

Karol Witkowski (karolwitkow@gmail.com)

Grzegorz Wymołek (g.wysmolek@gmail.com)

Studenckie Koło Naukowe Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN w Krakowie

ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Polska

## **Wykorzystanie historycznych i współczesnych źródeł w badaniach geomorfologicznych i gospodarczych skutków wezbrań na przykładzie doliny Skawy**

### **Application of historical and present-day data sources in researches on geomorphological and economic results of river high flows: a case study from the Skawa River valley**

#### **STRESZCZENIE**

Wezbrania rzeczne wywołują zmiany morfologiczne w obrębie łóżyska. W korytach przekształconych przez człowieka, po zniszczeniu zabezpieczeń brzegowych, rzeka dąży do przywrócenia naturalnego układu koryta. W dolinie Skawy wezbraniowe zmiany geomorfologiczne związane są z boczną migracją koryta, a w rozszerzeniach dna doliny z poszerzaniem koryta. Przekształcenia rzeźby często powodują straty ekonomiczne. Największe zniszczenia związane są ze znoszeniem opasek brzegowych, uszkodzaniem przepraw mostowych, podmywaniem dróg. W wyniku dużego zainwestowania dna doliny niszczone są również budynki mieszkalne i gospodarcze. Na obszarze doliny Skawy powodziowe straty ekonomiczne wywołane erozją boczną są bardziej dotkliwe niż zalewanie terenów nadrzecznych.

**Słowa kluczowe:** Skawa, wezbranie, powódź, zmiany geomorfologiczne, straty ekonomiczne

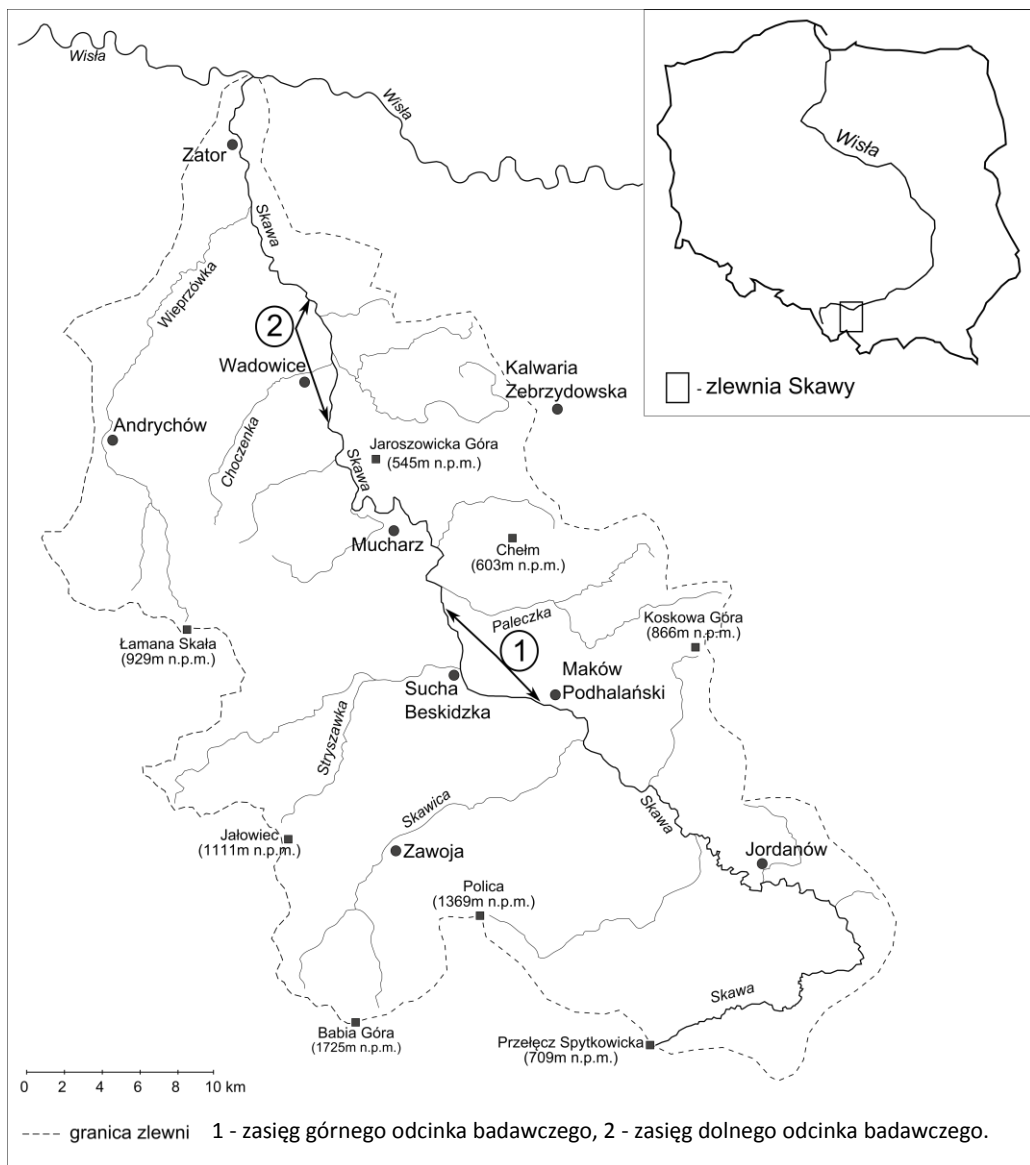
**Key words:** Skawa River, flood flow, geomorphological effects, economic losses

#### **WPROWADZENIE**

Łóżysko rzeczne jest jednym z najdynamiczniejszych systemów geomorfologicznych. Zmiany w jego obrębie zachodzą najczęściej w wyniku wezbrania. Jednak również w czasie relaksacji międzywezbraniowej dochodzi do transformacji rzeźby. W przypadku intensywnego wykorzystania dna doliny rzecznej przez człowieka wezbraniowe zmiany rzeźby mogą doprowadzić do strat ekonomicznych. Straty te niebędące bezpośrednim następstwem przejścia fali powodziowej notowano m.in. w dolinie Skawy.

