

# Wpływ deflektorów zamontowanych wewnątrz cylindrycznej głowicy szczelinowej ujmującej wodę na rozkład prędkości wokół jej powierzchni

The effect of deflectors mounted inside a cylindrical wedge wire screen capturing water on the velocity distribution around its surface

AGATA PAWŁOWSKA-SALACH, MICHAŁ ZIELINA

DOI 10.36119/15.2024.10.6

Współczesne systemy ujmowania wody napotykać na liczne wyzwania związane zarówno z efektywnością eksploatacyjną jak również ochroną środowiska naturalnego. Kluczowymi aspektami jest ochrona ujęcia przed zanieczyszczeniami i uszkodzeniami mechanicznymi, jak również ochrona ichtiofauny. W odpowiedzi na te potrzeby rozwijane są innowacyjne rozwiązania, takie jak głowice szczelinowe, które umieszczane są w ujęciach wody powierzchniowej. W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań dotyczących głowicy szczelinowej, która została umieszczona w korycie hydraulicznym. Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne dotyczyły modelu głowicy szkieletowej oraz dwóch wymiennych deflektorów, które były montowane w jej wnętrzu. Deflektory różniły się rozmieszczeniem i wielkościami otworów przy zachowaniu tego samego stopnia perforacji. Te rozwiązania zostały szczegółowo zbadane eksperymentalnie dzięki specjalistycznej aparaturze pomiarowej. Wykazano znaczną redukcję maksymalnych prędkości i wyrównanie prędkości dopływowych wokół głowicy dzięki zamontowaniu deflektorów. Zaobserwowano również, że deflektor z nierównomiernymi otworami trochę lepiej wyrównywał natężenia dopływających strumieni wody niż deflektor z otworami o równej wielkości.

*Słowa kluczowe: ujęcie wody, ochrona ichtiofauny, prędkość dopływu, hydraulika*

Modern water intake systems face numerous challenges related to both operational efficiency and environmental protection. Key aspects are the protection of the intake from pollution and mechanical damage as well as the protection of ichthyofauna. In response to these needs, innovative solutions are being developed, such as wedge wire screens, which are placed in surface water intakes. This paper presents the results of a study carried out on a screen that was placed in a hydraulic channel. The proposed design solutions involved a screen model and two interchangeable deflectors that were mounted inside the screen. The deflectors differed in the arrangement and size of the holes while maintaining the same degree of perforation. These solutions were studied in detail experimentally with a specialised measuring apparatus. It was shown that the maximum velocities were significantly reduced and the inflow velocities were equalised around the screen due to the installation of the deflectors. It was also observed that a deflector with non-uniform openings slightly better equalised the intensities of the incoming water flows than a deflector with equal-sized perforations.

*Keywords: water intake, ichthyofauna protection, approach velocity, hydraulics*

## Wstęp

W obliczu rosnącego zapotrzebowania na wodę do celów gospodarczych i przemysłowych oraz konieczności jej pozyskiwania w sposób niezawodny i przyjazny dla środowiska [8,9], coraz większą popularność zyskują pasywne głowice szczelinowe (ang. passive wedge wire screen). Tradycyjne konstrukcje ujęć wód powierzchniowych napotykać na liczne problemy eksploatacyjne, takie jak wciąganie zanieczyszczeń zawieszonych

w wodzie, unoszących się na jej powierzchni, osadów dennych oraz śryżu i lodu [4,10]. Wykorzystanie pasywnych głowic szczelinowych pozwala na znaczną redukcję tych problemów, poprawiając efektywność i bezpieczeństwo eksploatacji ujęć wody. Głowice te składają się z kilku kluczowych elementów. Korpus, najczęściej o cylindrycznym kształcie zapewniającym możliwie równomierny pobór wody wykonany z trwałych materiałów, takich jak stal nierdzewna, które są odporne na korozję i uszkodzenia mecha-

niczne. Głównym elementem są profilowane pręty (ang. wedge wires), które mają przekrój trapezoidalny, co umożliwia skuteczne zatrzymywanie cząstek stałych przy minimalnym oporze przepływu wody. Spiralnie zwinięty drut klinowy tworzy szczeliny o precyzyjnie dobranej szerokości, co pozwala na oddzielanie większych cząstek zawieszonych w wodzie, zapobiegając ich przedostawaniu się do dalszej części systemu ujmującego wodę. Pręty są zamocowane na solidnych pierścieniach wsporczych, które zapewniają

