



Konferencja Wdrożenie metody szacowania przepływów środowiskowych w Polsce

Metody hydrauliczne jako podstawa wyznaczania przepływów środowiskowych w oparciu o warunki siedliskowe organizmów wodnych

Leszek Książek, Wojciech Bartnik, Agnieszka Woś, Maciej Wyrębek,
Jacek Florek, Andrzej Strużyński
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

Warszawa, 21 marca 2018 r.

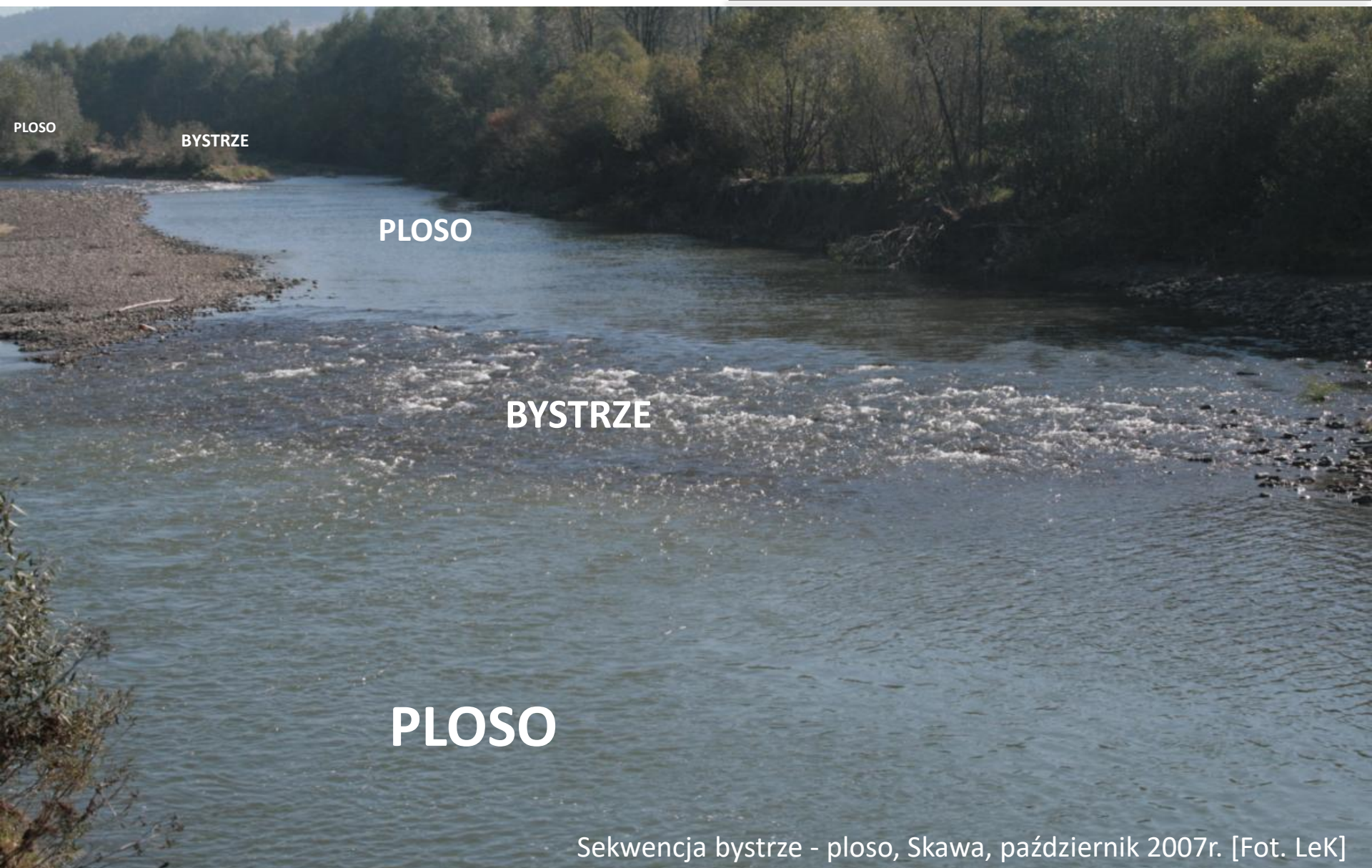
1. Wprowadzenie
2. Metody hydrauliczne
 - 2.1. Metoda obwodu zwilżonego
 - 2.2. Metoda wymagań siedliskowych ichtiofauny
 - 2.3. Metoda głębokości i szerokości krytycznej
3. Odcinek badawczy
4. Wyniki obliczeń
5. Podsumowanie

1. Metody hydrauliczne - wprowadzenie

Metody hydrauliczne - analizie poddaje się wpływ zwiększania się przepływu na siedliska dla organizmów wodnych na etapach kluczowych dla ich życia: **migracja, rozród, żerowanie**.

Metoda hydrauliczna opiera się na relacjach pomiędzy parametrami hydraulicznymi, np. obwód zwilżony lub głębokość średnia/maksymalna, a wielkością przepływu w rzece.

1. Metody hydrauliczne - wprowadzenie

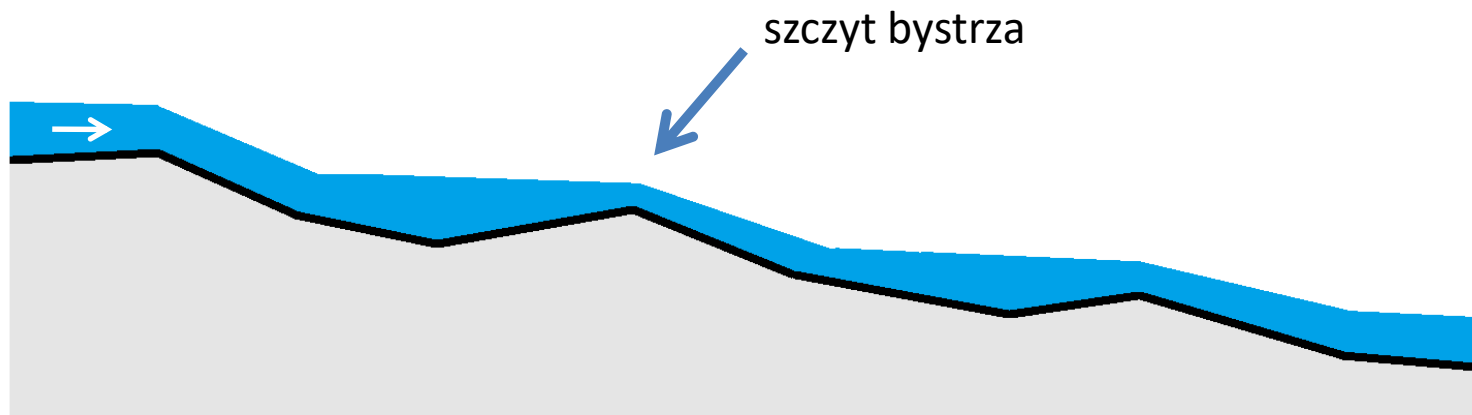


1. Metody hydrauliczne - wprowadzenie

Parametry hydrauliczne wykorzystywane do obliczania przepływu środowiskowego mierzymy w charakterystycznych dla układu pionowego przekrojach poprzecznych.

