie się osadów i mikroorganizmów znajdujących się na dnie do wnętrza czepni [6].

#### 4. METODY PROJEKTOWANIA CZEPNI W UJĘCIACH WODY Z UWZGLĘDNIENIEM OCHRONY RYB I NARYBKU

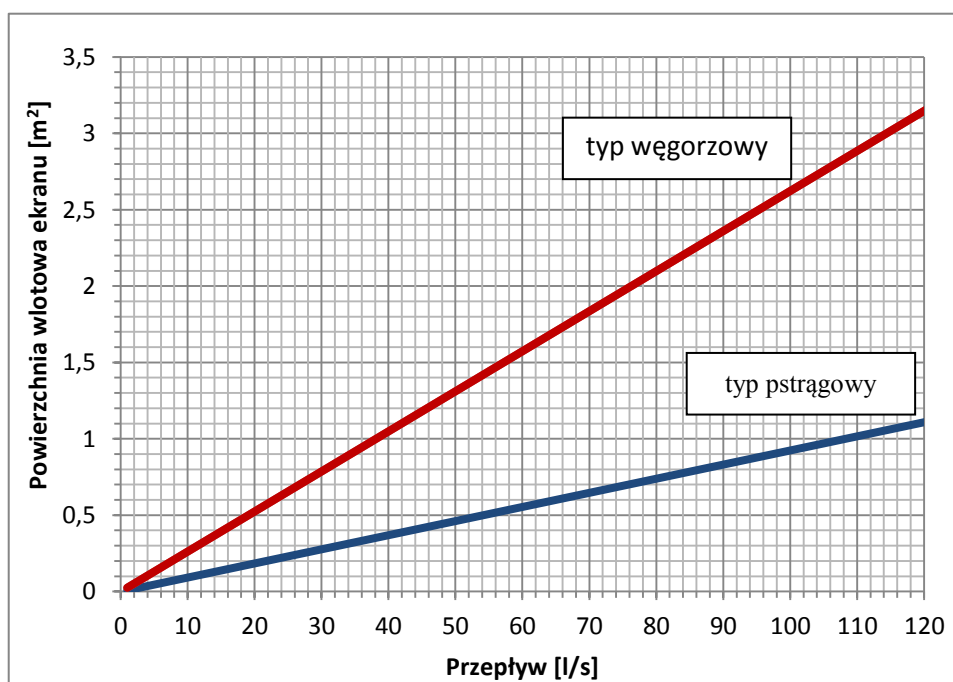
Parametrem projektowym, który szczególnie wpływa na ryby znajdujące się w pobliżu czepni jest prędkość dopływającej wody  $v_c$ . Wyrażając tą prędkość w postaci wektorowej, mamy do czynienia z prędkością prostopadłą do powierzchni ekranu, mierzona w odległości ok. 8–10 cm przed jego powierzchnią – prędkością dopływu  $v_a$ , zwaną także prędkością wlotową oraz z prędkością przemywającą  $v_s$ , równoległą do jego powierzchni [9]. Jako kąt  $\alpha$  oznaczono kąt między powierzchnią ekranu a kierunkiem przepływu.



Rys. 3. Składowe prędkości przepływu strumienia wody [3]

Prędkość dopływu powoduje przyciąganie ryb, narybku oraz zanieczyszczeń do powierzchni ekranu, natomiast prędkość przemywająca determinuje ich odprowadzenie. W zależności od stosunku tych wektorów prędkości stopień przyciągania do ekranu można uznać za wysoki, gdy  $v_s/v_a < 5$ , umiarkowany, gdy  $5 < v_s/v_a < 10$  oraz bardzo niski, gdy  $v_s/v_a > 15$  [3]. Zgodnie z zaleceniami amerykańskimi prędkość przemywająca powinna być co najmniej równa prędkości dopływu, wtedy kąt pomiędzy powierzchnią ekranu a przepływem nie powinien przekraczać  $45^\circ$ , natomiast, gdy zalecany jest stosunek większy od 2 kąt zainstalowania ekranu jest nie większy niż  $26^\circ$  [3].