dr inż. Agata Pawłowska-Salach, <https://orcid.org/0000-0001-6854-3464>

prof. dr hab. inż. Michał Zielina, <https://orcid.org/0000-0001-7710-8982> – Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Kraków. email: [agata.pawlowska-salach@pk.edu.pl](mailto:agata.pawlowska-salach@pk.edu.pl), [michal.zielina@pk.edu.pl](mailto:michal.zielina@pk.edu.pl)

stabilność i wytrzymałość całej konstrukcji. Głowice są wyposażone w zakończenia umożliwiające łatwe połączenie z systemem rurociągów lub innymi elementami infrastruktury wodociągowej. Zakończenia te mogą mieć formę kołnierzy, gwintów lub innych typów złączy, dostosowanych do specyficznych wymagań instalacyjnych. Ważnym elementem jest deflektor umieszczony we wnętrzu głowicy, którego zadaniem jest obniżenie lokalnych maksymalnych prędkości wlotowych (minimalizacja zawirowań) oraz zapewnienie równomiernego rozkładu prędkości na jej powierzchni. W zależności od potrzeb, głowica może być również wyposażona w systemy automatycznego czyszczenia lub monitoring, które zwiększają efektywność i niezawodność jej działania. Głowice szczelinowe są szczególnie cenione za swoją trwałość, efektywność filtracji i zdolność do pracy w trudnych warunkach eksploatacyjnych, co czyni je idealnym rozwiązaniem dla różnorodnych systemów ujmowania wody [7, 15].

Istotnym aspektem wykorzystania głowicy szczelinowych jest również ochrona ichtiofauny w pobliżu ujęcia wody. W państwach członkowskich Unii Europejskiej istnieje obowiązek ochrony zasobów wodnych, w tym również ichtiofauny, co jest uregulowane przepisami zawartymi w Dyrektywie Siedliskowej [11] oraz Ramowej Dyrektywie Wodnej [12].

O tym czy zanieczyszczenia, jak również bytujące ryby i narybek zostaną przyciągnięte do powierzchni głowicy, decyduje wektor prędkości wody dopływającej do jego powierzchni  $v_c$  (ang. channel velocity). Może on być wyrażony w postaci dwóch składowych: wektora skierowanego prostopadle do powierzchni (ang. approach velocity  $v_a$ ), czyli wektora normalnego oraz wektora położonego równoległe do powierzchni ekranu (ang. sweeping velocity  $v_s$ ). Składowa normalna wektora prędkości dopływającej wody jest nazywana prędkością dopływu. Im większy stosunek  $v_s/v_a$  tym większy wpływ wektora przemywającego, a zatem mniejszy stopień przyciągania do powierzchni głowicy [1]. Zgodnie z zaleceniami amerykańskimi [1] prędkość przemywająca powinna być, co najmniej równa prędkości dopływu, wtedy kąt  $\alpha$  pomiędzy powierzchnią ekranu a przepływem nie przekracza  $45^\circ$ . W niektórych stanach regulacje prawne wymagają, aby prędkość przemywająca była dwa razy większa od prędkości dopływu, co oznacza kąt zainstalowania ekranu  $\alpha$  nie większy niż  $26^\circ$  [1,6].

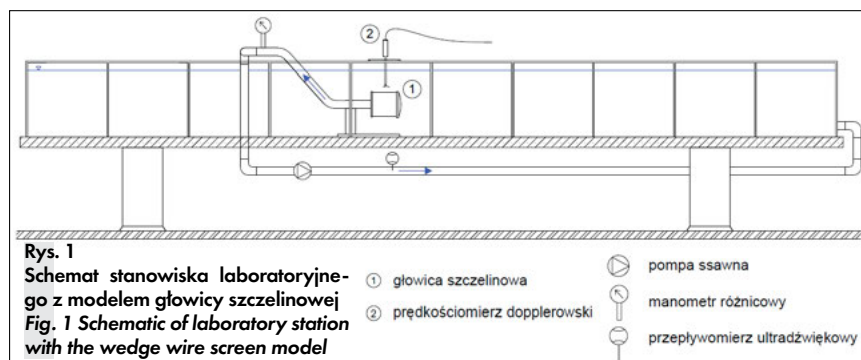
Zgodnie z wytycznymi amerykańskimi maksymalna prędkość dopływu  $v_a$  zmie-

