

MICHAŁ HABEL

Instytut Geografii
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

PROCESY EROZYJNO-AKUMULACYJNE WISŁY PONIŻEJ STOPNIA WODNEGO WE WŁOCLAWKU

Streszczenie. W pracy oceniono aktualny stan koryta rzeki Wisły, na odcinku zlokalizowanym bezpośrednio poniżej stopnia wodnego we Włocławku. Rzeka została przegrodzona zapora w październiku 1968 roku i od tego czasu uaktywnił się proces erozji wgłębnej koryta, sięgający obecnie ponad 40 km poniżej stopnia wodnego. W warunkach uregulowanego koryta i erozyjnej pracy rzeki na dolnym odcinku zapory w szybkim tempie formuje się nowy niski poziom zalewowy. Samotnie funkcjonująca zapora we Włocławku, projektowana jako jedna z 8-9 stopni Kaskady Dolnej Wisły, przyczynia się do ciągłego wcinania się koryta. Powoduje to zagrożenie stateczności zapory oraz innych obiektów hydrotechnicznych zlokalizowanych poniżej. Podejmowane prace zabezpieczające koryto przed erozją pochłaniają duże środki finansowe, a ich rezultat jest krótkotrwały.

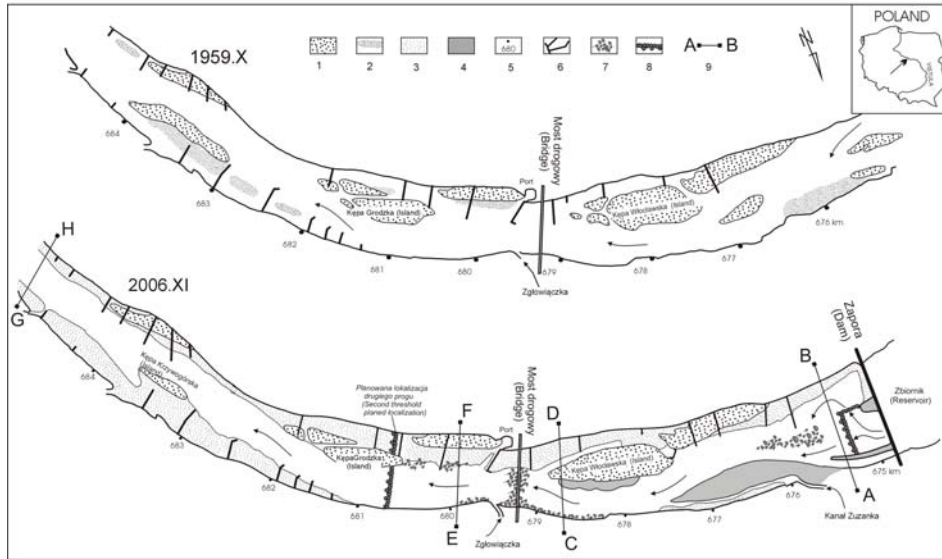
Słowa kluczowe: stopień wodny „Włocławek”, erozja wgłębna, równina zalewowa

Wprowadzenie

Koryto Wisły poniżej stopnia wodnego „Włocławek”, ze względu na ingerencję człowieka, wciąż podlega przekształceniom niekorzystnym dla środowiska przyrodniczego, a przede wszystkim gospodarki regionu. Proces postępującego obniżania się dna Wisły po ponad 38 latach najwyraźniej zaznacza się na około 10-kilometrowym odcinku rzeki bezpośrednio poniżej zapory.

Cel badań, zakres oraz metody

Celem pracy było przedstawienie przebiegu procesów fluwialnych Wisły bezpośrednio poniżej stopnia wodnego „Włocławek”. Ich przebieg jest uzależniony w głównej mierze od gospodarczej działalności człowieka. Analizą objęto odcinek dolnej Wisły od zapory (674,9 km) do 685 km (rys. 1).



