

*Robert Kasperek, Włodzimierz Parzonka, Wojciech Bartnik, Andrzej Strużyński*

## **CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW KORYTOWYCH ODRY GRANICZNEJ W OBREMBIE PRZERWANEGO MEANDRA NR I**

### **CHARACTERISTIC OF CHANNEL PROCESSES IN THE BORDER Odra IN THE FRAME OF I<sup>ST</sup> MEANDER**

#### **Streszczenie**

Praca dotyczy badań rumowiska dennego na meandrującym odcinku Odry granicznej w rejonie Meandra nr I. Na skutek procesów fluwialnych koryto Odry podlega przeobrażeniom prowadzącym do częstych zmian trasy rzeki. W czasie historycznym nastąpiło wielokrotne przerwanie meandrów, ostatnie dwa w 1967 r. (Meander IV) i w 1997 r. (Meander I). W starym korycie maleje stopniowo natężenie przepływu, a większość wody płynie nowym korytem. Wskutek tego następuje stopniowe zamulanie starego koryta. Stwierdzono intensywny rozwój form korytowych w postaci odsypisk oraz wysp. W górnej części odciętego Meandra nr I osadza się głównie rumowisko wleczone, natomiast w środkowej i dolnej jego części rumowisko unoszone. Wierzchnia warstwa rumowiska dennego podlega procesowi sortowania ziarnowego i tworzenia obrukowania. Wielkość ziaren tworzących opancerzenie wynosi 8,4–9,8 cm, a głębsze warstwy (20–40 cm) mają uziarnienie  $d_{50} = 2,3\text{--}2,9$  cm. Wyspy zbudowane z materiałów drobnoziarnistych zostały w ciągu 3–4 lat pokryte roślinnością krzewiastą i drzewiastą. Ten proces prowadzi do znacznego zmniejszenia prędkości przepływu w starorzeczu. Wzrost natężenia przepływu w nowym korycie powoduje erozję brzegów i odkładanie erodowanego materiału (żwir i kamienie) poniżej Meandra nr I w postaci odsypisk (fot. 1, 2).

**Słowa kluczowe:** rzeka, meandry, uziarnienie rumowiska, obrukowanie

#### **Summary**

*Paper concerns the investigations of riverbed sediments in the meandering sector of the Border Odra, in the frame of meander I. As a result of fluvial processes the Odra riverbed is exposed to deformations, leading to often changes of the river itinerary. In the historical time, many meander breaks were registered, the last in 1967 (Meander IV) and in 1997 (Meander I).*

*In the old river bed the discharge is gradually decreasing and the substantial part of the discharge is flowing through the new channel. It leads to gradual silting of the old river part. The intensive formation of bars and of islands is observed. In the upper part of the old meander, mainly the bed load is deposited, and in the middle and lower part – the suspended load. The superficial part of the layer (cover) is exposed to the formation of pavement. The size of the pavement cover is equal 8,4–9,8 cm, and the granulometry of the lower layer (20–40 cm) equal to  $d_{50} = 2,3–2,9$  cm. The islands formed by fine sediments were covered in 3-4 years by intensive vegetation (trees and bushes). This process causes an important decreasing of flow velocity in the old channel. The increasing of the flow discharge in the new channel leads to the erosion of banks and to the deposition of the eroded material (gravel and stones) downstream of the Meander I, in the form of bars (Photographs 1 and 2).*