Dla zachowania ciągłości przepływu przekrojem krytycznym jest przekrój w punkcie przegięcia układu pionowego dna zlokalizowanego na bystrzu.

Przepływ środowiskowy na bystrzu pozwala na zachowanie wystarczających warunków przepływu dla pozostałych siedlisk.



1. Metody hydrauliczne - wprowadzenie

Równanie przepływu wody w korytach otwartych

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I_e^{1/2} \cdot F$$

Q – natężenie przepływu [m^3s^{-1}]

I – spadek hydrauliczny ($I=I_e$)

n – współczynnik szorstkości

R_h – promień hydrauliczny $R_h=F/O_z$

F – pole powierzchni przekroju poprzecznego

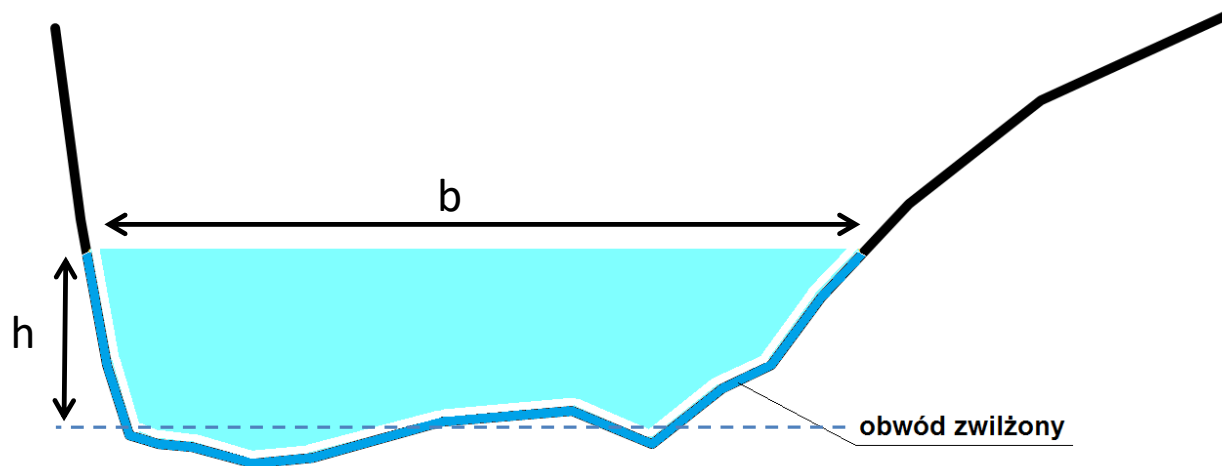
O_z – obwód zwilżony

2. Metody hydrauliczne

2.1. Metoda obwodu zwilżonego

Najpopularniejszą metodą jest **metoda obwodu zwilżonego** (*wetted perimeter method*): zależność pomiędzy obwodem zwilżonym w danym przekroju cieku a wielkością przepływu w odniesieniu do wymagań biologicznych (powierzchnia bystrza jako siedliska dla bezkręgowców).

Obwód zwilżony definiuje się jako długość drogi kontaktu pomiędzy przekrojem poprzecznym a wodą ($R_h \approx h$, $O_z \approx b$).



2. Metody hydrauliczne

2.1. Metoda obwodu zwilżonego

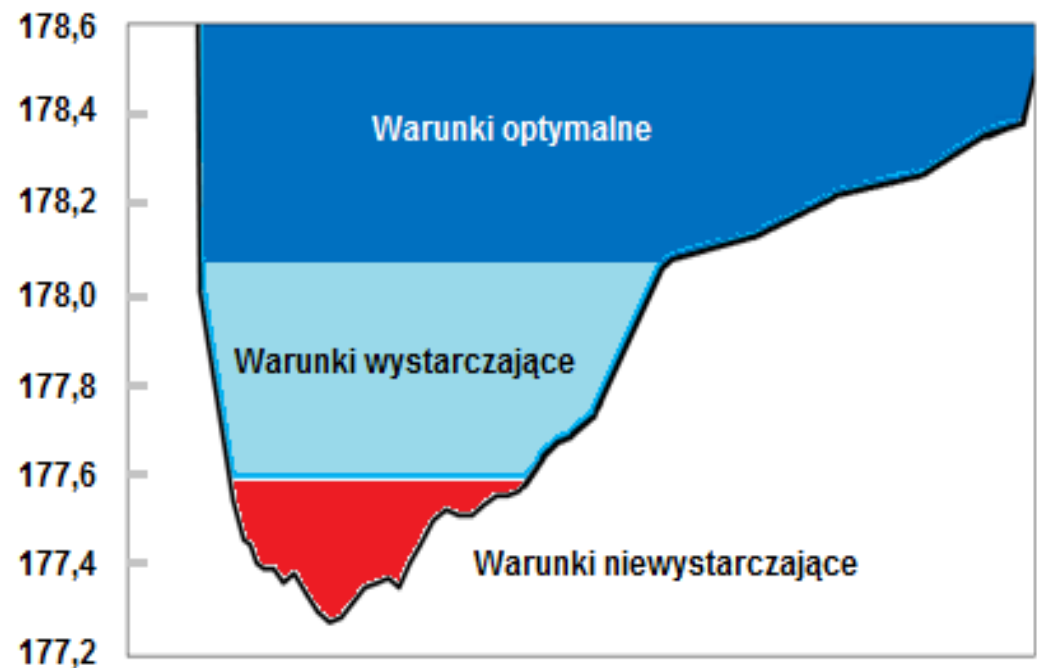
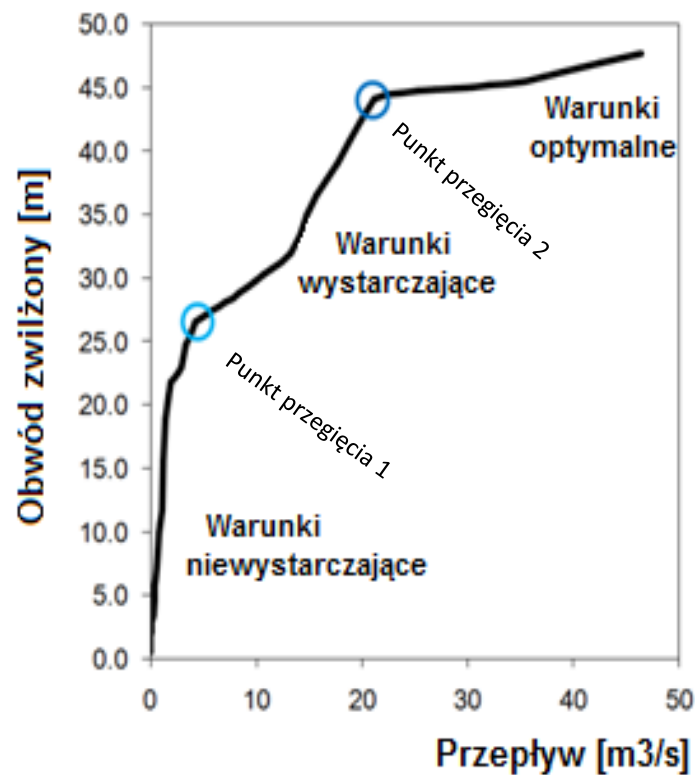
Minimalne przepływy środowiskowe wyznacza się na podstawie krzywej obwód zwilżony – natężenie przepływu przez określenie tzw. punktów przegięcia:

