

Aleksandra POŁOK-KOWALSKA, Barbara BUDZIŁO

*Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska
Politechnika Krakowska*

PROGRAM OBLICZENIOWY „ATEN-UJW” JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE W PROCESIE PROJEKTOWANIA UJĘĆ WODY POWIERZCHNIOWEJ

**THE CALCULATION PROGRAM “ATEN-UJW”
AS A SUPPORTING TOOL FOR DESIGNING
SURFACE WATER INTAKES**

A surface water intake must assure an uninterrupted water withdrawal in proper volume and quality, not causing threat to the river ecosystem. This involves finding suitable technical solutions which will be characterized by appropriate level of reliability and ensure ichthyofauna protection. In this matter, the use of supporting tools such as calculating programs which allow a quick choice of initial version of project seems to be indispensable. The developed calculation program “ATEN-UjW” may be used to design new submerged, drainage and combined water intakes and to modernize the existing ones. This program allows to select the cheapest solution of a water intake for which the required level of reliability is obtained. The selected solution includes technical, hydraulic, economic and reliability parameters determined for the particular water intake elements and also the whole water intake.

1. Wprowadzenie

Ujęcie wody (UjW), jako pierwszy element układu zasilania w wodę, odgrywa ważną rolę w systemie zaopatrzenia w wodę (SZW). Poprawne funkcjonowanie ujęcia wody warunkuje niezawodne działanie całego SZW.

Ujęcie wody musi zagwarantować ciągły pobór wody w odpowiedniej ilości i jakości, równocześnie nie stanowiąc zagrożenia dla ekosystemu rzeczny. W przypadku ujmowania wód powierzchniowych występują utrudnienia związane ze zmiennymi warunkami meteorologicznymi i hydrologicznymi, niezależnymi od człowieka. Zaliczamy do nich powodzie, niskie stany wody, zjawiska sryżowo-lodowe oraz podwyższone wartości mętności. Ujęcie wody powierzchniowej (ze względu na charakter źródła wody) narażone jest również na różnego rodzaju zanieczyszczenia oraz skażenia chemiczne i mikrobiologiczne. Dlatego szczególnie korzystnym rozwiązaniem jest

projektowanie zespolonego ujęcia wody, tj. stanowiącego układ co najmniej dwóch samodzielnie pracujących ujęć, najlepiej różnego typu. W zależności od panujących warunków mogą one stanowić dla siebie rezerwę.

Aby ujęcie wody powierzchniowej mogło poprawnie spełniać swoje zadanie, powinno być odpowiednio dobrane do panujących warunków. Wiąże się to z udoskonalaniem metod projektowania, które w oparciu o teorię niezawodności i rachunek ekonomiczny pozwolą na wybór właściwego rozwiązania technicznego ujęcia wody. Wybrane rozwiązanie powinno charakteryzować się odpowiednim poziomem niezawodności oraz zapewniać ochronę ichtiofauny. W tym zakresie koniecznym wydaje się korzystanie z narzędzi wspomagających, takich jak gotowe programy obliczeniowe. Zastosowanie metod komputerowych w procesie projektowania nowych lub modernizacji istniejących ujęć wody, umożliwi w bardzo krótkim czasie wykonanie szeregu żmudnych obliczeń i porównanie różnych, dopuszczalnych rozwiązań technicznych, a w rezultacie szybki wybór wstępnej wersji projektu.

2. Przegląd piśmiennictwa

Stosowane w praktyce metody projektowania ujęć wody zwykle opierają się tylko na przesłankach techniczno-ekonomicznych co powoduje, że ujęcia te często nie uzyskują wymaganego poziomu niezawodności. Natomiast uwzględniając przy projektowaniu oprócz względów ekonomicznych także czynniki niezawodnościowe, pod uwagę brany jest również losowy charakter przyczyn wywołujących niesprawność obiektu. Umożliwia to wybór właściwego wariantu projektowego z obszaru dopuszczalnych rozwiązań technicznych. Przemawia to za odchodzeniem od klasycznych metod projektowania i zastosowaniem analiz techniczno-ekonomiczno-niezawodnościowych (ATEN). Sposób wykorzystania ATEN przy projektowaniu ujęć wody powierzchniowej takich jak brzegowe, progowe, zatopione typu ciężkiego oraz drenażowe przedstawiono w pracach.

Projektując ujęcie wody powierzchniowej nie można również pominąć kwestii ochrony ichtiofauny. Zagrożeniem dla życia ryb jest już samo ich przyciąganie (ang. impingement) do powierzchni czerpni, powodowane przez zbyt dużą prędkość dopływu wody, ale przede wszystkim ich wciąganie (ang. entrainment) do urządzeń ujęcia wody. Szczególnie dotyczy to narybku i młodych ryb, które charakteryzują się bardzo małymi rozmiarami oraz słabymi zdolnościami pływackimi. Stopień oddziaływania ujęcia wody powierzchniowej na bytujące lub migrujące w jego sąsiedztwie ryby uzależniony jest od ich liczebności, wielkości, zdolności pływackich, jak również od prędkości przepływu wody w cieku oraz od prędkości dopływu wody do czerpni ujęcia. Istotne znaczenie ma także rodzaj i wielkość ujęcia wody. Małe i średnie ujęcia wody powierzchniowej budowane dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, stanowią mniejsze zagrożenie dla ryb aniżeli duże ujęcia dla elektrowni wodnych.