W publikacji [6] zostały omówione zasady projektowania ujęć w Kanadzie, których wydajność nie przekracza 125 l/s z uwzględnieniem ochrony narybku o długości nie większej niż 25 mm (długość jest mierzona od nozdrzy do rozwidlenia ogona). Dopuszczalna prędkość wlotowa jest określana z uwzględnieniem sposobu pływania ryb, które znajdują się w pobliżu czerpni. Wyróżnia się typ „pstrągowy”, który dotyczy ryb, które pływając poruszają tylną częścią ciała (pstrąg, łosoś, sum, jesiotr i inne) oraz „węgorzowy”, do którego zalicza się ryby poruszające całym ciałem np. węgorz, miętus, minóg. Maksymalne zalecane prędkości wlotowe dla wyżej wymienionych gatunków wynoszą odpowiednio 0,11 m/s oraz 0,038 m/s [6]. Zgodnie z tymi wytycznymi, dla konkretnych wartości przepływów oraz typów ryb określona jest powierzchnia wlotowa ekranu, co ilustruje poniższy wykres.



Rys. 4. Zalecana powierzchnia wlotowa ekranu w zależności od przepływu i typu ryb [6]

Znając wielkość powierzchni wlotowej ekranu oblicza się efektywną powierzchnię ekranu zgodnie ze wzorem:

$$F_e = \frac{F}{\varphi} \quad (1)$$

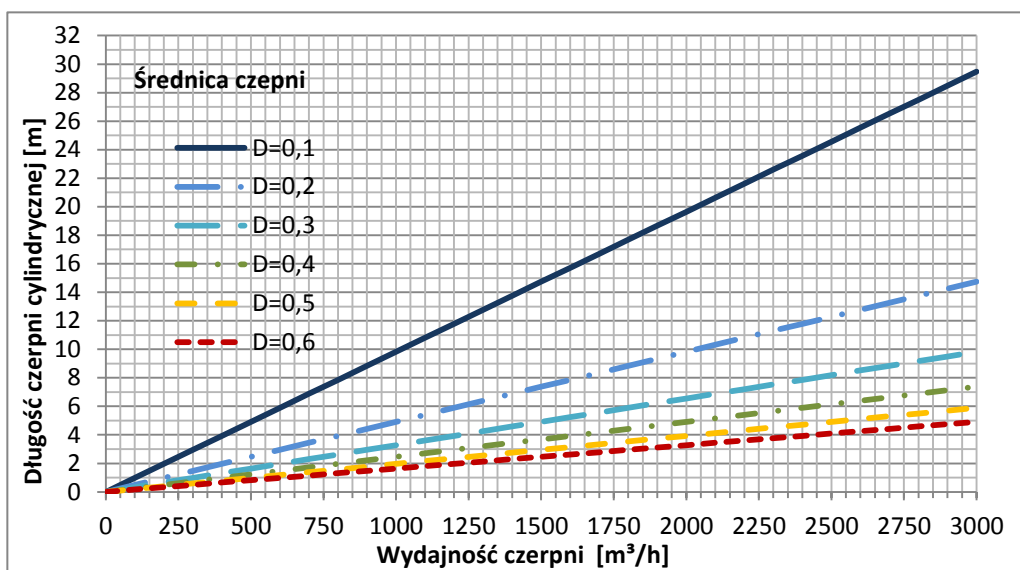
gdzie:

$F_e$  – powierzchnia efektywna ekranu [ $m^2$ ],

$F$  – powierzchnia wlotowa ekranu [ $m^2$ ],

$\varphi$  – stopień perforacji [-].

Znając powierzchnię ekranu oraz prędkość wlotową można dobrać wymaganą liczbę modułów oraz średnicę czerpni cylindrycznej. Przyjmując, zgodnie z [3] stopień perforacji – 60% oraz prędkość wlotową wynoszącą 0,15 m/s sporządzono wykres przedstawiający wymaganą długość czerpni dla poszczególnych wydajności z uwzględnieniem różnych średnic czerpni cylindrycznej.



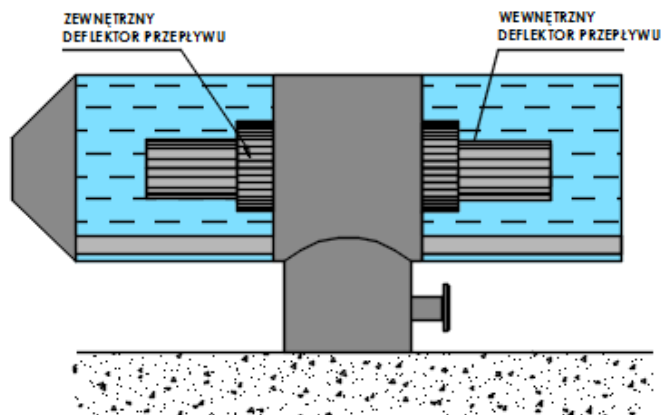
Rys. 5. Długość pojedynczego modułu czerpni w zależności od wydajności i średnicy

## 5. CZERPNIĘ ZATOPIONE DOSTĘPNE NA RYNKU

Jedynym z producentów, który oferuje gotowe czepnie z cylindrycznym ekranem jest firma Johnson Screens. Cylindryczna czepnia w kształcie litery T wykonana jest z drutu klinowego.