- **Punkt przegięcia 1** (*Breakpoint*) – przepływ, poniżej którego jakość warunków siedliskowych dla bezkręgowców wodnych drastycznie spada (warunki krytyczne);
- **Punkt przegięcia 2** (*Incipient asymptote*) – przepływ, powyżej którego warunki siedliskowe są optymalne (optymalne warunki siedliskowe).

2. Metody hydrauliczne

2.1. Metoda obwodu zwilżonego

Identyfikacja punktów charakterystycznych zależności $O_z=f(Q)$



Bovee K.D., Milhous R., 1978, Hydraulic simulation in instream flow studies: Theory and techniques, Instream Flow Inf. Paper 5, US Fisheries and Wildlife Service, FWS/OBS-78/33, Fort Collins, Gippel, Ch.J., Stewardson, M.J. 1998. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows, Regulated Rivers: Research & Management 14: 53-67

2. Metody hydrauliczne

2.2. Metoda wymagań siedliskowych ichtiofauny

Parametry przepływu wody odpowiadające warunkom siedliskowym.

Gatunek referencyjny: pstrąg potokowy (*Salmo trutta fario*)

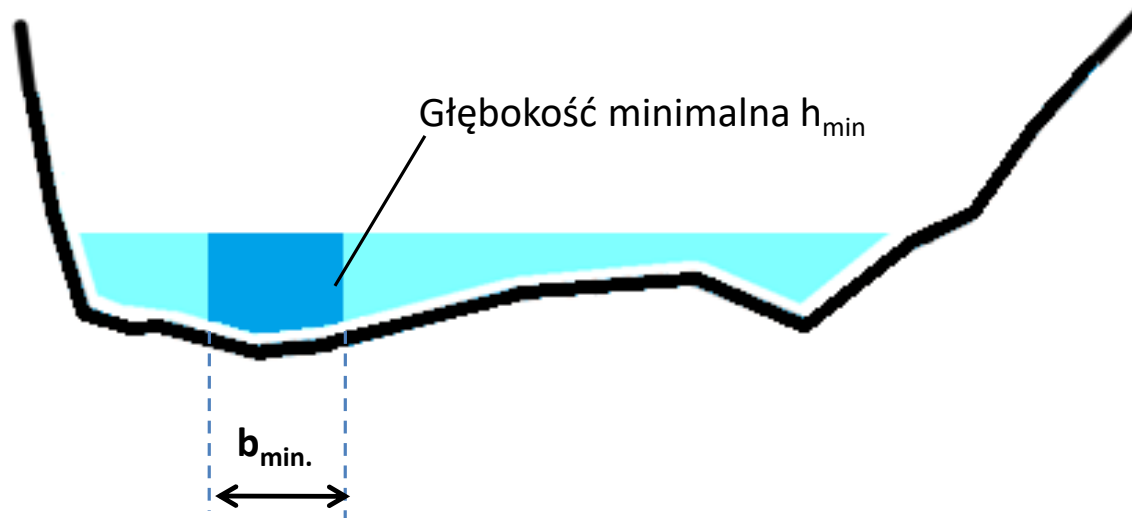
Warunki siedliskowe dla pstrąga potokowego

Rozmnażanie (tarło)

Głębokość (m) $h_{\text{rozm. min.}} - h_{\text{rozm. max}}$	Prędkość (ms^{-1}) $v_{\text{rozm. min.}} - v_{\text{rozm. max}}$
0.15 - 0.5	0.15 - 0.5

2. Metody hydrauliczne

2.3. Metoda hydrauliczna głębokości i szerokości krytycznej



Warunki siedliskowe dla
pstrąga potokowego

Migracja

Głębokość (m)
 $h_{\text{migr. min}}$

0.4

Warunek szerokości strugi wody

SSQ [m^3s^{-1}]

b_{SSQ} [m]

$0,25 \times b_{\text{SSQ}}$ [m]

3. Pomiary terenowe



Odcinek badawczy - lokalizacja

Dorzecze: Wisła

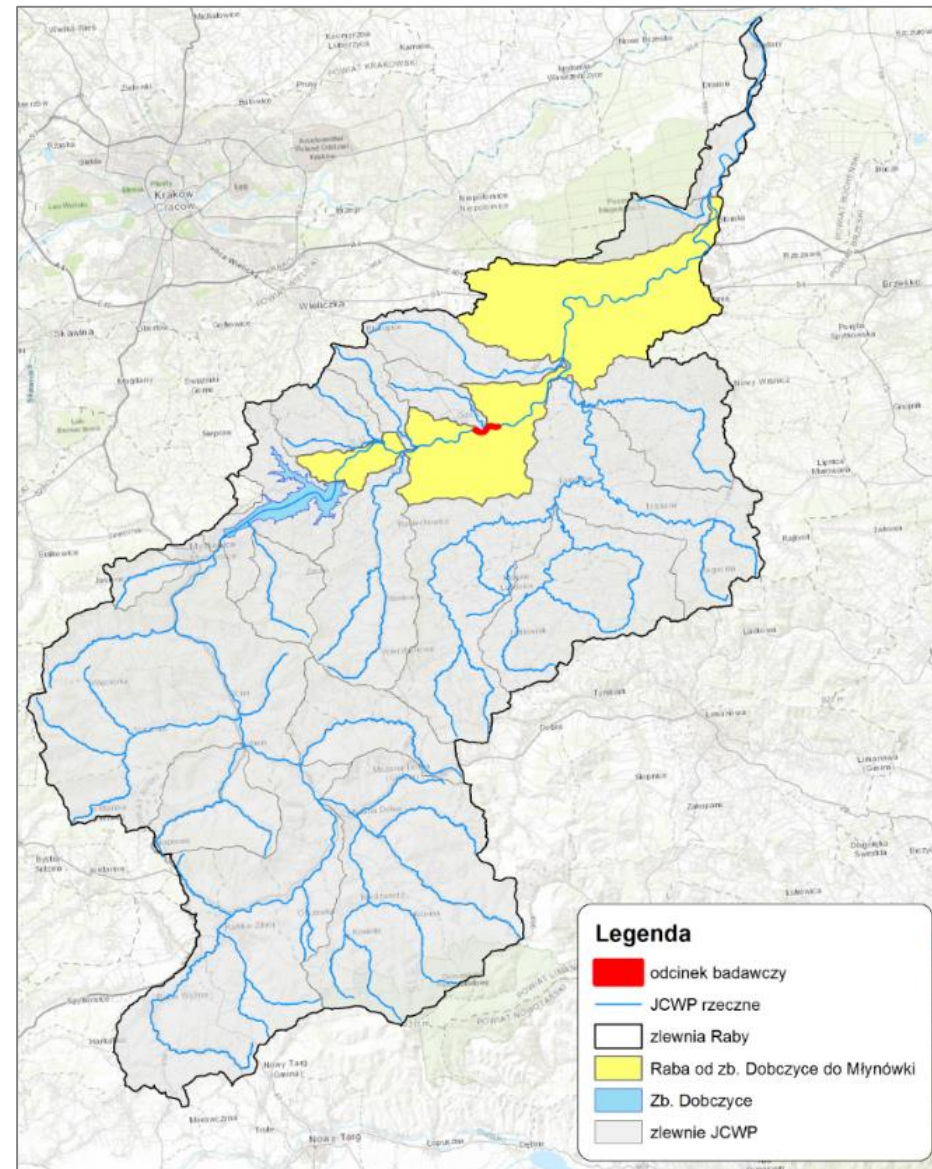
RZGW: Kraków

Region wodny: Górna Wisła

JCWP: Raba od zbiornika Dobczyce do Młynówki

Kilometraż początku odcinka: 48+470

Powierzchnia zlewni odcinka: 927,7 km²



3. Pomiary terenowe



Odcinek badawczy

$L = 1690 \text{ m}$

Zakres pomiarów terenowych:

- natężenie przepływu,
- układ zwierciadła wody,
- przekrój poprzeczny.



3. Pomiary terenowe



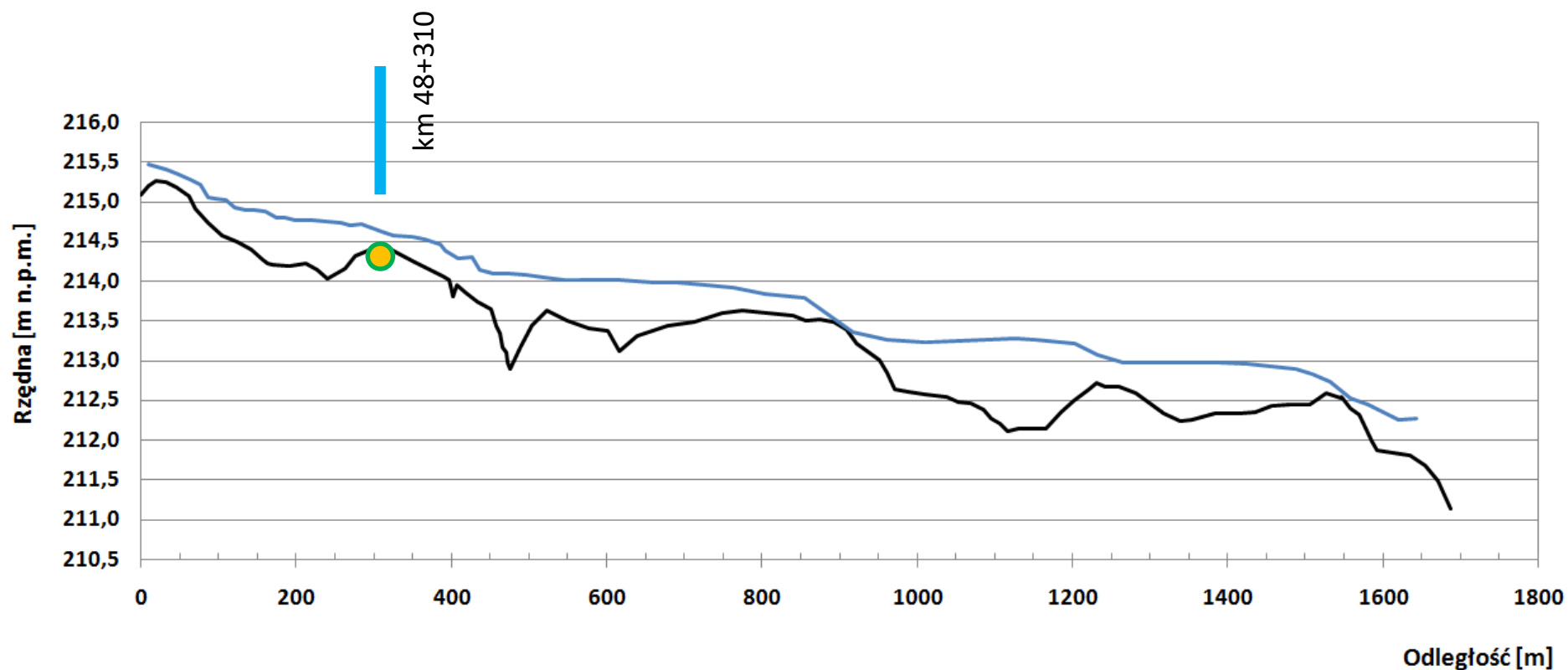
Fot. A.Woś

Data pomiaru: 05.09.2017 r.
 $Q = 4,21 \text{ m}^3/\text{s}$



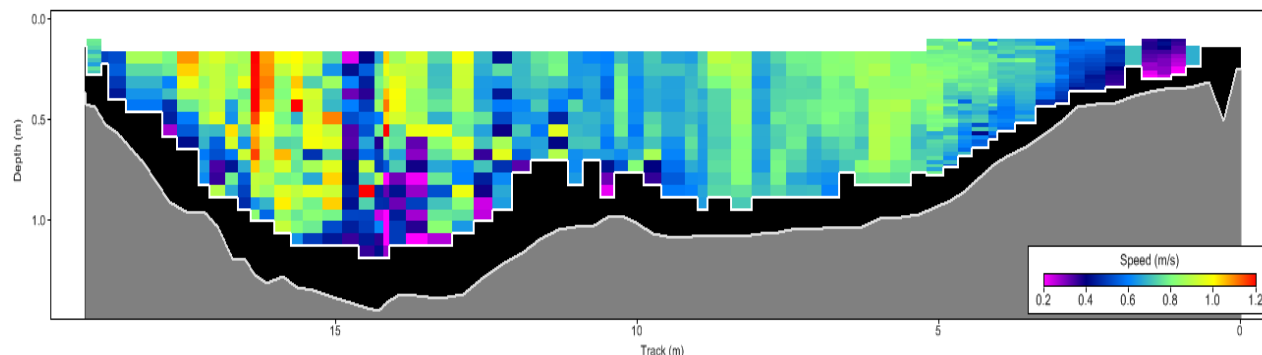
Fot. A.Woś

Profil podłużny, dna w nurcie, rzeka Raba



3. Pomiary terenowe

Przekrój poprzeczny (GPS RTK), pomiar natężenia przepływu (ADCP)



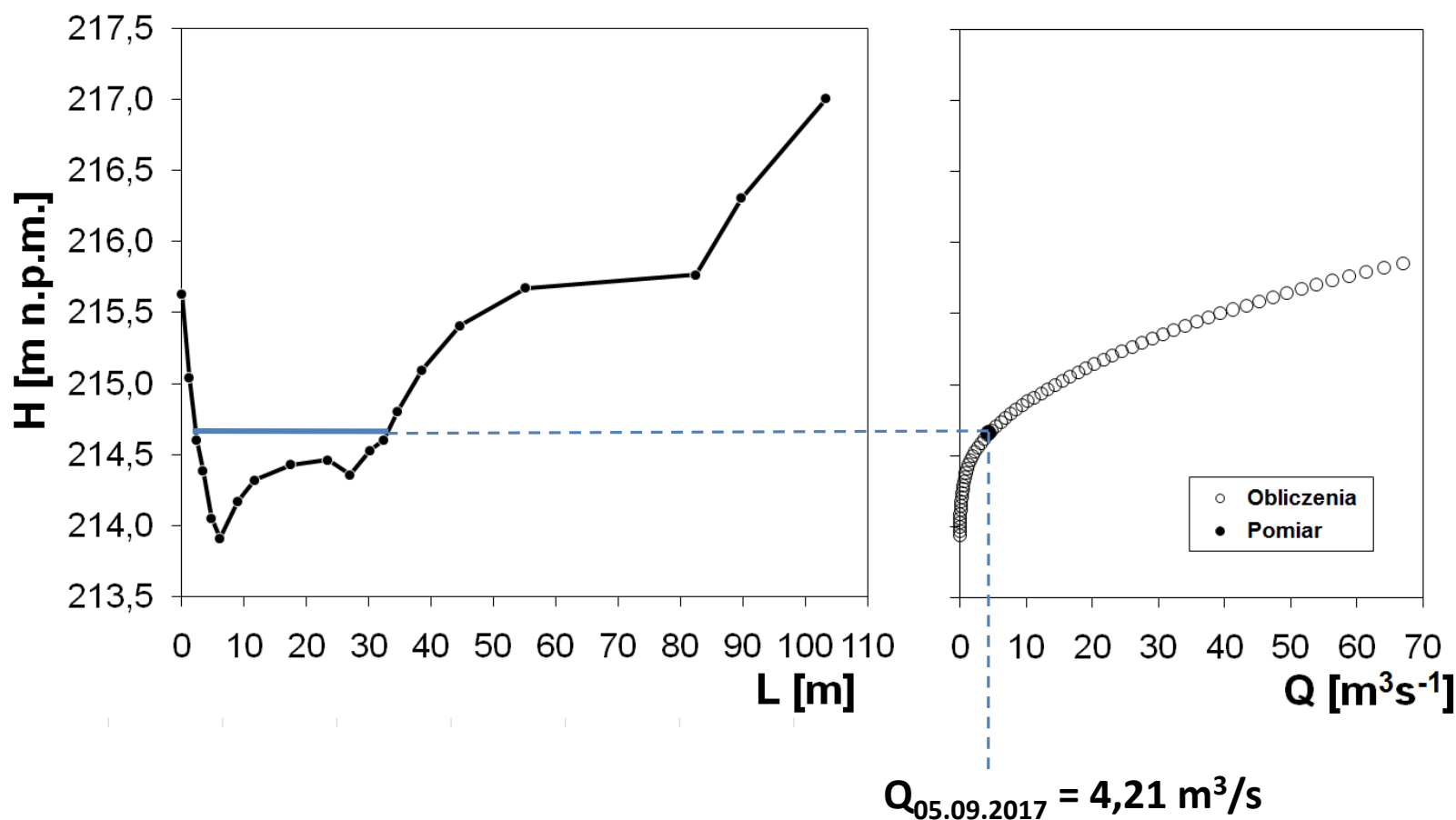
Układ zwierciadła wody

Przekrój	Kilometraż [km]	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]
1	48+470	215,46
2	48+335	214,87
3	48+310	214,64
4	48+120	214,41
5	47+875	214,03
6	47+610	213,52
7	47+285	213,12
8	46+985	212,74

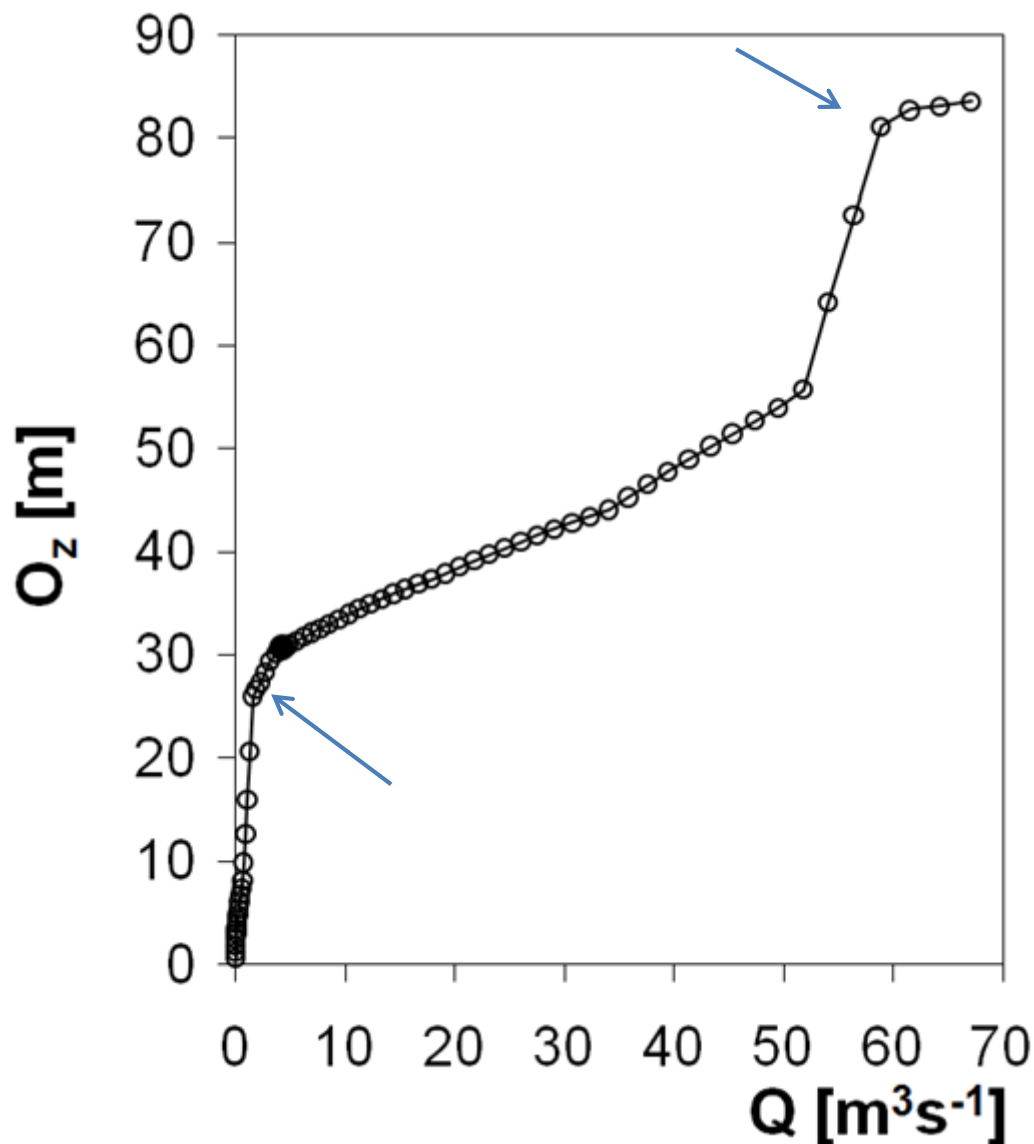
Parametry przepływu, Raba km 48+310

$I_{\text{śr}}$ [-]	Q [m ³ s ⁻¹]	R_h [m]	F [m ²]	O_z [m]	$n_{\text{śr}}$ [ms ^{-1/3}]
0,0029	4,21	0,29	8,89	30.6	0,058

Kalibracja krzywej przepływu, Raba km 48+310



4. Wyniki obliczeń



Zależność obwodu zwilżonego od przepływu, Raba km 48+310

- **Punkt przegięcia 1; $Q=1,53 m^3s^{-1}$** przepływ, poniżej którego warunki siedliskowe dla bezkręgowców wodnych są niewystarczające.
- **Punkt przegięcia 2; $Q=58,83 m^3s^{-1}$** przepływ, powyżej którego warunki siedliskowe są optymalne.

Przepływy charakterystyczne i gwarantowane [m^3s^{-1}]

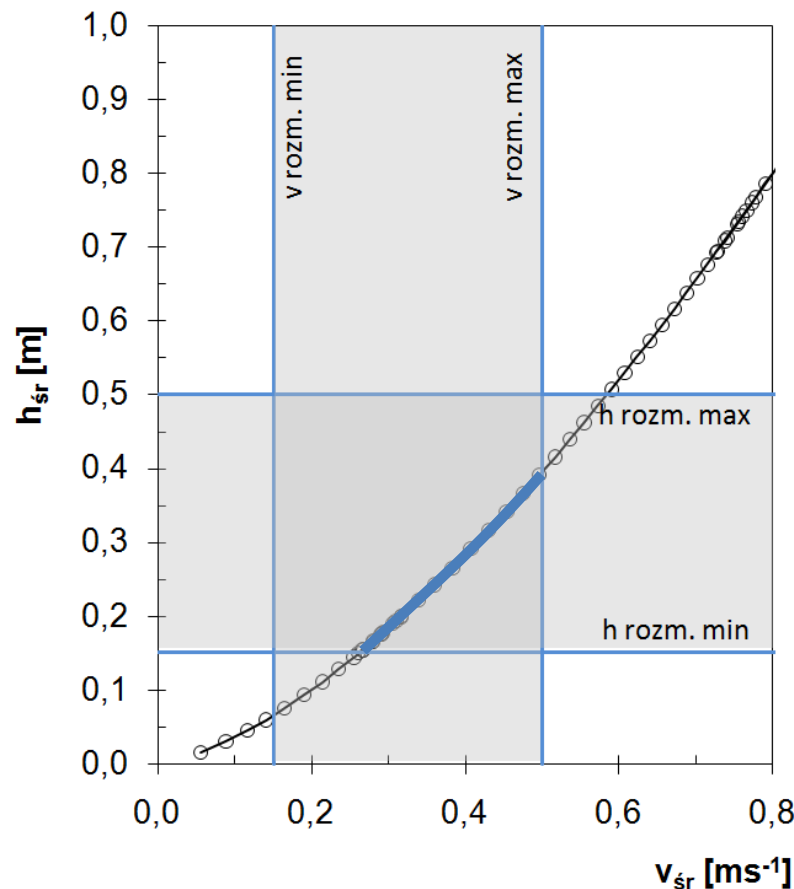
NNQ	SNQ	SSQ	$Q_{90\%}$
0,30	3,53	11,45	3,34