Rzeka Skawa jest prawobrzeżnym karpackim dopływem Wisły. Jej źródła znajdują się na Przełęczy Spytkowskiej (701 m n.p.m.) w Beskidzie Żywieckim. Źródłowy potok nazywany jest Wsiowym. Skawa uchodzi do Wisły na północny-wschód od wsi Smolice osiągając długość 96,4 km przy średnim spadku 5,0‰ (Witkowski i Wymołek, 2013a). Bieg Skawy, dzieli się na część górską i przedgórską. Granicą tych obszarów jest profil Wadowice, w 21 kilometrze od ujścia do Wisły,

zamykający zlewnię górską o obszarze 835 km<sup>2</sup> (Dynowska i Maciejewski, 1991). Jako teren badań obrano dwa odcinki (Ryc. 1). Górny odcinek zlokalizowany jest w górskim biegu rzeki. Rozciąga się od 51 km (od ujścia) w pobliżu Makowa Podhalańskiego, poniżej skalnego fragmentu koryta, do 43 km w Zembrzycach u podnóża Prorokowej Góry w Paśmie Żurawicy. Dolny odcinek znajduje się poniżej zapory wodnej w Świnnej Porębie, w przedgórskim biegu rzeki. Rozciąga się między Wadowicami (23 km) tuż poniżej przełomu przez Beskid Mały, a Woźnikami (15 km) na Pogórzu Wielickim (Mapy ze studium ochrony przeciwpowodziowej na podkładach topograficznych, 2013).



**Ryc.1. Teren badań (źródło: opracowanie własne)**

Dno doliny Skawy było przedmiotem badań prowadzonych przez autorów w latach 2010-2013. W pracach licencjackich: *Morfodynamika koryta Skawy na odcinku Sucha Beskidzka – Zembrzyce w latach 1997-2011* (Wysmołek, 2012) oraz *Transformacja powodziowa koryta rzeki górskiej (na przykładzie Skawy poniżej Wadowic)* (Witkowski, 2012) skupiono się na przekształceniach rzeźby koryta. Artykuł *Wpływ wielonurtowej Skawy na działalność człowieka w dnie doliny* (Witkowski i Wysmołek, 2013a) poświęcono gospodarczemu wykorzystaniu terenów nadrzecznych od XIV do XX wieku. Wpływowi zabezpieczeń brzegowych na kształtowanie odsypisk poświęcono referat *Wpływ regulacji koryta na skład granulometryczny żwirowych łach korytowych Skawy* (Witkowski i Wysmołek, 2013c) wygłoszony na VI Sympozjum Geneza, litologia stratygrafia w Poznaniu. W ramach III Kopernikańskiego Sympozjum Studentów Nauk Przyrodniczych w Toruniu w 2013 r. zaprezentowano referat *Transformacja wezbraniowa koryta rzeki górskiej na przykładzie Skawy (woj. małopolskie)* (Witkowski i Wysmołek, 2013b), w którym przedstawiono możliwości wykorzystania programów geograficznych systemów informacyjnych. Niniejszy artykuł, którego główne przesłanki zaprezentowano w czasie 29. Międzynarodowej Konferencji Naukowej *Zmiany struktury przestrzennej przemysłu i usług w warunkach kryzysu gospodarczego* w referacie *Wezbraniowe przekształcenia koryta Skawy* (Witkowski i Wysmołek, 2013d), jest kompilacją dotychczasowych badań autorów.

Problem przemian geomorfologicznych na obszarze zlewni Karpat fliszowych jest obecny w badaniach od wielu lat. Podejmowano problem rozwoju koryt i zlewni beskidzkich (Froehlich, 1982; Krzemień, 1976, 1984, 2006; Niemirowski, 1974), wpływu erozji wgłębnej na rozwój koryta (Klimek, 1983; Wyźga, 1991) oraz zależności między procesami, a budową geologiczną (Guzik, 2002). Omówione zostały typologie koryt karpackich (Kaszowski, 1979; Kaszowski i Krzemień, 1986; Klimek, 1979). Ważnym problemem badawczym jest wpływ zabudowy hydrotechnicznej na procesy korytowe (Bednarczyk, Radecki-Pawlik i Słowik-Opoka, 2003; Korpak, Krzemień i Radecki-Pawlik, 2008; Kościelniak, 2004; Radecki-Pawlik, 2004, 2010; Wyźga, 1993, 2001; Zawiejska i Krzemień, 2004). Reżimy rzek karpackich i wpływ wezbrań na procesy geomorfologiczne omawiano zarówno w ogólnym ujęciu całej zlewni, jak i w krótkich odcinkach koryta (Chełmicki, Skąpski i Soja, 1998-1999; Gorczyca, 2007; Gorczyca i Krzemień, 2010; Gorczyca, Kamykowska i Krzemień, 2008; Gorczyca i Wrońska-Wałach, 2008; Izmańłow, Kamykowska i Krzemień, 2004, 2006). Najnowszym opracowaniem metodycznym dla badań geomorfologicznych w korytach jest pozycja *Struktury koryt rzek i potoków (studium metodyczne)* (2012).

## **CEL I METODY**

Celem artykułu jest uwypuklenie morfologicznych przekształceń koryta zachodzących na skutek przejścia fali wezbraniowej i skutkujących stratami ekonomicznymi. Szczególnie ważne w badaniach cieków jest wskazanie następstw ingerencji człowieka w naturalny system przyrodniczy. W Karpatach działania te przejawiają się przede wszystkim w zabudowie hydrotechnicznej koryta, która według zamierzeń projektantów ma stabilizować koryto i zabezpieczać działalność człowieka,

a często powoduje wytrącenie cieku z naturalnej równowagi, co skutkuje nieprzewidywanymi zmianami morfologicznymi.

