

ANNA ROSZAK¹

OBLICZANIE RUMOWISKA W DOLNEJ ODRZE

1. Obliczanie strumieni rumowiska w korytach naturalnych i prostokątnych

Transportowane rumowisko, jego strumień zależy m.in. od rozmiaru granulek, ich ilości (procentowej zawartości w próbie), gęstości, prędkości dynamicznej, od szorstkości powierzchni oraz przepływu wody i kształtu przekroju poprzecznego koryta rzeki. Wg Ackersa-White'a strumień rumowiska oblicza się wg wzoru:

$$\omega = X \rho g Q \quad (1)$$

gdzie: Q – natężenie przepływu [m^3/s], ρ - gęstość [kg m^3], X – bezwymiarowy parametr strumienia rumowiska, który zależy od mobilności rumowiska (zdolności cząstki do wykonania ruchu), średniej frakcji rumowiska, stosunku gęstości rumowiska do gęstości wody oraz głębokości. Natężenie strumienia rumowiska wymiaruje się w [N/s], choć często dla celów porównawczych po podzieleniu przez g – przyspieszenie ziemskie, otrzymuje się natężenie masowe w [kg/s].

Wg wzoru (1) oblicza się całkowity strumień rumowiska w przekroju poprzecznym koryta o kształtach zbliżonych do prostokąta, bądź zamieniając przekrój poprzeczny koryta rzeki na prostokątny o szerokości zwierciadła i głębokości średniej. W dolnej Odrze przekroje poprzeczne koryta są dość regularne, szczególnie Odra w swym korycie głównym oraz Odra Wschodnia (Regalica).

Dla koryta naturalnego, gdy przesądowany jest przekrój poprzeczny oblicza się strumienie rumowiska w elementarnych powierzchniach przekroju (w paskach o szerokości Δy i głębokości $H(y)$ (rys. 1).

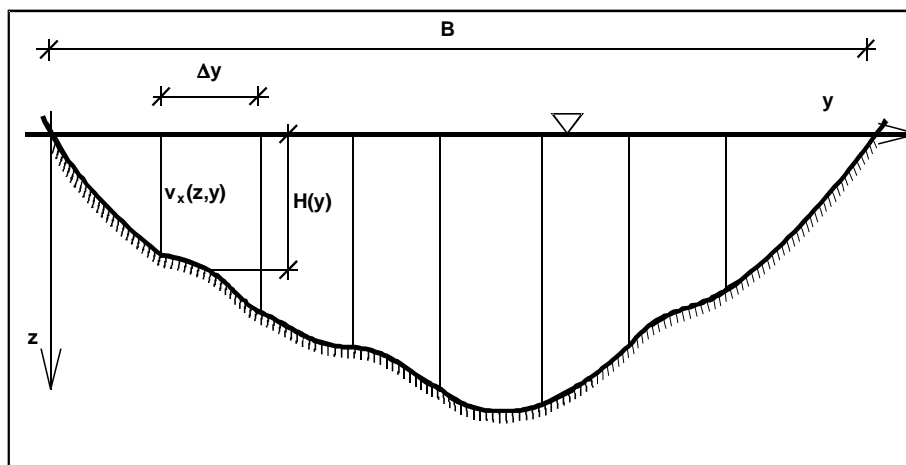
Elementarny strumień rumowiska oblicza się wg wzoru:

$$\Delta\omega = X \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta Q \quad (2)$$

gdzie:

$$\Delta Q = v_{sr}(y) \cdot H(y) \cdot \Delta y \quad (3)$$

¹ Politechnika Szczecińska, Szczecin



Rys. 1. Schemat przekroju poprzecznego koryta o kształtach naturalnych

Po zsumowaniu elementarnych strumieni rumowiska otrzymuje się strumień rumowiska w całym przekroju poprzecznym:

$$\omega = \sum \Delta\omega \quad (4)$$

2. Wyniki obliczeń

Do obliczeń zostały wykorzystane:

- 1) Wyniki pomiarów wykonanych przez firmę „Coriolis” w Szczecinie (na zlecenie Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Szczecinie), obejmujące pomiary sondażowe: przekroje poprzeczne (Rys. 2 – 7) i podłużne, pomiar prędkości, pomiar wielkości przepływów, na rzece Odrze w rejonie Widuchowej km 703,60 - 704,85 (Pomiary..., 1994, 1997).
- 2) Pomiary własne które obejmowały:
 - pobór próbek rumowiska dennego w przekrojach w celu określenia składu granulometrycznego rumowiska w wybranych przekrojach,
 - badania laboratoryjne składu granulometrycznego rumowiska oraz jego cech fizycznych.