Metoda obwodu zwilżonego WPM

Przepływ [m^3/s] (punkty przegięcia)		Szerokość zww b [m]		Procent szerokości koryta b_Q/b_{ssQ} [%]	
Q1	Q2	B1	B2	1	2
1,53	58,83	26,0	81,2	70,1	218,9

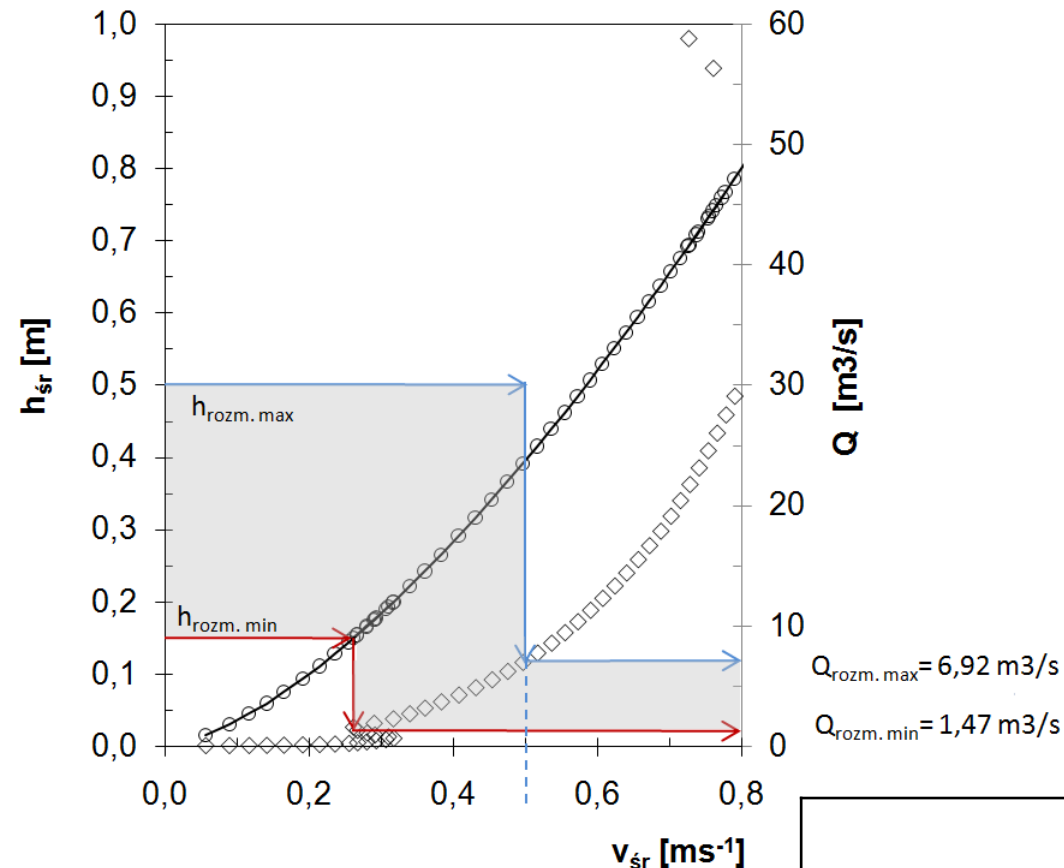
Metoda hydrauliczna wymagań siedliskowych ichtiofauny

Parametry przepływu wody odpowiadające warunkom siedliskowym dla pstręga potokowego: rozmnażanie (tarło)



Parametry hydrauliczne przepływu wody, Raba km 48+310

4. Wyniki obliczeń



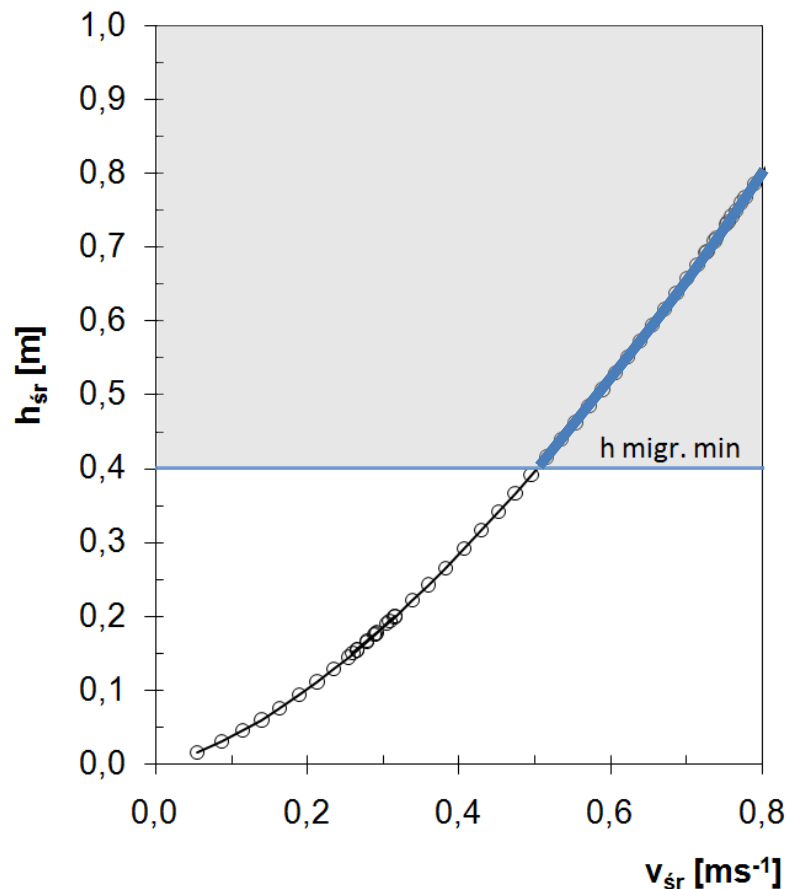
Metoda hydrauliczna wymagań siedliskowych ichtiofauny.