rzona w odległości 3 cali ( $\sim 7,6$  cm) od powierzchni głowicy nie powinna przekraczać  $0,06$  m/s, aby głowica nie stwarzała zagrożenia dla narybku o długości mniejszej od  $60$  mm oraz  $0,12$  m/s dla większych osobników tj. o długości powyżej  $60$  mm. Jeżeli głowica jest wyposażona w system czyszczący dopuszczalne prędkości są większe – nie powinny przekraczać odpowiednio wartości  $0,12$  m/s i  $0,24$  m/s [5,6]. Zgodnie z wytycznymi brytyjskimi maksymalne dopuszczalne prędkości w odległości  $30$  cm od powierzchni ekranu nie powinny być większe niż  $0,15$  m/s [13]. Natomiast wytyczne nowozelandzkie określają prędkość w zależności od wielkości ryb. Prędkość wyrażona w m/s nie powinna być większa niż 4-krotność długości najmniejszej z ryb by-

## Badania laboratoryjne

### Stanowisko laboratoryjne

Badania laboratoryjne zostały przeprowadzone w Laboratorium Hydrotechnicznym Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie w korycie hydraulicznym o długości  $12$  m, szerokości  $0,5$  m i głębokości  $0,6$  m wypełnionym wodą. Wewnątrz niego została zainstalowana głowica szczelinowa, w odległości ok.  $20$  cm nad dnem oraz ok.  $20$  cm pod zwierciadłem wody. Układ z pompą cyrkulacyjną umożliwił pobór wody przez głowicę oraz jej przepompowywanie na początek koryta hydraulicznego. Stanowisko laboratoryjne przedstawiono na rys. 1.



tujących w pobliżu ujęcia wyrażonej w mm [3]. Jeżeli chodzi o prędkość wlotową  $V_{in}$  w otworach ekranu czerpni, to zgodnie z wytycznymi amerykańskimi wynosi ona  $0,15$  m/s [1]. Wytyczne kanadyjskie różnicują dopuszczalne prędkości  $v_{in}$  w zależności od sposobu poruszania się ryb. Dla ujęć o wydajności mniejszej niż  $450$  m<sup>3</sup>/h, zalecają wartość  $0,11$  m/s, gdy w pobliżu znajdują się ryby typu „pstrągowego” poruszające się wykorzystując tylną część ciała oraz  $0,038$  m/s, gdy w pobliżu bytują ryby typu „węgorzowego” poruszające się całym ciałem [2].

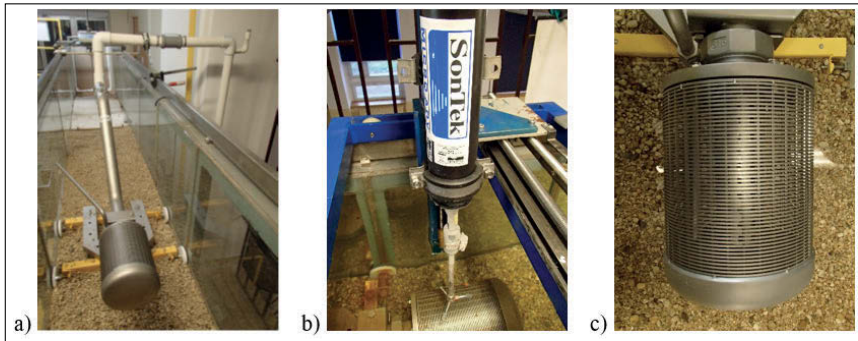
Celem opisanego w niniejszym artykule badania eksperymentalnego było przeanalizowanie rozkładów wartości prędkości dopływu  $v_a$  w różnych odległościach od powierzchni przy różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych modelu głowicy szczelinowej. Model głowicy szczelinowej opracowano w oparciu o symulacje numeryczne [14, 15]. Wyniki badań miały odpowiedzieć na pytanie, w których miejscach istnieje ryzyko pojawienia się zbyt dużych prędkości stanowiących zagrożenie dla ichtiofauny i zanieczyszczenia ujęcia oraz jak skuteczne są zaproponowane rozwiązania głowicy uwzględniające wykorzystanie różnych deflektorów w redukcji maksymalnych prędkości wlotowych.

Badania eksperymentalne przeprowadzono przy braku wymuszonej prędkości przepływu wody w korycie. Niewielka prędkość przepływu wody w korycie, była spowodowana ilością ujmowanej przez czerpnię wody i koniecznością uzupełniania jej w układzie, aby zachować warunki ustalone. Wydajność ujęcia wody podczas badań wynosiła około  $16,5$  m<sup>3</sup>/h, co oznacza średnią prędkość w przekroju poprzecznym koryta równą około  $0,0097$  m/s. Wartość ta była tak mała, że można było potraktować panujące podczas badań warunki w samym korycie jako bezprzepływowe i założyć brak wpływu efektu brzegowego na przeprowadzone pomiary.