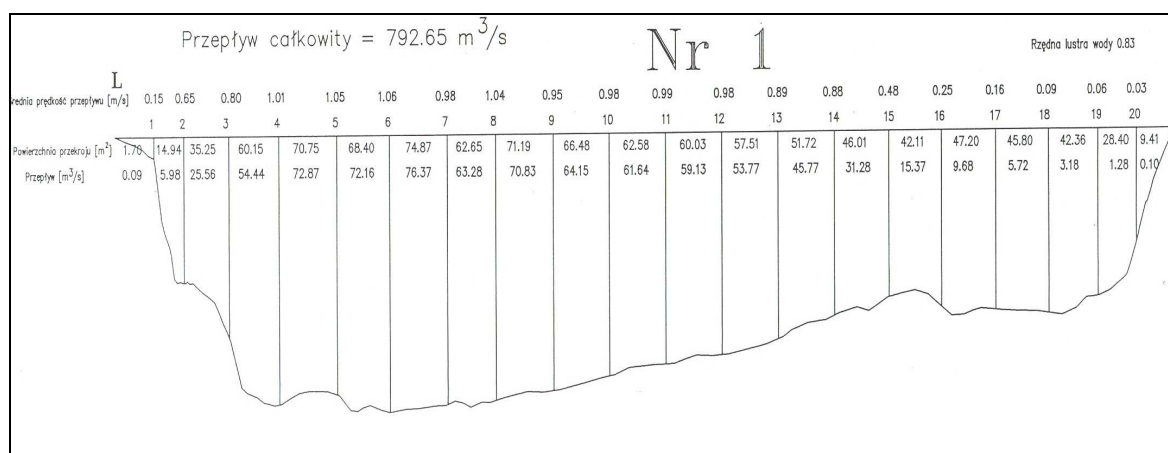
Rumowisko pobierano w trzech punktach przekroju poprzecznego: w części środkowej - w nurcie, w odległości ok. 5 m od lewego i prawego brzegu. Pomiary przeprowadzono przy współpracy z Okręgową Dyrekcją Gospodarki Wodnej. Ze statku „Gil” czerpakiem Petersona pobierano materiał z dna rzeki. Badania składu granulometrycznego i cech fizycznych rumowiska przeprowadzono w Laboratorium Mechaniki Gruntów i Fundamentowania Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej.

Do obliczeń natężenia strumieni rumowiska w korytach prostokątnych przyjęto wartości przedstawione w tabeli 1.

Tabela. 1. Wartości przyjęte do obliczeń

Pomiar	Q ₀ [m ³ /s]	B ₀ [m]	H ₀ [m]	Q ₁ [m ³ /s]	B ₁ [m]	H ₁ [m]	Q ₂ [m ³ /s]	B ₂ [m]	H ₂ [m]
I	1265	240	5,2	480	110	3,68	785	230	4,09
II	2000	290	5,67	543	134	4,15	1457	306	4,66

Na rysunkach 2 - 7 przedstawiono w/w przekroje poprzeczne, przesądowane w terenie, a tabelach 2 – 7 wyniki obliczeń.