W celu opracowania zagadnienia dokonano przeglądu istniejącej literatury tematycznej, oraz posłużono się danymi zebranymi przez autorów podczas realizacji wcześniejszych projektów. Od 2011 roku autorzy prowadzą stały monitoring przekształceń geomorfologicznych oraz skutków prac hydrotechnicznych na odcinkach charakteryzujących się największą dynamiką. Niniejsze opracowanie zostało uzupełnione o te informacje. Niezwykle cenne źródło wiedzy stanowią, udostępniane nieodpłatnie, dane z projektów tras regulacyjnych wykonywanych z ramienia Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie.

Niezwykle cennym dla opracowań geomorfologicznych jest wykorzystanie programów GIS. Zestawienie źródeł kartograficznych z obrazowaniami kartowań geomorfologicznych i pomiarów niwelacyjnych pozwala na wszechstronne analizy morfodynamiczne. Dwu i pół wymiarowe modele terenu pozwalają na wychwycenie miejsc, w których procesy geomorfologiczne są najdynamiczniejsze, a w dalszej kolejności na prognozowanie zmian.

Intensywna antropopresja w obszarze den dolin doprowadziła do przekształcenia naturalnych systemów korytowych. Zniszczenie budowli hydrotechnicznych skutkuje wytrąceniem cieku ze sztucznej równowagi stworzonej przez człowieka, a często także zainicjowaniem procesów dążących do przywrócenia systemu pierwotnego. Przydatnym źródłem danych w analizach przemian morfologicznych są źródła historyczne. Księgi parafialne, dokumenty rad miejskich, mapy z komentarzami wojskowymi, przywileje władców przy swojej dużej wartości informacyjnej są źródłami darmowymi. Korzystanie z szerokiej palety archiwaliów pozwala rekonstruować pierwotne środowisko systemów fluwialnych.

## **GEOMORFOLOGICZNE SKUTKI WEZBRAŃ W DOLINIE SKAWY**

Rzeźba koryt rzecznych zmienia się w wyniku działania wszystkich rodzajów erozji. Największe zmiany zachodzą w wyniku transportu materiału gruboklastycznego w czasie wezbrania. W odcinkach koryt rzek karpackich o dnie aluwialnym po przejściu wysokiej wody obserwuje się obniżenie dna rzeczego. Po powodzi w 1997 roku w korycie Skawy w Makowie Podhalańskim i Su-chej Beskidzkiej w wyniku bardzo

intensywnej erozji dennej doszło do usunięcia aluwiołów i odstonięcia ustawionych skośnie do biegu rzeki wychodni (Fot.1). Drugim, obok przegłębiania koryta czynnikiem powodującym zmiany rzeźby łóżyska jest erozja boczna. Natężenie migracji bocznej jest uzależnione od wielkości przepływu. W czasie wezbrania



**Fot.1. Wychodnia skalna w korycie Skawy w Su-chej Beskidzkiej odstonięta w wyniku wezbrania z 1997 r. (źródło: materiały własne).**

przepływy turbulentne zastępują linearne, co wzmagą energię rzeki, która jest wyzwalana w erozji bocznej.

Analiza źródeł historycznych oraz współczesne badania geomorfologiczne potwierdzają tendencję Skawy do roztokowania (Witkowski i Wysmołek, 2013a, c). Koryto w odcinku górnym, na obszarze rozszerzenia dna doliny, w pobliżu Makowa Podhalańskiego, po przerwaniu zabezpieczeń brzegowych zmierza w swym rozwoju do rozszerzenia dna doliny i prowadzenia przepływu w wielu odizolowanych nurtach. Dzięki regularnym pracom hydrotechnicznym w odcinku dolnym koryto utrzymywane jest w zaprojektowanym kształcie. W miejscach, w których zaniechano napraw zabezpieczeń rzeka nagle poszerza swoje koryto niszcząc uprzednio regulację. Powstawanie głębokich zakoli nie prowadzi do rozwoju koryta meandrującego, lecz roztokowego. Brzeg wklęsły w zakolu w Woźnikach w czasie powodzi w 2010 roku przesunął się o 10-15 m.

W czasie bocznego przemodelowania dochodzi do zmian w obrębie łach żwirowych lub do ich przemieszczenia zależnie od siły wezbrania. Małe wezbrania powodują wymycie frakcji najdrobniejszej z łach. W miarę wzrostu energii przepływu może dojść do całkowitej zmiany składu granulometrycznego odsypiska, jego przesunięcia, zlikwidowania lub powstania nowego. W wyniku wezbrań łachy utrwalone przez roślinność zostają odświeżone przez jej usunięcie. Procesom tym podlegają wszystkie rodzaje łach, w obrębie których mogą powstać leje wirowe (Malarz, 2002). Żwirowe łachy korytowe odcinka wielonurtowego w pobliżu Makowa Podhalańskiego charakteryzują się obecnością licznych form powierzchniowych, takich jak kanały przelewowe, leje żwirowe. Formy te tworzą się w warunkach zmiennego przepływu, pod wpływem lokalnych prądów o różnej sile. Efektem tego przemodelowania jest zróżnicowanie granulometryczne powierzchni łach, przejawiające się występowaniem skupisk otoczków o zbliżonej wielkości. Powierzchnie łach żwirowych położonych w odcinkach uregulowanych, jednonurtowych wykazują znacznie mniejsze zróżnicowanie morfologiczne.

Za nośnymi filarami mostów powstają śródkorytowe łachy wytrącające nurt poza środkową część koryta, co powoduje zwiększenie potencjału rzeki w strefie przybrzegowej, a to wzmagą erozję boczną i intensyfikuje meandrowanie. Prostowanie meandrów przez przekopywanie ich szczytów i utrwalać brzegów wzmagą prędkość przepływu, co odbija się na morfologii koryta poniżej odcinka regulowanego, gdzie rzeka z dużo większą siłą niż dotychczas oddziałuje na brzegi. Wprowadzanie sztucznych obiektów do łóżyska powoduje zmianę przepływów, szczególnie wezbraniowych, niestety często nieprzewidzianą przez człowieka.

