

ANALIZA PARAMETRÓW RUCHU WODY NA ODCINKU UJŚCIOWYM RZEKI SKAWINKI

WATER PARAMETERS ANALYSIS ON THE MOUTH PART OF SKAWINKA RIVER

Jacek Florek

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Dopływy dużych rzek charakteryzuje znaczna zmienność warunków na ich długości. Podczas gdy odcinki górne mają nierzadko charakter potoku górskiego, ze znacznymi spadkami, podłożem kamienistym i żwirowym, wchodzące często w dolinę dużej rzeki fragmenty ujściowe charakteryzuje mały spadek, dno zbudowane z materiału drobnoziarnistego pochodzącego z wylewów odbiornika oraz kręty bieg. Zmienne, na krótkim dystansie, warunki ruchu wody i spadek stanowią wyzwanie dla bytujących tam roślin i zwierząt. Oceny stanu ekologicznego cieków, podobnie jak każdego innego ekosystemu, można w pewnym stopniu dokonać na podstawie obserwacji gatunków wskaźnikowych, tj. takich, których występowanie uwarunkowane jest złożonością procesów zachodzących na badanym obszarze i świadczy o nim pozytywnie. Wymiernym narzędziem takiego działania jest określenie parametrów ruchu wody w połączeniu z informacją o dobrej ocenie stanu cieków na podstawie obecności gatunków wskaźnikowych. Jakie parametry charakteryzują badany ciek i jaki wpływ wywiera na niego człowiek? Udzielenie jednoznacznych odpowiedzi na takie pytania wymaga analizy hydraulicznych i hydrologicznych warunków ruchu wody. Praca przedstawia analizę parametrów ruchu wody na odcinku ujściowym rzeki Skawinka – tj. na obszarze zrzutu wód z elektrociepłowni – w ujęciu ilościowym i jakościowym (temperatura). Wieloletnie oddziaływanie znacznych przepływów sztucznie wywołanych wodami pochodzącymi z Wisły wpłynęło na budowę morfologiczną tego odcinka; jednocześnie w jego górnych partiach, na dopływach obserwowane są stanowiska gatunków wskaźnikowych świadczące o możliwości dobrej oceny stanu wód tego cieków. Jak pogodzić ze sobą te dwie pozornie przeciwstawne informacje, czy istnieje bezpośrednie niebezpieczeństwo dla gatunków zagrożonych i jakie parametry ruchu wody powinny być brane pod uwagę przy ocenie stanu cieków? – oto zagadnienia, które porusza opracowanie.

Abstract. Tributaries of large rivers are characterized by the substantive changeability along their length. While the upper parts of the mountain character with strong slope and bed build from gravel and pebble the lower parts already in the big tributary valley close to the

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Jacek Florek, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmflorek@cyf-kr.edu.pl.

river mouth meandering with small slope and bed with mostly sands and organic bottom coming from main river floods. Changed on short distance water movement conditions creates challenge for existence of plants and animals. But the ecological evaluations of the river as any of ecosystems can be to the certain point achieved through environmental indication using species which can only exist in positively developed and differentiated ecosystem. The practical way to reach this aim is to obtain the information's about hydraulic parameters of water movement on the analyzed river part and confront it with results from environmental indication. What kind of parameters can be used to describe the river and what is the human influence on them? Answering these questions takes the hydraulically and hydrological analyzing of water movement into consideration. The paper presents the analysis of water quantity and quality (temperatures) parameters in the Skawinka River on the lower part close to the mouth with the Vistula River where the thermal-electric power station of once-through cooling system returns water withdrawn from Vistula. Long term returning large amounts of water has changed and formed morphologically Skawinka bed and on the same time in upper parts of this stream and on its tributaries a positive ecological indication has been made proving its possible good water condition. How is it possible to evaluate these two opposite information's? Is there an immediate threat for the endangered species and which of the water movement parameters shall be taken by this evaluation into consideration? – these are the issues aimed in this paper.

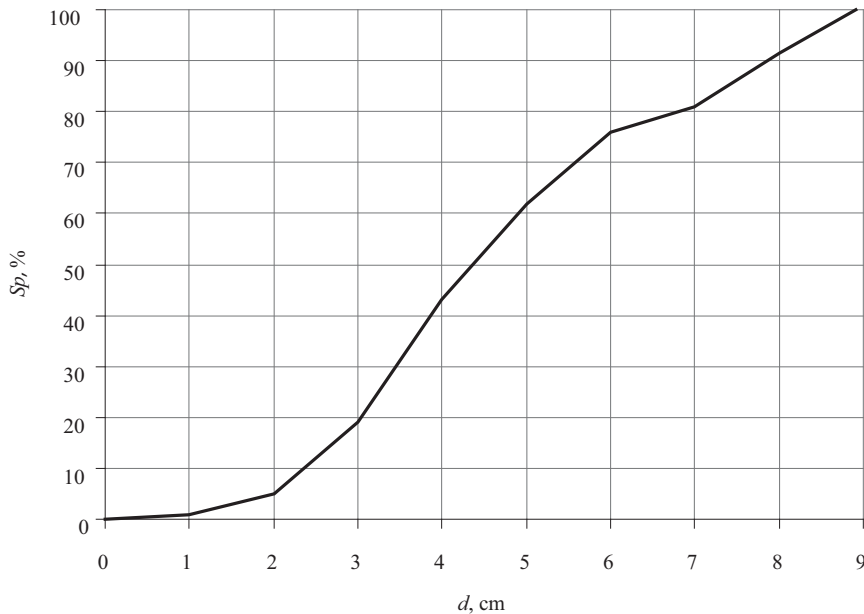
Słowa kluczowe: przepływ wody, zrzut wody, zmiana morfologii koryta, warunki termiczne