### Model głowicy z wymiennymi deflektorami

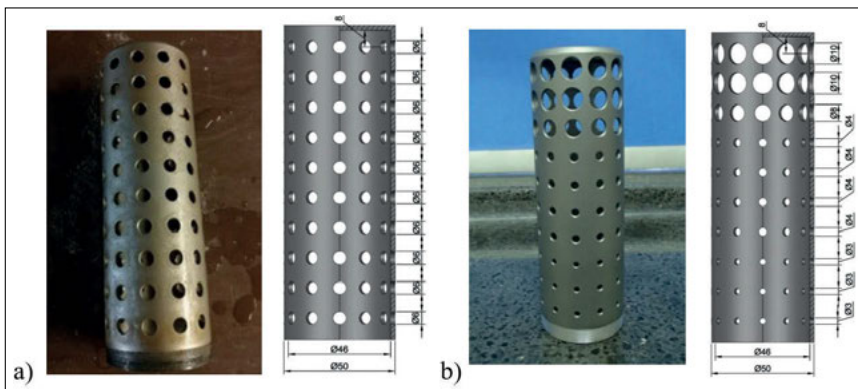
Model głowicy został wykonany ze stali nierdzewnej. Zewnętrzną część głowicy stanowi rura szczelinowa z drutu klinowego, o długości  $150$  mm i średnicy  $150$  mm. Prześwit drutu klinowego od strony wpływu wody wynosi  $1,5$  mm, i dalej rozszerza się do wnętrza głowicy. Takie rozwiązanie minimalizuje zatykanie się szczelin oraz zapewnia łatwe czyszczenie głowicy. Model przedstawiono na rys. 2a,b,c.

Podczas badań analizowano wpływ zamontowanych wewnątrz głowicy osobno



Rys. 2 Model głowicy szczelinowej: a) umieszczonej w korycie hydraulicznym, b) z prędkościomierzem dopplerowskim zamontowanym powyżej głowicy, c) z widocznym drutem klinowym  
Fig. 2 Model of the wedge wire screen: a) placed in a hydraulic trough, b) with Acoustic Doppler Velocimeter installed above the screen, c) with a visible wedge wire

dwóch różnych deflektorów. Oba deflektory miały kształt walca o średnicy zewnętrznej równej 50 mm i wewnętrznej 46 mm. Na obwodzie pierwszego z nich zostały nawiercone otwory o jednakowych średnicach wynoszących 6 mm, co pokazano na rys.3a, a w przypadku drugiego średnice były zróżnicowane od 3 mm po stronie przewodu ssawnego do 10 mm po stronie przeciwnej, co pokazano na rys.3b. Średnice otworów wynosiły: 3 mm, 3 mm, 3 mm, 4 mm, 4 mm, 4 mm, 4 mm, 8 mm i 10 mm. Sumaryczne powierzchnie otworów były do siebie zbliżone i odpowiadały stopniu perforacji 12% i 11,8%.



Rys. 3 Deflektor o: a) równomiernych otworach, b) otworach różnej wielkości  
Fig. 3 Deflector with: a) uniform openings, b) non-uniform openings

### Urządzenia pomiarowe

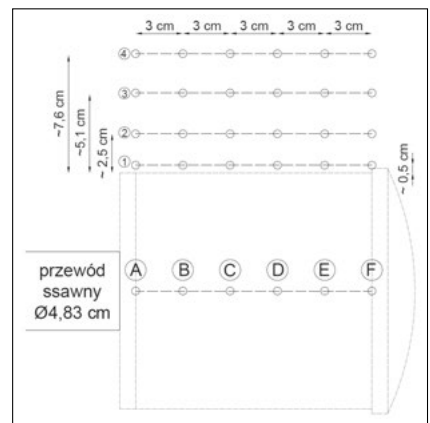
W celu wymuszenia przepływu wody przez głowicę oraz zawracania jej do koryta hydraulicznego wykorzystano pompę SWIMMEY 24 o mocy 0,75 kW. Osiągnięta w analizowanych warunkach laboratoryjnych wydajność pompy wyniosła 16,5 m<sup>3</sup>/h.