**Key words:** river, meanders, sediment granulometry, pavement

## WSTĘP

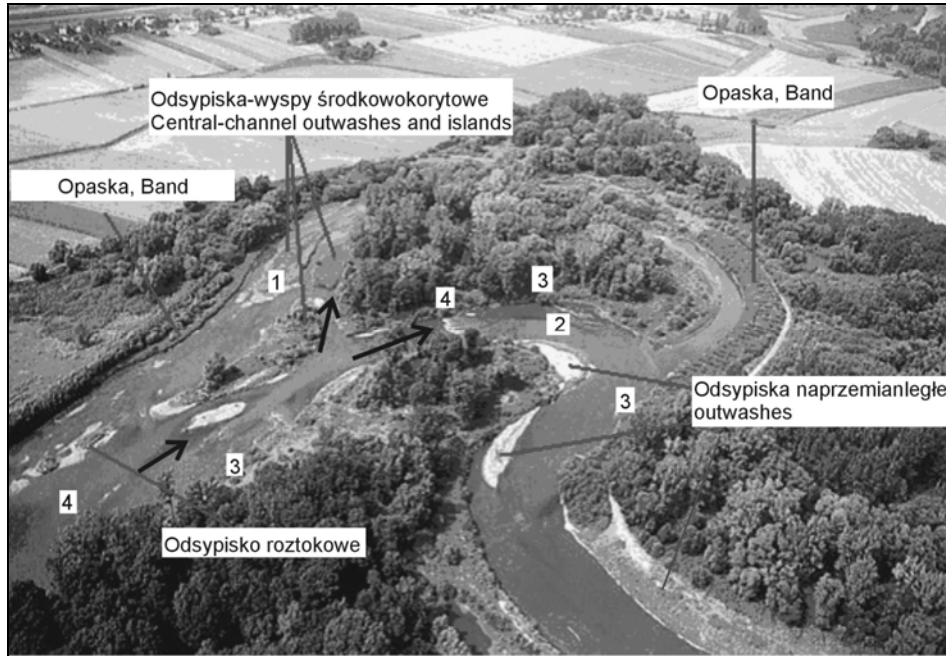
Badany odcinek Odry znajduje się między Chałupkami/Bohuminem (km 20) a ujściem Olzy do Odry (km 28). Jest to odcinek graniczny Odry między Polską i Czechami. W jego obrębie znajdują się następujące miejscowości: Chałupki, Stary Bohumin, Bohumin, Zabełków, Kopytov, Olza. Na tym odcinku Odra jest rzeką swobodnie płynącą. Nie ma tutaj budowli piętrzących, które by deformowały warunki przepływu. Natomiast znajdują się tu mosty drogowe i kolejowe, których wpływ na hydraulikę strumienia i zmiany morfologiczne jest zauważalny podczas przepływów powodziowych. Występuje tu siedem meandrów, z których dwa nr I i IV uległy przerwaniu podczas powodzi w 1997 r. i w 1967 r.

Odcinek ten znajduje się na ważnym węźle komunikacji drogowej i wodnej. Od wielu lat rozważane jest połączenie Odry z Dunajem w dwóch wariantach: doliną górnej Odry przez Bohumin i Ostrawę oraz doliną Olzy.

## CEL I METODYKA BADAŃ

Praca dotyczy odcinka rzeki Odry w obrębie Meandra nr I (fot. 1). Obserwuje się tu:

- erozję wgłębną (denną), która ma miejsce na wlocie do meandra przy prawym czeskim brzegu oraz w nowej odnodze przy lewym brzegu,
- erozję boczną: prawego czeskiego brzegu tuż powyżej nowej odnogi, lewego brzegu w nowej odnodze oraz lewego polskiego brzegu, bezpośrednio na wylocie z nowego koryta,
- osadzanie drobnego rumowiska unoszonego w starej odnodze oraz przy ujściu Olzy do Odry. Zaobserwowano także znaczne odkłady materiału unoszonego na polderze Buków oraz w zbiorniku Racibórz,
- formowanie odsypisk roztopowych na odcinku wlotowym do meandra, odsypisk środkowokorytowych oraz naprzemianległych zarówno przy brzegach wklęsłych jak i wypukłych,
- tworzenie wysp z niską i wysoką roślinnością na istniejących już odsypiskach.



**Fotografia 1.** Meander nr I, rzeka Odra (fotografia P. Nieznańskiego): 1 – stare koryto, 2 – nowe koryto, 3 – werodowane brzegi, 4 – obrukowane dno, 5 – naturalny próg  
**Photography 1.** Meander No. I, Odra river (photo of P. Nieznański): 1 – old riverbed, 2 – new riverbed, 3 – eroded banks, 4 – armourng bed, 5 – natural threshold

Celem badań jest scharakteryzowanie materiału tworzącego koryto Odry w rejonie Meandra nr I oraz ocena obrukowania dna. Autorzy wykonali m.in.:

- inwentaryzację odcinka rzeki,
- pobory prób gruntu z dna koryta rzeki metodą zamrażania,
- pomiary odsypisk i analizę ich składu ziarnowego,
- ocenę zmienności uziarnienia gruntu z dna rzeki w czasie.

#### **MATERIAŁ DENNY I OBRUKOWANIE DNA KORYTA ODRY**

Rumowiskiem rzeczonym określamy jest materiał składający się z cząstek rozdrobnionych skał, który jest transportowany w dół rzeki razem z wodą. Czynnikiem powodującym pojawianie się rumowiska w korycie rzeki jest erozja powierzchniowa w zlewni oraz erozja wgłębna i boczna w rzece. Uogólniony podział rumowiska jest następujący [Ratomski, Witkowska 1988]:

- wleczyiny w postaci grubego materiału (żwiry, kamienie, głazy) poruszające się po dnie,

- unosiny w postaci pyłów i piasków,
- zawiesina rozpuszczona w wodzie.

Badacze zajmujący się gruntami oraz materiałem znajdującym się w rzekach przyjmują różne wartości wielkości ziaren tworzących określone frakcje. Autorzy niniejszej pracy do badań oraz analiz rumowiska w korycie Górnej Odry przyjęli wytyczne podziału gruntu-rumowiska na frakcje, bazującego na Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [Rozporządzenie 2000]. Wynika z niego, że piaski mają wielkość ziaren 0,005–2,0 mm, żwiry 2–15 mm, otoczaki 15–75 mm, a skały (głazy) powyżej 75 mm. Ww. Rozporządzenie podaje również prędkości nierozmywające  $v_{nr}$  dla gruntów niespoistych i spoistych oraz sposób wyznaczania średnicy miarodajnej dla niejednorodnych gruntów niespoistych. Zwraca ono również uwagę na to, że dla gruntów o dużej nierównomierności uziarnienia, zawierających frakcje od ilastej do kamienistej, za miarodajne prędkości nierozmywające należy przyjmować prędkości odpowiadające średnicy  $d_{80\%}$ .

W rejonie granicznych meandrów Odry obserwuje się dynamiczny rozwój procesów korytowych. Dotyczy to erozji dennej, erozji brzegów, odkładania się osadów oraz obrukowania dna. Wskutek tych procesów następuje ciągle przemieszczanie się rumowiska w dół rzeki, jego segregacja, zmiany w składzie ziarnowym, a w efekcie tworzenie się nowych form korytowych w postaci odsypisk żwirowo-kamienistych (fot. 2) oraz wysp z niską i wysoką roślinnością. Z badań autorów, prowadzonych w ostatnich latach wynika, że na meandrującym odcinku Odry najintensywniej przebiega erozja brzegów oraz zamulanie starych odnóg przerwanych Meandrów nr I i IV. Na odcinku od mostu drogowego Chałupki-Bohumin (km 20,530) do Meandra nr I (km 21,4) w ostatnich latach dominowała erozja wgłębna, wskutek czego podłużny spadek podczas wezbrań jest większy niż przy niskich stanach. Natomiast poniżej na odcinku meandrującym dominuje erozja brzegów, gdzie ma miejsce zjawisko odwrotne niż powyżej, tzn. spadki zwierciadła wody przy wysokich stanach są nieduże, a przy niskich zwiększają się. Rumowisko unoszone jest przemieszczane o wiele dalej niż wleczone. Obserwuje się tu obecnie osadzanie drobnego materiału w starej odnodze Meandra nr I. Miąższość tych osadów przekracza 1 m, a przeciętna średnica wynosi 0,28 mm (rys. 1), [Głowski i in. 2007]. 70% z tych namulów stanowią frakcje ilaste i pylaste, pozostała część to piaski. Należy tu wyraźnie zaznaczyć, że grunty te wskutek kilkunastoletniej konsolidacji mają znacznie wyższą odporność na rozmywanie niż luźne grunty spoiste i częściowo spoiste [Rozporządzenie 2000].



**Fotografia 2.** Wyerodowany czeski prawy brzeg (a) oraz odsypisko środkowokorytowe (b) powyżej Meandra nr I, rzeka Odra (fotografia R. Kasperek)

**Photography 2.** Eroded Czech right bank (a) and central-bed bar (b) upstream of Meander No. I, Odra river (photo of R. Kasperek)

Autorzy przeanalizowali uziarnienie gruntu z dna Odry w rejonie Chałupki tj. na odcinku od mostu drogowego Chałupki–Bohumín (km 20,530) do Meandra nr I (km 21,600) w okresie 1964–2006. Na przestrzeni ponad 40 lat skład i uziarnienie osadów zmieniało się. W roku 1964 w ich składzie stwierdzono 27% piasków, 22% żwirów, 50% otoczek i 1% głazów. Po 22 latach tj. w 1986 r. pobrano ponownie materiał z dna rzeki. Okazało się, że piasków było już tylko 13%, żwirów ok. 35%, otoczek 52% i 1% głazów. W roku 2001 grunt budujący dno zawierał 13% piasków, 28% żwirów, 57% otoczek i 2% głazów. W latach 2004–2006 autorzy pracy dokonali ponownie badań rumowiska w tym rejonie Odry. Metodą zamrażania pobrano kilka próbek gruntu o miąższości 40 cm. Próby podzielono na cztery warstwy 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm i 30–40 cm oraz poddano analizie sitowej (rys. 2). Stwierdzono, że:

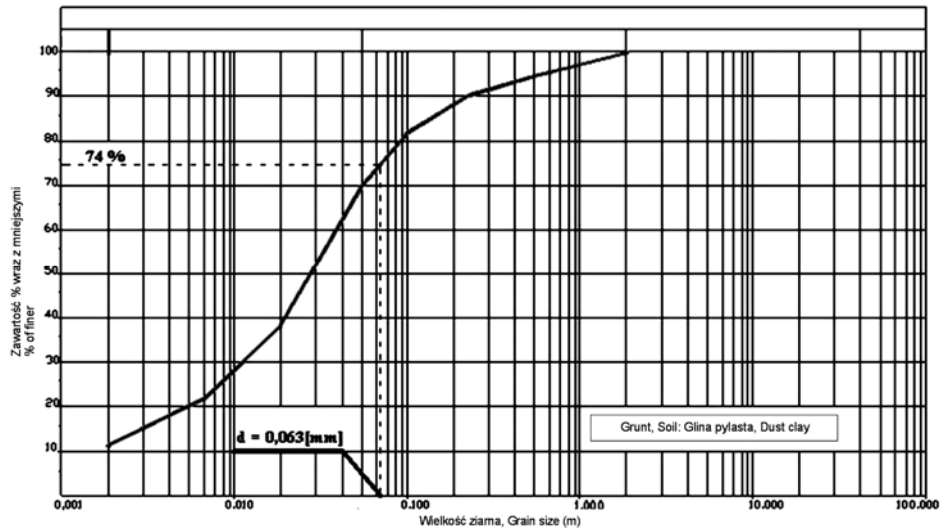
– w wierzchniej warstwie (pokrywie) 0–10 cm zalega 13% piasków, 17% żwirów, 47% otoczek i aż 23% głazów. Średnice charakterystyczne wynosiły:  $d_{10\%} = 1,2$  mm,  $d_{50\%} = 47$  mm i  $d_{95\%} = 88$  mm,

– w warstwie 10–20 cm znajduje się 10% piasku, 23% żwirów i 67% otoczek, oraz 0% skały. Średnice charakterystyczne wynosiły:  $d_{10\%} = 2,5$  mm,  $d_{50\%} = 40,5$  mm i  $d_{95\%} = 68$  mm,

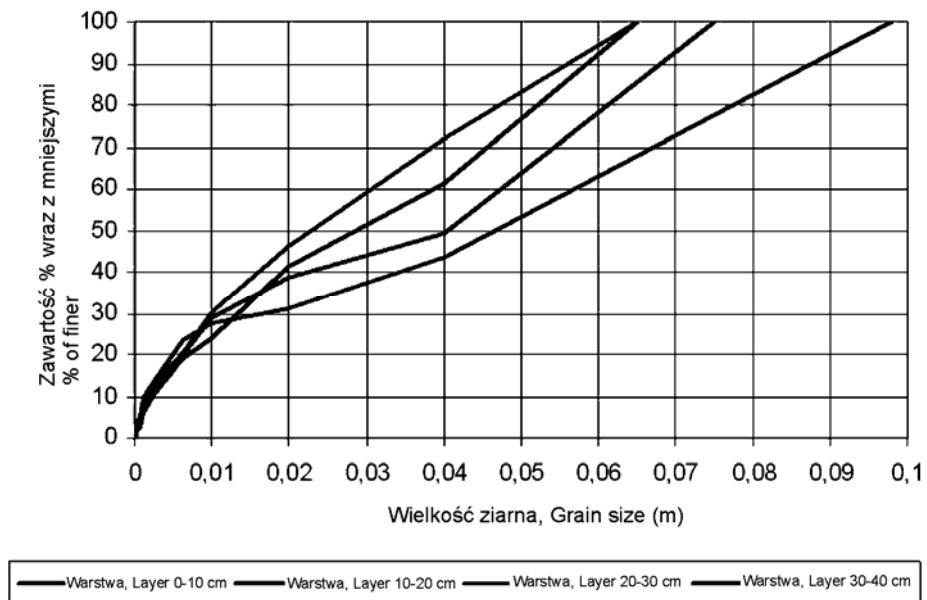
– w warstwie położonej na głębokości 20–30 cm zalega 5% piasków, 32% żwirów i 63% otoczek. Skały nie stwierdzono w składzie tej warstwy. Średnice charakterystyczne wynosiły:  $d_{10\%} = 2,1$  mm,  $d_{50\%} = 23$  mm i  $d_{95\%} = 56$  mm,

– w najgłębszej warstwie 30–40 cm zalega 5% piasków, 29% żwirów i 66% otoczek. Głazów nie stwierdzono w składzie tej warstwy. Średnice charakterystyczne wynosiły:  $d_{10\%} = 2,0$  mm,  $d_{50\%} = 29$  mm i  $d_{95\%} = 58,5$  mm.

Z analiz wynika, że opancerzenie dna Odry w tym rejonie tworzy warstwa o miąższości rzędu 10 cm (fot. 3). Pod tą warstwą zalegają grunty o uziarnieniu  $d_{50} = 4$  cm i mniejszym.



**Rysunek 1.** Krzywa uziarnienia materiału ze starej odnogi Odry. Meandra nr I [Głowski i in. 2007]  
**Figure 1.** Sieve curve of material from old Odra branch of Meander No. I [Głowski et al. 2007]



**Rysunek 2.** Krzywe uziarnienia materiału z dna Odry, 2006  
**Figure 2.** Sieve curve of bed material from the Odra bed, 2006



**Fotografia 3.** Obrukowane dno oraz frakcje tworzące bruk powyżej meandra nr I (fotografia R. Kasperek)

**Photography 3.** Armoured bed and fractions forming pavement upstream meander No. I (photo of R. Kasperek)

### WNIOSKI

Granulometria materiału dennego rzeki w tym rejonie ciągle się zmienia, Świadczyć może o tym analiza porównawcza składu ziarnowego oraz średnice charakterystyczne rumowiska pobranego w latach 1964–2006. Średnica  $d_{50\%}$  wzrosła z 15 mm (rok 1964) do 51,4 mm (rok 2006), oraz odpowiednio  $d_{90\%}$  z 35 mm do 88 mm.

Najnowsze badania metodą zamrażania wykazują, że dno Odry na odcinku tuż powyżej Meandra nr I jest silnie obrukowane i stabilne (średnica  $d_{90\%} = 88$  mm). Jedynie przejście wysokich wód powodziowych może spowodować wymywanie drobniejszych frakcji, tak jak miało to miejsce w 2006 roku podczas fali powodziowej na przełomie marca i kwietnia, kiedy to przepływ  $Q$  wyniósł ok.  $571 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a maksymalne głębokości były rzędu 6,40 m. Materiał, który został wówczas wyerodowany przemieścił się na odległość kilkuset metrów i osadzony na wlocie do Meandra nr I. Maksymalna średnica wyerodowanego wówczas materiału wynosiła  $d_{90\%} = 17,50$  mm. Wynika z tego, że ścinające naprężenia krytyczne  $\tau_c$  dla tych frakcji zostały przekroczone.

Analiza początku ruchu materiału z dna Odry wykazała, że głębokości krytyczne  $h_{kr}$  niektórych jego frakcji na badanym odcinku zostały przekroczone podczas powodzi 2006. Są to piaski o wielkości 0,005–2,0 mm, które są wprawiane w ruch przy  $h_{kr}$  rzędu kilku cm oraz frakcje żwirowe o wielkości 2–15 mm przy  $h_{kr} = 3,5$  m.

Z obliczeń autorów wynika, że w przyszłości może nastąpić zerwanie obecnie istniejącej warstwy obrukowanej i degradacja dna koryta Górnej Odry w rejonie Meandra nr I podczas przejścia powodziowej fali, przy średnich prędkościach wody rzędu 2,6–3,5 m·s.

## BIBLIOGRAFIA

- Bartnik W. *Hydraulika potoków i rzek górskich z dnem ruchomym. Początek ruchu rumowiska wlezonego*. Zesz. Nauk. AR Kraków, nr 171, 1992.
- Głowski R., Kasperek R., Parzonka W., Wiatkowski M. *Estimation of morphological changes of Odra river valley in meandering sector between Chałupki and Olza river mouth after the flood 1997*. Archives of Environmental Protection, Polish Academy of Sciences, vol. 33, No. 1, 2007, 67–74.
- Jarocki W. *Ruch rumowiska w ciekach*. Wydawnictwo Morskie, Gdynia 1957.
- Parzonka W., Bartnik W., Kasperek R. *Modelowanie transportu rumowiska wlezonego w korytach rzek z dnem aluwialnym na przykładzie Górnej i Środkowej Odry*. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, rocznik XI, zeszyt 2(25), Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002, s. 70–79.
- Parzonka W., Głowski R., Kasperek R. *Ocena przepustowości doliny Górnej Odry między Chałupkami a ujściem Olzy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4/2, PAN Oddział w Krakowie, 2006, s. 109–117.
- Ratomski J., Witkowska H. *Podstawy projektowania regulacji potoków górskich przy uwzględnieniu ruchu rumowiska*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 1988.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. *W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie*. Dz.U. Nr 63, Poz. 735, 2000.
- Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J. *Regulacja rzek i potoków*. Wydawnictwo AR Wrocław, 1994.
- Yang C. T. *Sediment transport*. McGraw-Hill, 1996.



Dr inż. Robert Kasperek  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska  
50-363 Wrocław, Pl. Grunwaldzki 24  
tel. 0 71 3205501, e-mail: kasp@iis.ar.wroc.pl

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Parzonka  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska  
50-363 Wrocław, Pl. Grunwaldzki 24  
tel. 0 71 3205580

Prof. dr hab. inż. Wojciech Bartnik  
Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 24/28  
tel. 0 12 6624023, e-mail: rmbartni@cyf-kr.edu.pl

Dr inż. Andrzej Strużyński  
Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 24/28  
tel. 0 12 6624172, e-mail: rmstruzy@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jerzy Ratomski*