Rys. 1. Szkic morfodynamiczny koryta Wisły poniżej zapory we Włocławku (na podst. BABIŃSKI 1982, GLCF..., GOOGLE...): 1 – kępy i odsypy brzegowe, 2 – łachy przykępowe i boczne, 3 – nowa równina zalewowa, 4 – sztuczne nasypy powstałe w wyniku refulacji, 5 – kilometrów Wisły, 6 – ostrogi rzeczne, 7 – głazy, kamienie jako pozostałość z rozmycia gliny oraz sztuczne umieszczone w korycie, 8 – progi stabilizujące, 9 – miejsca wykonanych przekrojów poprzecznych

Fig. 1. Morphodynamic sketches of the Vistula channel below the water dam in Włocławek: 1 – islands and fixed side bars, 2 – near-island bars and side bars, 3 – new flood plain, 4 – unnatural forms, result of de-silting works, 5 – kilometers along the Vistula bank, 6 – river groynes, 7 – unnatural protection of bottom by boulders and stones, 8 – thresholds, 9 – cross-section profiles

W okresie ostatnich dwóch lat, podczas badań terenowych, wykonano wiele pomiarów geodezyjnych powierzchni równiny zalewowej, przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne i litologiczne. Analizie poddano również zdjęcia lotnicze Wisły z okresu 1997-2005 oraz obrazy satelitarne. Zebrano bogatą literaturę na temat problemu badawczego, w postaci publikacji naukowych oraz niepublikowanych archiwalnych dokumentacji technicznych, wykonanych przez: Hydroprojek we Włocławku, Inspektoraty Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Toruniu i Włocławku.

Reżim hydrologiczny

Reżim hydrologiczny dolnej Wisły w okresie funkcjonowania stopnia wodnego „Włocławek” (1969-2005) odznaczał się generalnie czterema okresami wilgotnymi z tendencją ogólną do obniżania się przepływów w latach 1982-1997. Podczas lat wilgotnych średnie roczne przepływy wahały się od około 950 do 1350 m³/s. W latach suchych wartości te wynosiły od 577 do 830 m³/s.

Wysokie stany wody występują najczęściej w marcu i kwietniu, rzadziej w lecie. Fale wezbraniowe w okresie 1960-1995 wkraczały na powierzchnię równiny zalewowej średnio na 4-6 dni w roku i miały maksymalną wysokość 6 m (BABIŃSKI 2002). Niższe stany wody na dolnej Wiśle występują przede wszystkim na przełomie jesieni i zimy, rzadziej latem (BABIŃSKI 1982). Podczas trwania niżówek przepływy osiągają wartość poniżej 300 m³/s.

Częste i duże wahania stanów wody doprowadzały do wzrostu spadku zwierciadła wody, który na badanym odcinku dochodził do 0,44 ‰ (BABIŃSKI 1982). Podczas nagłych zrzutów wody następowały drastyczne przyrosty natężenia przepływów rzeki: od 350 m³/s maksymalnie do 2190 m³/s (BABIŃSKI i GRZEŚ 1995). Największe dobowe amplitudy stanów wody obserwowano w czasie średnich przepływów. Od stycznia 2002 roku hydroelektrownia pracuje w systemie ciągłego przepływu (DECYZJA... 2001), co ograniczyło wielkość amplitud dobowych wahań stanów wody na odcinku Wisły poniżej zapory.

Jak wynika z przebiegu krzywych konsumpcyjnych dolnego stanowiska stopnia „Włocławek”, w ciągu 34 lat funkcjonowania zapory, przy przepływie 500 m³/s, zwierciadło wody obniżyło się o 2,7 m (ANKIERSZTEJN i KODURA 2003).