W celu kontroli ilości pobieranej przez głowicę wody z koryta podczas badań eksperymentalnych dokonywano odczytów z przepływomierza ultradźwiękowego Micronics Portaflow 330 zamontowanego na przewodzie ssawnym. W pobliżu głowicy szczelinowej na ruchomym statywie zo-

stał zamontowany akustyczny prędkościomierz dopplerowski Micro ADV 16MHz firmy YSI/SonTek (rys.2b). Podczas eksperymentów przyjęto częstotliwość próbkowania równą 20 Hz. Czas trwania jednego pomiaru wynosił około 45 sekund, co pozwalało na uzyskanie około 900 odczytów dla jednego punktu pomiarowego.

### Lokalizacja punktów pomiarowych

Podczas prowadzonych eksperymentów laboratoryjnych przy pomocy prędkościomierza dopplerowskiego dokonano pomiarów lokalnych prędkości w pobliżu głowicy szczelinowej. Na rys.4 pokazano



Rys. 4 Lokalizacja punktów pomiarowych  
Fig. 4 Location of measurement points

Podczas przeprowadzonych analiz otrzymanych wyników rozważano prędkość dopływu, czyli składową normalną (prostą do powierzchni głowicy) wektora prędkości.

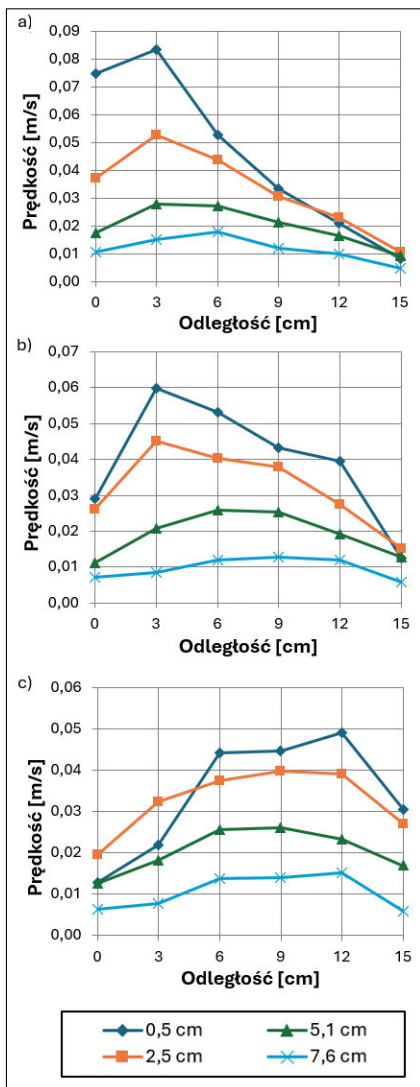
### Analiza rozkładów prędkości

Wstępne badania przeprowadzono, gdy w korycie hydraulicznym umieszczono sam przewód ssawny, bez głowicy szczelinowej, która później była zainstalowana na jego końcu. Ssanie wody do ujęcia wymuszone było przez pompę cyrkulacyjną pracującą ze średnią wydajnością 16,5 m<sup>3</sup>/h. Prędkość zmierzona przy wlocie do przewodu ujmującego wodę wynosiła 2,17 m/s, co oznacza, że była ponad 10-krotnie wyższa niż maksymalne wartości prędkości wlotowych przyjmowane w opisanych wcześniej wytycznych projektowych. W odległości 3 cm od powierzchni wlotu wartość prędkości normalnej spadła do 0,36 m/s i stopniowo malała wraz z oddaleniem do wartości 0,04 m/s w odległości 15 cm. W odległości 7,6 cm zmierzona prędkość dopływu wynosiła około 0,07 m/s i zgodnie z wytycznymi amerykańskimi była bezpieczna dla ryb o wielkości powyżej 60 mm, natomiast stwarzająca zagrożenie dla mniejszego narybku. Dalsza część badań obejmowała sytuację z głowicą szczelinową bez deflektora lub z wykorzystaniem jednego z nich.

Na rys.5 przedstawiono wyniki uzyskanych wartości prędkości normalnych nad głowicą szczelinową. Pierwsza część badań dotyczyła przypadku przy braku deflektora wewnątrz głowicy szczelinowej, co przedstawiono na rys.5a. Największą wartość prędkości normalnej, wynoszącą 0,083 m/s, zanotowano 0,5 cm nad głowicą w odległości 3 cm od wlotu do przewodu ssawnego. Od tego miejsca wartości składowej normalnej wektora

lokalizację punktów pomiarowych w osi przewodu ssawnego przy zdemonstrowanej głowicy szczelinowej (punkty od A do F) oraz nad głowicą co 3 cm wzdłuż osi pomiarowych oddalonych od jej powierzchni o: 0,5 ; 2,5 ; 5,1 ; 7,6 cm.