Obecne unijne dyrektywy narzucają obowiązek ochrony zasobów wodnych, w tym również ichtiofauny. Zgodnie z polskim prawodawstwem wody podlegają ochronie, której celem jest osiągnięcie lub zachowanie dobrego stanu ekologicznego i chemicznego. Realizacja przedstawionego celu środowiskowego ma zapewnić, że wody będą się nadały do bytowania ryb i innych organizmów wodnych w warunkach naturalnych, umożliwiających ich migrację.

Dotychczas w Polsce, przy projektowaniu ujęć wody powierzchniowej nie uwzględniano w sposób wystarczający kwestii ochrony ichtiofauny. Natomiast w świecie, problem ochrony ryb i narybku w miejscu instalacji urządzeń do poboru wody powierzchniowej już od szeregu lat jest podejmowany przez różnych autorów. W krajach takich jak USA, Kanada czy Wielka Brytania już od lat kwestia ta jest prawnie uregulowana.

Konieczność zapewnienia ochrony młodych ryb i narybku przy poborze wody powierzchniowej rzutuje na wybór rozwiązania technicznego czerpni ujęcia wody. Czerpnia powinna być tak wykonana, aby minimalizować niekorzystne zmiany w środowisku wodnym. Drenażowe ujęcia wody, tj. z czerpnią w postaci drenów założonych pod dnem cieku w warstwie wodonośnej lub w korytach betonowych z obsypką filtracyjną, nie stanowią zagrożenia dla narybku i planktonu, a ich niekorzystne oddziaływanie występuje tylko w momencie płukania drenów. Zatopione ujęcia wody, tj. z czerpnią założoną pod zwierciadłem wody w pewnej odległości od brzegu, mogą również zapewniać skuteczną ochronę ichtiofauny. Warunkiem koniecznym jest jednak zastosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych czerpni.

W przypadku zatopionych ujęć wody często spotykanym rozwiązaniem jest czerpnia w postaci przewodu ujmującego, najczęściej z wlotem poszerzonym (stożkowym). Prowadzone badania wykazały, że czerpnia z wlotem poziomo zlokalizowanym, powinna być wyposażona w pokrywę osłaniającą. Wykonana w pewnej odległości nad wlotem do czerpni pokrywa redukuje przepływ pionowy, zmniejszając tym samym ilość wciąganych do ujęcia wody młodych ryb i śryżu.

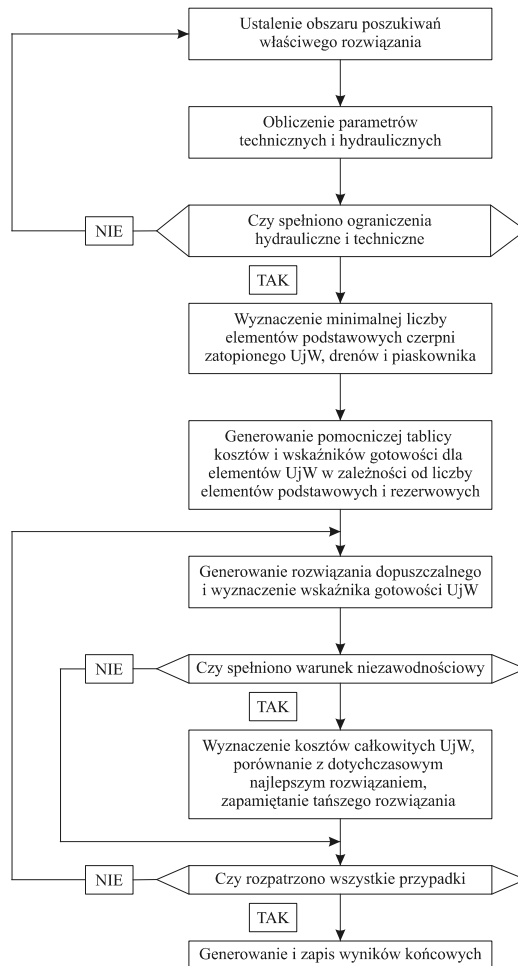
Z uwagi na ochronę ryb i narybku, szczególnie polecanym rozwiązaniem są czerpnie wyposażone w specjalne ekrany (siatki), które stanowią tzw. bariery fizyczne. Ekran (ang. screen), który obejmuje powierzchnię wlotową czerpni, może być odpowiednio dobrany dla dowolnego typu ujęcia wody powierzchniowej. Stosowanie odpowiednich ekranów fizycznych w miejscu poboru wody, gwarantuje wysoką skuteczność ochrony nawet w stosunku do jaj i larw ryb. Jest to rozwiązanie korzystne cenowo w przypadku małych ujęć wody. Wytyczne do projektowania ekranów spełniających wymagania dotyczące ochrony ryb i narybku, zawierają publikacje.

