

## Załącznik **Metody wyznaczania wartości wielkości przepływu nienaruszalnego**

Niekontrolowany pobór wody z cieków może doprowadzić do prawie całkowitego wysuszenia jego odcinków z silnym oddziaływaniem na biocenozę wodną nawet wtedy, gdy woda powraca do cieków niedaleko ujęcia. Aby uniknąć takiej sytuacji, pozwolenie na skierowanie wody na turbinę lub na pobór wody z rzeki lub strumienia prawie zawsze określa obowiązek pozostawienia pewnego przepływu nienaruszalnego.

Na przepływ nienaruszalny używa się różnych określeń, zależnie od kraju lub administratora wód. Wśród stosowanych terminów wymienić można „przepływ resztkowy”, „przepływ ekologiczny”, „przepływ biologiczny”.

Przepływem nienaruszalnym nazywa się tę ilość wody, która powinna przepływać jako minimum w danym przekroju poprzecznym rzeki ze względów biologicznych i społecznych. Pod uwagę bierze się:

- zachowanie życia biologicznego w wodach płynących
- wymagania wędkarskie,
- ochronę przyrody,
- wymagania sportu i turystyki wodnej,
- zachowanie piękna krajobrazu.

Przepływ nienaruszalny należy starannie określić, gdyż przy zbyt niskiej wartości dojdzie do szkód w biocenozie wodnej cieków. Z drugiej strony, zawyżona wartość tego przepływu wpływa negatywnie na produkcję uzależnioną od wód cieków, w tym rybacką, zwłaszcza w okresach niskich przepływów.

W Europie stosuje się różne metody wyznaczania przepływu nienaruszalnego. Znane są liczne wzory na obliczanie przepływu nienaruszalnego, a ich liczba wzrasta z dnia na dzień. Oznacza to, iż nie ma jednego uniwersalnego sposobu jego wyznaczania. Jest to oczywiste, ponieważ nie ma też jednoznacznej definicji przepływu nienaruszalnego, co pozwoliłoby określić tę wielkość za pomocą nienaruszalnej prawdy matematycznej jakiegokolwiek stopnia. Poniżej wymieniono kilka wzorów, sklasyfikowanych w zależności od przyjmowanych założeń obliczeniowych. Wzory te mogą dostarczyć wartości, mogące służyć jedynie jako wytyczne dla regulacji administracyjnych.

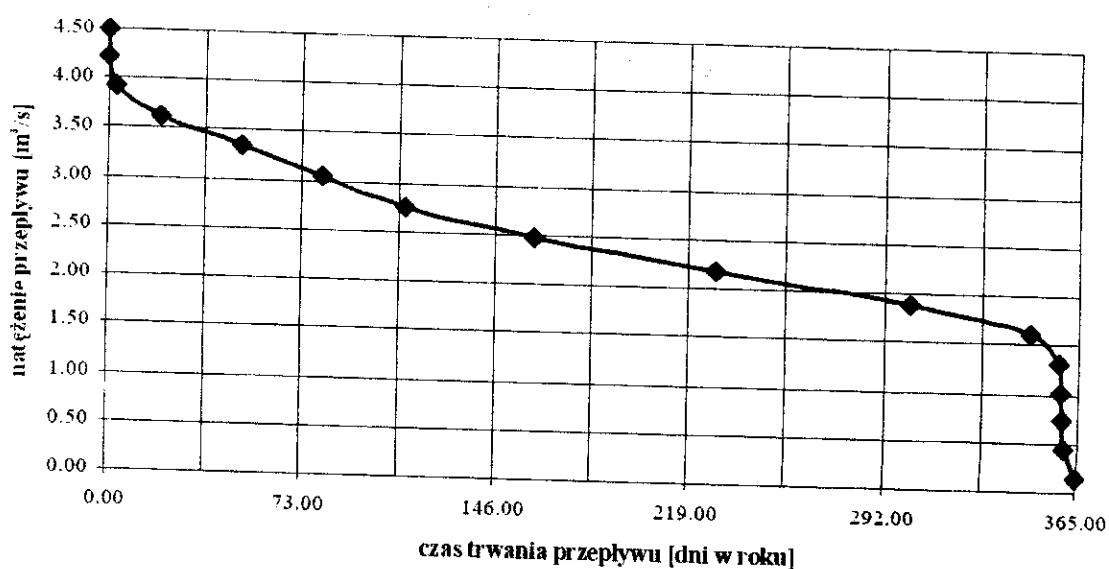
### **Metody oparte na wartościach hydrologicznych lub statystycznych**