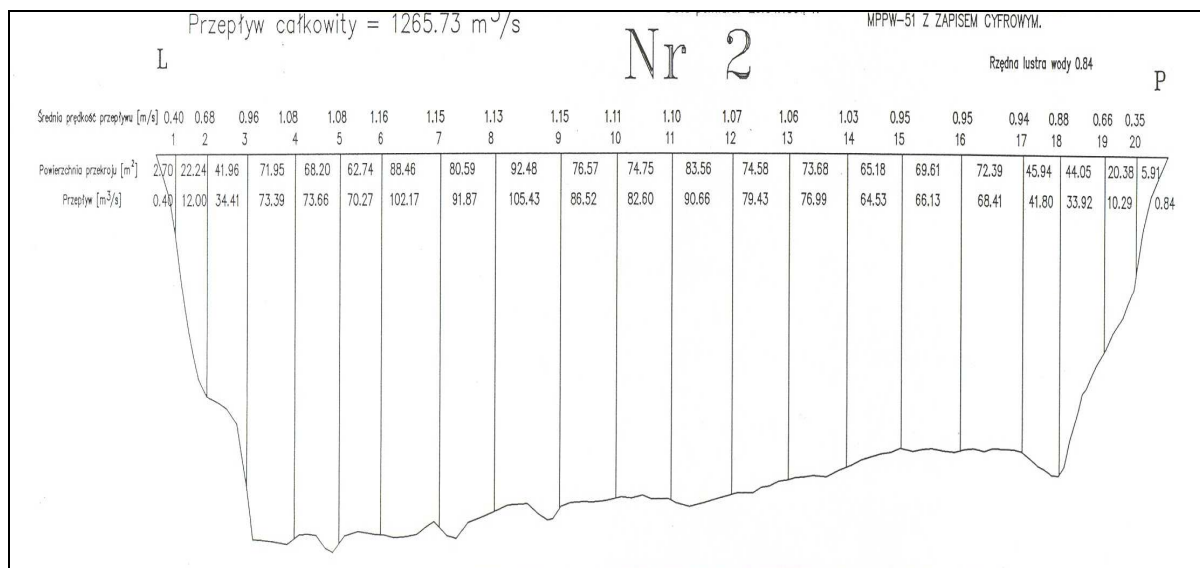


Rys. 2. Przekrój poprzeczny Odry Wschodniej, km 704,60 (Pomiar I).

Tabela 2. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym. Przekrój Odry Wschodnia km 704,60.

Nr paska	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q [m ³ /s]	0,25	0,69	35,28	41,48	68,35	80,48	68,33	77,22	70,69	64,79	62,09
ω [N/s]	0,08	1,61	19,51	24,23	31,23	37,10	31,39	32,40	29,05	27,26	25,84
Nr paska	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Q [m ³ /s]	60,46	52,65	42,14	24,99	10,59	7,56	4,11	2,54	1,14	0,19	
ω [N/s]	25,71	22,83	16,88	7,99	0,05	0,041	0,035	0,03	0,02	0,01	
Suma Q = 785 [m ³ /s]; ω = 333,19 [N/s]											

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego ω = 307,21 [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 7,8 %.

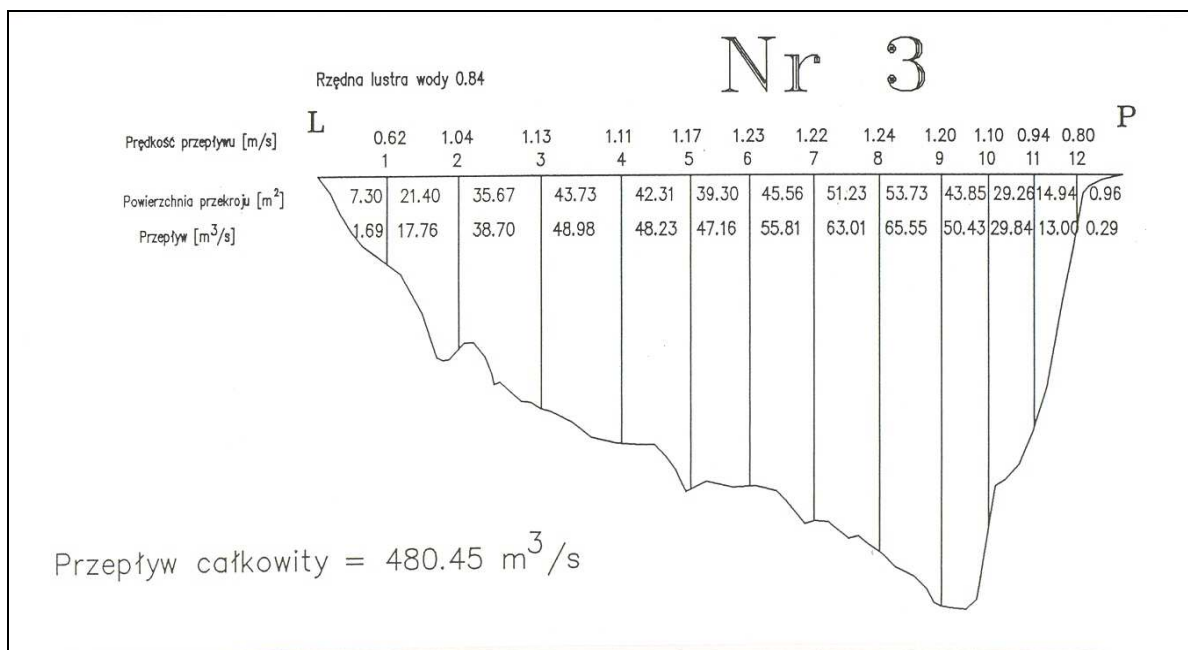


Rys. 3. Przekrój poprzeczny Odry, km 703,65 (Pomiar I).