W USA, Kanadzie czy Wielkiej Brytanii powszechnie stosowane są ekrany wykonane z plecionej siatki drucianej, blachy perforowanej lub prętów profilowanych, najczęściej kształtu klinowego. Ekrany mogą mieć różne kształty. Do najbardziej rozpowszechnionych zalicza się ekrany płaskie, bębnowe i cylindryczne. Ekrany powinny charakteryzować się bardzo małymi wymiarami otworów wlotowych (np. ze względu na narybek $< 2,54$ mm) oraz odpowiednim współczynnikiem perforacji (min. 27%).

Do podstawowych parametrów, które w istotny sposób wpływają na bezpieczeństwo ryb bytujących w pobliżu ujęcia wody, jest prędkość wody dopływającej do czerpni oraz prędkość w otworach wlotowych (v_w), tzw. prędkość wlotowa wody. Producenci czerpni wyposażonych w ekrany zazwyczaj biorą pod uwagę kryterium dotyczące dopuszczalnej prędkości wlotowej. Według amerykańskich wytycznych prędkość ta nie powinna przekroczyć 0,15 m/s. Natomiast wytyczne kanadyjskie opracowane dla ochrony narybku, zalecają przyjęcie dopuszczalnej prędkości wlotowej w zależności od sposobu pływania ryb: przy „pstrągowym” 0,11 m/s, a przy „węgorzowym” 0,038 m/s.

3. Opis programu obliczeniowego „ATEN-UjW”

Opracowany program obliczeniowy „ATEN-UjW” umożliwia wybór technicznego rozwiązania dla różnych typów ujęć wody powierzchniowej, w tym drenażowego, zatopionego typu lekkiego oraz zespolonego (zatopionego-drenażowego). Zastosowany w programie algorytm wyboru (rys. 1) bazuje na analizie techniczno-ekonomiczno-niezawodnościowej. Właściwe rozwiązanie techniczne ujęcia wody poszukiwane jest w zbiorze dopuszczalnych rozwiązań technicznych, tj. wariantów projektowych, których parametry techniczne i hydrauliczne spełniają przyjęte uwarunkowania oraz ograniczenia. Wybór prowadzony jest w oparciu o sformułowane kryterium optymalizacyjne i sprowadza się do poszukiwania takiego rozwiązania technicznego ujęcia wody, dla którego uzyskany jest wymagany poziom niezawodności, przy minimalnych kosztach budowy.



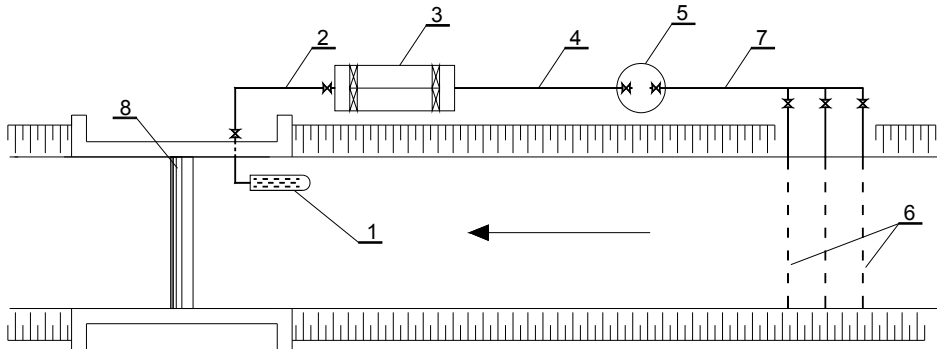
Rys. 1. Algorytm wyboru technicznego rozwiązania ujęcia wody powierzchniowej

Fig. 1. Algorithm for selecting a technical solution of a surface water intake

Program „ATEN-UJW” został opracowany w zintegrowanym środowisku Delphi. Powstał on przez rozszerzenie istniejącego programu obliczeniowego „Baza Ujęć” o dodatkowe typy ujęć wody powierzchniowej:

- zatopione ujęcie wody typu lekkiego z:
 - czerpnią z wlotem poszerzonym, stożkowym (UjW_WP)
 - czerpnią z rury perforowanej (UjW_RP),
- drenażowe ujęcie wody (z wyborem najtańszej średnicy drenów) z:
 - drenami założonymi bezpośrednio w warstwie wodonośnej (UjW_grunt)
 - drenami założonymi w korytach betonowych (UjW_beton),
- zespolone ujęcie wody (zatopione-drenażowe) z:
 - czerpnią z wlotem poszerzonym i z drenami w gruncie (UjW_WP+grunt),
 - czerpnią z rury perforowanej i z drenami w gruncie (UjW_RP+grunt),
 - czerpnią z wlotem poszerzonym i z drenami w korytach beton. (UjW_WP+beton),
 - czerpnią z rury perforowanej i z drenami w korytach beton. (UjW_RP+beton).

Przyjęto, że każde z ujęć wody obejmuje źródło wody oraz odpowiednie urządzenia techniczne (elementy). Zatopione ujęcie wody składa się z: czerpni z rurociągiem odprowadzającym (A), piaskownika (B), rurociągu grawitacyjnego (C) i studni zbiorczej (D). Drenażowe ujęcie wody obejmuje: drenaż (Dr), rurociąg grawitacyjny (C2) i studnię zbiorczą (D). Natomiast w ramach zespolonego ujęcia wody (rys. 2) uwzględniono wszystkie urządzenia techniczne zatopionego i drenażowego UjW.