Key words: water flow, water drop, river morphology changes, thermal conditions.

WSTĘP

Rzeka Skawinka jest prawobrzeżnym dopływem Wisły o długości ok. 33,84 km i powierzchni dorzecza 354 km². Jej źródła znajdują się na zboczach góry Chełm w Beskidzie Makowskim na wysokości ok. 560 m n.p.m. Średni roczny opad atmosferyczny w jej dorzeczu przekracza 700 mm. W biegu centralnym, na obszarze, gdzie wykształcają się typowe cechy budowy morfologicznej, charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem odcinków zarówno o silnej, jak i o słabej erozji brzegowej. Charakterystyczna dla znacznej części biegu ciek jest jednostronnie wąska, porośnięta pasem roślinności drzewiastej i krzewiastej terasa zalewowa [Lindner 1982, Oglęcki i Żelazo 1995, Florek 2002] oraz znaczne wcięcie koryta w dno doliny. Dłuższe meandrujące odcinki (tab. 2) o piaszczysto-mulistym dnie oddzielają bystrza o dnie kamienistym [Bogardi 1978]. W rezultacie takiego układu pionowego stany niskie charakteryzują się lokalnie małym spadkiem, tworząc korzystne warunki bytowania roślin i zwierząt w korycie i bezpośrednio przyległej strefie przykorytowej ciek. Równocześnie obecność bystrzy prowadzi do znacznego wzrostu spadku podczas wezbrań, stąd w budowie dna można spotkać zarówno cechy podłoża z piasków oraz namulów, jak i typowe dla potoku górskiego gruboziarniste frakcje żwirowe i kamienne [Gessler 1971, Michalik i Radecki-Pawlik 2002] (rys. 1, tab. 1).

Badania ilości transportowanego rumowiska unoszonego i zawieszonego wykazały, że w wodach Skawinki zależy ona od prędkości ruchu wody. Przy stanach niskich już prędkości rzędu kilkudziesięciu $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ zapewniają ilość zawiesiny o wartości maksymalnej $268 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Dla porównania w innym małym cieku o podobnej charakterystyce w tym samym regionie, tj. w potoku Cedron (zlewnia Skawinki), który również charakteryzuje występowanie makrozoobentosu, przy dwukrotnie mniejszych prędkościach ruchu wody odnotowano maksymalną ilość zawiesiny wynoszącą $41,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wszystkie



Rys. 1. Krzywa przesiewu z rzeki Skawinka – bieg centralny

Fig. 1. Sieve curve, Skawinka River – central part

Tabela 1. Średnice charakterystyczne ziarna

Table 1. Characteristic grain diameters

Średnica charakterystyczna Grain-size diameter	Rozmiar Dimension d_x
$d_{50\%}$, m	0,044
$d_{90\%}$, m	0,078
$d_{16\%}$, m	0,027
$d_{84\%}$, m	0,073

wymienione cechy tworzą środowisko bytowania gatunków wskaźnikowych, świadcząc o dobrej wartości ekologicznej wymienionego cieku i doliny [Bartnik i in. 2009]. Również pozostałe parametry w tym budowa morfologiczna są zadowalające.

Kształtowanie się koryta i zalewowej części przykorytowej doliny zależy w głównej mierze od rodzaju transportowanego materiału, który przemieszcza się przy znacznych wezbraniach. Analizując charakter Skawiński i zjawiska na niej występujące, można stwierdzić, że stanowi ona przykład cieku, w którym metoda kompleksowej oceny odcinków powinna uwzględnić ruch materiału unoszonego jako element determinujący kształtowanie się systemu korytowo dolinowego.