Tabela 3. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym. Przekrój Odry km 703,65.

Nr paska	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q [m ³ /s]	0,54	13,32	30,93	11,75	73,61	68,41	103,52	92,72	110,88	88,10	85,96
ω [N/s]	0,098	1,45	11,43	4,48	29,20	27,98	49,29	43,09	58,91	43,09	58,91
Nr paska	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Q [m ³ /s]	90,19	80,58	79,60	71,66	84,52	75,94	43,63	39,69	16,32	3,55	
ω [N/s]	37,08	34,26	34,82	34,18	33,81	33,58	15,02	13,43	4,94	0,50	
Suma Q = 1265 [m ³ /s]; ω = 552,98 [N/s]											

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego $\omega = 515,30$ [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 6,8 %.

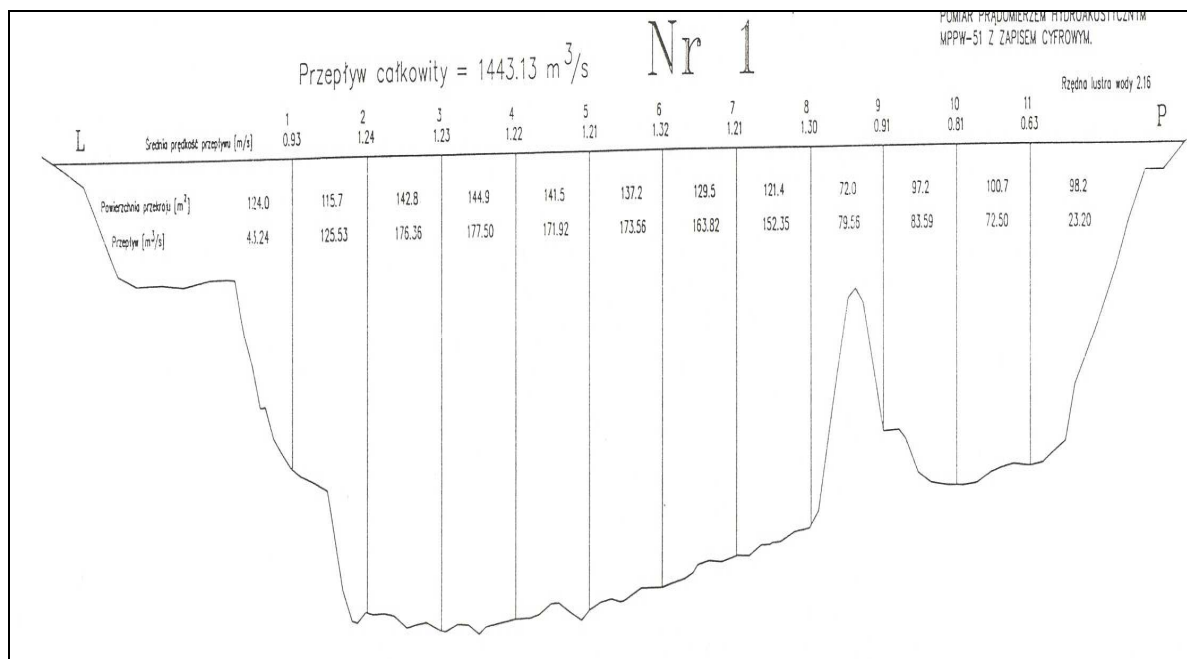


Rys. 4. Przekrój poprzeczny Odry Zachodniej, km 0,0 (Pomiar I).

Tabela 4. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym. Przekrój Odry Zachodnia, km 0,0.

Nr paska	1	2	3	4	5	6	7
Q [m ³ /s]	2,54	17,78	38,56	48,98	48,24	47,12	55,62
ω [N/s]	0,2	5,94	16,56	21,75	20,57	21,86	27,94
Nr paska	8	9	10	11	12	13	
Q [m ³ /s]	63,01	65,55	50,47	29,18	13,00	0,38	
ω [N/s]	30,83	28,85	13,80	10,67	4,79	0,19	
Suma		Q = 480 [m ³ /s]; ω = 203,95 [N/s]					

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego $\omega = 191,92$ [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 5,9 %.