Zgodnie z amerykańskimi wytycznymi, ekrany są zaprojektowane, tak, aby chronić ryby i narybek, dlatego też projektowa prędkość wlotowa nie przekracza 0,136 m/s. Dostępne czepnie są przeznaczone dla wydajności z zakresu 0,014–3,7 m<sup>3</sup>/s z ekranem o prześwicie 1–5 mm, dla których powierzchnia wlotowa jest z przedziału

0,1–27,46 m<sup>2</sup>. Wewnątrz cylindrycznej czepni znajduje się deflektor, który zapewnia równomierną prędkość wlotową na całej powierzchni. Składa się on z dwóch rur o różnych średnicach zainstalowanych współosiowo. Takie rozwiązanie zapewnia równomierność przepływu na powierzchni ekranu rzędu 90% [7].



Rys. 6. Cylindryczna czepnia firmy Johson Screens z dwururowym deflektorem przepływu [7]

Dla płytszych ujęć, w których nie ma możliwości zainstalowania czepni cylindrycznej firma Johson Screens proponuje czepnie stanowiące połowę czepni cylindrycznej. Konstrukcja i zasada działania takiej czepni jest analogiczna jak w przypadku czepni cylindrycznej.

## 6. PODSUMOWANIE

Podczas projektowania ujęć wody nie można pominąć aspektu ochrony ichtiofauny. Przy doborze urządzeń chroniących ichtiofaunę należy mieć na uwadze rozmiar ryb i narybku bytujących oraz migrujących w pobliżu ujęcia wody. Ze względów ekonomicznych dla ujęć małych oraz średnich zaleca się stosowanie barier fizycznych. Obecnie dostępnych jest wiele opracowań zawierających informacje dotyczące ujęć w kontekście minimalizacji ich oddziaływania na środowiska. Ponadto, coraz więcej producentów podejmuje się wykonywania czepni zapewniających ochronę ryb i narybku.



## LITERATURA

- [1] DYREKTYWA RADY 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory (Dyrektywa Siedliskowa).
- [2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2000/60/WE w sprawie ustanowienia ram dla działalności Wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej (Ramowa Dyrektywa Wodna).
- [3] FISH PROTECTION AT WATER DIVERSIONS. A Guide for Planning and Designing Fish Exclusion Facilities. Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver, Colorado, USA 2006.
- [4] FISH PROTECTION TECHNOLOGIES: a Status Report E.P. Taft, Environmental Science and Policy 3 (2000), S349–S359, USA.
- [5] FISH PROTECTION TECHNOLOGIES AND DOWNSTREAM FISHWAYS. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. German Association for Water, Wastewater and Waste, 2005.
- [6] FRESHWATER INTAKE END-OF-PIPE FISH SCREEN GUIDELINE. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario, Canada 1995.
- [7] Materiały reklamowo-informacyjne firmy Johnson Screens.
- [8] MOKWA, M., KASPEREK, R., WIŚNIEWOLSKI, W., *Program badań laboratoryjnych zastosowania bariery elektryczno-elektronicznej do ochrony ichtiofauny*, 2007.
- [9] POŁOK-KOWALSKA, A., *Zespolone ujęcia wody z uwzględnieniem kryteriów techniczno-ekonomiczno-niezawodnościowych oraz ochrony ichtiofauny*, Kraków 2009.

ANALYSIS OF TECHNICAL METHODS USED IN WATER INTAKES FOR FISH  
AND FRY PROTECTION

Current law regulations impose responsibility to protect water resources including ichthyofauna. Even though, in Poland an issue of ichthyofauna protection in a design of water intakes is not sufficiently taken into consideration. This article presents possible threats to fish and fry in an aquatic ecosystems. It is focused on the first element of water supply infrastructure – water intake. There is a description of currently used devices to protect fish and fry from getting inside an intake. There are behavioural and physical barriers mentioned. The basic design guidelines concerning screen materials as well as the maximum permissible inlet velocity are presented. A modern screen available on the market is also presented.