Długofalowe zmiany struktury użytkowania gruntów, które w ostatnich dziesięcio-leciach w dolinach karpackich przejawiały się głównie zmniejszeniem powierzchni terenów uprawnych na rzecz lasów doprowadziły do ograniczenia dostawy materiału aluwialnego do koryt. Dodatkowym efektem ograniczającym dostawę aluwii do Skawy było przegrodzenie wielu jej dopływów w ich ujściowych odcinkach niskimi przegrodami przeciwrumowiskowymi. W wyniku tych działań od roku 1997 na odcinku Skawy pomiędzy Suchą Beskidzką, a Zembrzycami obserwuje się ciągły spadek powierzchni żwirowisk.

W łożyskach, w których wzdłuż koryt istnieją starorzecza mogą powstawać rynny awulsyjne. Istnienie tych form po powodziach w 2010 roku stwierdzono w dolnym odcinku badawczym w Radoczy.

## **XX i XXI - WIECZNE POWODZIE NA SKAWIE**

W źródłach historycznych pojawiają się liczne informacje dotyczące powodzi i strat wywołanych wylewami rzeki w dolinie Skawy. Najwyższe przepływy na Skawie obserwuje się w czasie miesięcy letnich, które są zwykle następstwem kilkudniowych intensywnych opadów na obszarze zlewni (Dynowska, 1992). Pierwsze informacje na temat wysokości opadów w dolinie Skawy w czasie powodzi pojawiają się przy okazji opisu wezbrania z lipca 1903 roku. W Suchej Beskidzkiej dnia 11 lipca odnotowano 110 mm opadu w ciągu doby. Długotrwały opad spowodował wezbranie Skawy, której fala kulminacyjna spotkała się w ujściu ze skumulowaną falą Małej Wisły i Soły. Nakładanie się fal wezbraniowych Skawy i Wisły stwarza zagrożenie powodziowe, które pociąga za sobą dotkliwe straty ekonomiczne, szczególnie na obszarze Krakowa. Prowadzone na początku XX w. regulacje koryta Skawy miały m.in. za zadanie przyspieszenie fali wezbraniowej Skawy, tak by wyprzedzała ona wiślańską kulminację (Ingarden, 1922). Wyprostowanie krętych odcinków rzeki i zwężenie wielonurtowych fragmentów koryta w rozszerzeniach dna doliny spowodowało skrócenie rzeki i skoncentrowanie przepływu, co w efekcie przyspieszyło falę wezbraniową, która współcześnie wyprzedza falę kulminacyjną Wisły średnio o 9 godz. (Dynowska i Maciejewski, 1991). Informacje o wysokości opadów w dorzeczu Skawy są lakonicznie wzmiankowane przy opisie przyczyn powodzi w latach 1925 i 1934, gdzie podano przybliżoną wartość ok. 200 mm na dobę. W Suchej Beskidzkiej 17 lipca 1934 roku średni stan wody Skawy, wynoszący 1,6 m został niebezpiecznie przekroczony, sięgając rano 4,4 m a po południu już 5,6 m. W tym dniu woda przerwała jeden z mostów, kolejne dwa musiano rozebrać, aby zapobiec ich całkowitemu zniszczeniu. Zerwana została wówczas komunikacja z Krakowem (Hampel i Kiryk, 1998). Według A. Bielańskiego (1997) powódź 1934 roku w dolinie Skawy, podobne jak i całym dorzeczu górnej Wisły, była najtragiczniejszą w skutkach od czasów prowadzenia obserwacji i pomiarów rzek małopolskich. Kolejny wodny kataklizm w dolinie Skawy miał miejsce w 1970 roku. Wówczas w wyniku przelania wałów dopływu Skawy – Choczenki, w Wadowicach zostały zalane niżej położone osiedla gdzie warstwa wody osiągała 1 metr. W 1972 wystąpiło kolejne wielkie wezbranie Skawy wywołane opadami w górnej części zlewni, które poczyniło znaczne szkody w okolicach Wadowic.

Po blisko 25-letniej relaksacji kolejne wezbranie na Skawie, będące efektem długotrwałych opadów, zanotowano w lipcu 1997 roku. Główny okres opadowy trwał 6 dni od 4 do 9 lipca. Dnia 5 lipca największy opad zaobserwowano na posterunku w Wadowicach i wyniósł on 58,6 mm. W dniu 7 lipca zanotowano opady o wysokości przekraczającej 73 mm. W środkowej części zlewni Skawy najwyższy opad wystąpił 8 lipca w Makowie Podhalańskim i wyniósł on 90 mm. Łącznie w ciągu całego 6-dniowego okresu opadowego w Makowie Podhalańskim

zanotowano opad, którego wysokość wyniosła 216,8 mm. W Wadowicach suma opadu z tego okresu wyniosła 155,3 mm, z czego najwyższy opad zanotowano 8 lipca (Grela, Słota i Zieliński, 1998). Fala powodziowa na Skawie, ze względu na brak zbiorników retencyjnych, kształtowała się naturalnie. Kulminacja wezbrania przemieszczała się bardzo szybko w kierunku ujścia rzeki, osiągając prędkość bliską 5 km/godz. 8 lipca w godzinach wieczornych fala kulminacyjna dotarła do Suchej Beskidzkiej, a maksymalny przepływ wyniósł 423 m<sup>3</sup>/s. Około godziny 20 kulminacja fali powodziowej pojawiła się w Wadowicach. Maksymalny przepływ zanotowano na posterunku w Zatorze i wyniósł on 664 m<sup>3</sup>/s (Malarz, 2002). W ostatniej dekadzie lipca 2001 roku w dorzeczu Skawy wystąpił 8-dniowy okres opadowy, w efekcie którego nastąpiło wezbranie. Okres opadowy rozpoczął się 20 lipca, natomiast największy opad nastąpił w trzech ostatnich dniach tego okresu, między 24, a 26 lipca. Najwyższe opady deszczu wystąpiły w górnym biegu Skawy, powyżej Makowa Podhalańskiego. 25 lipca spadło tam 190,8 mm wody, natomiast w ciągu całego ośmiodniowego okresu opadowego zanotowano opad o wysokości 414 mm (Malarz, 2002). Wysokie dobowe sumy opadów były przyczyną gwałtownego wezbrania, którego kulminacja miała miejsce w górskiej części zlewni 25 lipca. W Suchej Beskidzkiej kulminacja fali powodziowej pojawiła się w godzinach popołudniowych, po czym z dużą prędkością przemieszczała się w kierunku niższych partii dorzecza, docierając w godzinach wieczornych do Zatora. W profilu Wadowice największy przepływ wynosił 894 m<sup>3</sup>/s (przy średnich przepływach 12,7 m<sup>3</sup>/s), a prawdopodobieństwo jego powtórzenia oceniono na 2,4%. Najwyższy przepływ, jaki został zaobserwowany na posterunku w Zatorze wyniósł 588 m<sup>3</sup>/s, był więc o 76 m<sup>3</sup>/s mniejszy od maksymalnego przepływu zanotowanego w czasie przechodzenia fali powodziowej w 1997.

