

Strefy erozji i akumulacji podczas fluwialnych zdarzeń ekstremalnych w Sudetach, przykład Wilczej Poręby w Karpaczu

Marek Kasprzak*

Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław

Wprowadzenie

Za szczególne cechy wezbrań rzek górskich uznać można m.in. dynamiczny transport grubofrakcyjnego rumowiska oraz możliwość gwałtownego modelowania koryta i strefy przykorytowej. Szybkie formowanie się fali powodziowej oraz tempo jej przemieszczania niejednokrotnie uniemożliwiają trafną prognozę zdarzenia i skuteczną akcję alarmową. Zmniejszeniu strat powodziowych służyć mogą szczegółowe mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego uwzględniające obszary nasilonej erozji brzegowej i akumulacji rumowiska. Ich powstanie dla wszystkich dorzeczy zakłada dyrektywa Unii Europejskiej w zakresie redukcji zagrożenia powodziowego, uzupełniająca Ramową Dyrektywę Wodną (Koniczny, Walczykiewicz 2006).

Obszary nasilonej erozji i akumulacji rumowiska są często niedostatecznie rozpoznane lub nieudokumentowane po epizodach powodziowych. Brakuje także literatury zawierającej wytyczne do prowadzenia prac w tym zakresie. W tekście przedstawiono zarys metodyki wyznaczania stref modelowania powodziowego dna dolin górskich na przykładzie potoków w dorzeczu górnego Bobru.

Literatura z zakresu zdarzeń powodziowych w Sudetach

Pierwszych informacji o powodziowych przekształceniach den dolin rzecznych na obszarze Sude-

tów można szukać w kronikarskich zapiskach zachowanych od początku XIII w. (Margas, Szymczak 1969). Są to jednak tylko wzmianki, często wyolbrzymiające rozmiary faktycznych wypadków. W drugiej połowie XIX w. tworzono zestawienia zdarzeń katastrofalnych publikowane w lokalnych czasopismach. Z tego okresu pochodzą już miarodajne obserwacje klimatyczno-meteorologiczne rozpoczęte na Śląsku w 1810 r. Najdotkliwsze w skutkach wydarzenia powodziowe stały się tematem osobnych opracowań. Wśród nich na uwagę zasługuje książka anonimowego autora (1897) relacjonująca skutki największej ze współczesnych powodzi w Sudetach Zachodnich (29–30 VII 1897 r.). Po 1945 r. problem wezbrań górskich rzek stał się tematem publikacji, w których zebrano dane z prac niemieckojęzycznych (Margas, Szymczak 1969, Czerwiński 1991).

Prekursorem sudeckich badań z zakresu klasycznej geomorfologii fluwialnej był Teisseyre (1978, 1984) zajmujący się procesami korytowymi górnego odcinka Bobru. Okazją do badania funkcjonowania koryt cieków niższego rzędu w Karkonoszach była klęska ekologiczna i wylesienie stoków w latach 80. (Bieroński 1991, Katrycz 1998). Powstało także kilka prac dokumentujących geomorfologiczne skutki powodzi z lipca 1997 i 1998 r. (Hradek 2005, Zieliński 2003, Żurawek 1999). Informacje dotyczące długookresowych skutków transportu rumowiska znalazły się w pracach poświęconych sedymentacji na dnie zbiorników zaporowych (Jahn 1968, Kasprzak, Traczyk 2008).

* e-mail: kasprzak@geom.uni.wroc.pl

Powódzie w Sudetach – ryzyko, zagrożenie, podatność na straty

Istnieje wiele definicji ryzyka. Thywissen (2006) zestawiała ich aż 31, niekiedy kompletnie odmiennych od siebie. Najogólniej przyjmuje się, że ryzyko to wskaźnik stanu lub zdarzenia, które może spowodować straty. W ujęciu analitycznym przedstawia się je najczęściej równaniem $R \text{ (ryzyko)} = H \text{ (zagrożenie)} + V \text{ (podatność na straty)}$. Analiza minionych zdarzeń w historii regionu sudeckiego pokazuje, że ryzyko powodziowe jest duże. Nie rzadziej niż co 20–25 lat poszczególne dorzecza nawiedzają wezbrania powodujące dotkliwe straty materialne. Mamy także informacje o największych zdarzeniach pustoszących dna dolin: tzw. „Śląskim Potopie” z lat 1702–1703, „Powodzi Stulecia” z 1897 r. i dwóch „Powodziach Tysiąclecia” z 1997 r. i 2002 r. Wiele z minionych wezbrań burzowych na małych ciekach wymknęło się monitoringowi meteorologiczno-hydrologicznemu.