Rys. 2. Schemat technologiczny zespolonego ujęcia wody: 1 - czerpnia zatopionego UjW, 2 - rurociąg odprowadzający, 3 - piaskownik, 4 - rurociąg grawitacyjny od piaskownika do studni zbiorczej, 5 - studnia zbiorcza, 6 - drenaż, 7 - rurociąg grawitacyjny od drenażu do studni zbiorczej, 8 - próg piętrzący

Fig. 2. Control flow diagram of the combined water intake: 1 - inlet of the submerged water intake, 2 - outlet pipe, 3 - sand trap, 4 - free flow pipe from the sand trap to the collecting well, 5 - collecting well, 6 - drains, 7 - free flow pipe from the drains to the collecting well, 8 - weir

Pobierana za pomocą czepni woda odprowadzana jest grawitacyjnie do studni zbiorczej. Przepływ wody następuje wówczas, gdy wysokość dyspozycyjna jest równa sumie strat energetycznych, miejscowych i na długości, przy przepływie wody przez elementy danego ujęcia wody. Warunek ten jest brany pod uwagę przy wyznaczaniu parametrów technicznych poszczególnych urządzeń. Dany wariant projektowy musi również spełniać pozostałe założenia techniczne, jak np. dopuszczalną prędkość wlotową wody do czepni, prędkość przepływu wody w drenie czy w rurociągu grawitacyjnym. Przy ocenie niezawodności wybranego ujęcia wody uwzględnia się niezawodność źródła wody i poszczególnych elementów budujących dane ujęcie wody, dla których przyjęto również możliwość rezerwowania. Niezawodność funkcjonowania ujęcia wody określana jest wskaźnikiem gotowości i średnim czasem pracy, wyznaczanymi metodą analizy strukturalno-funkcjonalnej, z wykorzystaniem funkcji częstości uszkodzeń. Wskaźnik gotowości ujęcia wody musi uzyskać co najmniej wymagany poziom niezawodności K_w . W przeciwnym wypadku, dąży się do podniesienia niezawodności U_{jW} na drodze rezerwowania obciążonego elementów, np. czepni (A, Dr) itp. Przy wyborze rozwiązania technicznego zatopionego U_{jW} , program umożliwia uwzględnienie aspektu ochrony ichtiofauny poprzez przyjęcie dopuszczalnej prędkości wlotowej oraz wybór rodzaju czepni. W programie przewidziano również możliwość uwzględnienia budowy progów piętrzącego, w celu zapewnienia odpowiedniego napełnienia zwierciadła wody w cieku.

Program „ATEN-UjW” (w zakresie dokonanych modyfikacji) opracowano dla ujęć wody o wydajności do 200 dm³/s. W przypadku zespolonego ujęcia wody przyjęto, że woda pobierana jest z jednego źródła zasilania, a wydajność każdego z ujęć wynosi 100% Q_n . Koszty budowy poszczególnych urządzeń technicznych ujęć wody wyznaczono dla poziomu cen z IV kwartału 2002 roku. W obliczeniach uwzględniono różne warunki gruntowo-wodne budowy.

Program pozwala na dobór rozwiązania technicznego ujęcia wody dla przyjętych danych wejściowych, przy równoczesnym uwzględnieniu założonych warunków ograniczających. Dane wejściowe można zapisać w postaci bazy danych, co z kolei ułatwia ich modyfikację i umożliwia szybki wybór właściwego rozwiązania dla różnych warunków. Program pozwala na prowadzenie obliczeń przy uwzględnieniu lub pominięciu losowych zdarzeń w źródle wody.

4. Przykład zastosowania programu „ATEN-UjW”

Poszukiwane jest rozwiązanie techniczne ujęcia wody powierzchniowej dla przyjętych danych wejściowych, obejmujących następujące parametry techniczne i niezawodnościowe (rys. 3): wydajność ujęcia 0,08 m³/s, szerokość potoku 20 m, wysokości piętrzenia $H=1,0$ m, średnica czepni z rury perforowanej 300 - 350 mm, średnica drenu 200 mm, długość drenu 20 m, głębokości założenia drenu 1,5 m, rozstaw pomiędzy drenami lub szerokość koryta betonowego 1,5 m, współczynnik perforacji płyty 0,1, współczynnik wodoprzepuszczalności obsypki filtracyjnej 0,001 m/s, długość rurociągu grawitacyjnego (C, C2) odprowadzającego wodę do studni zbiorczej 30 m, rzędna dna cieku 199,4 m n.p.m., rzędna zwierciadła wody w piaskowniku 200,0 m n.p.m., rzędna terenu przy studni 201,0 m n.p.m., wskaźnik gotowości: czepni $K_A=0,9955115$, drenu $K_{Dr}=0,9966285$, piaskownika $K_B=0,9992555$, studni zbiorczej $K_D=0,9994203$, źródła wody $K_{zrW}=0,9950365$ i średni czas pracy pomiędzy losowymi zdarzeniami występującymi w źródle wody $T_{p_{zrW}}=2092$ h, wymagany poziom niezawodności ujęcia wody $K_w=0,9911577$. Dla czepni zatopionego U_{jW} (A), piaskownika (B) i drenazu (Dr)

brano pod uwagę od 1 do 6 elementów podstawowych, a w przypadku rurociągów gravitacyjnych (C, C2) tylko jeden element podstawowy. Dla wymienionych urządzeń rozpatrywano od 0 do 2 elementów rezerwowych. Natomiast w przypadku studni zbiorczej (D), ze względu na jej wysoki koszt budowy, zawsze przyjmowano tylko 1 element podstawowy oraz 0 rezerwowych.