Ze względu na występowanie licznych skupisk skójki gruboskorupowej (*Unio Krassus*) istotne jest określenie zależności pomiędzy strumieniem transportowanej masy organicz-

Tabela 2. Parametry poziome trasy rzeki Skawinki
Table 2. Horizontal parameters of Skawinka River channel

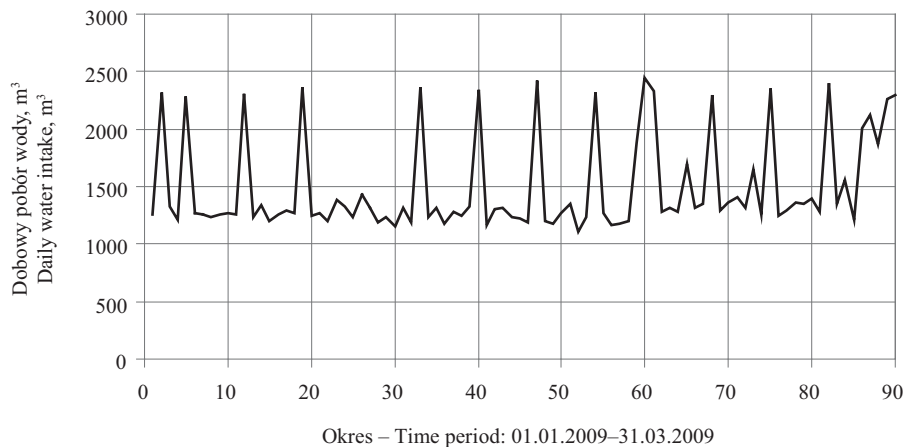
Kąt Angle °	Promień Diameter m	Radiany Radians	Cięciwa Chord m	Długość łuku Length of arc m	Współczynnik krzywoliniowości trasy Degree of meandering S_L
94	15,62	1,641	22,85	25,58	1,12
49	16,57	0,855	13,74	14,21	1,03
56	13,43	0,977	12,61	13,22	1,05
41	30,35	0,716	21,26	21,96	1,03
66	21,39	1,152	23,3	24,52	1,05
90	7,3	1,571	10,32	11,41	1,11
80	2,97	1,396	3,82	4,12	1,08
69	5,87	1,204	6,65	7,1	1,07
115	1,81	2,007	3,05	3,61	1,18
161	2,78	2,81	5,48	7,81	1,42
93	3,5	1,623	5,08	5,7	1,12
117	4,17	2,042	7,11	8,55	1,2
106	7,2	1,85	11,5	13,35	1,16
144	4,32	2,513	8,22	10,89	1,33
95	8,23	1,658	12,14	12,19	1
98	4,22	1,71	6,37	7,23	1,14
55	12,78	0,96	11,8	12,35	1,05
50	9,4	0,873	7,95	8,18	1,03
109	4,86	1,902	7,91	9,2	1,16
104	5,63	1,815	8,87	10,23	1,15
103	3,09	1,798	4,84	5,55	1,15
71	4,96	1,239	5,76	6,16	1,07

nej a lokalizacją i organizacją grup wiekowych na obszarach występowania makrozoobentosu. Typowe miejsca bytowania tego gatunku [Hus i in. 2005] to czyste podgórskie rzeki i potoki o stosunkowo niewielkiej głębokości, z piaszczystym i piaszczysto-żwirowym dnem. W Polsce populacje skójki gruboskorupowej są małe, często izolowane i rozproszone, oddzielone od siebie stosunkowo dużymi przestrzeniami [Dydych-Falniowska i Zajac 2002]. Czynnikiem determinującym występowanie tego chronionego [Głowaciński 1992] i zagrożonego gatunku jest czystość wody oraz hydrauliczne parametry kształtujące koryto, związane z dynamiką pojawiających się przepływów.

Powyzsza charakterystyka rzeki Skawinki wraz z przepływami $SNQ = 0,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w przekroju zrzutu wody z elektrowni oraz $SSQ = 2,97 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dla wodowskazu Radziszów, wymaga poszerzenia o opis warunków panujących poniżej, co stanowi przedmiot niniejszego opracowania.