Specyfika osadnictwa w warunkach górskich sprawia, że praca wezbranych rzek powoduje destrukcję infrastruktury drogowej i budynków mieszkalnych. W Sudetach dominuje zabudowa ciągnąca się wzdłuż koryt rzecznych, rzeka dzieli też zazwyczaj swoje łóżysko z równoległą do niej arterią komunikacyjną (szosą, nasypem kolejowym). Często jej bieg jest modyfikowany sztucznie bez dopasowania geometrii obudowanych koryt do przepływów powodziowych. Zdarza się, że rozbudowujące się centra miasteczek spychały koryto w stronę zbocza doliny, jak widać to np. na Ścinawce w Mieroszowie (G. Kamienne). Naturalny system odprowadzenia wody i rumowiska rzecznoego modyfikowany jest progami korekcyjnymi, zaporami przeciwrumowiskowymi i zbiornikami przeciwpowodziowymi, które powstały w większości w pierwszej połowie XIX w. Nie gwarantują one jednak całkowitego bezpieczeństwa podczas zdarzeń ekstremalnych, co stwarza niejako okazję do poznania naturalnych tendencji cieku w zakresie erozji, akumulacji, zmiany układu koryta itd.

Na podstawie informacji o geomorfologicznych skutkach minionych powodzi można wyróżnić co najmniej kilka typowych scenariuszy przekształceń sudeckich dolin. Dotyczą one głównie miejsc zmiany spadku hydraulicznego cieku, zmian profilu poprzecznego doliny bądź ingerencji człowieka. Dwa pierwsze czynniki wynikają z uwarunkowań rzeźby, a pośrednio z uwarunkowań strukturalnych i tektonicznych. Oś Sudetów tworzą kotliny śródgórskie, będące lokalnymi bazami erozyjnymi i węzłami hydrograficznymi. Odwodnienie kotlin odbywa się zazwyczaj przełomami rzecznyymi.

Najbardziej mobilnymi i narażonymi na erozję utworami w sudeckich dolinach są aluwia holocen-skie (kamieńce, mady rolnicze i przemysłowe) i plej-

stoczeńskie (wyższe terasy, poziomy zasypiania), podcinane deluwia stokowe oraz osady glacialne i fluwioglacjalne (gliny, żwiry, piaski). W porównaniu do rzek karpaccich układ fluwialny jest bardziej stabilny. Koryta wykazują obrukowanie otoczakami w przewodzie skał krystalicznych, a bezpośrednia dostawa materiału skalnego do cieków tylko sporadycznie wynika z osunięć gruntu (G. Bardzkie, G. Kamienne). W ostatnich latach ograniczono także masową wycinkę drzew i tym samym sieć rynien zrywkowych. Zmniejszenie spłukiwania powodowane jest też redukcją arealu gruntów rolnych.

Współczesne zmiany użytkowania zlewni górskich i ograniczenie dostawy rumowiska sprawiają, że na wielu odcinkach obserwuje się wyraźną tendencję do erozji wgłębnej i bocznej. Siła strumienia rzeki górskiej ma przy tym zdolność niszczenia najsolidniejszych umocnień brzegowych (Kasprzak 2007). Odcinki akumulacyjne są dalej aktywne głównie w strefie starych stożków napływowych na dnie kotlin i przedprożu horstów (Żurawek).

Metodyka wyznaczania stref zagrożenia

Obiektywne wyznaczanie stref ryzyka można prowadzić, badając parametry fizyczne zlewni i modelując zachodzące procesy hydrogeomorfologiczne przy użyciu narzędzi GIS. Trudność polega jednak na liczbie parametrów, jakie trzeba uwzględnić, oraz na ich odpowiednim rangowaniu. Prace tego typu rozwijane są głównie dla zlewni eksperymentalnych objętych szczegółowym monitoringiem i o zazwyczaj małym areale. Pionierem takich badań w zakresie erozji i depozycji materiału skalnego jest choćby zespół H. Mitiasovej z Uniwersytetu w Illinois wykorzystujący oprogramowanie GRASS.