Założenia projektowe: zespolone_RP+beton Redukcja: 0

Typ ujęcia

- brzegowe 0
- brzeg.+ drenaż w gruncie 1
- brzeg.+ drenaż w betonie 2
- zatopione typ lekki 3
- zatopione typ cieżki 4
- zatop.lekki + dren w gruncie 5
- zatop.lekki + dren w betonie 6
- zatop.cieżki+ dren w gruncie 7
- zatop.cieżki+ dren w betonie 8
- progowe 9
- drenażowe w gruncie 10
- drenażowe w betonie 11
- zatop.lekki perfor. 12
- zatop.lekki perf.+ dren w gruncie 13
- zatop.lekki perf.+ dren w betonie 14

	Podstawowe		Rezerwowe	
	Min	Max	Min	Max
A-Ujęcie	1	6	0	2
B-Piaskownik	1	6	0	2
C-Rurociąg	1	1	0	2
Dr-Dren	1	6	0	2
C2-rurociąg od drenu	1	1	0	2

Wymagania PsUjW

Wydajność [m3/s] 0,08
Współczynnik gotowości 0,9911577

Źródło

Wsp. gotowości 0,9950365
Czas między awariami 2092

Próg

istnieje nie tak

Warunki budowy: przeciętne trudne

Piaskownik

Warunki budowy: przeciętne trudne

Rzędna zw. wody [m] 200
Wsp. gotowości 0,9992555

Typ Obliczeń: Ręczny Automatyczny

Ujęcie

Wys. napek. [m] 1
Prędkość wlotu [m/s] 0,2
Rzędna dna cieku [m] 199,4

Szerokość potoku [m] 20
Śred.zew.rury perf. [m] 0,378
Wsp. gotowości 0,9955115

Dren

Wsp. wodoprz.=0,001 0,001
Gł.zal.dnienu (wys.koryta) [m] 1,5
Długość drenu [m] 20
Śred.zew.drenu [m] 0,274
Wsp. gotowości 0,9966285

Szer.koryta [m] 1,5
Wsp.perfor. płyty 0,1

Rurociąg

Długość [m] 30

Grunt: suchy nawodniony silnie nawod.

Studnia

Rzędna terenu [m] 201
Głębok.zwierc. [m] 2

Warunki: łatwe średnie trudne
Wsp. gotowości 0,9994203

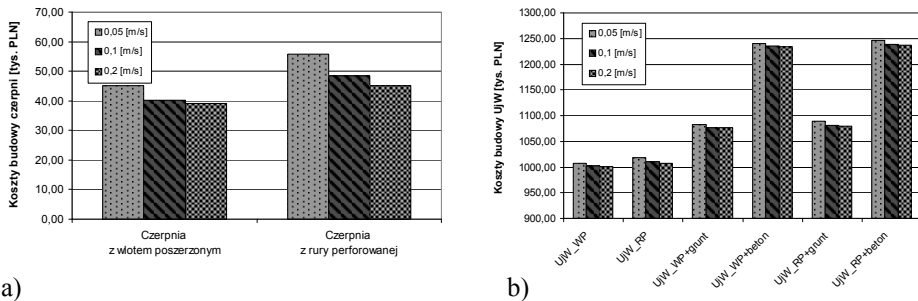
Wydruk szczegółowy: nie tak Zbiornik wody surowej: brak jest

Rys. 3. Okno do wprowadzania danych wejściowych do programu „ATEN-UjW”

Fig. 3. Window for entering the input data to “ATEN-UjW” program

Wybrane za pomocą programu rozwiązanie zawiera parametry techniczne, hydrauliczne, niezawodnościowe i ekonomiczne wyznaczone dla poszczególnych urządzeń UjW, jak np. liczba elementów podstawowych i rezerwowych, średnice rurociągów, średnie prędkości przepływu, straty energetyczne, wskaźnik gotowości czy koszty budowy. W wydruku rozwiązania podane są również parametry obliczone dla całego ujęcia wody, takie jak wskaźnik niezawodności (wskaźnik gotowości - Ks, średni czas pracy pomiędzy awariami- Tp, średni czas odnowy - Tn), całkowite koszty budowy oraz suma strat przy przepływie wody od czerpni do studni zbiorczej. Wybierając w programie opcję wydruku szczegółowego, można dodatkowo przeglądać wszystkie pozostałe, dopuszczalne rozwiązania techniczne ujęcia wody, dla których podana jest struktura niezawodnościowa, wskaźnik gotowości i całkowite koszty budowy.