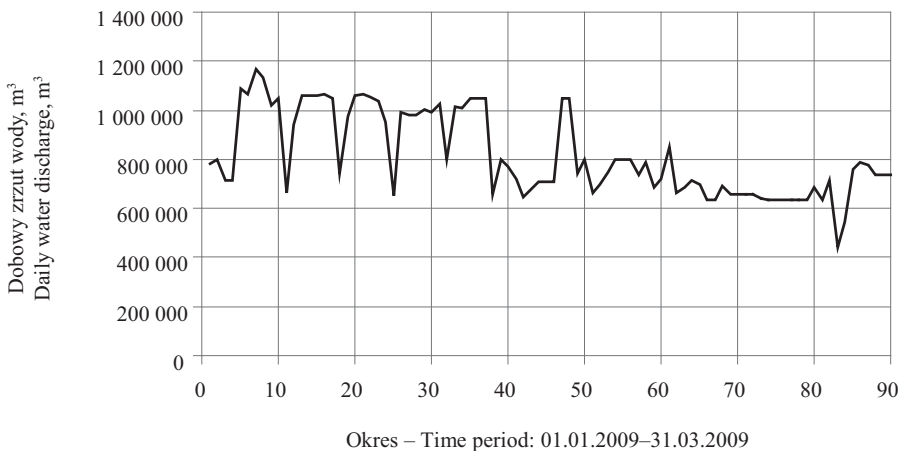
OKREŚLENIE ZALEŻNOŚCI ILOŚCIOWYCH I TEMPERATUR WÓD POBIERANYCH I ZRZUCANYCH

Dla celów niniejszej pracy zestawiono dane mające wpływ na dynamikę przepływu w odcinku ujściowym, a zależące w dużym stopniu od zapotrzebowania na wodę i w następstwie od jej zrzutów z elektrociepłowni w okresie styczeń–marzec 2009 r. Okres ten jest szczególnie interesujący ze względu na ówczesne typowe dla niego duże zapotrzebowanie na wodę, znaczny przyrost temperatury wody zrzucanej oraz – w związku z tradycyjnie niskimi stanami na samej rzece Skawince – potencjalnie silny wpływ na temperaturę wody.



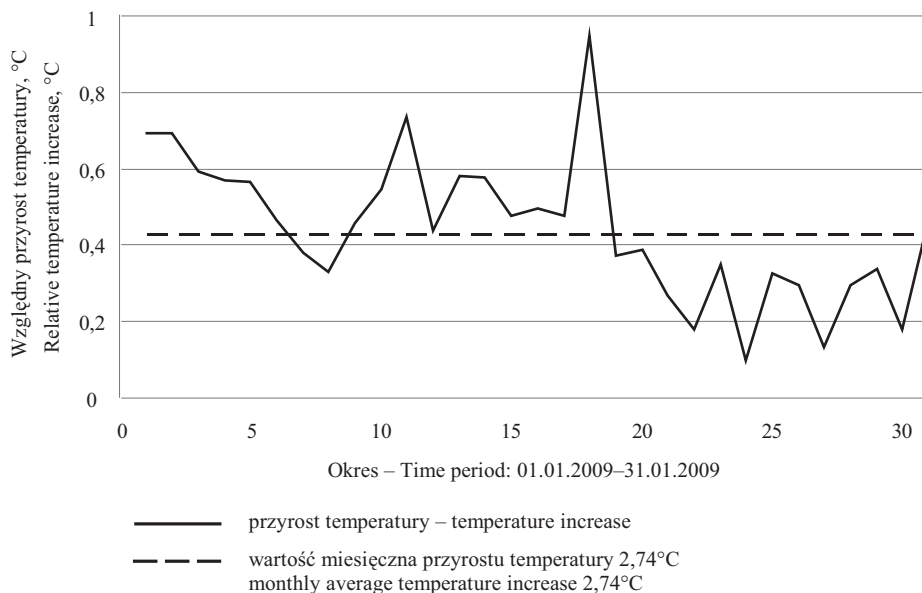
Rys. 2. Zestawienie poborów dobowych wody – rzeka Skawinka

Fig. 2. List of daily water consumption – Skawinka River



Rys. 3. Zestawienie zrzutów dobowych wody wiślanej do koryta rzeki Skawinki

Fig. 3. List of daily water returns from Vistula River in to the bed of Skawinka River



Rys. 4. Przebieg średnich przyrostów temperatury w okresie stycznia – rzeka Skawinka
Fig. 4. Changes in average temperature increases in January – Skawinka River

Zestawiając ze sobą wartości dobowych poborów wody ze Skawinki oraz zrzutów wody ogółem, można zauważyć, że głównym czynnikiem determinującym warunki ruchu wody na odcinku poniżej elektrowni przy uwzględnieniu najczęściej pojawiających się stanów/przepływów są wody Wisły pochodzące z kanału – taka sytuacja w dużym stopniu utrudnia znalezienie optymalnego rozwiązania zgodnego z zasadą nieingerencji w naturalny ruch wody [Wierzbicki 2003] w Skawince.

W omawianym okresie warto zwrócić uwagę na przyczyny dynamiki zrzutów wody. Najwyższy zrzut nastąpił w dniu 7 stycznia i wywołany został rekordowo niską temperaturą powietrza odnotowaną w Krakowie w nocy z 6 na 7 stycznia, wynoszącą $-17,8^{\circ}\text{C}$; w drugiej połowie miesiąca za sprawą napływu mas ciepłego powietrza związanych ze zjawiskiem ruchu falowego (halny) zrzuty znacznie się obniżyły. Zestawiając ze sobą w poszczególnych miesiącach wartości średnie zrzutów i temperatur powietrza notowanych w Krakowie (upublicznione dane IMGW), otrzymujemy:

- styczeń: $10,53\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $-1,3^{\circ}\text{C}$;
- luty: $8,75\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $-1,3^{\circ}\text{C}$;
- marzec: $7,17\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $2,9^{\circ}\text{C}$.