W ujęciu tradycyjnym wstępem do wyznaczenia ryzyka powodziowego muszą być studia materiałów historycznych (Gurnell i in. 2004). Z informacji zebranych przez autora dla dorzecza Bobru wynika, że powodziowe straty materialne wynikają najczęściej z podcinania wklęsłych zakoli lub tworzenia skrótów powodziowych (odpowiednio 28 i 21 zdarzeń na 89 interpretacji opisów historycznych). Strefą szczególnie narażoną na zniszczenia są stożki napływowe (roztokowanie, awulsja) i sąsiedztwa mostów (zatory z rumoszu drzewnego).

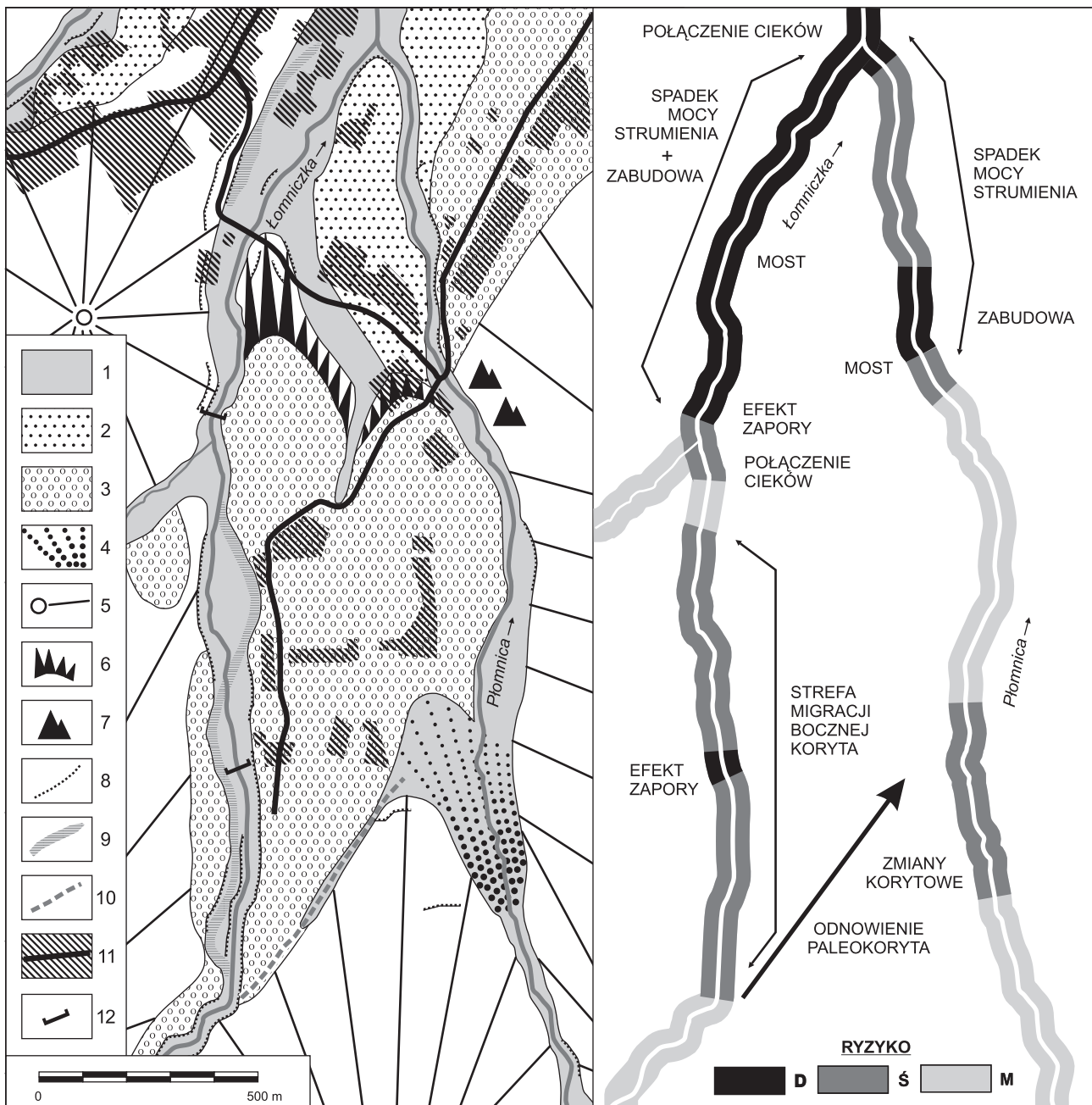
Drugim etapem jest analiza różnowiekowych map topograficznych (1:10 000, 1:25 000) i geologicznych (1:25 000) oraz stereopar zdjęć lotniczych dla poznania zmian zagospodarowania dolin, rozmieszczenia aluwii i starorzeczy. Do rozpoznania współczesnego użytkowania terenu stosuje się multispektralne sceny Landsat lub ortofotomapy. Ukształtowanie dolin – zmiany spadku podłużnego