W 2010 roku wystąpiło kilka kolejnych okresów opadowych, których efektem były katastrofalne w skutkach, gwałtowne wezbrania powodziowe na terenie Polski. Latem, na obszarze małopolski na karpackich rzekach uformowały się dwie fale powodziowe. Pierwsza fala powodziowa przechodziła w okresie od 14 maja do 3 czerwca. Na Skawie kulminacja pierwszej fali powodziowej nastąpiła 17 maja. Lewobrzeżny dopływ Stryszawka o godzinie 10:30 przekraczał w Suchej Beskidzkiej stan alarmowy o 137 cm, natomiast w tym samym czasie stan alarmowy na Skawie w położonym niżej Zatorze przekroczony został o 77 cm (Powódź w Krakowie i Małopolsce – sytuacja z godziny 10.30, 2010). W sąsiadującej od wschodu zlewni Raby łączna średnia wysokość opadów w dniach 15 – 19 maja wyniosła 200 mm (Drożdżał, Kępski i Piórewski, 2010). Pomimo iż prace związane z budową zbiornika Świnna Poręba nie zostały ukończone, w czasie przechodzenia fali powodziowej na Skawie 17 maja, czasa zbiornika przechwyciła w kulminacyjnym momencie 58 mln m<sup>3</sup> wody, obniżając w ten sposób przepływ poniżej zbiornika o około 150 – 200 m<sup>3</sup>/s. W dniu 19 maja rozpoczęto odnawianie rezerwy powodziowej regulując odpływ ze zbiornika. O godzinie 6:00 odpływ ograniczono do 250 m<sup>3</sup>/s, natomiast o godzinie 12:00 do 200 m<sup>3</sup>/s. Stopniowe ograniczanie odpływu ze zbiornika miało na celu skrócenie czasu utrzymywania się wysokich stanów wód w rejonie Krakowa (Materiały RZGW w Krakowie). Druga fala powodziowa na obszarze województwa



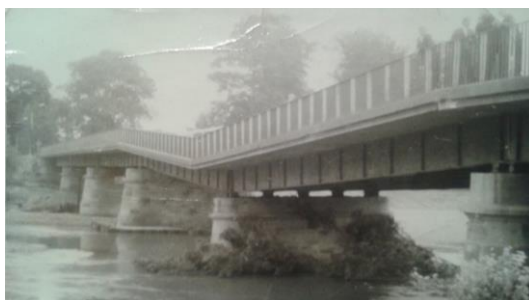
Fot. 2. Koryto Skawy w Wadowicach. W środku zdjęcia pozostałość narzutu z kamienia łamanego; porośnięta łąka z prawej strony – dno wcześniejszego koryta; z lewej strony – nowe koryto (źródło: materiały własne).



Fot. 3. Skawa w Witanowicach. W środku zdjęcia poprzeczny narzut kamienny; na dalszym planie drugi poprzeczny narzut; na prawym brzegu ujęcia wody pitnej w Witanowicach (źródło: materiały własne).



Fot. 4. Podmyte filary mostu drogowego w Witanowicach (źródło: materiały własne).



Fot. 5. Most drogowy w Wadowicach uszkodzony w wyniku podmycia filaru w lipcu 1972 roku (źródło: fotografia ze zbiorów Janiny i Mariana Witkowskich).



Fot. 6. Widok zakola Skawy w Zembrzycach w roku 2009 (źródło: materiały własne).



Fot.7. Przekształcenie zakola Skawy w Zembrzycach w wyniku przejścia wezbrań z 2010 roku (źródło: materiały własne).



przechodziła w okresie od 4 czerwca do 2 lipca. Uśredniona suma wielkości opadu deszczu dla czterech miast małopolski (Nowy Sącz, Tarnów, Kraków, Zakopane) wyniosła w miesiącu maju 306,5 mm, w czerwcu 185,2 mm natomiast w lipcu 186,8 mm (Jakóbbik, 2011). Kolejne wezbranie powodziowe w dorzeczu górnej Wisły wystąpiło w okresie od 30 sierpnia do 3 września 2010 roku (Powódź 2010 – kalendarium, 2010). Fala kulminacyjna, jaka utworzyła się na Skawie, dotarła do Suchej Beskidzkiej w godzinach porannych 1 września. Zwiększony przepływy na Skawie spotęgował szkody powstałe w efekcie przejścia majowego wezbrania.

## STRATY EKONOMICZNE

Straty ekonomiczne powstałe w czasie powodzi można podzielić na dwie grupy. Pierwsza to zniszczenia powstałe w wyniku wdarcia się wody na obszary, na których człowiek gospodaruje. Druga to zniszczenia powstałe w wyniku przesunięcia brzegów lub zmiany wysokości dna cieków. W dolinie Skawy, gdzie większość cieków jest zainwestowana hydrotechnicznie, dominują straty drugiej grupy.

