

Wpływ morfologii podłoża aluwiiów na stabilność układu koryta środkowej Wisły

Tomasz Falkowski*



Alluvial basement morphology influence on Middle Vistula channel stability. Prz. Geol., 53:605–608.

Summary. Because of large amount of deposited material and the varied discharge of water, the Middle Vistula possesses the morphologic and lithological characteristics of braided river.

During a geological survey of the valley which holds the bed of the Vistula River, culminations of the alluvia basement was detected in channel zone. There were outcrops of Mesozoic rocks — gaizes, marls and limestones, Paleogene and Neogene sediments as clays and sands and Pleistocene sediments as boulder clays, ice-dam deposits and compressed coarse grains fluvioglacial sediments are occasionally found. On the surface of these structures, the presence of residual lags was detected. The shallow location of structures in the river channel proves its erosion-resistant nature. In long section of river bottom they are marked by a considerable increase of their gradient. Resistant steps of this kind are crucial for the natural stability of the river valley in longitudinal profile. They can also cause culmination of flood flows.

The presence of the culminations of the alluvia basement in the river channel may be a factor increasing the probability of ice jam formation and ice jam floods.

Those phenomena are causes of characteristic morphology of terrace surface — presence of erosional troughs of flood event flows. They also affect depositional processes.

In the paper the morphologic characteristics of the Middle Vistula (braided lowland river) in the zones of various lithological types of alluvial basement culminations are presented, as well as characteristic structures of channel and flood deposits.

In the paper the morphologic characteristics of the Middle Vistula (braided lowland river) in the zones of various lithological types of alluvial basement culminations are presented, as well as characteristic structures of channel and flood deposits.

Key words: Vistula channel, alluvial basement, channel stability

Doliny rzeczne to strefy o szczególnym znaczeniu dla stanu środowiska przyrodniczego obszaru zlewni. Zróżnicowanie przebiegu procesów ich formowania obserwowane na obszarze Niżu Polskiego jest przyczyną różnorodności morfologicznej, litologicznej i strukturalnej ich odcinków, która z kolei wpływa na stosunki wodne i różnorodność siedliskową dna doliny.

W analizach środowiskowych prowadzonych dla potrzeb ochrony przyrody, planowania przestrzennego czy hydrotechniki (np. regulacji czy renaturyzacji rzek), ważnym elementem opisu aktualnego stanu środowiska powinno być wskazanie w dolinie stref o szczególnym znaczeniu dla jego stabilności.

W dolinach rzecznych na obszarze Niżu Polskiego rejestruje się występowanie w korycie kulminacji podłoża aluwiiów, zbudowanych z gruntów mających większą odporność na erozję niż przeciętne aluwia facji korytowej (Falkowski 1990). Formy takie są spotykane na obszarach o różnym stopniu zaawansowania procesów denudacyjnych (Falkowski & Popek, 1998; Falkowski, 2004). Forma cokołu erozyjnego i profilu podłużnego takich odcinków pozwala uznawać je (wg klasyfikacji E. Falkowskiego, 1970) za doliny rzek młodych o *ustabilizowanej erozji*. Na obszarze Niżu Polskiego występowanie rzek o młodych, z punktu widzenia stopnia wykształcenia rzeźby fluwialnej, dolinach jest związane głównie ze zjawiskiem ich poligeny (Falkowski, 1995).

Strefy występowania kulminacji podłoża aluwiiów pełnią często rolę progów — lokalnych baz erozyjnych, stabilizujących profil podłużny koryta. Sztuczne obniżenie ich poziomu może zainicjować, lub nasilić erozję wsteczną, spowodować obniżenie poziomu przepływu

średnich wód i przynajmniej okresowo przyczynić się do zmian stosunków wodnych w tarasach. Przykładem ciągu takich zjawisk mogą być zmiany profilu koryta Nurca. Przeprowadzone w obrębie tej poligenicznej doliny (Falkowski, 1988) prace melioracyjne przyczyniły się do zwiększenia prędkości spływu wód, a przez to do zmiany reżimu przepływu rzeki. Jednocześnie sztucznie obniżono poziom kulminacji podłoża aluwiiów, co zaowocowało intensywną erozją w korycie. Głębokość wcięcia wyniosła lokalnie ok. 2 m (Falkowski & Wienclaw, 1988).