1. Jedną z grup metod obliczeniowych opiera się na **średnim przepływie (SQ) przez rzekę w danym przekroju poprzecznym**. Otrzymywany przepływ nienaruszalny zmienia się od **2,5% SQ dla metody CEMAGREF** stosowanej we Francji, do **60 % dla metody stosowanej w stanie Montana (USA)**, dla cieków, w których połów ryb ma dużą wartość ekonomiczną. W typowych obliczeniach przyjmuje się, że przepływ nienaruszalny stanowi 10 % przepływu średniego.

2. Druga grupa metod odnosi się do **przepływu średniego niskiego rzeki (SNQ)**. Przepływ nienaruszalny obliczony według tych metod zmienia się od **20% (metoda stosowana w Nadrenii-Palatynacie i w Hesji, Niemcy)** do **100% (metoda Steinbacha, stosowana w Górnej Austrii) SNQ**. W Polsce za podstawę do obliczeń przepływu nienaruszalnego przyjmuje się często **przepływ średni niski SNQ, zdefiniowany**

Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 17 sierpnia 2006 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. Nr 150 poz 1087) jako **średnia arytmetyczna wartość obliczona z minimalnych rocznych przepływów w określonych latach**. Autorzy obliczeń przepływu nienaruszalnego wykorzystują najczęściej wytyczne zawarte w dwóch publikacjach Haliny Kostrzewy wydanych przez Instytut Gospodarki Wodnej w Warszawie w 1972 roku. Są to publikacje nieco już archaiczne, ale zawierające dość proste rozwiązania. Ich wadą jest możliwość przeszacowania wartości przepływu nienaruszalnego dla cieków posiadających małą zlewnię.

3. Trzecia grupa metod odnosi się do wartości oznaczonych na krzywej sum czasów trwania przepływu



Wartości odniesienia mogą być bardzo zróżnicowane:

- Q300 (szwajcarska metoda wartości ostrzegawczej, metoda Matthey'a i zlinearyzowana metoda Matthey'a ),
- Q347 (niemiecka metoda Büttिंगera),
- NSQ7 (najniższa wartość średnia w czasie 7 miesięcy, podczas których przepływy naturalne są najwyższe)
- NSQAug (średni przepływ minimalny w sierpniu), Q84 %, Q361, Q355 itd.

#### Metody oparte na zasadach „fizjograficznych”

Metody te odnoszą się zazwyczaj do stałego znormalizowanego natężenia przepływu nienaruszalnego (**wyrażonego w l/s na 1 km<sup>2</sup> obszaru zlewni**). Najlepiej wybierać metody oparte na SNQ (przepływ średni niski) lub NNQ (przepływ najniższy niski) z co najmniej 10 lat.

We wszystkich przypadkach sugerowane wartości przepływu nienaruszalnego są bardzo zróżnicowane. Na przykład w USA, w rzekach będących bogatym źródłem ryb, wymagana jest wartość 9,1 l/s/km<sup>2</sup>, podczas gdy w źródłanych rzekach alpejskich wartość ta schodzi do 2 l/s/km<sup>2</sup>.

Zalety metod:

- Łatwość zastosowania, jeśli posiada się dokładne dane wyjściowe,
- Możliwość ewentualnego uwzględnienia naturalnych fluktuacji,
- Umożliwienie szacunkowej oceny produkcji energii,
- Brak znanych zastrzeżeń od strony ekologicznej.

Wady:

- Są to wzory akademickie, podające sztywne wartości,
- NNQ często bywa niedoszacowane,
- Nie uwzględnia się parametrów hydraulicznych przepływu,
- Nie uwzględnia się dopływów i odpływów wody na odcinku derywacyjnym ani na długości derywacji,
- Metody niedostosowane do zróżnicowanych charakterystyk rzek, o wątpliwej możliwości przenoszenia wyników z jednej rzeki na drugą.