Na obszarze objętym badaniami najczęściej zniszczeniu ulegają koryta regulacyjne. Przekształcanie koryt naturalnych w regulacyjne ma na celu ograniczenie migracji bocznej i powodowanych nią strat powodziowych. Na trasę regulacyjną składa się koryto trapezowe, którego brzegi są zabezpieczane opaską z kamienia łamanego. W płaskim dnie, przy wykorzystaniu lokalnych aluwów, buduje się „koryto w dnie”, które ma za zadanie kierować nurtem rzeki (Wielgus, 2011). Powyższe, standardowe dla cieków karpacczych, zabezpieczanie koryt pociąga za sobą koszty rzędu 200/300 tys. zł za 100 m bieżących<sup>1</sup>. Wysoki koszt budowy zabezpieczeń powoduje prowadzenie prac hydrotechnicznych w systemie interwencyjnym. Roboty są realizowane tylko na odcinkach zagrożonych, przez co ciek zostaje wytrącony z naturalnej równowagi. Zmiana dotychczasowego rozłożenia strumieni nurtu powoduje intensyfikację procesów erozyjnych. W wyniku erozji bocznej i dennej konsumowane są opaski z narzutu kamiennego, po czym ciek zaczyna swobodnie migrować. W ostatnich latach zniszczeniu uległy narzuty w Woźnikach (omówiono w rozdziale GEOMORFOLOGICZNE SKUTKI WEZBRAŃ W DOLINIE SKAWY), Wadowicach, Zembrzycach i Makowie Podhalańskim. Przerwanie lewobrzeżnej opaski w Wadowicach (21,4 km) spowodowało opuszczenie przez rzekę swojego dotychczasowego koryta (Fot. 2). Zmiana położenia nurtu zintensyfikowała erozję boczną, co doprowadziło do niebezpiecznego zbliżenia się Skawy do wałów przeciwpowodziowych. Zagrożenie to wymusiło na władzach lokalnych i Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Krakowie inwestycję, której koszty omówiono w przypisie.

Migracja boczna na obszarze dolnego odcinka badawczego, w Witanowicach doprowadziła do uszkodzenia infrastruktury komunalnej gdzie woda uszkodziła prawy brzeg, poniżej mostu, w pobliżu ujęć wody pitnej dla gminy Tomice, przez co czasowo wyłączona z eksploatacji była stacja uzdatniania wody pitnej w Witanowicach. Jesienią

---

<sup>1</sup> koszt inwestycji uzależniony jest od długości trasy regulacyjnej. Nakłady w przeliczeniu na 100 m bieżących maleją wraz ze wzrostem długości trasy. W przypadku realizacji zabezpieczenia brzegu Skawy w Wadowicach w 2012 r. wartość brutto robót sięgnęła 945 tys. złotych przy długości trasy regulacyjnej 498 m, co daje średnią kwotę rzędu 189 tys. zł/100 m (Dokumentacja projektowa RZGW, 2011).

2010 roku wykonano tymczasowe zabezpieczenie ujęć, a w lipcu 2013 położono w korycie Skawy poprzeczny narzut, który miał wymusić depozycję niesionych aluwii co pozwoliłoby w naturalny sposób podnieść poziom wód gruntowych, które zasilają ujęcie wody (Fot. 3). Narzut podniósł poziom wody poniżej mostu w Witanowicach i skierował nurt pod lewy brzeg, którym biegła droga gruntowa. Przesunięty nurt podmył brzeg uniemożliwiając przejazd drogą.

W korycie Skawy w Witanowicach, powódź 2010 roku naruszyła narzut kamienny służący zwiększeniu szorstkości dna w pobliżu filarów mostu drogowego, który został uzupełniony jesienią 2011 roku. Mimo interwencji stopa filaru jest podmywana. Już przy średnich stanach wody widoczny jest brak pełnego oparcia podpory o dno (Fot. 4).

Postępująca erozja denną i brak szybkiej reakcji zarządcy może doprowadzić do zniszczenia lub uszkodzenia mostu. W Wadowicach w 1972 roku, w wyniku lipcowej powodzi doszło do podmycia filaru mostu drogowego i załamania się konstrukcji (Fot. 5).

Również w swoim górnym odcinku, na obszarze Suchej Beskidzkiej i Zembrzyc Skawa spowodowała znaczne straty ekonomiczne. W wyniku wezbrania z maja 2010 roku na terenie miejscowości Zembrzyce, w sąsiedztwie drogi nr 28 została uszkodzona lewobrzeżna opaska z kamienia łamanego i siatki (Fot.6).

Kolejne wezbranie z lipca tego samego roku skutkowało dalszą konsumpcją pozbawionego osłony brzegu, co stworzyło bezpośrednie zagrożenie dla pobliskich zabudowań. Wezbranie z przełomu sierpnia i września 2010 roku przyczyniło się do dalszej migracji bocznej koryta, czego efektem było poszerzenie zakola łącznie o 35m w stosunku do stanu z roku 2009 (Fot.7). Wyrwa w regulacji i osłabienie brzegu spowodowało jego osunięcie się do koryta wraz ze znajdującymi się w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowaniami (Fot.8). W grudniu 2011 roku

brzeg został częściowo odtworzony i zabezpieczony nową opaską z kamienia łamanego w celu zahamowania dalszej migracji koryta i osłonięcia infrastruktury położonej w ciągu drogi krajowej nr 28. Materiał zwirowy zdeponowany w sąsiedztwie przeciwległego, wypukłego brzegu zakola, został wykorzystany do wypełnienia powodziowej wyrwy w brzegu lewym. Dno koryta zostało natomiast wyrównane. W skutek majowego wzebrania z roku 2010 pod wodami powodziowymi Skawy znalazł się także suski plac targowy, zlokalizowany niespełna 50 metrów powyżej ujścia Stryszawki. Plac ten był niszczone także w czasie wcześniejszych wezbrań z lat 1997 i 2001. W czasie wezbrań z 2010 roku wody powodziowe Skawy poniżej mostu łączącego Maków Podhalański z Grzechynią, uszkodziły zabezpieczenia brzegowe w postaci koszy siatkowo-kamiennych. W wyniku zmiany przebiegu linii nurtu zachowane fragmenty zabezpieczeń brzegowych są obecnie odcięte od aktywnego koryta i obsypane aluwiami Skawy.



**Fot. 8. Niszczenie zabudowań w Zembrzycach w czasie wezbrania we wrześniu 2010 roku (źródło: [www.gazetakrakowska.pl](http://www.gazetakrakowska.pl)).**

## PODSUMOWANIE

Pomimo, że koryto Skawy jest na znacznej długości uregulowane wezbrania w dolinie rzeki nadal powodują dotkliwe straty materialne. Szkody powstałe w wyniku wezbrań w pierwszej dekadzie XXI wieku ograniczały się głównie do uszkodzeń zabudowy hydrotechnicznej, jednakże w miejscach gdzie regulacja została przerwana, wody powodziowe przyczyniły się do uszkodzeń budynków, dróg czy mostów. W miejscach przerwania opasek brzegowych dochodziło do erozji bocznej, czego efektem była migracja koryta, lokalnie przekraczająca nawet 40m. Wysokie koszty zabudowy hydrotechnicznej uniemożliwiają w obecnych realiach ekonomicznych pełną regulację koryta rzeki, przez co budowa zabezpieczeń brzegowych prowadzona jest interwencyjnie, na odcinkach, które są bezpośrednio narażone na zniszczenia powodziowe. Wadą takiego podejścia jest pominięcie faktu, iż koryto rzeczne w całości stanowi jeden system i lokalne zmiany kształtu koryta, wielkości przepływu czy ilości aluwiiów mogą spowodować nieoczekiwane zniszczenia w niższym biegu rzeki. Za przykład tego typu szkód powstałych w czasie wezbrania z 2010 roku może posłużyć uszkodzona stopa mostu w Witanowicach lub też zniszczenie drogi gruntowej biegnącej lewym brzegiem w tej samej miejscowości wywołane usytuowanym powyżej kamiennym narzutem. Nie ma zatem wątpliwości, że każda ingerencja w system łóżyska rzecznoego wywołuje jego reakcję, co potwierdzają badania geomorfologiczne dotyczące zmian głębokości i kształtu dna koryta, położenia łach żwirowych, migracji nurtu w obrębie dna czy też wielkości materiału depozycyjnego.

## LITERATURA

- Bednarczyk, T., Radecki-Pawlik, A., Słowik-Opoka, E. (2003). Wpływ regulacji technicznej rzeki Łososiny na zmianę warunków transportu rumowiska wleczonego dostarczonego do zbiornika Czchów. *Acta Scientiarum Polonorum – Formatko Circumiectus*, 2.
- Bieleński, A. (1997). *Materiały do historii powodzi w dorzeczu górnej Wisły*. Kraków, Wyd. Politechniki Krakowskiej.
- Chełmicki, W., Skąpski, R., Soja, R. (1998-1999). Reżim hydrologiczny rzek karpaccich w Polsce, *Folia Geographica, Series Geographica-Psyhica*, 29-30.
- Drożdżał, E., Kępski, K., Piórecki, M. (2010). Czy zbiornik Dobczyce spowodował powódź na dolnej Rabie w maju 2010 roku?. *Aura*, 7.
- Dynowska, I., Maciejewski, M. (1991). *Dorzecze górnej Wisły. t. 1*. Warszawa-Kraków: PWN.
- Froehlich, W. (1982). Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 143.
- Gorczyca, E. (2007). Morphodynamics of the River Łososina Chanel after an Extreme Flood (Western Carpathian Mountains). *Geografija/Geography*, 43, (2).
- Gorczyca, E., Krzemień, K. (2010). Channel Structure Changes in Carpathian Rivers. W: A. Radecki-Pawlik, J. Hernik (red.), *Cultural Landscapes of River Valleys*. Kraków: Wyd. UR.

- Gorczyca, E., Wrońska-Wałach, D., (2008). Transformacja małych zlewni górskich podczas opadowych zdarzeń ekstremalnych (Bieszczady). *Landform Analysis*, 8.
- Gorczyca, E., Kamykowska, M., Krzemień, K. (2008). River Channel Structure Research In the Carpathian Mountains. *Geografija/Geography*, 44, (2).
- Grela, J., Słota, H., Zieliński, J. (1997). *Dorzecze Wisły: monografia powodzi lipiec 1997*. Warszawa: IMGW.
- Guzik, G. (2002). Reakcja koryta rzeki górskiej na strukturę podłoża na przykładzie Wisłoki i Jasiołki (Beskid Niski). *Przeгляд Geologiczny*, 7.
- Hampel, J., Kiryk, F. (1998). *Sucha Beskidzka*. Kraków: Secesja.
- Ingarden, R. (1922). *Rzeki i kanały żeglowne w b. trzech zaborach i znaczenie ich gospodarcze dla Polski*, Kraków.
- Izmańłow, B., Kamykowska, M., Krzemień, K. (2004). Geomorfologiczna rola katastrofalnych wezbrań w transformacji górskiego systemu korytowego na przykładzie Wilszni (Beskid Niski). W: B. Izmańłow (red.), *Przyroda-Człowiek-Bóg*. Kraków: IGI GP UJ.
- Izmańłow, B., Kamykowska, M., Krzemień, K. (2006). The geomorphological effects of flash floods in mountain river channels. The case of the River Wilsznia (Western Carpathian Mountains). W: R.S. Chalov, M. Kamykowska, K. Krzemień (red.), *Channel Processes in the rivers of mountains, foothills and plains, Prace Geograficzne IGI GP UJ*. Kraków: IGI GP UJ.
- Kaszowski, L. (1979). Dynamiczna typologia koryt rzecznych na obszarze Karpat i ich przedgórze. *Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Naukowych PAN*, 21, (1).
- Kaszowski, L., Krzemień, K. (1986). Metody typologii koryt rzecznych. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 67.
- Klimek, K. (1979). Geomorfologiczne zróżnicowanie koryt karpaccich dopływów Wisły. *Folia Geographica Series Geographica-Psyhica*, 12.
- Klimek, K. (1983). Erozja wgłębna dopływów Wisły na Przedpolu Karpat. W: Z. Kajak (red.), *Ekologiczne podstawy zagospodarowania Wisły i jej dorzecza*. Warszawa-Łódź: PWN.
- Korpak, J., Krzemień, K., Radecki-Pawlik, A. (2008). Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpaccich. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, seria monografia*, 4.
- Kościelniak, J. (2004). Zmiany funkcjonowania górskich systemów korytowych w wyniku przeprowadzonych regulacji hydrotechnicznych. W: M. Błaszkiwicz, P. Gierszewski (red.), *Rekonstrukcja i prognoza zmian środowiska przyrodniczego w badaniach geograficznych. Prace Geograficzne IGI PZ PAN*. Kraków: IGI PZ PAN.
- Krzemień, K. (1976). Współczesna dynamika koryta potoku Konina w Gorcach. *Folia Geographica Series Geographica-Psyhica*, 10.
- Krzemień, K. (1984). Współczesne zmiany modelowania koryt potoków w Gorcach. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 59.
- Krzemień, K. (2006). Badania struktury i dynamiki koryt rzek karpaccich. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4, (1).
- Krzemień, K. (red.) (2012). *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*. Kraków: IGI GP UJ.