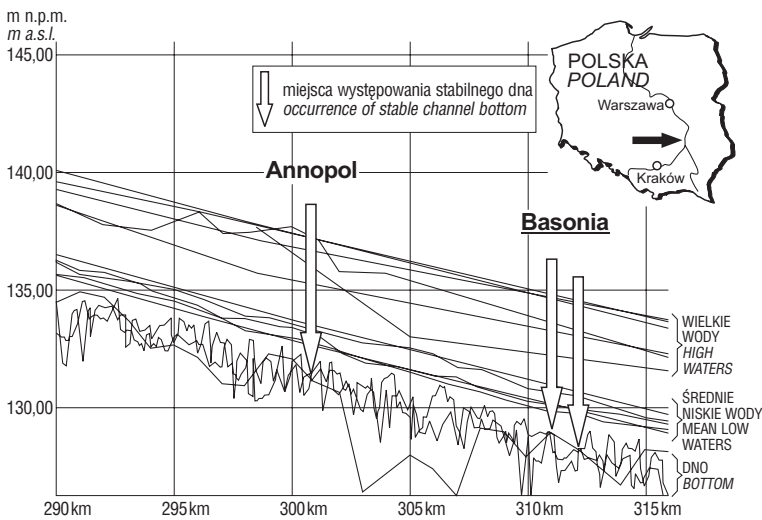
Przykładem formy o erozji ustabilizowanej występowaniem kulminacji podłoża aluwiiów jest dolina środkowej Wisły.

W artykule przedstawione zostały niektóre wyniki prac wykonywanych w trakcie realizacji projektu badawczego KBNT07G02021, którego tematem był związek dynamiki wybranych procesów korytowych ze zróżnicowaniem rzeźby i litologii podłoża aluwiiów. Badania prowadzono w dolinie środkowej Wisły (Falkowski i in., 2004).

Cel badań

Przeprowadzone badania miały na celu określenie cech geomorfologicznych powierzchni tarasowej oraz przedstawienie analizy struktur sedymentacyjnych osadów aluwialnych, wraz z oceną ich składu granulometrycznego, występujących w strefach kulminacji podłoża aluwiiów. Katalog takich cech mógłby być wykorzystywany jako klucz identyfikacyjny, umożliwiający lokalizację tych stref. Istotnym zagadnieniem w kontekście potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa elementów hydrotechnicznej zabudowy koryta było także ustalenie wpływu obecności kulminacji podłoża na takie procesy korytowe, jak formowanie się głównego nurtu, czy powstawanie zatorów lodowych.

*Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166; falkowski@alpha.sggw.waw.pl

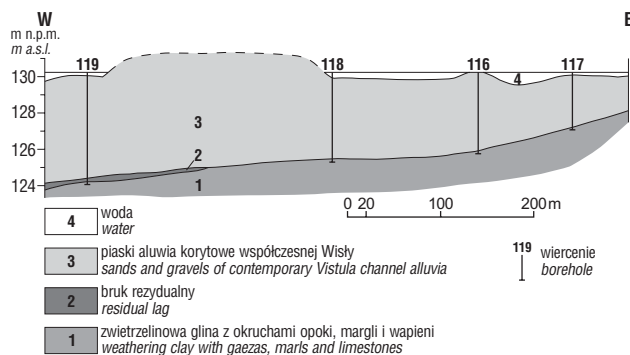


Ryc. 1. Zmiany położenia dna koryta Wisły na odcinku od kilometra 290 do kilometra 315 biegu rzeki. WW — wielkie wody, SNW — średnie niskie wody; strzałki pokazują miejsca występowania stabilnego dna
Fig. 1. Changes of the Vistula River channel bottom longitudinal profile between its 290 and 315 km. WW — high waters, SNW mean low waters; arrows shows occurrence of stable channel bottom