#### **Formuły oparte na prędkości i głębokości wody**

W tej grupie metod również mamy do czynienia z szerokim zakresem wartości, sugerowanych jako typowe parametry rzek. Prędkość wody może wahać się od 0,3 m/s (metoda styryjska) do 1,2 – 2,4 m/s (metoda oregońska), a głębokość wody powinna być większa niż 10 cm (metoda styryjska) lub zawierać się w granicach od 12 – 24 cm (metoda oregońska).

Inne formuły odpowiadające tego rodzaju metodom sugerują uzależnienie przepływu nienaruszalnego od szerokości rzeki w rozważanym przekroju (30 – 40 l/s na 1 m szerokości), lub od obwodu zwilżonego przekroju (w przypadku przepływu nienaruszalnego obwód zwilżony musi mieć wartość nie mniejszą niż 75 % obwodu przepływu niezakłóconego).

Zalety tych metod:

- Zachowanie głównych cech charakterystycznych przepływu,
- Możliwość uwzględnienia w obliczeniach kształtu profilu rzeki,
- Analiza dokonywana indywidualnie dla wybranej rzeki,
- Dane hydrologiczne przestają być niezbędne,
- Zachowanie wyłącznie pośrednich i ogólnych relacji z parametrami ekologicznymi,
- Przydatność do określenia wpływu na produkcję

Wady:

- Spadek i naturalny przebieg rzeki nie są uwzględnione w obliczeniach,
- Nie można uwzględnić długości derywacji ani efektów dopływów lub poborów wód,
- Bez restrukturyzacji danych, metody te dają bardzo wysokie wartości przepływów nienaruszalnych dla szerokich rzek,
- Wyniki są miarodajne tylko w szczególnych przypadkach niedługich odcinków ciekła,
- Zastosowanie do górskich strumieni daje nierealne wartości progowe głębokości wody,

- Stosowalność ograniczona do szczególnych typów rzek, przenoszenie wyników nie daje miarodajnych rezultatów.

### **Metody oparte na analizie multikryterialnej uwzględniające parametry ekologiczne**

Podano jedynie krótki opis, gdyż metody te są złożone i trudno je przedstawić w sposób zwięzły.

#### ***Narzędzia decyzji multikryterialnych (MODM, Multi Objective Decision Making)***

Określenie przepływu nienaruszalnego wynika z modelu, który uwzględnia zarówno cele ekologiczne jak i ekonomiczne. Przyjęte rozwiązanie powinno stanowić kompromis pomiędzy dwoma rodzajami parametrów. Jako parametry stosuje się następujące zmienne mierzalne:

- Możliwość pracy ciągłej (ekonomia),
- Najmniejsza maksymalna głębokość wody (dywersyfikacja gatunków i indywidualne rozmiary),
- Najwyższa temperatura (zmiennność warunków cieplnych),
- Najmniejsza dopuszczalna zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie (jakość wody).

#### ***Stosunek rozcieńczenia***

Niezbędny przepływ powinien być co najmniej 10 krotnie większy od wprowadzonego przepływu biologicznie czystego. Prędkość przepływu nie może spaść poniżej 0,5 m/s.

#### ***Parametry przepływu***

Efekty wywołane przez przepływ nienaruszalny są mierzone za pomocą modelu. Na tej podstawie można określić niezbędne zabiegi korygujące i/lub budowlane w obszarze derywacji.

#### ***Fizyczny Model Symulacji Habitatu (PHABISM, Physical HABItat Simulation Model)***

Metoda ta opiera się na znajomości kombinacji parametrów - głębokość wody, prędkość przepływu, temperatura i sedymentacja korzystna dla większości gatunków ryb. Po określeniu tych parametrów można obliczyć niezbędny przepływ, zgodnie z prawami techniki, uwzględniając potrzeby gatunków ryb branych pod uwagę.

#### ***Szacowanie minimalnych zasobów biologicznych (Habitat Prognoses Model)***

Model ten został opracowany w celu ograniczenia kosztów związanych z określaniem przepływów nienaruszalnych w skomplikowanych przypadkach, wymagających przeprowadzenia specjalnych badań. Model funkcjonuje na podstawie parametrów mniej licznych skupisk morfologicznych, a przepływ nienaruszalny dla biogenezy jest szacowany metodą komputerową. Zostają określone wartości progowe „minimalnego przepływu ekologicznego” i „ekonomicznie uzasadnionej produkcji”. Ostateczny przepływ nienaruszalny zależy od tych dwóch wartości. Jednocześnie powinien on zapobiegać degradacji zasobów biologicznych w stosunku do dotychczasowych warunków przepływu. Sugerowana wartość przepływu nienaruszalnego nie może jednak być wyższa od minimalnego przepływu ekologicznego. Przepływ nienaruszalny jest wartością progową dla ekonomicznie uzasadnionej produkcji. Przepływ nienaruszalny może wynosić co najwyżej 5/12 SNQ.

#### ***Wskaźnik Jakości Habitatu (HQI, Habitat Quality Index, USA)***

Model ten wykorzystuje metodę wielokrotnej regresji. Oparty jest na związku zdolności ryb łososiowatych do przeżycia w odcinku rzeki z zestawem parametrów ekologicznych. Celem obliczenia biomasy ryb łososiowatych mogących żyć w określonym odcinku rzeki, wymaga zebrania dużej ilości zróżnicowanych danych środowiskowych.

#### **Wskaźnik Jakości Retencji (PQI, Pool Quality Index)**

Model ten jest pochodną metody HQI. Oparty jest na maksymalizacji różnorodności hydraulicznej, co znaczy, że im więcej jest basenów retencji naturalnej w cieku wodnym, tym niższy jest przepływ nienaruszalny. W zależności od procentowego udziału retencji naturalnej w objętości wody na rozważanym odcinku cieku, metoda podaje następujące wartości przepływu nienaruszalnego, które powinny być porównane z wartościami otrzymanymi z zastosowaniem metod opisanych powyżej

- 7 – 9 % SSQ
- 50 – 70 % Q355
- 3,6-4,3 l/s/km<sup>2</sup>

#### **Symulacja przyszłych warunków w odcinku derywacyjnym rzeki poprzez próby dozowania**

Koncepcja „dozowania” dotyczy sztucznej regulacji natężenia przepływu w określonym czasie i przekroju poprzecznym cieku w taki sposób, aby zagwarantować niezbędną ilość wody w innym przekroju tego samego cieku. Metoda polega na określaniu warunków przepływu nienaruszalnego z jednoczesną symulacją przyszłych warunków w odcinku derywacyjnym rzeki (starym korycie rzeki).

Metoda ta wiąże parametry ekologiczne z przeanalizowanymi przypadkami zrealizowanych projektów umożliwiając wskazanie preferowanych zakresów i/lub krzywych. Jest opisywana jako metoda dość prosta i oszczędna, jednakowoż zakłada ona możliwość mierzenia małych przepływów w przyszłym odcinku derywacyjnym rzeki. W przypadku już istniejących odbiorców taki pomiar jest prosty, w innych przypadkach pomiary powinny być wykonywane w okresach niskich stanów wód i z pewnością wymagać będą ekstrapolacji.

Zalety tej metody:

- Obserwacja przepływu właściwego dla lokalizacji,
- Uwzględnienie charakterystyk hydrologicznych, hydraulicznych, ekologicznych i meteorologicznych,
- Jednoczesne uwzględnienie parametrów ekologicznych i ekonomicznych.

Wady:

- Metoda kosztowna z uwagi na potrzebę zbierania danych i obliczeń matematycznych,
- Dostosowana tylko do poszczególnych typów rzek, przenoszenie wyników nie daje miarodajnych rezultatów.

**Przykład stosowania różnych metod, z zastosowaniem następujących kryteriów:**

A (rozważana powierzchnia zlewni) = 120 km<sup>2</sup>

Średnia szerokość rzeki o przekroju prostokątnym: około 20 m

Średni spadek rzeki: 2,3 %

Q355 = 1,38 m<sup>3</sup>/s

Q347 = 1,60 m<sup>3</sup>/s

Q300 = 1,90 m<sup>3</sup>/s

Q361 = 0,37 m<sup>3</sup>/s

SSQ = 2,33 m<sup>3</sup>/s = 2330 dm<sup>3</sup>/s

SNQ = 0,15 m<sup>3</sup>/s = 150 dm<sup>3</sup>/s

**Tabela Metody oparte o wartości hydrologiczne lub statystyczne**

Metoda	Opis	Przepływ nienaruszalny [dm <sup>3</sup> /s]
Nadrenia-Palatynat	0,2 ÷ 0,5 • Q365	30 ÷ 75
10 % SSQ		233
Lanser	5 ÷ 10 % SSQ	116-233
Hesja	0,2 ÷ 0,9 • Q365	30 ÷ 135
Q361		370
CEMIAGREF	2,5 ÷ 10% SSQ	58-233
IIMGW (Kostrzewa)	0,3 ÷ 0,7 k SNQ k = 1	45 - 105
Poziom alarmowy	0,2 Q300	380
Steinbach	Q365	150
Büttinger	Q347	1,600
Badenia- Wirtembergia	1/3 • Q365	50

**Tabela Metody oparte o zasady fizjograficzne**

Metoda	Opis	Przepływ nienaruszalny [l/s]
USA	2,6 ÷ 9,1 l/s/km <sup>2</sup>	312 ÷ 1092
Tyrol	2 ÷ 3 l/s/km <sup>2</sup>	240 ÷ 360
Lombardia	2,88 l/s/km <sup>2</sup>	346

**Tabela Metody oparte o prędkość i głębokość wody**

Metoda	Opis	Przepływ nienaruszalny [l/s]
Styria	0,3 ÷ 0,5 m/s	80 ÷ 290
Oregon	1,2 ÷ 2,4 m/s	2 600 ÷ 15 000
Górna Austria	głębokość ≥ 20 cm	7 150
Styria	głębokość ≥ 10 cm	2 290
Miksch	30 ÷ 40 l/s	na 1 m szerokości 600 ÷ 800
Tyrol	głębokość ≥ 15 ÷ 20 cm	4 450 ÷ 7 150

**Tabela Metody oparte na analizie multikryterialnej, uwzględniającej parametry ekologiczne**

Metoda	Opis	Przepływ nienaruszalny [l/s]
PQI	7 ÷ 9 %	163 ÷ 210
PQI	50 ÷ 70 % Q355	690 ÷ 966
Górna Austria	3,6 ÷ 4,3 l/s/km <sup>2</sup>	432 ÷ 516
Styria	głębokość ≥ 10 cm	2 290

Podane powyżej przykłady pokazują znaczną zmienność otrzymywanych rezultatów i wskazują na trudności w zastosowaniu jednej z tych metod do określenia przepływu nienaruszalnego za budowlą kierującą wodę do instalacji. Szczególnie zastosowanie formuł opartych na prędkości i głębokości wody prowadzi do nierealnych rezultatów obliczeń.

Dokładniejszą analizę skutków zastosowania dodatkowych parametrów dotyczących przepływu nienaruszalnego (spadek, dopływy, struktura rzeki itd.) można znaleźć w dokumentach przygotowanych przez ESHA w ramach projektu Sieć Tematyczna MEW (TNSHP), dostępnych pod adresem internetowym: <http://www.esha.be>.

*Wybór i opracowanie na potrzeby niniejszego załącznika dr inż. Anna M. Wiśniewska na podstawie podręcznika: Jak zbudować małą elektrownię wodną? Przewodnik inwestora. Zespół Redakcyjny opracowujący polską wersję podręcznika: dr Janusz Steller (IMP PAN) – Przewodniczący Zespołu; mgr inż. Adam Henke (IMP PAN), mgr inż. Julitta Jagielska (TEW); dr inż. Maciej Kaniecki (IMP PAN), mgr inż. Katarzyna Trojanowska (TEW). Tłumaczenia na język polski dokonano w roku 2010 w ramach projektu SHAPES. Tekst uzupełniono o informacje dostosowane do potrzeb polskiego czytelnika).*