Dobór punktów pomiarowych podyktowany był możliwościami technicznymi. Pomiar w odległości 0,5 cm był najbliższym możliwym do wykonania pomiarem względem powierzchni głowicy. Z kolei odległość 7,6 cm, czyli około 3 cali, jest podawana w wytycznych jako odległość, dla której określa się maksymalne dopuszczalne wartości prędkości dopływu.



**Rys. 5**  
Rozkład prędkości normalnych wzdłuż długości głowicy szczelinowej (od 0 do 15 cm) w różnych odległościach (0,5 ; 2,5 ; 5,1 ; 7,6 cm) od powierzchni głowicy przy braku przepływu w korycie hydraulicznym: a) przy braku deflektora, b) z wykorzystaniem deflektora o równomiernych otworach, c) z wykorzystaniem deflektora o nierównomiernych otworach nad głowicą uzyskany w badaniach laboratoryjnych

**Fig. 5** Distribution of normal velocities along the length of the wedge wire screen (0 to 15 cm) at different distances (0.5 ; 2.5 ; 5.1 ; 7.6 cm) from the screen surface with no flow in the hydraulic channel: a) with no deflector, b) using the deflector with uniform openings, c) using the deflector with non-uniform openings above the screen obtained in laboratory tests

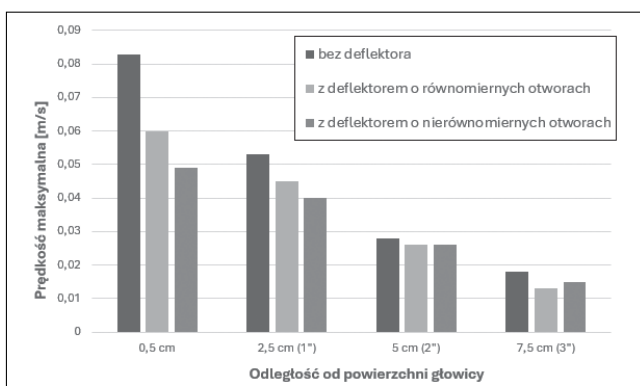
tj. w odległościach 2,5 ; 5,1 ; 7,6 cm zmierzone prędkości miały niższe wartości, a trend ich zmian był zbliżony do tego najbliższej powierzchni głowicy, tj. największe wartości składowej normalnej wektora prędkości uzyskano od strony wlotu do przewodu ssawnego w odległości 3 lub 6 cm. Wykorzystanie deflektora o równomiernych otworach spowodowało zmniejszenie prędkości normalnych w pobliżu głowicy (rys.5 b). Podobnie, jak w przypadku braku deflektora, bliżej powierzchni głowicy, tj. w odległości 0,5 ; 2,5 ; 5,1 cm; największe wartości uzyskano w odległości 3 lub 6 cm od wlotu do przewodu ssawnego i wynosiły one odpowiednio 0,06; 0,45; 0,26 m/s. W odległości 7,6 cm od powierzchni głowicy największa wartość składowej normalnej wektora prędkości wyniosła 0,013 m/s i została uzyskana w odległości 9 cm od wlotu do przewodu ssawnego. Z kolei wykorzystanie deflektora o nierównomiernych otworach zmieniło rozkład prędkości dopływowych, co widać na rys.5c. Prędkości dopływowe po stronie wlotu do przewodu ssawnego zmalały, natomiast po stronie przeciwnej wzrosły. Maksymalna wartość prędkości została zmierzona 12 cm od strony przewodu ssawnego czyli 3 cm od zakończenia głowicy i wynosiła niecałe 0,05 m/s, a więc była mniejsza od maksymalnych

wartości uzyskanych we wcześniejszych rozwiązaniach.

Jednym z zadań deflektorów była redukcja maksymalnych prędkości dopływowych. Na rys.6 zestawiono wartości maksymalnych prędkości w różnych odległościach od powierzchni głowicy. Jak widać, zamontowanie któregośkolwiek z deflektorów powodowało znaczną redukcję maksymalnych prędkości w niewielkich odległościach od powierzchni ekranu tj. w odległościach 0,5 cm i 2,5 cm. Wpływ ten był większy przy wykorzystaniu deflektora z otworami o zróżnicowanej wielkości otworów niż przy zamontowaniu deflektora z otworami o równej wielkości. Wraz z oddalaniem się od powierzchni głowicy wpływ ten malał i w odległości 5,1 cm był taki sam niezależnie od rodzaju zamontowanego deflektora. W odległości 7,6 cm mniejszą maksymalną prędkość uzyskano przy wykorzystaniu deflektora o równomiernych otworach.