Proces erozji koryta

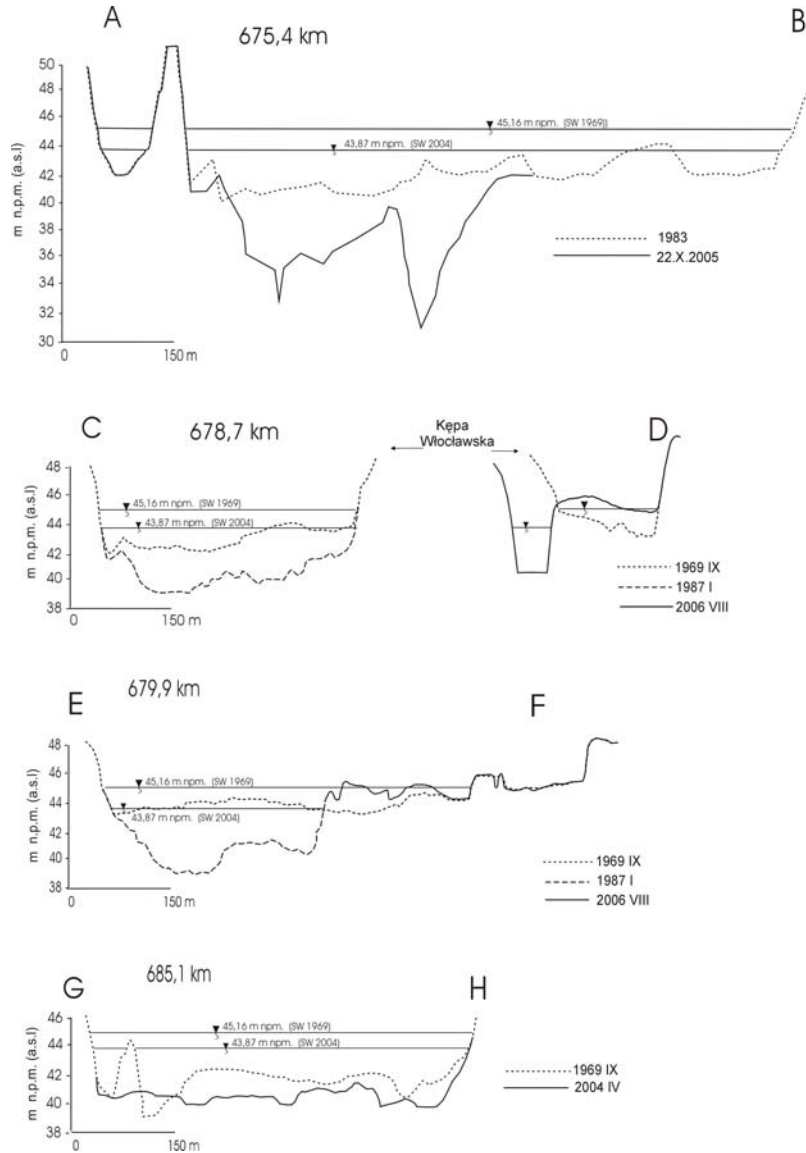
Proces erozji poniżej stopni wodnych powszechnie wiązany jest z powstaniem deficytu rumowiska, którego uzupełnienie prowadzi do obniżania dna i zwierciadła wody, zmiany brzegów koryta, składu mechanicznego rumowiska oraz materiału dennego (BABIŃSKI 1992, 2006, KONDOLF 1997, JURACEK 2002, WANG i HU 2004). Rozwój procesu erozji wgłębnej poniżej zapór jest najczęściej charakteryzowany przez tempo obniżania się dna i przemieszczanie się czoła strefy erozyjnej w dół rzeki (BABIŃSKI 2006).

Z badań geomorfologicznych i sedymentologicznych BABIŃSKIEGO (1982, 1992) wynika, iż erozja koryta poniżej stopnia wodnego „Włocławek” nie przebiega jednostajnie w czasie, lecz cechuje się zróżnicowanym tempem przemieszczania czoła strefy erozyjnej. Obecnie, po 37 latach, czoło strefy erozyjnej znajduje się w odległości ponad 40 km od zapory (BABIŃSKI 2006).

Na badanym odcinku rzeki do chwili obecnej dno obniżyło się: w bliskim sąsiedztwie zapory 3,5-4,0 m, w linii mostu około 2,8 m, w przewężeniu koryta pod Nieszawą około 0,4 m (BABIŃSKI 2006). Obniżanie poziomu zwierciadła wody spowodowało zwiększenie wysokości piętrzenia wód zbiornika średnio o 2,30 m, czyli z projektowanego 11,8 m na 14,1 m (DECYZJA... 2001).

