

dr inż. Wojciech Rędownicz\*

# Poprawa bezpieczeństwa jazu na rzece Ślęzie w km 3+014

*Improve safety on Ślęza river weir in 3+014 km*

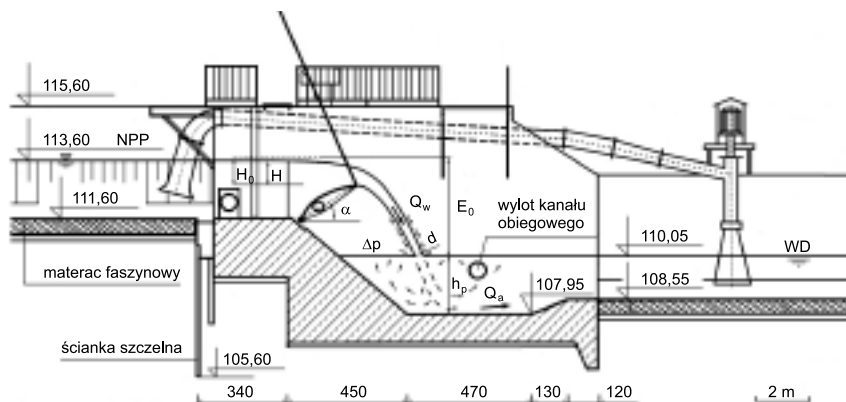
**Streszczenie.** Pierwszym stopniem wodnym na rzece Ślęzie jest jaz kłapowy wybudowany w 1972 r. w km 3+014. Podczas badań jego stanu technicznego i bezpieczeństwa stwierdzono, że niewłaściwie zaprojektowany system napowietrzania jest przyczyną powstania podciśnienia w przestrzeni podklapowej, które wywołuje dodatkowe, niebezpieczne obciążenia kłapy. W związku z tym wykonałem obliczenia ilości porywanego powietrza oraz zaproponowałem skuteczny system napowietrzania. **Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo budowli, hydrotechnika, jaz, kłapa, napowietrzanie.

**Abstract.** The first hydraulic structure on the Ślęza river is weir with flap gate built in 1972 in the 3+014 km. During the study of the technical condition and safety of the weir, it was found that defectively designed system of air vents is the cause of the negative pressure in the closed space beneath the nappe and additional dangerous loads on flap. The author made a calculation of the amount of entrained air and suggested effective aeration system. **Keywords:** safety of structures, hydraulic engineering, weir, flap, aeration.

**S**topień wodny Ślęza, składający się z jazu kłapowego i małej elektrowni wodnej (MEW) zlokalizowany jest we Wrocławiu na rzece Ślęzie w km 3+014. Jaz został zaliczony do IV klasy ważności budowli hydrotechnicznych [1]. Zbudowano go w celu uregulowania stosunków wodnych, przeciwdziałania zarastaniu koryta i zapewnienia warunków bogatego życia biologicznego w wodach rzeki Ślęzy, przeciwdziałania obniżaniu się wód gruntowych w dolinie rzeki Ślęzy, uzyskiwania efektu małej retencji oraz wykorzystania energetycznego rzeki Ślęzy.

W miejscu obecnego jednoprzęsłowego jazu kłapowego (rysunek 1) istniał pierwotnie jaz ruchomy zasuwowy, piętrzący wodę do napędzania żaren młyna wodno-parowego Pilczyce. Obecny jaz wybudowano w latach 1971÷1972 w ramach regulacji rzeki Ślęzy. Normalny poziom piętrzenia wynosi 113,60 m n.p.m. (Kr.), a spad 4,80 m. W 2001 r. oddano do użytkowania siłownię wodną składającą się z dwóch turbin śmigłowych o osi pionowej zamontowanych w pionowych rurociągach stalowych  $\varnothing$  600 mm. Przętyk instalowany wynosi  $1,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a moc instalowana na wale  $N = 40,5 \text{ kW}$ . Rurociągi doprowadzające wodę do turbin to lewary usytuowane w przyczółkach jazu (rysunek 1.)

Po dwudziestu latach eksploatacji została wymieniona kłapa stalowa. Wybrano konstrukcję z belką podłużną, którą stanowi cylindryczny element skrętny, tj. rura o wy-



Rys. 1. Przekrój poprzeczny jazu kłapowego na rzece Ślęzie w km 3+014

miarach  $7900 \times 457 \times 10 \text{ mm}$ . Długość kłapy wynosi 7900 mm, a wysokość od osi łożysk do krawędzi przelewowej 2000 mm. Błachę opierającą grubości 10 mm wygięto do promienia  $R = 5500 \text{ mm}$  i przyspawano do siedmiu stalowych przepon, przez które przechodzi rura. Całość oparta jest na siedmiu łożyskach umocowanych w progu jazu. Uszczelnienie progowe wykonano z profili gumowych Z2. Uszczelnienie boczne, tzw. rozszczelniające się, uszczelnia kłapę tylko wtedy, gdy znajduje się w górnym położeniu (fotografia 1). Kłapa poruszana jest za pomocą mechanicznej wciągarki, o napędzie elektrycznym, usytuowanej na lewym przyczółku.

Z relacji obsługi stopnia wynika, że pierwsza kłapa wpadała w drgania z powodu braku systemu napowietrzającego przestrzeni podklapowej, dlatego też w przypadku nowej konstrukcji przewidziano jeden przewód napowietrzający średnicy 0,1 m i długości 3,0 m umiesz-



Fot. 1. Przepływ wody przez kłapę

czony na prawym przyczółku (fotografia 2). Strumień warstwy wody do 0,2 m, przelewającej się przez kłapę, jest przerywany przez uchwyty montażowe, które, podobnie jak szczelina pomiędzy kłapą a przyczółkiem, są zatopione przy niższych położeniach kłapy (fotografia 1).

W celu sprawdzenia, czy rozwiązanie takie jest wystarczające, wykonałem hydrauliczne obliczenia sprawdzające.

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego



Fot. 2. Widok na klapę od strony WD

### Obliczenia hydrauliczne

Zamknięcie klapowe oprócz wielu zalet ma również wady. Najistotniejsza jest podatność na drgania, które pojawiają się podczas eksploatacji zamknięcia i mogą być przyczyną awarii konstrukcji. Są one związane z powstawaniem podciśnienia ( $\Delta p$ ), będącego efektem procesu porywania powietrza ( $Q_a$ ) przez strumień wody ( $Q_w$ ) wpadający do dolnego stanowiska jazu (rysunek 1). Występowanie podciśnienia w przestrzeni podstrumieniowej wywołuje, oprócz drgań zamknięcia klapowego, dodatkowe obciążenie konstrukcji, zmianę trajektorii spadającego strumienia oraz zmianę współczynnika wydátku. Przykładem tego negatywnego zjawiska może być przypadek kłapy soczewkowej zainstalowanej na przelewie zapory ziemnej w Słupie [3]. Brak dostatecznego napowietrzenia przestrzeni pod klapą spowodował drgania kłapy o amplitudzie krawędzi kłapy 0,23 m. Dopiero zastosowanie odpowiedniego deflektora pozwoliło wyeliminować to groźne zjawisko. Zwykle należy przeprowadzić dokładne obliczenia ilości porywanego powietrza przez strumień wody wpadający do dolnego stanowiska i dobrać odpowiedni system napowietrzenia.

Obliczenia rozpoczęto od sporządzenia krzywej przepływu rzeki Ślęzy poniżej jazu oraz charakterystyki zamknięcia klapowego. Okazało się, że przy normalnym piętrzeniu i całkowitym położeniu kłapy przez jaz przepływa  $44,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody, a rzędna WD układa się na rzędnej 111,40 m n.p.m., co oznacza, że przestrzeń pod klapą jest praktycznie zatopiona. Ilość porywanego powietrza przez strumień wody obliczono ze wzoru (1) [4]:

$$\frac{Q_a}{Q_w} = 1,205 \left( 1 - \frac{2,66}{v} \left( \frac{d}{h_p} \right)^{0,512} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$Q_w$  – przepływ wody [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

$Q_a$  – ilość porywanego powietrza [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

$v$  – prędkość wody;  
 $d$  – grubość strumienia [m];  
 $h_p$  – głębokość na stanowisku dolnym [m].

Obliczenia wykonano w przypadku poziomu wody górnej 113,60 m n.p.m. i grubości warstwy wody  $H$  przelewającej się nad klapą  $0,2 \div 1,8$  m. Wybrane wyniki obliczeń zestawiono w tabeli.

Następnie sprowadzono, za pomocą znanych wzorów hydraulicznych [5], przepustowość przewodu napowietrzającego. Jak wynika z obliczeń, nie jest możliwe doprowadzenie wystarczającej ilości wody pod klapę przez istniejący przewód napowietrzający, nawet przy grubości warstwy przelewającej się

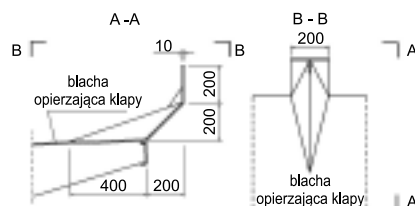
#### Ilości porywanego powietrza na jazu Ślęza

H [m]	0,20	0,40	0,60	1,00	1,40	1,80
$Q_w$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	1,46	3,97	7,02	14,8	24,7	36,8
$Q_a$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	0,16	0,65	1,40	3,70	7,25	12,3

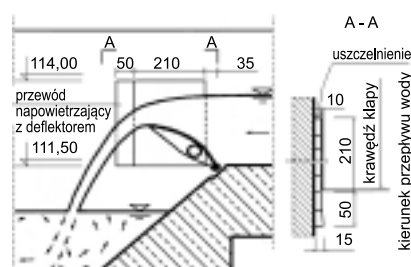
wody równej 0,40 m. Teoretycznie prędkość powietrza w przewodzie powinna osiągnąć  $83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , a podciśnienie  $\Delta p$  2,1 MPa, podczas gdy dopuszczalne wynosi 5 hPa [5]. Dla dopuszczalnej wartości podciśnienia przewód powinien mieć średnicę  $d = 0,53$  m. W skrajnym przypadku ( $Q_a = 12,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) potrzebna średnica to  $d = 1,72$  m.

### Rozwiązania konstrukcyjne

Napowietrzanie przestrzeni pod klapą może odbywać się za pomocą rozdzielaczy strug, przewodów napowietrzających, deflektorów lub przez zawężenie strumienia wody w stosunku do światła przelewu. W rozpatrywanym przypadku konieczne jest zastosowanie systemu złożonego ze wszystkich wymienionych elementów. Zaproponowano zatem umieszczenie trzech rozdzielaczy strumienia (rysunek 2) nad trzema przeponami kłapy oraz zamontowanie przewodu napowietrzającego (rysunek 3), umieszczonego na prawym przyczółku, pełniącemu zarazem rolę deflektora odchylającego strumień wody, stwarzając dogodne warunki napowietrzenia przestrzeni podstrumieniowej.



Rys. 2. Rozdzielacz strumienia



Rys. 3. Przewód napowietrzający z deflektorem

### Podsumowanie

W artykule omówiono rozwiązanie problemu skutecznego napowietrzenia przestrzeni podstrumieniowej jazu klapowego na rzece Ślęzie w km 3+014 we Wrocławiu. Złożony system napowietrzający pozwoli uniknąć powstania zagrożenia konstrukcji podatnej na drgania i narażonej na dodatkowe obciążenia. Zastosowano jednocześnie rozdzielacze strumienia wody, przewód napowietrzający i deflektor odchylający odpowiednio strumień wody.

Należy zwrócić uwagę, że mimo obowiązujących przepisów [1], nakazujących napowietrzanie przestrzeni pod strumieniami wody przelewającymi się nad zamknięciami i progami, nadal zdarzają się przypadki niewłaściwego rozwiązania tego zadania. Wynika to zapewne z faktu, że nie ma w polskich normach jednoznacznych wytycznych, wspomagających projektantów. Jest to tym istotniejsze, że obecnie trwa w Polsce proces przebudowy odrzańskich jazów sektorowych na klapowe oraz występują tendencje do budowy nowych jazów klapowych.

Fotografie: Autor

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, Dz.U. 2007 nr 86 poz. 579.
- [2] P. C. Erbisti, Design of Hydraulic Gates. A. A Balkema, Lisse, The Netherlands, 2004.
- [3] R. Rogala, S. Kostecki, W. Rędownicz, Eliminacja drgań zamknięcia klapowego zapory Słup. III Krajowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapor, Warszawa, 1986.
- [4] R. Rogala, W. Rędownicz, Air entrainment by the water jet flowing over flap gate with recirculation effect. Archives of Hydro-engineering and Environmental Mechanics. Vol. 49, No 3, 2002, 95 – 115.
- [5] R. Rogala, J. Machajski, W. Rędownicz, Hydraulika stosowana. Przykłady obliczeń. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 1991.