Skuteczność analizowanych deflektorów zamontowanych wewnątrz głowicy można również wyrazić stopniem wyrównywania niejednorodności prędkości dopływu. Mniejsza nierównomierność tych wektorów prędkości oznaczała mniejsze wartości prędkości dopływu przy tych samych wydajnościach ujęcia. Nierównomierność prędkości dopływu wyrażone

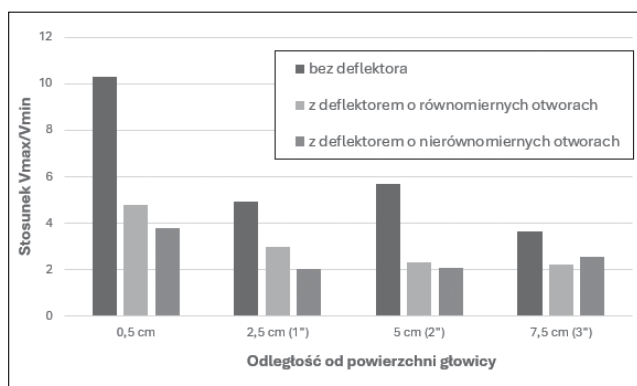
prędkości malały w miarę oddalania się od wlotu do przewodu ssawnego aż do uzyskania wartości 0,008 m/s po stronie przeciwnej. Dalej od powierzchni głowicy,



**Rys. 6**

Prędkości maksymalne w przekrojach wzdłuż głowicy bez deflektora, z deflektorem o równomiernych otworach oraz z deflektorem o nierównomiernych otworach w odległości 0,5 cm, 2,5 cm, 5,1 cm i 7,6 cm od powierzchni głowicy uzyskane w badaniach laboratoryjnych nad głowicą przy braku przepływu w korycie hydraulicznym

**Fig. 6** Maximum velocities in cross sections along the screen without deflector, with deflector with uniform openings and with deflector with non-uniform openings at 0.5 cm, 2.5 cm, 5.1 cm and 7.6 cm from the screen surface obtained in laboratory tests over the head in the absence of flow in the hydraulic channel



**Rys. 7**

Prędkości maksymalne w przekrojach wzdłuż głowicy bez deflektora, z deflektorem o równomiernych otworach oraz z deflektorem o nierównomiernych otworach w odległości 0,5 cm, 2,5 cm, 5,1 cm i 7,6 cm od powierzchni głowicy uzyskane w badaniach laboratoryjnych nad głowicą przy braku przepływu w korycie hydraulicznym

**Fig. 7** Maximum velocities in cross sections along the screen without deflector, with deflector with uniform openings and with deflector with non-uniform openings at 0.5 cm, 2.5 cm, 5.1 cm and 7.6 cm from the screen surface obtained in laboratory tests over the head in the absence of flow in the hydraulic channel

przy pomocy ilorazu prędkości maksymalnej i prędkości minimalnej w analizowanej odległości od powierzchni głowicy i braku lub wykorzystaniu któregoś z deflektorów zestawiono na rys. 7. Jak widać, niemal we wszystkich przypadkach nierównomierności były wyraźnie niższe po zamontowaniu któregośkolwiek z analizowanych deflektorów. Jednak, podobnie jak w przypadku prędkości maksymalnych, bliżej powierzchni głowicy, tj. w odległościach 0,5; 2,5 oraz 5,1 cm od niej lepsze wyniki uzyskano dla deflektora o nierównomiernych otworach, gdyż stopień nierównomierności prędkości był mniejszy. W odległości 7,6 cm od powierzchni głowicy stopień nierównomierności prędkości był natomiast mniejszy dla deflektora o równomiernych otworach, ale nie był tak znaczący w porównaniu z sytuacją braku deflektora zainstalowanego wewnątrz głowicy.

## Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych można stwierdzić, że w przypadku wykorzystania samego przewodu ssawnego do ujmowania wody prędkości w pobliżu jego wlotu są ponad 10-krotnie wyższe od wartości dopuszczalnych w normach amerykańskich oraz kanadyjskich, co potwierdza konieczność zastosowania głowicy szczelinowej.