Metodyka badań

Badania prowadzono w wybranych odcinkach doliny środkowej Wisły od Annapola do Modlina. Wyboru odcinków do badań szczegółowych dokonano głównie w oparciu o analizę geomorfologiczną powierzchni tarasowej (prowadzona także z wykorzystaniem zdjęć lotniczych), a także przegląd archiwalnych materiałów hydrologicznych i hydrotechnicznych, znajdujących się w zasobach Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie — administratora odcinka środkowej Wisły.

W trakcie analizy geomorfologicznej powierzchni tarasów holoceniowego i współczesnego (Falkowski, 1967, 1971) poszukiwano głównie śladów erozji wód wezbraniowych — tak zwanych kanałów ulgi (Bieganski & Falkowski, 1988; Granacki i in., 1989; Karabon, 1980; Popek & Falkowski, 2000). Założono, że powinny one występować w tych miejscach, gdzie w czasie wezbrania, czy w trakcie powstawania zatoru lodowego, na skutek obecności w podłożu aluwii odpornego na erozję progę, nie może



Ryc. 2. Schematyczny przekrój geologiczny fragmentu koryta Wisły w okolicach Basonii (lokalizacja ryc. 3)
Fig. 2. Schematic geological cross-section of the Vistula channel zone (see Fig. 3 for location)

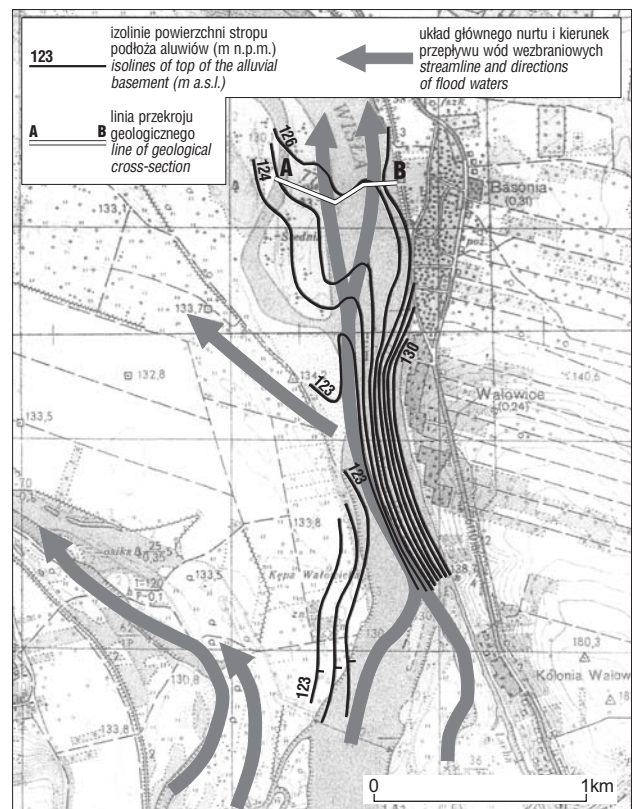
dojść do powiększenia przekroju czynnego koryta poprzez zwiększenie jego głębokości. Analizowano także rozmieszczenie miejsc tworzenia się zatorów lodowych (Popek & Falkowski, 2000).

Istotnym wskazaniem dla szczegółowych badań było występowanie w profilach podłużnych koryta, zestawionych z wyników synoptycznych badań echosondażowych, miejsc stałego położenia jego dna, wskazujących na możliwość ustabilizowania erozji i głębokości przeróbki aluwii (ryc. 1).

Analizowano także występowanie w korycie trwałych form depozycyjnych.

W trakcie badań szczegółowych przeprowadzono: sondowania i wiercenia w korycie oraz na powierzchni tarasów holoceniowego i współczesnego; opis struktur sedimentacyjnych osadów odsłaniających się w brzegach koryta; analizy składu granulometrycznego osadów korytowych i podłoża aluwii.

Przeprowadzono także echosondaż koryta w strefach występowania kulminacji podłoża aluwii przy różnych stanach wody. Do badań użyto echosondę sprzężoną z odbiornikiem GPS, mającym możliwość korekcji DGPS. Zestaw umożliwił rejestrację współrzędnych punktu pomiarowego i



Ryc. 3. Ukształtowanie podłoża aluwii w korycie Wisły w okolicach Basonii; strzałki pokazują układ głównego nurtu i kierunek przepływu wód wezbraniowych; A–B linia przekroju geologicznego (ryc. 2)

Fig. 3. Configuration of the alluvia basement surface of Vistula channel in the vicinity of Basonia; arrows show streamline and directions of flood waters; A–B geological cross-section (Fig. 2)

głębokości koryta z dowolnym krokiem czasowym. W badaniach stosowano odczyt co 3 sekundy.

Przeprowadzono także pomiary zmienności temperatury wody w korycie. Ich celem było zlokalizowanie stref o słabszym dopływie do koryta wód podziemnych. W miejscach takich należy liczyć się z większym prawdopodobieństwem zjawisk lodowych, gdyż w czasie długotrwałych mrozów odpływ podziemny ogrzewa wodę w korycie.

Wyniki badań były zestawiane w numerycznej bazie danych GIS (Ostrowski, 2004).

Rejestrowane były w niej wszystkie punkty dokumentacyjne, których lokalizację ustalano w terenie przy pomocy odbiorników kodowych GPS. Jest to szczególnie istotne w przypadku prac prowadzonych w korycie (sondy, wiercenia, echosondaż, opisy odsłoneń, pomiary zmienności temperatury wody).

Wyniki badań

Analiza echosondażowych archiwalnych profilów podłużnych koryta środkowej Wisły wykazała występowanie w dnie koryta Wisły tak zwanych punktów stałych. Są one miejscami załamania profilu podłużnego koryta, co wskazuje na stabilizujące znaczenie (ryc. 1) stref ich występowania dla morfologii dna doliny.

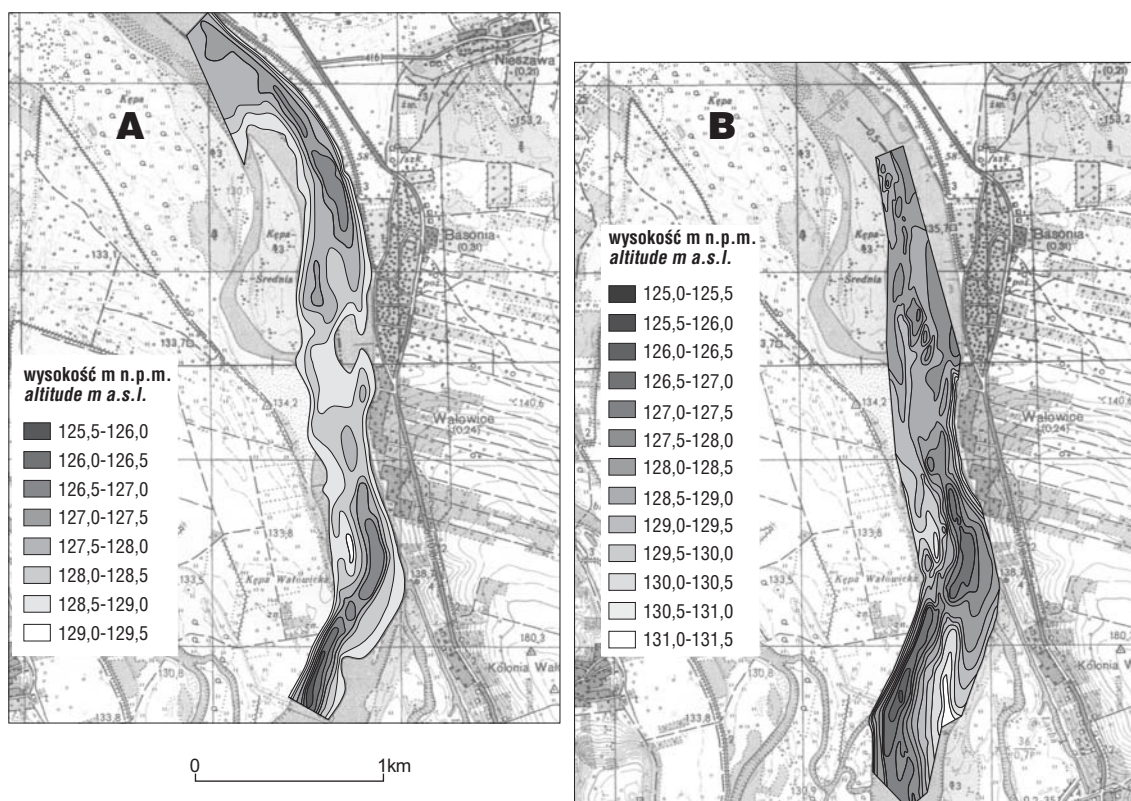
W miejscach tych stwierdzono obecność kulminacji podłoża aluwialnych. Głębokość występowania ich stropu zawiera się w przedziale 5–10 m (przeciętnie 7 m). Na odcinku „Przełomu Wisły przez Wyżynę Środkową” (Pożaryski, 1953) kulminacje podłoża budują głównie skały lite jury, górnej kredy i paleogenu. Na ich powierzch-

ni występuje często zwietrzelinowa glina, zawierająca okruchy skał podłoża oraz materiał skandynawski. W podłożu aluwialnym występują także rezydualne bruki (ryc. 2). Spoiste utwory paleogenu, neogenu i plejstoceny oraz rezydualne bruki budują kulminacje podłoża aluwialnych w pozostałej części doliny środkowej Wisły, poniżej odcinka przełomowego.

Wśród stwierdzonych kulminacji podłoża można wydzielić dwa zasadnicze ich typy: wąskie rynny oraz progi. Prezentowany na ilustracjach odcinek od km 310 do km 315 (okolice Basonii) składa się z wąskiej rynny koncentrującej strumień wód wezbraniowych i progów, przez który przelewają się rozdzielone strugi (ryc. 3).

Przeprowadzone badania echosondażowe (ryc. 4) wykazały istnienie w korycie tendencji do formowania głównego nurtu zgodnie z ukształtowaniem powierzchni kulminacji podłoża, niezależnie od stanu wody w korycie (ryc. 3). Zjawisko to ma wpływ na różnicowanie środowiska sedymentacji w strefie korytowej.

Zestawienie wykonanych analiz struktur sedymentacyjnych osadów budujących taras współczesny wykazało, że w strefach koryta, w których powierzchnia podłoża aluwialnych ma morfologię o charakterze rynny deponowane są głównie utwory korytowe, warstwowane przekątnie piaski i żwiry. We fragmentach koryta znajdujących się w obrębie progów podłoża lub skłonów jego powierzchni, w profilu utworów aluwialnych występują zazwyczaj dwa elementy strukturalne — seria utworów piaszczystych (piaski średnie z domieszką żwirów) warstwowanych przekątnie oraz przykrywający je dużej miąższości kompleksy piasków drobnych i mułków o laminacji smużystej, poziomej lub maszynych. Jest to osad środowiska równi zalewowej, deponowany w czasie opadania fali wezbraniowej. Pra-



Ryc. 4. Wyniki echosondażu koryta: A — z dnia 26.06.2004, B — z dnia 30.07.2004.
Fig. 4. Channel echo sounding results: A — from 26.06.2004, B — from 30.07.2004

widłowość ta jest obserwowana także w strukturach sedymentacyjnych osadów znajdujących się obecnie, po wybudowaniu wałów przeciwpowodziowych poza korytem.

Większe opory przepływu nad kulminacjami podłoża aluwii są przyczyną powstawania w tych strefach trwałych makroform depozycyjnych, które tylko w niewielkim stopniu ulegają przekształcaniu przez wielkie wody.

Istnienie tendencji do formowania głównego nurtu zgodnie z ukształtowaniem podłoża aluwii jest przyczyną powtarzających się awarii budowli regulacyjnych. Przykładem takiego zjawiska może być ciągłe podcinanie podnóża wału przeciwpowodziowego w rejonie Radwanowa Szlacheckiego na SE od Góry Kalwarii na skutek spychania głównego nurtu przez kulminację podłoża aluwii, zbudowaną w strefie stropowej z grubych żwirów i otczaków (Falkowski & Złotoszewska-Niedziałek, 2003).

Wnioski

Morfologia powierzchni tarasowej stref kulminacji podłoża aluwii na odcinku Wisły Środkowej, a także specyficzne cechy strukturalne współczesnych aluwii dowodzą wpływu obecności tych form na charakter procesów korytowych.

Zgodność występowania kulminacji podłoża aluwii z położeniem stref o trwałym położeniu dna w profilach podłużnych koryta świadczy o ich znaczeniu dla stabilizacji procesów erozji.

Zjawiska te mają istotne znaczenie dla stabilności stanu środowiska przyrodniczego doliny oraz dla trwałości trendów jej ewolucji. Strefy kulminacji podłoża aluwii powinny zatem podlegać wyjątkowej obserwacji i ochronie.

Powtarzające się awarie, urządzeń hydrotechnicznej zabudowy koryta, sugerują konieczność uwzględniania położenia i morfologii odpornego na erozję podłoża aluwii w pracach regulacyjnych i renatyryzacyjnych (np. wyznaczeniu przebiegu głównego nurtu).

Należy jednak podkreślić, że aktualne położenie stropu podłoża aluwii jest także wynikiem erozyjnej działalności wielkich wód. Obserwowane obecnie zjawisko zmiany reżimu przepływu (Ozga-Zielińska, 1997) polegające na zwiększeniu różnic pomiędzy przepływami ekstremalnymi może spowodować dostosowanie położenia stropu podłoża do nowych maksymalnych przepływów. Pociągnie to za sobą zwiększenie intensywności erozji wód wezbraniowych w strefie korytovej doliny powyżej progów.

Literatura

- BIEGANOWSKI R. & FALKOWSKI T. 1988 — Zagadnienie genezy tzw. „Kanałów ulgi” wód zaporowych na tarasach zwydmionych Bugu koło Wólki n. Bugiem. *Prz. Geol.*, 36: 664–665.
- FALKOWSKI E. 1967 — Ewolucja holocenijskiej Wisły na odcinku Zawichost–Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej dalszego rozwoju. *Biul. Inst. Geol.*, 198, t. IV Z badań geologiczno-inżynierskich w Polsce.
- FALKOWSKI E. 1970 — Historia i prognoza rozwoju układu koryta wybranych odcinków rzek niżowych Polski. *Biul. Geol.*, 12: 5–110.
- FALKOWSKI E. 1990 — Morphogenetic classification of river valleys developing in formerly glaciated areas for needs of mathematical and physical modeling in hydro technical projects. *Geographia Pol.*, 58: 55–67.
- FALKOWSKI E. (red.) 1982 — Opracowanie modelu budowy geologicznej wybranych regionów Wisły Środkowej, opracowanie wstępnej prognozy hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej wpływu piętrzenia wody w Wiśle. Synteza wyników badań wykonanych w latach 1980–1982. *Arch. Zakł. Prac Geol. Wydz. Geol. UW.*
- FALKOWSKI T. 1988 — Wpływ jednostek morfogenetycznych na warunki hydrogeologiczne w dolinie rzeki Nurzec. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.*, 347: 135–148.
- FALKOWSKI T. 1995 — Poligeniza jako czynnik warunkujący kształtowanie się modeli dolin w aspekcie oceny wodonośnych struktur aluwialnych i stabilizacji erozji wgłębszej. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. we Wrocławiu*, 270: 29–35. Wrocław.
- FALKOWSKI T. 2004 — Geomorfologiczne kryteria oceny stabilności koryt i den dolin rzecznych na Niżu Polskim; Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych, praca zbiorowa pod redakcją T. Heese i W. Puchalskiego (ed.), *Monografia Wydz. Bud. Inż. Środ.*, 103, Wyd. Politech. Koszala: 59–70.
- FALKOWSKI T. & WIENCLAW E. 1988 — Zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych doliny rz. Nurzec na tle genezy jej odcinków i wykonanych zabiegów melioracyjnych. *IV Ogólnopol. Symp. Aktualne problemy hydrogeologii, cz. III. Metodyka badań i ochrona zasobów wód podziemnych.* Wyd. Inst. Morskiego. Gdańsk.
- FALKOWSKI T. & POPEK Z. 1998 — Zmiany położenia dna w korycie Wkry na tle zróżnicowania morfogenetycznego jej doliny i przyległych wysoczyzn. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.*, 458: 33–43.
- FALKOWSKI T. & ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK H. 2003 — Wpływ podłoża aluwii na morfologię koryta Wisły w rejonie Góry Kalwarii. *Prz. Nauk. Wydz. Inż. Kształt. Środ.*, 12: 75–81.
- FALKOWSKI T., ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK H., POPEK Z., WILK E., OSTROWSKI P., FALKOWSKA E., GÓRKA M. & OSTROWSKA A. 2004 — Związek dynamiki wybranych procesów korytowych ze zróżnicowaniem rzeźby i litologii podłoża aluwii na przykładzie doliny Wisły od Annapola do Modlina. *Sprawozdanie z grantu KBN T07G 020 21.*
- GRANACKI W., KRAUŻLIS K. & FALKOWSKI T. 1989 — Litologiczne i morfogenetyczne kryteria oceny zatorogenności odcinków koryta dolnej Wisły. *Informator Projektanta, Hydroprojekt*, 1/2.
- KARABON J. 1980 — Morfogenetyczna działalność wód wezbraniowych związana z zatorami lodowymi w dolinie Wisły Środkowej. *Prz. Geol.*, 28: 512–515.
- POPEK Z. & FALKOWSKI T. 2000 — Tendencje zmian charakterystyki zjawisk lodowych na odcinku Wisły Środkowej w okresie ostatnich 50 lat. *Prz. Nauk. Wydz. Inż. Kształt. Środ.*, 19: 207–226.
- POŻARYSKI W. 1953 — Plejstocen i litologii podłoża aluwii w południowej. *Pr. Inst. Geol.*, 9: 1–134.
- OSTROWSKI P. 2004 — Wykorzystanie techniki GIS do badań batymetrycznych dużych rzek nizinnych. *Prz. Nauk. Wydz. Inż. Kształt. Środ.*, 2/29: 32–40.
- OZGA-ZIELIŃSKA M. 1997 — O konieczności określenia dla rzek polskich maksymalnych wiarygodnych wezbrań wywołanych maksymalnymi, wiarygodnymi opadami. *Forum Nauk.-Tech. Powódź 1997, Inst. Meteorologii i Gospodarki Wodnej Warszawa*: 1–10.