i kształtu przekroju poprzecznego najlepiej prowadzić w oparciu o numeryczny model terenu.

W dalszej ocenie hydrodynamiki rzek górskich niezbędne stają się prace terenowe. Bartnik (2006) zaleca badanie współczynnika klinowania się ziaren, początku ruchu rumowiska dennego, kształtu ziaren, transportu rumowiska, prognozowania procesów obrukowania, naprężeń granicznych (spadku granicznego, napełnienia granicznego), analizy równowagi hydrodynamicznej. Można także obliczać zmiany jednostkowej mocy strumienia czy też wskaźniki stabilności rzek, np. według Łochitina czy Makka-

wiejewa. Z punktu widzenia geomorfologa istotne jest jednak kartowanie terenowe form i osadów korytowych.

Dla rzek karpackich z powodzeniem stosuje się instrukcje kartowania wypracowane przez ośrodek krakowski. Przykład ich zastosowań znajduje się choćby w pracy Krzemienia (2006), w której dokonano podziału koryta Czarnego Dunajca na odcinki odmienne morfodynamicznie (erozyjne, transportacyjne, redepozycyjne, depozycyjne i inne). Wyniki bardziej szczegółowego kartowania koryta sudeckiego potoku zaprezentowano w pracy Dąbrowskiej i



Ryc. 1. Sytuacja geomorfologiczna Wilczej Poręby

1 – aluwia rzeczne w ogólności (holocen); 2 – żwiry i piaski niższej terasy (plejstocen); 3 – żwiry i piaski wyższej terasy (plejstocen); 4 – stożek napływowy; 5 – szczyt i linia stokowa; 6 – próg tektoniczny; 7 – skałki; 8 – podcięcia brzegowe; 9 – kanały powodziowe; 10 – paleokoryto; 11 – obszary zabudowane z głównymi drogami; 12 – zapory przeciwrumowiskowe. Ryzyko związane z erozją i akumulacją rumowiska rzeczne: D – duże, Ś – średnie, N – niskie

Kasprzaka (2005). Tego typu opracowania mogą stać się podstawą wyznaczania podatności brzegów na erozję oraz prawidłowości w przebiegu procesów fluwialnych w rozpatrywanej zlewni – danych niezbędnych do opracowania map ryzyka.

Mapa ryzyka dla Karpacza-Wilczej Poręby

Wilcza Poręba to południowa dzielnica Karpacza (ryc. 1) położona na plejstocénkim stożku napływowym. Stożek ten został poprzecznie rozcięty i dźwignięty neotektonicznie o ok. 10 m ponad dno Kotliny Jeleniogórskiej. Jego pobocznkami płyną potoki Łomniczka i Płomnica. Profile podłużne potoków sugerują gwałtowne zmniejszenie spadku hydraulicznego poniżej progu tektonicznego, a więc tendencję akumulacyjną w pobliżu rozbudowującej się obecnie dzielnicy miasta (okolice dawnego basenu, dziś budowanego aquaparku). Analiza map oraz prace terenowe pozwoliły także na wyznaczenie opuszczonych koryt, które jednak wciąż manifestują się w morfologii terenu. Transport rumowiska modyfikowany jest na Łomniczce dwiema zaporami przeciwrumowiskowymi. Są one całkowicie wypełnione, a u ich podstawy działa nasilona erozja wgłębna i boczna. W podcięciach brzegowych odsłaniają się grube żwiry i głązy wysokiej terasy (wyższego poziomu stożka). W wyniku prac hydrotechnicznych prowadzonych w ostatnich latach fragment dolnego odcinka Łomniczki przekształcono w stopniowany, kamienno-betonowy ziób.