Dla przyjętych danych wejściowych, program w bardzo krótkim czasie podaje wybrane rozwiązanie techniczne. Pozwala to na wykonanie obliczeń dla różnych typów ujęć wody, a następnie porównanie otrzymanych wariantów projektowy. Szybkie prowadzenie obliczeń, umożliwia również analizowanie wpływu zmienności jednego z parametrów na wynik końcowy, np. wartości prędkości wlotowej wody na koszt budowy czepni zatopionego UjW. W rozpatrywanym przypadku obliczeniowym pod uwagę wzięto trzy prędkości wlotowe, tj. 0,2 m/s, 0,1 m/s i 0,05 m/s. Na rys. 4 przedstawiono koszty budowy czepni zatopionego UjW, jak również całkowite koszty ujęcia danego typu, w zależności od przyjętej prędkości wlotowej wody.



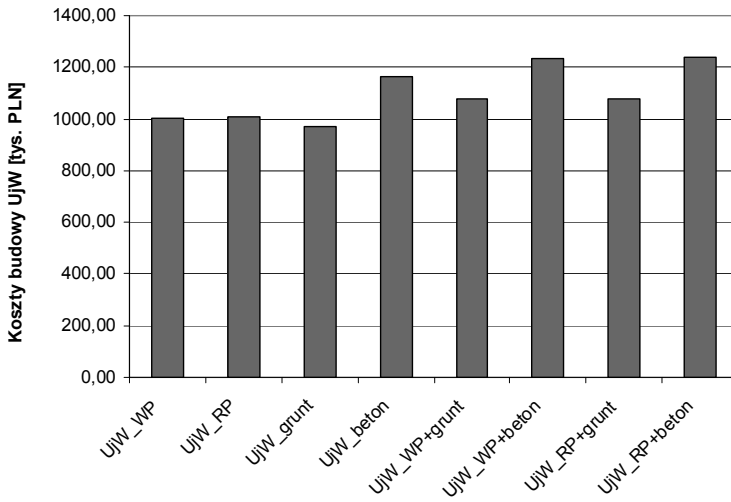
Rys. 4. Koszty budowy w zależności od prędkości wlotowej wody: a - czepni zatopionego ujęcia wody, b - ujęcia wody powierzchniowej

Fig. 4. Construction costs, depending on the inlet velocity, of: a - inlet of submerged water intake, b - surface water intake

Porównanie kosztów budowy czepni zatopionego UjW (rys. 4a) wskazuje, że:

- zmniejszenie prędkości wlotowej z 0,2 na 0,1 m/s powoduje wzrost kosztów budowy czepni: z wlotem poszerzonym o ok. 3%, a z rury perforowanej o ok. 7%,
- zmniejszenie prędkości wlotowej z 0,2 na 0,05 m/s powoduje wzrost kosztów budowy czepni: z wlotem poszerzonym o ok. 15%, a z rury perforowanej o ok. 24%,
- koszty budowy czepni z rury perforowanej są większe od kosztów czepni z wlotem poszerzonym.

Natomiast w przypadku wszystkich rozpatrywanych typów ujęć wody (rys. 4b), przyjęcie prędkości wlotowej mniejszej od 0,2 m/s, powoduje niewielki procentowy wzrost całkowitych kosztów budowy (maks. ok. 1%). Przemawia to za projektowaniem czepni zatopionego ujęcia wody przy założeniu bezpiecznej, z uwagi na ochronę ryb i narybku, prędkości wlotowej wody ($\leq 0,15$ m/s).



Rys.5. Porównanie całkowitych kosztów budowy różnych typów ujęć wody, dla przyjętych danych wejściowych i prędkości wlotowej wody 0,1 m/s

Fig. 5. Comparison of the total construction costs of different water intakes type, for the assumed input data and the inlet velocity 0,1 m/s

Na rys. 5 porównano całkowite koszty budowy różnych rozwiązań technicznych, dobranych przez program dla rozpatrywanych typów ujęć powierzchniowej.