W przebiegu profilu podłużnego dna na 10 km odcinku rzeki poniżej zapory zaznaczają się dwie strefy płos (SKOWROŃSKI 2005). Pierwsza jest położona około 600 m poniżej zapory i wiąże się z funkcjonowaniem w korycie tymczasowego progu z narzutu kamiennego (rys. 1). Poniżej tej budowli, powstałej w latach 1997-2000, wytworzyło się lokalne przegłębienie (płoso) o głębokości prawie 14 m (rys. 2), licząc od korony progu. Drugie, wyraźne rozleglejsze obniżenie w dnie występuje w rejonie mostu drogowego we Włocławku (około 679-680 km; rys. 2). Erozja dna w tym profilu zagraża stateczności filarów mostu drogowego. Za przyczynę obniżania się dna w rejonie mostu

upatruje się zwężenie koryta powstałe w wyniku pobudowanych w połowie XX wieku budowli regulacyjnych. W celu zdekoncentrowania przepływu z wąskiej około 400-metrowej strefy w korycie bocznym Kępy Włocławskiej wykonano przekop o szerokości ok. 150 m (rys. 1).



Rys. 2. Przekroje poprzeczne koryta Wisły oraz równiny zalewowej poniżej zapory we Włocławku (na podst. ANKIERSZTEJN i POLAK 2006, HYDROPROJEKT...)

Fig. 2. Cross-section profiles of Vistula channel and flood plain below Włocławek dam (ANKIERSZTEJN i POLAK 2006, HYDROPROJEKT...)

Na badanym odcinku rzeki dostrzegalne są również zmiany cech teksturalnych i strukturalnych osadów budujących dno. Wszelki drobny materiał z koryta został wyerodowany na drodze uzupełniania rumowiska i spożytkowania energii rzeki. W dnie i strefie brzegowej na prawie 8-kilometrowym odcinku pozostały jedynie osady frakcji kamienistej (otoczaki i sporadycznie głązy) zalegające na utworach trudnorozmywalnych (głina czwartorzędowa i ły pliocenijskie; fot. 1 i 2). Z analizy zdjęć lotniczych



Fot. 1. „Wyczyszczone” z osadów dno koryta Wisły zapory wodnej i progu stabilizującego. Widoczne głązy i ły (sierpień 2006)
 Phot. 1. From materials “cleaned” channel bed of Vistula below dam and threshold. Visible stones and clays on bottom (August 2006)



Fot. 2. Wynurzone dno Wisły. Widoczny bruk zalegający na ıłach trzeciorzędowych (prawy brzeg 680,5 km; grudzień 2006)
 Phot. 2. Emerged fragment of Vistula bottom. Visible pavement on clays covering (right bank 680.5 kilometers along Vistula; December 2006)

wykonanych we wrześniu 2005 roku wynika, że materiał piaszczysty (w postaci łach) pojawiają się dopiero 18 km poniżej zapory. Z przekrojów podłużnych dna Wisły, wykonywanych przez Inspektorat RZGW w Toruniu, wynika jednoznacznie, że od końca lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku brak zmian głębokości koryta na odcinku od zapory we Włocławku do około 693 km.

Tworzenie się nowej równiny zalewowej

Prace regulacyjne na badanym odcinku Wisły, wykonane w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku i późniejsza działalność stopnia „Włocławek”, przyczyniły się do ograniczenia szerokości koryta (koncentracji nurtu; rys. 1), wcinania się rzeki (rys. 2) oraz zmian ilościowych i jakościowych transportu fluwialnego (BABIŃSKI 2005). Wynikiem wspomnianych procesów jest formowanie się nowego niższego poziomu równiny zalewowej (rys. 1, fot. 3).



Fot. 3. Nowo powstały poziom zalewowy Wisły pod Włocławkiem (prawy brzeg), będący wynikiem procesów erozyjno-akumulacyjnych poniżej zapory we Włocławku (lipiec 2006)

Phot. 3. Newly formed flood plain of Vistula near Włocławek (right bank), begin an effect of erosive-accumulative processes below the Włocławek dam (July 2006)

Występowanie niskiej równiny utrwalonych odsypów międzyostrogowych, corocznie zalewanej przez wody wezbrań, opisują między innymi STARKEL (2001) i WYŻGA (1999) na karpaccich dopływach Wisły. Jednak tempo wykształcenia się nowej równiny zalewowej Wisły bezpośrednio poniżej zapory we Włocławku jest duże w porównaniu z opisanymi przykładami uregulowanych rzek karpaccich. Już w pierwszym roku działalności zbiornika „Włocławek” następowało szybkie wypełnianie rumowiskiem obszarów koryt bocznych za kępami i stref między budowlami regulacyjnymi (ostrogami), materiałem wyerodowanym z dna strefy nurtu (BABIŃSKI 1982). Na około 10 km od-

cinu poniżej zapory pełne wykształcenie się nowego poziomu zalewowego nastąpiło już po 10 latach od powstania zapory.

Obecnie nowo uformowana równina zalewowa o szerokości 120-300 m wznosi się na wysokość około 43,5-46,5 m n.p.m., tj. od 0,5 m do 3 m nad poziom lustra średniej wody w zależności od warunków lokalnych (rys. 2). Spadek częstości pojawiania się wody na powierzchni zalewowej, związany zapewne ze zwiększającą się pojemnością koryta Wisły, przyczynił się do utrwalenia jej przez roślinność. Również dobrze zachowały się na powierzchni nowego poziomu zalewowego formy depozycji pozakorytowej w postaci kilku ciągów wałów przykorytowych oddalonych od 30 do 60 m od krawędzi aktywnego koryta (fot. 4). Z badań struktury osadów budujących wały wynika, iż mamy tu do czynienia z różnymi generacjami ciągów tych form, które wyznaczają nam kolejne epizody wcinania się koryta Wisły, i poszerzaniem się równiny zalewowej.



Fot. 4. Fragment nowej równiny oraz jeden z wałów przykorytowych w otoczeniu basenów popowodziowych (rejon Kępy Grodzkiej; listopad 2006)

Phot. 4. Fragment of newly formed flood plain and one of natural levee in the midst floodplain basins (near Grodzka Island; November 2006)

Podsumowanie

Przebieg procesów erozyjno-akumulacyjnych Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku jest ściśle związany z przeprowadzonymi w przeszłości i kontynuowanymi zabiegami hydrotechnicznymi oraz pracą stopnia wodnego.

– Do chwili obecnej dno koryta Wisły obniżyło się: w bliskim sąsiedztwie zapory o 3,5-4,0 m, w linii mostu drogowego we Włocławku o około 2,8 m.

– Obniżanie poziomu zwierciadła wody średnio o 2,30 m spowodowało zwiększenie wysokości piętrzenia wód zbiornika z projektowanych 11,8 m na 14,1 m.

– Na badanym odcinku Wisły można wyróżnić dwie strefy przegłębień (plos): pierwsza poniżej tymczasowego progu stabilizującego (około 500 m od linii zapory) o głębokości prawie 14 m oraz druga w rejonie mostu drogowego (4,5 km poniżej stopnia wodnego).

– W celu ograniczenia dalszego pogłębiania dna poniżej tymczasowego progu stabilizującego lustro wody poniżej jazu i elektrowni ubezpiecza się to przegłębienie narzutem kamiennym.

– Aby zmniejszyć zagrożenie podmycia filarów mostu drogowego, poszerzono aktywną strefę koryta z 400 m do prawie 600 m przez wykonanie przekopu w korycie bocznym Kępy Włocławskiej (rys. 1).

– W dnie i strefie brzegowej na prawie 8-kilometrowym odcinku pozostał jedynie materiał grubo frakcyjny (kamienie i głazy) zalegający na utworach trudno rozmywalnych (głina czwartorzędowa i ropy plioceńskie; fot. 2).

– Piaszczyste ruchome dno koryta Wisły występuje dopiero 18 km poniżej zapory.

– Jednym ze skutków ograniczenia szerokości koryta Wisły przez prace regulacyjne, erozji wglębnej oraz zmian w transporcie fluwialnym jest proces formowania się nowego niższego poziomu równiny zalewowej.

– Z badań struktury osadów pozakorytowych wynika, że nadal postępuje proces formowania się nowej równiny związanej z jej poszerzaniem się.

Literatura

- ANKIERSZTEJN I., KODURA A., 2003. Stopień wodny Nieszawa – Ciechocinek koncepcja programowo-przestrzenna. Materiały informacyjne dla Komisji Ochrony Środowiska Senatu RP. Hydroprojekt, Warszawa.
- ANKIERSZTEJN I., POLAK K., 2006. Czy Nieszawa zdąży przed katastrofą Włocławka? Gosp. Wodn. 8.
- BABIŃSKI Z., 1982. Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku. Dok. Geogr. 1-2.
- BABIŃSKI Z., 1992. Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły. Pr. Geogr. 157.
- BABIŃSKI Z., 2005. The relationship between suspended and bed load transport in river channels. W: Sediment Budgets 1. IAHS Publ. 291. Proceedings of symposium S1 held during the Seventh IAHS. Red. D.E. Walling, A.J. Horowitz. Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brasil.
- BABIŃSKI Z., 2006. Morfodynamika koryta Wisły poniżej Zbiornika Włocławskiego. W: Erosion-accumulation processes and the river systems of developed territories. 3-th Seminary Ukrainian-Polish-Russian in Lviv, 23-26 October 2006.
- BABIŃSKI Z., GRZEŚ M., 1995. Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego „Włocławek”. Zesz. Inst. Geogr. Przestrz. Zagosp. PAN 30.
- DECYZJA nr OŚ OW 6811-6/01. 2001. Pozwolenie wodno-prawne na piętrzenie wód rzeki Wisły oraz na pobór i zrzut wody przez stopień wodny „Włocławek” i elektrownię wodną „Włocławek”, 14.12.2001 r.
- GLCF Landsat Imagery. www.glcapp.umiacs.umd.edu.
- GOOGLE EARTH portal. www.earth.google.com (satellite and aerial imagery).
- HYDROPROJEKT Włocławek – przekroje poprzeczne koryta Wisły na odcinku 675, 3-695 km. Masz. Hydroprojekt, Włocławek.
- INSPEKTORAT RZGW w Toruniu. Profile podłużne koryta Wisły. Maszyn. RZGW, Toruń.

Habel M., 2007. Procesy erozyjno-akumulacyjne Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2, #22.

- JURACEK M., 2002. Channel-bed elevation changes downstream from large reservoirs in Kansas. *Water – Resources Investigations Report. USGS.*
- KONDOLF M., 1997. Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channel. *Environ. Manag.* 21, 4.
- SKOWROŃSKI T., 2005. Wpływ prac hydrotechnicznych na zmiany koryta Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku. *Maszyn. WSHE, Włocławek.*
- STARKEŁ L., 2001. Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś. *Monogr. Inst. Geogr. Przestrz. Zagosp. PAN* 1.
- WANG Z., HU CH., 2004. Interactis between fluvial systems and large scale hydro-projects. W: *Ninth International Symposium on River Sedimentation October 18-21, 2004. Yichang, China.*
- WYŻGA B., 1999. Wpływ pogłębiania się koryt karpackich dopływów Wisły na zmiany warunków sedimentacji pozakorytowej. W: *Problemy ochrony i renaturalizacji dolin dużych rzek Europy. Red. M. Kucharczyk. Kraków.*

EROSION AND ACCUMULATION PROCESSES OF VISTULA RIVER BELOW THE WŁOCŁAWEK BARRAGE

Summary. The article gives an up-to-date evaluation of the Vistula river bed in the sector close below the Włocławek barrage. In the recent 38 years a new type of channel bottom has been shaped as the result of bed erosion in regulated river sector below the Włocławek dam and reservoir. The new channel bottom is characterized by forced bed erosion and a new flood plain rising in a non-typical way. The process of forming of a new flood plain has been slowed down by limited amplitude of water level fluctuations, a change in running the hydroplant and lack of fine-grained material in channel bottom at the distance of 18 km. The “hungry water” activates load accumulated on the flood plain in the period of 1968-2002. The constant threat of dam catastrophe, the endangered road bridge in Włocławek and degradation of other utility values of the river make it necessary to heighten the minimal water level in the lower stand of the dam.

Key words: Włocławek barrage, bed erosion, flood plain

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Michał Habel, Instytut Geografii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, ul. Mińska 15, 85-428 Bydgoszcz, Poland, e-mail: mihab@o2.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.05.2007

Do cytowania – For citation: Habel M., 2007. Procesy erozyjno-akumulacyjne Wisły poniżej stopnia wodnego we Włocławku. Nauka Przyr. Technol. 1, 2, #22.