Udowodniono, że dwa zaproponowane rozwiązania deflektorów we wnętrzu głowicy korzystnie wpływają na zmniejszenie maksymalnych prędkości dopływu, które stanowią zagrożenie dla ichtiofauny oraz prawidłowego funkcjonowania ujęcia. Zamontowanie wewnątrz głowicy szczelinowej deflektora z równy-

mi otworami o wielkości 6 mm spowodowało spadek maksymalnych prędkości dopływu z ponad 0,08 m/s do 0,06 m/s, a zamontowanie deflektora z nierównomiernymi wielkościami otworów do poniżej 0,05 m/s. Ponadto, deflektory znacząco redukowały nierównomierności w strumieniach wody dopływających do powierzchni głowicy wyrażone ilorazem  $V_{\max}/V_{\min}$ . Nieznacznie mniejsze wartości tego ilorazu zanotowano w przypadku deflektora ze zróżnicowanymi wielkościami otworów niż w przypadku deflektora z jednakowymi otworami. Tak więc lepszym rozwiązaniem wydaje się deflektor o otworach o zróżnicowanej wielkości.

W przyszłości konieczne jest przeanalizowanie działania głowicy szczelinującej przy różnych prędkościach przepływu wody w korycie hydraulicznym, ponieważ takie wyniki mogą różnić się od opisanych w artykule.

## LITERATURA

- [1] Burgi, P.; Christensen, R.; Glickman, A.; Johnson, P.; Mefford, B. A Guide for Planning and Designing Fish Exclusion Facilities; Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver Fish Protection at Water Diversions: Denver, CO, USA, 2006
- [2] Department of Fisheries and Oceans. Freshwater Intake End-of-Pipe Fish Screen Guideline; Department of Fisheries and Oceans: Ottawa, ON, Canada, 1995
- [3] Jamieson, D., Bonnett, M., Jellyman, D. & Unwin, M., 2007, Fish Screening: Good Practice Guidelines for Canterbury, NIWA Client Report CHC 2007-092 NIWA, for Prepared by NIWA for the Fish Screen Working Party.
- [4] Kolarski, T.; Zima, P.; Szydłowski, M. Mathematical Modeling of Ice Thrusting on the Shore of the Vistula Lagoon (Baltic Sea) and the Proposed Artificial Island. Water 2019, 11, 2297.
- [5] National Marine Fisheries Service Southwest Region. Juvenile Fish Screen Criteria for Pump

- Intakes; National Marine Fisheries Service Southwest Region, Environmental & Technical Services Division: Portland, OR, USA, 1996.
- [6] Nordlund, B. Designing Fish Screens for Fish Protection at Water Diversions; National Marine Fisheries Service: Lacey, WA, USA, 2008.
  - [7] Polok-Kowalska, A., Zespolone ujęcia wody z uwzględnieniem kryteriów techniczno-ekonomiczno-niezawodnościowych oraz ochrony ichtiofauny. Kraków: Politechnika Krakowska, 2009.
  - [8] Szpak D., Boryczko K., Żywiec J., Rak J., Metody matrycowe wykorzystywane w analizie ryzyka ujęć wody, Instal. 12/2021, 40-44 DOI 10.36119/15.2021.7-8-6
  - [9] Szpak D., Żywiec J., Tchórzewska-Cieślak B., Rak J., Problematyka oceny ryzyka ujęć wody dla budynków usługowych, Instal. 12/2023, 108-112 DOI 10.36119/15.2023.12.17
  - [10] Szydłowski, M.; Artichowicz, W.; Zima, P. Analysis of the Water Level Variation in the Polish Part of the Vistula Lagoon (Baltic Sea) and Estimation of Water Inflow and Outflow Transport through the Strait of Baltiysk in the Years 2008–2017. Water 2021, 13, 1328. <https://doi.org/10.3390/w13101328>
  - [11] The Council of the European Communities, Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, 1992, Official Journal of the European Communities
  - [12] The European Parliament and The Council Of The European Union, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, 2000, Official Journal of the European Communities
  - [13] Turpenny, A.W.H.; Horsfield, R.A. International Fish Screening Techniques, Proceedings of the Fish Screening Techniques; WIT Press: Southampton, UK, 2014.
  - [14] Zielina, M.; Pawłowska, A.; Kowalska-Polok, A. Numerical analysis of cylindrical wedge-wire screen operation. In Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017.
  - [15] Zielina, M.; Pawłowska-Salach, A.; Kaczmarzki, K. Hydraulic Analysis of a Passive Wedge Wire Water Intake Screen for Ichthyofauna Protection. Appl. Sci. 2023, 13, 12970. <https://doi.org/10.3390/app132312970>