Analizując zrzuty wody w okresie najzimniejszego miesiąca stycznia, kiedy wartości przyrostów temperatury powinny być najwyższe, można zauważyć, że wyniki zależą w znacznym stopniu od dynamiki stanów na Skawince i choć pojawia się dobowe zróżnicowanie, to wartość średnia odniesiona do przepływu SSQ przyjmuje wielkość $2,74^{\circ}\text{C}$. Możliwe są oczywiście krótkotrwałe wartości zarówno wyższe, jak i niższe, jednak każdy stan podwyższony działa jako czynnik zmniejszający oddziaływanie wód zrzutowych na temperaturę (rys. 5).



Rys. 5. Przebieg średnich przyrostów temperatury – rzeka Skawinka
 Fig. 5. Changes in average temperature increases – Skawinka River

Jeśli połączymy ze sobą takie informacje jak skoki temperatur zrzutu wody z elektrociepłowni i spadki temperatur powietrza w okresie zimowym, to okaże się (rys. 5), że okresy największego zapotrzebowania na ciepło pokrywają się z niską początkową temperaturą wody (maks. ciepłne w styczniu wystąpiło przy niskich ujemnych temperaturach powietrza notowanych w Krakowie zarówno w dzień, jak i w nocy). Taka zależność zwiększa szansę na nieprzekroczenie maksymalnej temperatury wody wynoszącej 10°C (uznawanej za kryterium biologiczne) lub na skrócenie tego czasu do minimum.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że choć przedstawione analizy opierają się na wartościach średnich co pozwala na pojawienie się krótkotrwałych minimów i maksimów, to jednocześnie trzeba pamiętać, iż wszystkie obliczenia zakładają wielkość temperatur stałą, podczas gdy w rzeczywistości zachodzi jeszcze rozpraszanie ciepła do podłoża, jak i dalsza jego utrata w procesie parowania, a czynniki te zależą od parametrów podłoża, temperatur powietrza oraz jego wilgotności. Wymienione parametry nie są znane, zatem w przypadku, gdyby dokładna symulacja rozpraszania ciepła miała być wykonana tak, żeby można było określić dalszy spadek temperatury na odcinku mieszania się wód, tj. na odcinku ujściowym, należy ją poprzedzić przeprowadzeniem metodycznych badań pomiarów temperatur wody, powietrza i dna Skawinki.

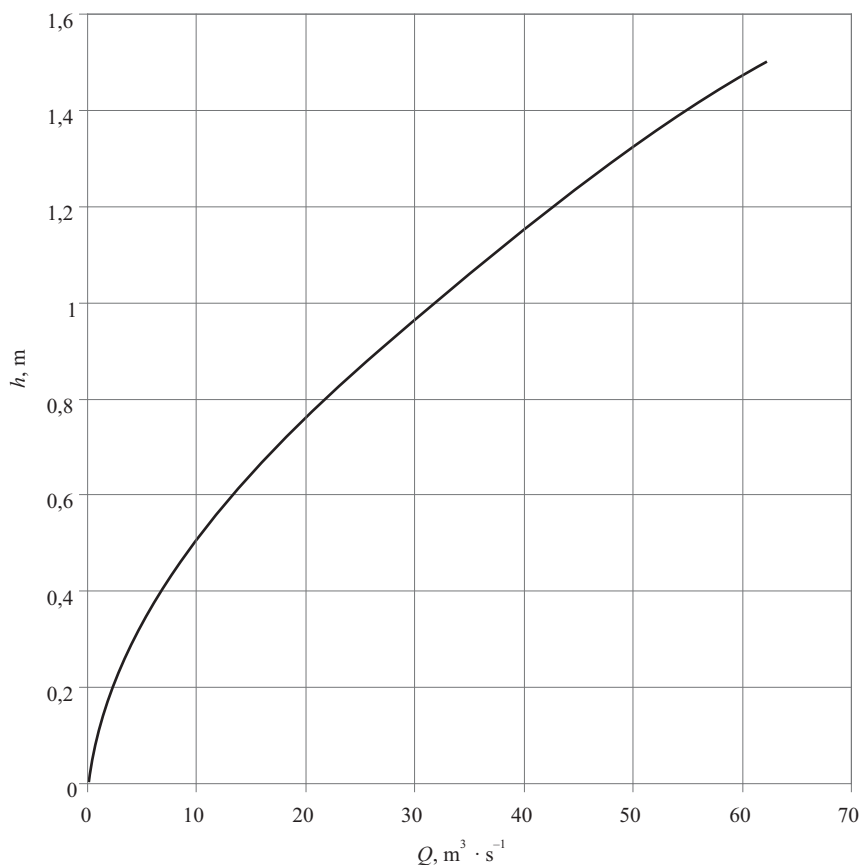
PARAMETRY RUCHU WODY NA BADANYM ODCINKU

Obserwując w planie sytuacyjnym przebieg rzeki Skawinki, można zauważyć, że suma kątów łuków na jednostkę długości cieku maleje wraz ze zbliżaniem się do odcinka ujściowego, przy czym już w odległości dwukrotnie większej od omawianego dystansu (odległość pomiędzy zrzutami wody a ujściem) nie pojawiają się łuki o kątach bliskich 180°, z czego wynika, że w miarę zbliżania się do ujścia wkraczająca w dolinę Wisły Skawinka traci stopniowo swój wcześniejszy charakter, a jednocześnie w budowie

morfolologicznej nadal można zauważyć elementy typowe dla jej koryta, takie jak łachy śródkorytowe (ostatnie jeszcze na odcinku 1,5 km od ujścia).

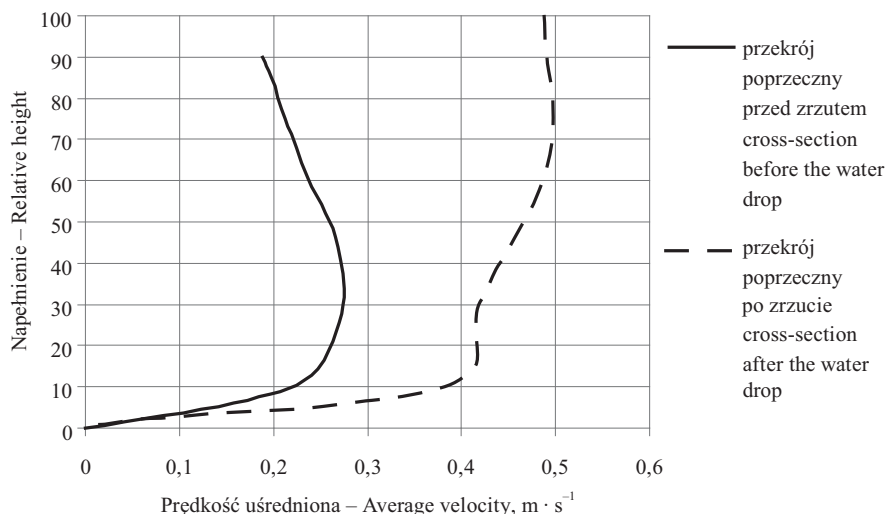
Najczęściej pojawiające się przeływy (również te wynikające ze zrzutów wody) nie determinują budowy przekroju poprzecznego w zakresie pionowym do stanu wody brzegowej (rys. 6), a tylko w pewnym stopniu wpływają na budowę morfolologiczną dna cieku, gdyż parametry geometryczne koryta charakteryzuje nadal wyższy przepływ pochodzący ze Skawinki.

W okresie jesiennym przeprowadzono na Skawince pomiary prędkości ruchu wody w pionach hydrometrycznych przekrojów położonych powyżej i poniżej zrzutów, by określić wpływ tych ostatnich na ruch w korycie. Pomiary wykonano przy użyciu młynka elektromagnetycznego. Woda poruszająca się w zasięgu jego czujnika powoduje indukowanie się siły elektromotorycznej, a powstałe napięcie jest przeliczane i rejestrowane pośrednio w postaci prędkości na komputerze klasy PC.



Rys. 6. Przepustowość przekroju koryta rzeki Skawinki poniżej zrzutu wód wiślanych

Fig. 6. Flow capacity of Skawinka River bed down from point of Vistula's water return



Rys. 7. Rozkłady prędkości ruchu wody w pionach hydrometrycznych przekrojów poprzecznych przed strefą zrzutów oraz po strefie zrzutów

Fig. 7. Water velocity distributions in vertical hydrometric profiles localized before and after the Vistula's water return point

Dynamika wezbrań Skawinki, której obserwowane przepływy znacznie przekraczają wielkości maksymalnych zrzutów, w dalszym ciągu zdolna jest kształtować naturalne elementy budowy koryta, stąd takie jego cechy jak śródkorytowe łachy zwirowo-piaszczyste i wykształcony profil hydrometryczny (rys. 7)

Zrzut wody, zwiększając kilkakrotnie przepływ, spowodował wzrost prędkości ruchu głównie w warstwie powierzchniowej, natomiast w strefie przydennej przyrost względny prędkości wyniósł ok. 73%.

Wzrostowi prędkości towarzyszyło zmniejszenie pulsacji prędkości wyrażonej stosunkiem wartości chwilowych do średnich $u : U$ (rys. 8).