Malarz, R. (2002). *Powodziowa transformacja gruboklastycznych aluwiiów w źwirodennych rzekach zachodnich Karpat fliszowych (na przykładzie Soły i Skawy)*. Kraków, Wyd. Naukowe AP.

Niemirowski, M. (1974). Dynamika współczesnych koryt potoków górskich (na przykładzie potoków Jaszce i Jamne w Gorcach). *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 34.

Wielgus, W. (2011). *Zabezpieczenie brzegu rz. Skawy w km 20+600-21+300 w m. Wadowice, gm. Wadowice, pow. wadowicki, woj. małopolskie*. (niepublikowana dokumentacja projektowa RZGW).

Radecki-Pawlik, A. (2004). Zmiana warunków hydrodynamicznych wzdłuż koryta potoku górskiego w zróżnicowanej zabudową techniczną małej zlewni karpackiej. *Inżynieria Rolnicza*, 2.

Radecki-Pawlik, A. (2010). O niektórych, bliskich naturze rozwiązaniach utrzymania koryt rzek i potoków górskich. *Gospodarka Wodna*, 2.

Witkowski, K. (2012). *Transformacja powodziowa koryta rzeki górskiej (na przykładzie Skawy poniżej Wadowic)* (praca licencjacka). Archiwum Instytutu Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Witkowski, K., Wysmołek, G. (2013a). Wpływ wielonurtowej Skawy na działalność człowieka w dnie doliny. *Przegląd historyczno – kulturalny Wadoviana*, 16.

Witkowski, K., Wysmołek, G. (2013b). *Transformacja wezbraniowa koryta rzeki górskiej na przykładzie Skawy*. Referat wygłoszony na: III Kopernikańskim Sympozjum Studentów Nauk Przyrodniczych, Toruń.

Witkowski, K., Wysmołek, G. (2013c). *Wpływ regulacji koryta na skład granulometryczny źwirowych łach korytowych Skawy*. Referat wygłoszony na: VI Sympozjum Geneza, litologia, stratygrafia, Poznań.

Witkowski, K., Wysmołek, G. (2013d). *Wezbraniowe przekształcenia koryta Skawy*. Referat wygłoszony na: 29. Międzynarodowej Konferencji Naukowej Zmiany struktury przestrzennej przemysłu i usług w warunkach kryzysu gospodarczego, Kraków.

Wysmołek, G. (2012). *Morfodynamika koryta Skawy na odcinku Sucha Beskidzka – Zembrzyce w latach 1997-2011* (praca licencjacka). Archiwum Instytutu Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Wyźga, B. (1991). Present-day downcutting of the Raba River channel (Western Carpathians, Poland) and its environmental effects. *Catena*, 18.

Wyźga, B. (1993). River response to channel regulation: case study of the Raba River, Carpathians, Poland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18.

Wyźga, B. (2001). Impact of the channelization-induced incision of the Skawa and Wisłoka Rivers, Southern Poland, on the conditions of overbank deposition. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17.

Zawiejska, J., Krzemień, K. (2004). Man – induced changes in the structure and dynamic of the upper Dunajec River channel. *Geograficky casopis*, 56, (2).

### **Źródła internetowe:**

Andrzej. (2010, 17 maja). *Powódź w Krakowie i Małopolsce – sytuacja z godziny 10.30.* (artykuł z portalu internetowego) Pozyskano z <http://www.mmkrakow.pl> (dostęp z dnia: 20.05.2010)

Jakóbiak, K. (2011). *Powódź w województwie małopolskim w 2010 roku.* [PDF]. Pozyskano z [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/krak/ASSETS\\_2011\\_skutki\\_powodzi\\_2010.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/krak/ASSETS_2011_skutki_powodzi_2010.pdf) (dostęp z dnia: 22.11.2013)

RZGW. (2010). *Powódź 2010 – kalendarium.* Pozyskano z <http://oki.krakow.rzgw.gov.pl> (dostęp z dnia: 21.11.2013)

RZGW. (2013). *Mapy ze studium ochrony przeciwpowodziowej na podkładach topograficznych.* Pozyskano z <http://oki.krakow.rzgw.gov.pl> (dostęp z dnia: 27.12.2013)

### *cytacja:*

Witkowski K., Wyszomłek G. (2013). Wykorzystanie historycznych i współczesnych źródeł w badaniach geomorfologicznych i gospodarczych skutków wezbrań na przykładzie doliny Skawy: *Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Darmowe dane i open source w badaniach środowiska., 2, 125-138.*