W prezentowanym opracowaniu zaproponowano trzystopniową mapę ryzyka w ujęciu zagrożeń procesami erozji i akumulacji rzecznej. Wydaje się, że większa liczba klas jest zbędna, zwłaszcza że ryzyko powodzi na terenach zalewowych także przedstawia się nie większą liczbą klas niż 3–4. Po analizie morfologii terenu (spadek podłużny cieków, kształt doliny, podcięcia erozyjne, paleokoryta, stożki aluwialne) wskazano miejsca, gdzie mogą zachodzić potencjalnie najszybsze zmiany w morfologii koryta i strefy przykorytowe. Ryzyko zwiększono w najbliższym sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych (akumulacja po stronie dopływowej, erozja po stronie zapływowej) ze względu na ich zły stan techniczny, w pobliżu mostów (konsekwencje tworzenia się zatorów z rumoszu drzewnego), w miejscach łączenia cieków (tendencja do tworzenia się odsypów żwirowych i zmian geometrii koryta) oraz na terenie zabudowanym z niekorzystną lokalizacją budynków w łóżyku rzek. Występowanie trzech czynników zagrażających stabilności brzegów uznano za miejsce o najwyższym stopniu ryzyka. Uzupełnieniem mapy powinny być szkice w dużej skali przedstawiające scenariusze

przekształceń rzeźby fluwialnej podczas powodzi na odcinkach o największym ryzyku.

Dyskusja i podsumowanie

Praca nad mapą ryzyka dotyczącą procesów erozji i akumulacji rumowiska w dolinach rzek górskich musi przebiegać w trzech etapach. Zaczyna się ona od zbierania informacji o minionych zdarzeniach, potem analizuje się materiały kartograficzne, następnie weryfikuje się koncepcje w terenie, wykonując kartowanie geomorfologiczne. Praca w terenie pozwala na uszczegółowienie obrazu i często nie da się jej zastąpić analizą teledetekcyjną np. na obszarze leśnym. Z uwagi na mnogość zagrożeń skala opracowania nie powinna być mniejsza niż 1:10 000–1:25 000. Aby uzyskać dokładny obraz kartograficzny, stosuje się także plany wielkoskalowe.

Do wyeliminowania pierwiastka subiektywizmu w tworzeniu map ryzyka należałoby zastosować obliczenia hydrauliczne związane z geometrią koryta i transportem rumowiska. Trudno jest jednak dokonać tego dla całego cieku w sposób drobiazgowy, szczególnie w sytuacji, gdy jak dotąd intensywność transportu rumowiska wleczonego nie da się wyrazić zależnością opartą na teoretycznych podstawach opisu ruchu dwufazowego wody i materiału stałego, a wszelkie powstałe formuły mają charakter empiryczny (w literaturze funkcjonują dziesiątki wzorów). Wydaje się, że należałoby wyznaczać charakterystyczne odcinki testowe, do których dałoby się porównać odcinki pozostałe. Problem obiektywizacji metody musi zostać poddany dyskusji.

Podejście geomorfologiczne, wyznaczające strefy ryzyka na podstawie *de facto* skutków minionych powodzi, nie jest pozbawione błędów i uogólnień. Prosto przedstawia jednak istotę zagadnienia, propagując wiedzę w sposób czytelny dla potencjalnego odbiorcy, jakim bez wątpienia powinni być mieszkańcy i zarządcy zagrożonych dolin.