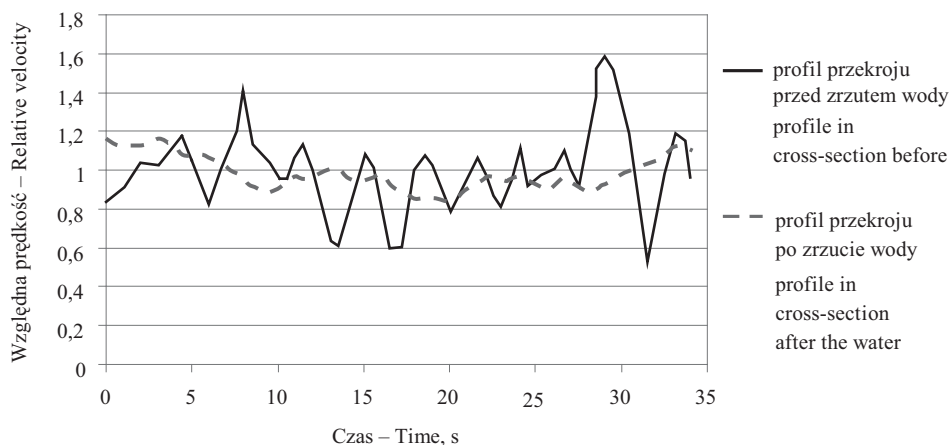
W przypadku zaobserwowania podobnych wartości, przy wzroście przepływu, należało się spodziewać znacznego wysortowania rumowiska dennego, znacznie niższej wartości pulsacji prędkości [Bartnik i in. 2004] oraz mniejszej wartości odchylenia standardowego prędkości:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (x)^2 / n}{n}}$$

gdzie:

x – prędkość, $m \cdot s^{-1}$,
 n – liczba pomiarów,

prowadzą do wniosku, że nie można spodziewać się znacznego wzrostu średnic charakterystycznych, a co za tym idzie – również przyrost szorstkości [Cowan 1956] musi być ograniczony, co wydają się potwierdzać, obserwowane poniżej miejsc zrzutów, piaszczysto-zwirowe formy denne.



Rys. 8. Pulsacje prędkości w strefie przydennej przed oraz po strefie zrzutów

Fig. 8. Water velocity fluctuations in bottom part of the cross-section profiles localized before and after the Vistula's water return point

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Skawinka jako część wód powierzchniowych w zlewni pilotowej Górna Wisła na podstawie raportu o stanie środowiska w województwie małopolskim wymieniana jest jako obszar zagrożony odprowadzeniem nieoczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych, powodzią oraz niezabezpieczonymi składowiskami odpadów komunalnych.

Cały rozpatrywany odcinek ujściowy znajduje się dolinie Wisły (obecnie wraz z nią obwałowany) i gdyby kanał doprowadzający wody z Wisły w bezpośredni sposób, np. poprzez spływ grawitacyjny, łączył się z odcinkiem poniżej elektrowni, można byłoby postawić wniosek o wytworzeniu się nowego układu hydrograficznego dla Wisły (być może po tak długim czasie od powstania opisywanej sytuacji ta ostatnia uzyskałaby nowy, własny status prawny, np. skrócenie biegu ujściowego Skawinki), gdzie ujście Skawinki następuje do „kanału zrzutowego”, sam fakt zrzutu wody nie zmienia bowiem wzajemnych zależności ilościowych pomiędzy masami wody a ich pochodzeniem. W chwili obecnej, a są to realia ustalone od kilkadziesiąt lat, zrzut wody przekracza kilkakrotnie przepływy przy niskich stanach. W związku z tym na opisywanym odcinku doszło do daleko idących zmian w zakresie parametrów hydraulicznych, takich jak szerokość przekroju w zakresie poniżej wód brzegowych, prędkości średnie, pulsacje i turbulencja prędkości. Za sprawą znacznej dynamiki przepływów na Skawince nadal to ona tworzy przepływ brzegowy i charakterystyczne cechy morfologicznej budowy również poniżej zrzutów.

Z powodzeniem można również wysunąć postulat, zgodnie z którym brak wyraźnej, stopniowo zanikającej strefy mieszania się wód przypisanej odpowiednim częściom przekroju poprzecznego, ponieważ do mieszania się wód dochodzi już w obrębie strefy zrzutów. Należy jednak pamiętać, że obecny stan odcinka ujściowego jest efektem wzajemnego balansu sił ustalonych wieloletnim ich oddziaływaniem i w sytuacji zagrożenia wielu

gatunków, w tym występujących na Skawince i jej dopływie gatunków wskaźnikowych, przed rozważeniem jakichkolwiek zasadniczych zmian należałoby wykonać ekspertyzę ich oddziaływania na środowisko omawianego ciek. Wskazane byłoby podjęcie regularnych badań mających na celu określenie tych zależności (tj. przebiegów zmian ilości wód, ich temperatur oraz pochodzenia) i ich oddziaływania na morfologię ciek – pamiętać bowiem należy, że choć obecność fauny i flory korytowej, a także zanieczyszczeń nie wpływa na dynamikę przepływów i budowę koryta, to układ korytowy i wezbrania oraz stan czystości wód wpływają na bytowanie żywych organizmów w sposób decydujący.

Niezwykle interesujący jest fakt występowania na Skawince i Cedronie stanowisk gatunków wskaźnikowych dla wód płynących w tego typu ciekach, w tym skójki gruboskorupowej. Z jednej strony oznacza to czystość wód, dobre warunki hydrauliczne [Bartnik i Florek 2000] i prawidłową morfologię koryta [Dąbkowski i Pachuta 1996]; z drugiej jednak wobec oddziaływania wód pochłodniczych na odcinku ponad 3 km, co powinno tworzyć barierę w migracji organizmów, należałoby oczekiwać braku takich gatunków, które w sytuacji skupisk odizolowanych nie powinny mieć szans na przetrwanie. Gdyby wpływ wód pochłodniczych był czynnikiem oddziałującym w ciągu krótkiego czasu, można by m.in. na tej podstawie sformułować wniosek o zagrożeniu dobrego stanu środkowej i górnej części Skawinki, ponieważ jednak mamy do czynienia ze stanem rzeczy, którego historia liczy dekady, nie da się obecnie postawić takiej hipotezy. W tej sytuacji konieczne wydaje się dalsze gromadzenie danych w zakresie parametrów hydraulicznych oraz wyników badań zmian morfologii koryta Skawinki przed przekrojami zrzutowymi i po nich, jak również innych regularnych badań jakości wody.

Także kwestia temperatur i rozpraszania ciepła oraz zasięgu przestrzennego strefy mieszania wymaga zdobycia, a następnie analizy danych pomiarowych. W przypadku Skawinki trzeba najpierw określić, co jest strefą mieszania, tzn. jaki jest jej zasięg, ponieważ ze względu na niewielki dystans pomiędzy końcem odcinka zrzutu wody a ujściem do Wisły strefa mieszania może przekroczyć długość ujściowego odcinka Skawinki. Ponadto należałoby przeprowadzić regularne pomiary temperatur wody w profilu podłużnym, tak by w różnych warunkach hydraulicznych przepływu i zrzutów oraz rozmaitych warunkach atmosferycznych możliwe było określenie zmiany temperatur związanej z mieszaniem i utratą ciepła.

PIŚMIENNICTWO

- Bartnik W., Bonenberg J., Florek J., 2009. Wpływ utraty naturalnej retencji zlewni na charakterystykę morfologiczną zlewni i ciek. Monografia. PAN, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi Kraków.
- Bartnik W., Florek J., 2000. Ocena warunków równowagi hydrodynamicznej potoku górskiego na podstawie analizy hydraulicznych parametrów przepływu. Zesz. Nauk. AR Krak. 370, Inż. Środ. 20, 163–175.
- Bartnik W., Florek J., Schöberl F., Strużyński A., 2004. Flow velocity fluctuations over rough bed covered with ligneous water plants. 12th International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles, Prague.
- Bogardi J., 1978. Sediment transport in alluvial streams. Akademiai Kiado Budapest.
- Cowan W.L., 1956. Estimating Hydraulic Roughness Coefficients. *Agricult. Engin.* 37(7).
- Dąbkowski S., Pachuta K., 1996. Roślinność i hydraulika koryt zarośniętych. IMUZ Warszawa.

- Dyduch-Falniowska A., Zając K., 2002. Bivalvia. Małże. [W:] Głowaciński Z. (red.). Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. IOP PAN Kraków.
- Florek J., 2002. Wpływ roślinności przybrzeżnej na przepustowość potoków górskich. Bank plants influence on flow capacity in mountain stream. Rozprawa doktorska, AR Kraków.
- Gessler J., 1971. Beginning and ceasing sediment motion. [W:] River Mechanics. Red. H. W. Shen. Water Resources Publications Littleton (CO), rozdz. 7,
- Głowaciński Z., 1992. Polska czerwona księga zwierząt. PWRiL Warszawa,
- Hus M., Śmiałek M., Zając K., Zając T., 2005. Occurrence of *Unio crassus* (*Bivalvia*, *Unionidae*) depending on water chemistry in the foreland of the Polish Carpathians. Pol. J. Environ. Stud. 14.
- Lindner K., 1982. Der Strömungswiderstand von Pflanzenbeständen. Mitteilungen aus dem Lechtweiss – Institut für Wasserbau der TU Braunschweig 75.
- Michalik A., Radecki-Pawlik A., 2002. Zależność przepływu korytotwórczego rzek górskich od składu granulometrycznego rumowiska wlezonego. Konferencja „Erozja gleb i transport rumowiska rzeczno”, Zakopane. EVAN Warszawa.
- Ogłęcki P., Żelazo J., 1995. Analiza wpływu roślinności na kształtowanie środowiska rzek i dolin. Materiały seminaryjne. SGGW Warszawa.
- Wierzbicki J., 2003. Przyrodnicze, gospodarcze i hydrotechniczne przesłanki regulacji rzek. Sadyba Warszawa.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.06.2012