Przepływ dla zakresów wartości głębokości i prędkości, Raba km 48+310.

Metoda głębokości krytycznej					
$Q_{roz. min}$			$Q_{roz. max}$		
$h=0.15$ m lub $v=0,15$ ms ⁻¹			$h=0.50$ m lub $v=0,5$ ms ⁻¹		
Q [m ³ s ⁻¹]	b [m]	b [% b_{ssQ}]	Q [m ³ s ⁻¹]	b [m]	b [% b_{ssQ}]
1,47	24,7	66,7	6,92	32,2	86,9

Metoda głębokości i szerokości krytycznej

Parametry przepływu wody odpowiadające warunkom siedliskowym dla pstrąga potokowego: migracja

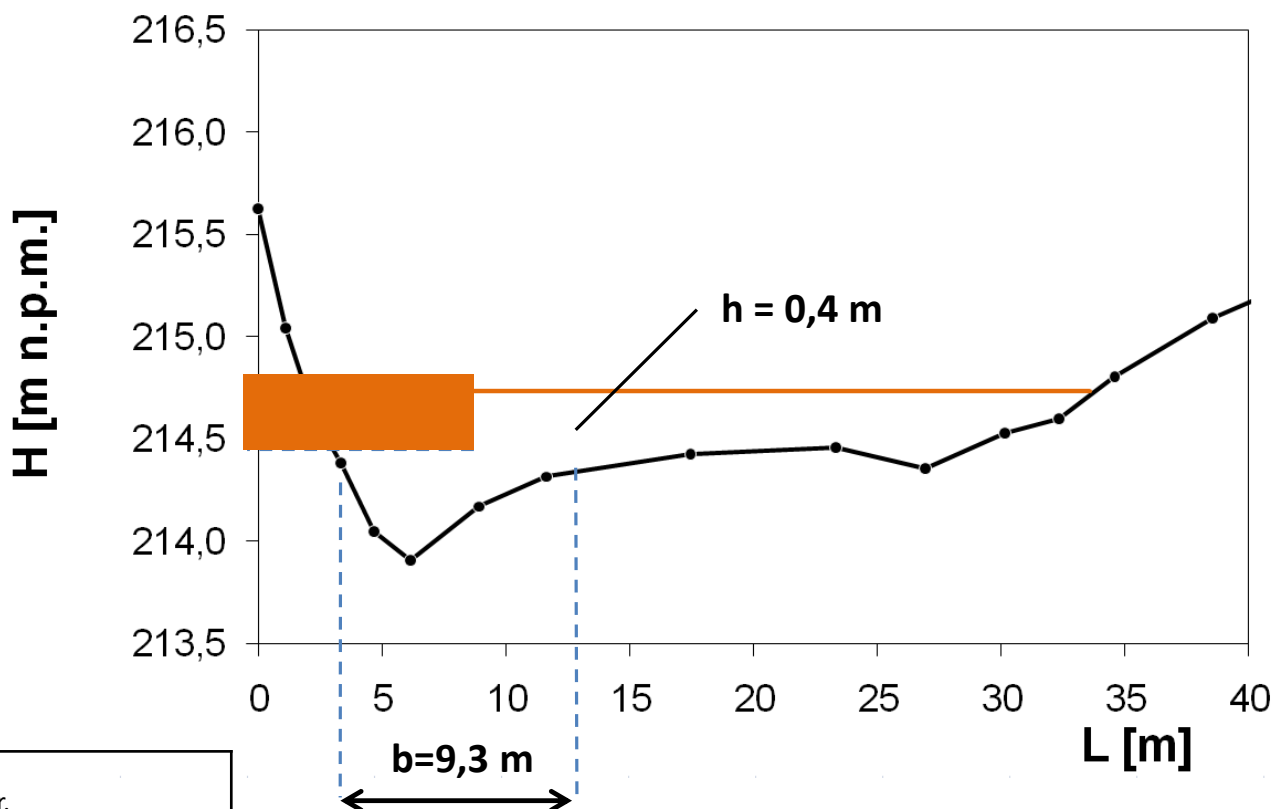


Parametry hydrauliczne przepływu wody, Raba km 48+310

4. Wyniki obliczeń

Metoda głębokości i szerokości krytycznej

Parametry hydrauliczne przepływu wody, Raba km 48+310



$Q_{\text{migr.}}$		
$h = 0,40 \text{ m}$		
$Q \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$	$b \text{ [m]}$	$b \text{ [%}b_{\text{SSQ}}\text{]}$
6,38	31,9	86,1

Warunek szerokości strugi wody

$\text{SSQ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$	$b_{\text{SSQ [m]}}$	$0,25 \times b_{\text{SSQ [m]}}$
11,45	37,1	9,3

Zestawienie wyników, Raba km 48+310

Potrzeby organizmów wodnych w różnych fazach rozwoju (bioperiody)

Przepływy kształtujące
powierzchnię bystrza (metoda
obwodu zwilżonego) [m^3s^{-1}]

Q1	Q2
1,53	58,83

Zakres przepływów dla tarła
(metoda wymagań
siedliskowych) [m^3s^{-1}]

$Q_{\text{rozm. min}}$	$Q_{\text{rozm. max}}$
1,47	6,92

Minimalny przepływ dla
migracji (metoda głębokości i
szerokości krytycznej) [m^3s^{-1}]

Q_{migr}
6,38

Przepływy charakterystyczne i gwarantowane [m^3s^{-1}]

NNQ	SNQ	SSQ	Q50%	Q90%
0,30	3,53	11,45	7,26	3,34

Wnioski metodyczne:

- metody hydrauliczne pozwalają określić potrzebny przepływ dla wymagań organizmów wodnych w kolejnych etapach ich rozwoju,
- metody hydrauliczne są ściśle związane z morfologią koryta,
- do weryfikacji wyników przydatne są charakterystyki hydrologiczne,

Wnioski praktyczne:

- zakres pomiarów terenowych obejmuje natężenie przepływu, przekrój poprzeczny, profil podłużny zwierciadła wody,
- kalibrację wyników obliczeń przeprowadza się w oparciu o wyniki pomiarów terenowych.

Dziękuję za uwagę