Literatura

- Anonymus 1897. Die Hochwasser – Katastrophe im Riesengebirge am 29. bis 30. Juli 1897. Vierte Auflage. Hirschberg, s. 51.
- Bartnik W. 2006. Charakterystyka hydromorfologiczna rzek i potoków górskich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4, 1: 143–174.
- Bieroński J. 1994. Warunki formowania i transportu rumowiska wleczonego w zlewniach karkonoskich. [W:] Problemy hydrologii regionalnej. Mat. Ogólnopol. Konf. Hydr., Karpacz, 26–28 września, UWr., PTG, Wrocław, s. 163–167.

- Czerwiński J. 1991. Powódzie w rejonie Karkonoszy od XV w. do czasów współczesnych. *Acta Univ. Wratisl.*, 1237, Prace Instytutu Geograficznego, Ser. A, VI: 85–104.
- Dąbrowska A., Kasprzak M. 2007. Struktura koryta w małej zlewni górskiej na przykładzie potoku Skałka w Karkonoszach Wschodnich. *Systemy dolinne i ich funkcjonowanie. Prace Instytutu Geografii AŚ w Kielcach*, 16: 173–186.
- Gurnell A.M., Peiry J.-L., Petts G.E. 2004. Using Historical Data in Fluvial Geomorphology. [W:] G.M. Kondolf, H. Pieggey (red.), *Tools in fluvial geomorphology*, Wiley, s. 77–101.
- Hradek M. 2005. Changes in the channels and floodplains of sudetic rivers in the Morava river basin after flood in July 1997. *Geografický Casopis*, 57, 2: 131–144.
- Jahn A. 1968. Geomorfologiczne wnioski z obserwacji dna jeziora zaporowego. *Czas. Geogr.*, XXXIX, 2: 117–123.
- Kasprzak M. 2006. Floods after droughts: geomorphic changes in the valley floors of the Western Sudetes Mountains caused by a catastrophic flood event in August 2006. *Extreme hydrometeorological events in Poland and their impacts – European context. International Conference, Warsaw, Poland, 7–9.12.2006, Book of Abstracts*, s. 118–119.
- Kasprzak M., Traczyk A. 2008. Obserwacje morfologiczne dna zbiornika zaporowego Jeziora Modrego na Bobrze w Sudetach. *Gospodarka Wodna*, 3: 110–114.
- Katrycz M. 1998. Transport rumowiska wleczonego w zlewni Wilczego Potoku – Karkonosze Wschodnie. *Acta Univ. Wratisl.*, 2061, Prace Instytutu Geograficznego, Ser. A, Geogr. Fizyczna, 9: 37–58.
- Konieczny R., Walczykiewicz T. 2006. Projekt dyrektywy Unii Europejskiej w zakresie redukcji zagrożenia powodziowego. [W:] M. Maciejewski (red.), *Zagrożenia środowiska naturalnymi zjawiskami ekstremalnymi*. IMGW, Warszawa, s. 170–177.
- Krzemień K. 2006. Badania struktury i dynamiki koryt rzek karpackich. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4, 1: 131–142.
- Margas Cz., Szymczak H. 1969. Klęski żywiołowe w polskich Karkonoszach i regionie jeleniogórskim (1232–1968). *Wierchy*, R. 38: 55–115.
- Teisseyre A.K. 1978. Przebieg zjawisk erozji i sedymentacji w środowisku małych rzek górskich. [W:] A. Jahn, S. Kowaliński (red.), *Powódź w 1997 i jej skutki na Dolnym Śląsku*, s. 59–67.
- Teisseyre A.K. 1984. Procesy fluwialne i rozwój koryta górnego Bobru na odcinku badawczym w Białkowiej. *Geologia Sudetica*, 19, 1: 7–72.
- Thywissen K. 2006. Components of Risk. A Comparative Glossary, SOURCE, Publication Series of UNU-EHS, 2, s. 48.
- Zieliński T. 2003. Catastrophic flood effects in alpine/foothill fluvial system (a case study from the Sudetes Mts, SW Poland). *Geomorphology*, 54: 293–306.
- Żurawek R. 1999. Zmiany erozyjne w dolinach rzek Sudetów Kłodzkich wywołane powodzią w lipcu 1997 r. oraz w lipcu 1998 r. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 45: 43–61.