Ze względu na objętość pracy, poniżej przedstawiono tylko wydruk z programu (rys. 6) rozwiązania wybranego dla zespolonego ujęcia wody, z czerpnią z rury perforowanej i drenami założonymi w korytach betonowych, wypełnionych obsypką filtracyjną.

```

*****
                W Y B R A N E   R O Z W I A Z A N I E
*****
Struktura:      n =  1  2  1  1  4  1
                m =  0  0  0  0  0  0

Nakłady inwestycyjne = 1238942.138 [PLN]
Wskaznik gotowosci UjW = 0.9943759

**ZESTAWIENIE OBLICZONYCH WSKAZNIKÓW NIEZAWODNOSCI I NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH NA UJĘCIE WODY**
*****
Typ ujęcia: zatop. lekki perf. + dren w betonie 14, rezerwowanie kombinowane (1 z 2)
S - ujęcie wody: Q = 0.080[m3/s], Wys. napel. H = 1.00[m], Rzedna dna cieku = 199.40[m n.p.m]
Szer. pot. = 20.00[m]
A - ujęcie zatopione: Długość ruroc. L30 = 15.0[m], Wysokość progu = 1.00[m]
Włot = 0.10[m/s], Średnica wewn. rury perf. = 0.350[m]
Dług. rury perf. = 2.92[m], Predk. w rurze perf. = 0.83[m/s]
Średnica ruroc. odprow. = 0.350[m], Predkosc w ruroc. odprow. = 0.83[m/s]
Średnica ruroc. L30 = 0.350[m], Predkosc w ruroc. L30 = 0.83[m/s]
B - piaskownik: warunki przecietne, Ep = 0.90[m], Hp = 1.10[m], LB = 5.5[m]
Rzedna zw wody = 200.10[m n.p.m.]
C - rurociąg: Fi = 350[mm], Redukcja = 0, Długość = 30.00[m], Predkosc = 0.83[m/s],
Grunt nawodniony
D - studnia zbiorcza: bez nadbudowy, Średnica = 4.5[m], Głębokość = 8.00[m], Warunki srednie
Rzedna terenu przy studni = 201.0[m], Głębokość zw wody w studni = 1.06[m(A); 2.00[m(Dr)]
Dr- dren: Wsp. wodop. = 0.001[m/s], Głęb. zal. drewn. = 1.5[m], Sred. wewn. dr = 0.250[m]
Długość drewn. = 20.0[m], Predkosc w dr. = 0.41[m/s], Wsp. got. dr. = 0.9966285
Rozstaw drenow = 1.5[m]
Wsp. perf. płyty = 0.1
C2- rurociąg: Fi = 350[mm], Długość = 30.00[m], Predkosc = 0.83[m/s], Grunt nawodniony
Z - K zrodla = 0.9950365000, Czas TpZr pomiedzy awariami = 2092[godz]
K wymagane dla UjW = 0.9911577000
K(1*A)=0.99511500, K(1*B)=0.999255500, K(1*C)=0.999788777
K(1*D)=0.999420300
K(1*Dr)=0.996628500, K(1*C2)=0.999788777
*****
=====
n m      Ks                Tp[h]    Tn[h]    Nakł. inv. [PLN]    Straty energ. h[m]
=====
A  1 0  0.995511500000      1836.885      38351.790      0.304
B  2 0  0.998511554280      10121.457      27441.682      0.018
C  1 0  0.999788777455      95556.617      51349.350      0.101
D  1 0  0.999420300000      72463.768      400255.456      0.035(A)/0.035(Dr)
Dr  4 0  0.986582048907      1042.492      187144.800      1.121
C2  1 0  0.999788777455      95556.617      51349.350      0.101
F
S  0.994375930051      1974.037      11.165      1238942.138    Suma 0.458(A)/1.256(Dr)
=====

```

Rys. 6. Wydruk z programu wybranego rozwiązania technicznego zespolonego ujęcia wody z czepnią z rury perforowanej i z drenami założonymi w korytach betonowych, dla prędkości wlotowej wody 0,1 m/s

Fig. 6. Computer printout of the selected technical solution of the combined water intake with the inlet made of perforated pipe and drains laid in concrete boxes, for the inlet velocity 0,1 m/s

Przedstawione na rys. 5 porównanie całkowitych kosztów budowy różnych typów ujęć wody świadczy, że dla przyjętych danych wejściowych oraz prędkości wlotowej 0,1 m/s:

- najniższymi kosztami budowy charakteryzuje się drenażowe ujęcie wody z drenami założonymi bezpośrednio w warstwie wodonośnej,
- drenażowe ujęcie wody z drenami założonymi w korytach betonowych jest dużo droższym rozwiązaniem w porównaniu do pozostałych typów ujęć samodzielnie pracujących, tj. UjW_grunt, UjW_WP, UjW_RP,

- koszty zespolonych ujęć wody z drenami założonymi w warstwie wodonośnej są większe tylko o ok. 7% od kosztów samodzielnie pracujących zatopionych UjW,
- koszty zespolonych ujęć wody z drenami założonymi w korytach betonowych są większe tylko o ok. 6% od kosztów samodzielnie pracującego drenażowego ujęcia wody UjW_beton.

Biorąc powyższe pod uwagę, jak również wspomniane wcześniej problemy w eksploatacji ujęć wody powierzchniowej, związane ze zmiennymi warunkami meteorologicznymi i hydrologicznymi, zaleca się uwzględnienie przy projektowaniu zatopionego ujęcia wody rezerwowego, drenażowego UjW z drenami założonymi w warstwie wodonośnej, o ile warunki hydrogeologiczne łóżyska ciekła pozwalają na takie wykonanie drenażu. Natomiast decydując się na budowę drenażowego ujęcia wody z drenami założonymi w korytach betonowych, warto rozważyć dobór rezerwowego, zatopionego ujęcia wody. Dokonując wyboru wariantu projektowego ujęcia wody należy pamiętać, że zespolone ujęcie wody (np. zatopione-drenażowe) zapewni większą niezawodność funkcjonowania w różnych warunkach w źródle wody, w porównaniu do ujęć samodzielnie pracujących.

5. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując poruszane w pracy zagadnienia, sformułowano następujące wnioski:

1. Uwzględnienie przy projektowaniu ujęć wody powierzchniowej poza przesłankami techniczno-ekonomicznymi również i aspektu niezawodnościowego, umożliwi wybór rozwiązania technicznego gwarantującego nie tylko spełnienie przyjętych założeń technicznych i ekonomicznych, ale również odpowiedni poziomu niezawodności funkcjonowania.
2. Metody projektowania ujęć wody powierzchniowej powinny być ukierunkowane na ochronę ekosystemu wodnego, np. przez stosowanie rozwiązań technicznych ograniczających do minimum niekorzystny wpływ na ichtiofaunę.
3. Ze względu na ochronę ryb i narybku dopuszczalna prędkość wlotowa wody do czepni zatopionego ujęcia wody nie powinna przekraczać 0,15 m/s.
4. Opracowany program obliczeniowy „ATEN-UjW” umożliwia szybki wybór wstępnej wersji projektowej dla różnych typów ujęcia wody powierzchniowej, w tym zatopionego typu lekkiego, drenażowego i zespolonego.
5. Dobrane za pomocą programu „ATEN-UjW” rozwiązanie techniczne ujęcia wody spełnia przyjęte kryteria techniczne, hydrauliczne i niezawodnościowe, przy równoczesnej minimalizacji kosztów.
6. Przy wyborze rozwiązania technicznego czepni zatopionego UjW, program „ATEN-UjW” umożliwia uwzględnienie aspektu ochrony ichtiofauny poprzez przyjęcie dopuszczalnej prędkości wlotowej oraz wybór rodzaju czepni.
7. Prezentowany program obliczeniowy dobiera właściwą liczbę elementów podstawowych i rezerwowych poszczególnych urządzeń, jak również ich parametry techniczne. Pozwala także obliczyć wysokość strat energetycznych, poziom niezawodności i koszty budowy dla kolejnych urządzeń oraz całego UjW, przy uwzględnieniu lub pominięciu losowych zdarzeń w źródle wody.
8. Wykorzystanie programów obliczeniowych w znacznym stopniu ułatwia proces projektowania nowych lub modernizacji istniejących ujęć wody, dzięki możliwości wykonania obliczeń w bardzo krótkim czasie.

Bibliografia

- [1] Amaral S., Metzger M., Black J., Taft E. *Laboratory evaluation of wedgewire screens for protecting fish at cooling water intakes*. A Symposium on Cooling Water Intake Technologies to Protect Aquatic Organisms, Arlington, Virginia, 6-7 May 2003, s. 279-302.
- [2] Budziło B. *Metoda wyboru technicznego rozwiązania ujęcia wody powierzchniowej*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Monografia 229, Kraków 1998.
- [3] Budziło B., Polok-Kowalska A. *Metoda wyboru technicznego rozwiązania zespolonego ujęcia wody powierzchniowej*. XX Jubileuszowa-Krajowa, VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zaopatrzenia w wodę, jakość i ochrona wód”, Gniezno 15-18 czerwca 2008, s. 125-135.
- [4] Chimickij K.F. *Sostojanie rybozaščity v beregovych vodozaborach s ploskimi i lentočnymi setkami*. Vodosnabżenie i Sanitarnaja Technika, 1971, No. 10, s. 19-23.
- [5] Downs D.J., Meddock K.R. *Design of fish conserving intake system*. Journal of the Power Division, Vol. 100: 1974, No. PO2, s. 191-205.
- [6] Filimowski J. *Drenażowe ujęcie wody z uwzględnieniem czynników technicznych, ekonomicznych i niezawodnościowych*. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2006, Biblioteka Cyfrowa PK PD/2006/29/23.
- [7] *Fish protection at water diversion. A guide for planning and designing fish exclusion facilities*. Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver, Colorado, USA, 2006.
- [8] *Freshwater Intake End-of-Pipe Fish Screen Guideline*. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario, Canada, 1995.
- [9] Jacquet G. *Conception des prises d'eau en riviere pour l'alimentation en eau potable*. La technique de l'eau et de l'assainissement, 1981, No. 412, s. 43-48.
- [10] Opisanie izobretenija k avtorskomu svidetelstvu SSSR No. 1177412. *Rybozaščitnoe ustrojstvo vodozabornogo sooruzenija* No. 889786 Kl. E 02 B 8/08, 1980. Petraškevič V.V., Pogorelov V.P., Odinec Ju.S., Gerus L.E.
- [11] Polok-Kowalska A., Budziło B. *Metoda projektowania zatopionych ujęć wody z uwzględnieniem niezawodności, ekonomii oraz ochrony ichtiofauny*. Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody praca zbiorowa pod redakcją Izabeli Zimoch i Waldemara Sawiniaka, Vol. 1, Gliwice 2009, s. 115-122.
- [12] Richards R.T., Hroncich M.J. *Perforated-pipe water intake for fish protection*. Journal of Hydraulics Division, Vol. 102: 1976, No. HY2, s. 139-149.
- [13] Schreiber D.L., Becker C.D. et al. *Intake system assessment for Central Columbia River*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Power Division, Vol. 100: 1974, PO 2, s. 139-156.
- [14] Turnpenney A.W.H., Struthers G., Hanson K.P., Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd & Hydroplan (1998): *A UK guide to intake fish-screening regulations, policy and best practice*.
- [15] Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2001 Nr 115, poz. 1229).