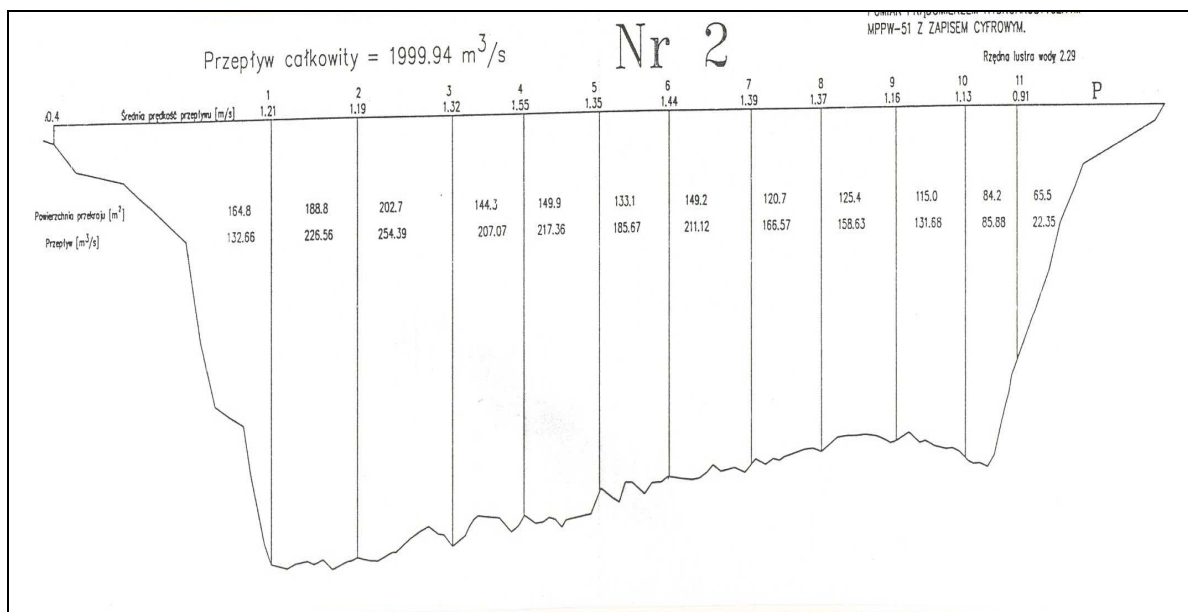


Rys. 5. Przekrój poprzeczny Odry Wschodniej, km 704,60 (Pomiar II).

Tabela 5. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym. Przekrój Odra Wschodnia km 704,60.

Nr paska	1	2	3	4	5	6
Q [m ³ /s]	49,59	127,38	177,07	176,90	171,34	172,87
ω [N/s]	0,18	48,98	79,22	75,04	72,44	83,03
Nr paska	7	8	9	10	11	12
Q [m ³ /s]	163,04	151,75	79,20	82,62	76,46	29,34
ω [N/s]	81,87	78,36	42,93	17,03	10,52	0,13
Suma Q = 1457 [m ³ /s]; ω = 589,73 [N/s]						

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego $\omega = 555,38$ [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 5,82 %.

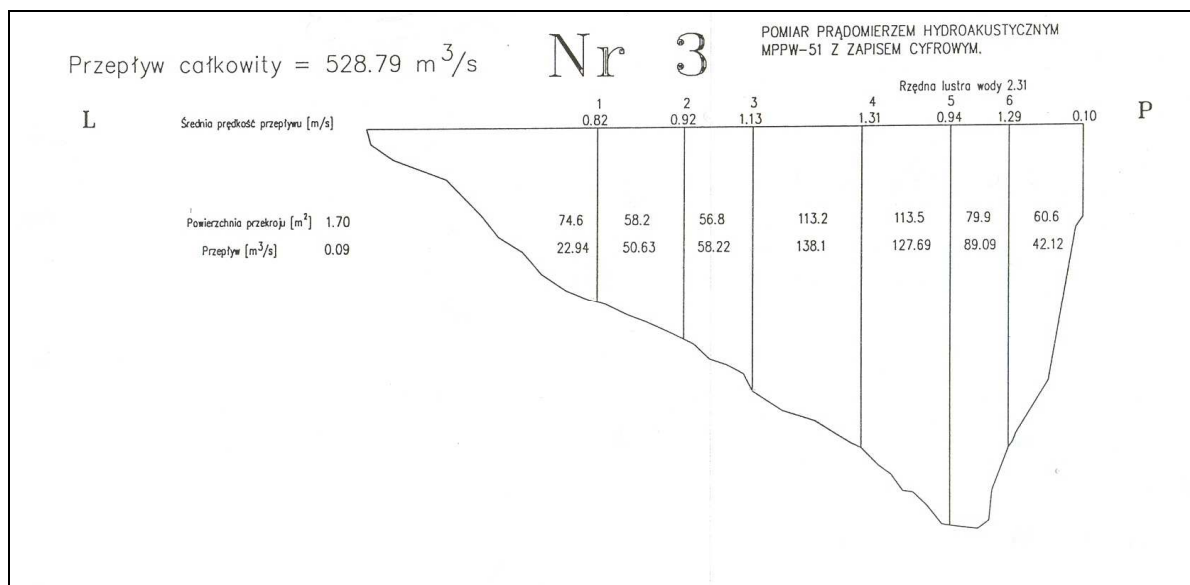


Rys. 6. Przekrój poprzeczny Odry, km 703,60 (Pomiar II).

Tabela 6. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym. Przekrój Odry km 703,65.

Nr paska	1	2	3	4	5	6
Q [m ³ /s]	112,19	226,6	253,4	206,4	217,4	189,1
ω [N/s]	15,7	84,47	105,5	125,0	137,0	120,05
Nr paska	7	8	9	10	11	12
Q [m ³ /s]	216,5	169,1	163,3	138,2	92,6	15,1
ω [N/s]	148,9	110,6	92,8	63,5	34,6	4,1
Suma Q = 2000 [m ³ /s]; ω = 1044 [N/s]						

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego $\omega = 1041$ [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 0,58 %.



Rys. 7. Przekrój poprzeczny Odry Zachodniej, km 0,0 (Pomiar II)

Tabela 7. Zestawienie obliczonych wartości strumienia rumowiska w naturalnym przekroju poprzecznym.
Przekrój Odry Zachodnia, km 0,0.

Nr paska	1	2	3	4	5	6	7
Q [m ³ /s]	37,24	49,98	57,90	138,13	124,9	90,24	44,86
ω [N/s]	3,10	20,80	34,52	113,91	72,19	53,93	11,52
Suma		Q = 543 [m ³ /s]; ω = 309,99 [N/s]					

Strumień rumowiska dla przekroju prostokątnego ω = 286,29 [N/s]. Różnica strumieni rumowiska w przekroju naturalnym i prostokątnym wynosi 7,74 %.

3. Wnioski

1. Maksymalna różnica wielkości strumieni rumowiska w przekrojach Dolnej Odry dla koryt o naturalnych kształtach i koryt prostokątnych wynosiła ok. 8 %.
2. Z odpowiednią dokładnością do obliczeń natężenia strumienia rumowiska można przyjąć dla Odry, w jej ujściowym odcinku zamiast koryta o kształtach naturalnych, co znacznie wydłuży czas obliczeń, koryto o kształtach prostokątnych.
3. W dalszym etapie pracy planuje się wykonanie podobnych obliczeń dla przekrojów położonych powyżej Widuchowej.

Literatura

- Ackers P., White W.R., Sediment transport, new approach and analysis. Journal of the Hydraulics Division ASCE, Vol. 99, No HY 11, 1973.
- Coufal R., Meyer Z., Roszak A., Sediment transport influence on flow distribution in a river mouth net. 9th International Conference on „Transport and sedimentation of solid particles”, Kraków. 1997.

Coufal R., Bed changes and sediment transport at river mouth. IBW PAN. Biblioteka Naukowa Hydrotechnika. Nr 23, Gdańsk, 1999.

Meyer Z., Roszak A., Mathematical description of sediment transport in the river junction. Materiały międzynarodowej konferencji "Problems in Fluid Mechanics and Hydrology", organizowanej przez Institute of Hydrodynamics Academy of Sciences of the Czech Republic, Praga. 1999.

Pomiary

SEDIMENT TRANSPORT CALCULATION IN LOWER ODRA RIVER

Summary

The calculations of sediment transport in particular cross – sections of both Odra and Western and Eastern Odra in Widuchowa were presented. These calculations were carried out for cross-sections about both natural and rectangular forms basing on data received during site surveys which were presented in this paper. The calculation results were presented in tables.

Streszczenie

Przedstawiono obliczenia strumieni rumowiska w przekrojach Odry, Odry Wschodniej i Zachodniej w Widuchowej. Obliczenia przeprowadzono dla przekrojów o kształtach naturalnych, na podstawie danych otrzymanych podczas badań terenowych, przedstawionych w pracy oraz przekrojów prostokątnych. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach.