

OKREŚLENIE PRZYCZYNY ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO TERENÓW ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W STREFIE ODDZIAŁYWANIA STOPNIA WODNEGO ŁĄCZANY

THE QUALIFICATION OF THE CAUSE OF THE FLOOD THREAT OF TERRAINS LOCATED IN THE ZONE OF THE INFLUENCE OF THE WATER BARRAGE ŁĄCZANY

Bogusław Michalec

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono opis przebudowy fragmentu systemu hydrotechnicznego Łączany, mającego istotny wpływ na zagrożenie powodziowe miejscowości Zarzeczce. Wykonane pomiary geodezyjne i obliczenia hydrauliczne wyznaczonych przekrojów poprzecznych odcinka głównego rowu R tego systemu hydrotechnicznego umożliwiły określenie przyczyny zagrożenia powodziowego terenów miejscowości Zarzeczce, znajdujących się w strefie oddziaływania stopnia wodnego Łączany.

Stwierdzono zmniejszenie przepustowości badanego odcinka rowu R, tj. od km 4+050 do km 4+113, z wartości $3,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, podanej w Projekcie melioracji... [1957], do wartości $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Niższa przepustowość spowodowana została zmniejszeniem powierzchni przekroju i zmniejszeniem spadku dna, w wyniku przebudowy tej części rowu w trakcie wykonawstwa przejazdu z przepustem. Przepływy o natężeniu większym od $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, występując z koryta rowu R, wpływają do kanału ulgi, obciążając pompownię Zarzeczce. W przypadku przepływów o większym natężeniu woda gromadzi się w kanale ulgi, a po przekroczeniu jego pojemności następuje zatopienie terenów miejscowości Zarzeczce.

Abstract. The description of the reconstruction of the fragment of the hydrotechnical system Łączany was introduced in this work. This system has the essential influence on the threat flood the of the locality Zarzeczce. The executed surveys and hydraulic calculations of the appointed cross-sections of the section of the main channel R, this hydrotechnical system made possible the qualification of the cause of the flood threat of the terrains of the locality Zarzeczce, located in the zone of the influence of the water barrage Łączany.

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

The decrease the conveyance of studied section of the channel R was affirmed, i.e. from the km 4+050 to the km 4+113, from the value $3.19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (acc. to Reclamation design... [1957]), to the value $1.06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. The lower conveyance was caused become decrease of the surface of the cross-section and decrease of the slope of the bottom, in the result of the reconstruction of this part of channel during the execution of the passage with the culvert. Water discharges about larger intensity than $1.06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, stepping out from the channel R, flowing in to the pumping station channel burden pumping station Zarzecze. In the case of water discharge with larger intensity the water store in the pumping station channel, and after crossing of his capacity follows submergence of the terrains of the locality Zarzecze.

Słowa kluczowe: system hydrotechniczny, rów, przepust, przepustowość

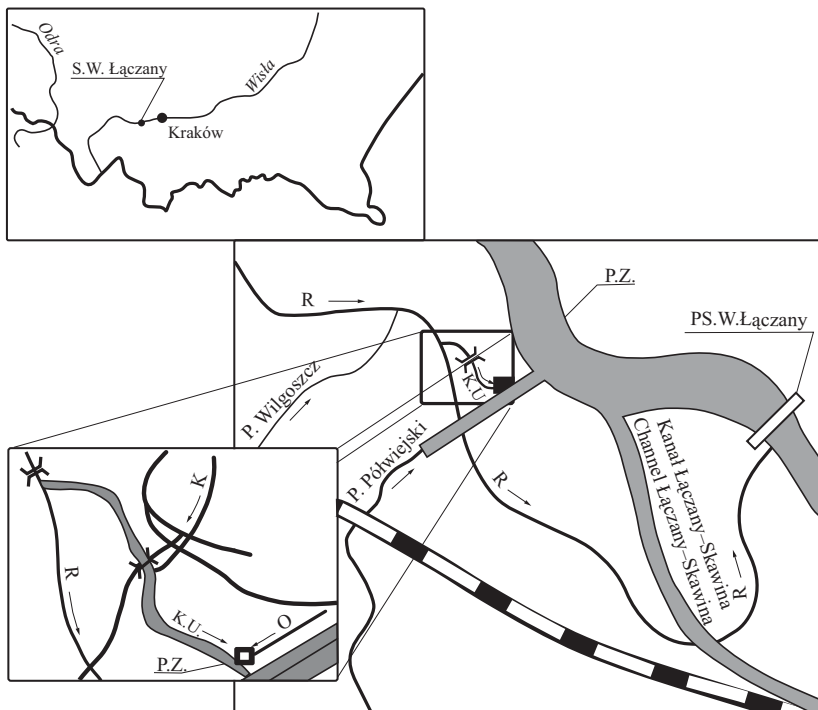
Key words: hydrotechnical system, channel, culvert, conveyance

WSTĘP

Stopień wodny Łączany, zlokalizowany w 38+560 km rzeki Wisły, został wybudowany w latach 1955–1961. Powierzchnia zlewni Wisły, zamkniętej tym stopniem, wynosi 6877 km^2 . Zadaniem stopnia wodnego jest doprowadzenie wody do elektrowni w Skawinie kanałem żeglugowo-energetycznym o długości 15,5 km, stanowiącym jedno z ogniw drogi wodnej Górnej Wisły. Urządzeniem piętrzącym jest jaz na rzece Wiśle w Łączanach. Zamknięcia jazu stanowi pięć zasuw o szerokości 20 m każda. Wysokość normalnego piętrzenia wynosi 6,4 m w odniesieniu do średniego rocznego stanu przed spiętrzeniem. Piętrzenie to wywołuje powstanie cofki o długości 14 km [Wieczysty 1985].

Do zasadniczych elementów systemu hydrotechnicznego stopnia wodnego Łączany należy zaliczyć urządzenia odwadniające tereny przyległe, syfony do przepuszczenia pod kanałem małych cieków [Wieczysty 1985]. Urządzenia te zostały zaprojektowane i wykonane ze względu na warunki hydrauliczne spowodowane piętrzeniem wód Wisły stopniem wodnym Łączany. Likwidację ujemnych skutków piętrzenia tym stopniem spełnia siedem pompowni, których celem jest odprowadzenie nadmiaru wód gruntowych z terenów przyległych do stopnia. Zadaniem systemu hydrotechnicznego stopnia wodnego Łączany jest zniwelowanie szkodliwego wpływu podniesienia się zwierciadła wody gruntowej na uprawy rolne i zabudowania [Instrukcja... 2010]. System ten spełnia nie tylko funkcję związaną z likwidacją skutków piętrzenia wód Wisły stopniem Łączany, lecz jest również wykorzystywany do ochrony przed powodzią terenów położonych w sąsiedztwie stopnia. Zgodnie z Instrukcją... [2010] system hydrotechniczny likwiduje negatywne skutki oddziaływania piętrzenia Wisły stopniem wodnym w normalnych warunkach eksploatacji, tj. gdy zachowana jest różnica poziomów wody górnej i dolnej na stopniu. Wtedy wszelkie koszty związane z obsługą i utrzymaniem systemu obciążają Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie. W warunkach przejścia fali powodziowej przez stopień wodny, gdy pojawia się zagrożenie powodziowe terenów przyległych do stopnia Łączany, zarządzenie ryzykiem powodziowym jest w kompetencji Komitetów Przeciwpowodziowych, którymi kierują gminne, powiatowe i wojewódzkie Zespoły Reagowania Kryzysowego. W warunkach powodziowych koszty zabezpieczenia terenów zagrożonych powodzią, położonych w dolinie Wisły oraz koszty eksploatacji, utrzymania i kontroli obiektów gospodarki wodnej, służącej ochronie przeciwpowodzio-

wej powinny ponosić gminy, gdyż zgodnie z obowiązującymi przepisami ustawy z 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne, według art. 81 ochrona przed powodzią jest zadaniem organów administracji rządowej i samorządowej. Jednakże pomimo tego w warunkach powodziowych system hydrotechniczny stopnia Łączany zostaje włączony w działania przeciwpowodziowe, a kosztami zostaje obciążony administrator systemu, tj. RZGW w Krakowie. Brak wyraźnego podziału kompetencji i odpowiedzialności finansowej w trakcie działań przeciwpowodziowych jest przyczyną obciążania eksploatatora systemów hydrotechnicznych stopni wodnych na Wiśle wszelkiego rodzaju kosztami związanymi ze skutkami powodzi. Ustalenie zakresu kompetencji i odpowiedzialności finansowej związanej z ochroną przeciwpowodziową wymaga dokonania szczegółowej inwentaryzacji technicznej poszczególnych elementów systemu odwodnieniowego i wykazania możliwości jego wykorzystania do ochrony przeciwpowodziowej. Wykonane wstępne analizy systemu odwodnieniowego pompowni Zarzecze umożliwiły określenie przyczyn zagrożenia powodziowego terenów miejscowości Zarzecze (rys. 1), znajdujących się w strefie oddziaływania stopnia wodnego Łączany. W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych i obliczeń hydraulicznych głównego rowu R, odwadniającego tereny w strefie oddziaływania piętrzenia stopniem Łączany, znajdującego się w rejonie systemu odwadniającego zabudowania osiedla Łączany-Zarzecze.



Rys. 1. Fragment planu zlewni rowu R z zaznaczonym potokiem Wilgoszcz i kanałem ulgi (K.U.) w miejscowości Łączany

Fig. 1. The fragment of the plan of the channel R catchment with marked the stream Wilgoszcz and the pumping station channel (K.U.) at the locality Łączany

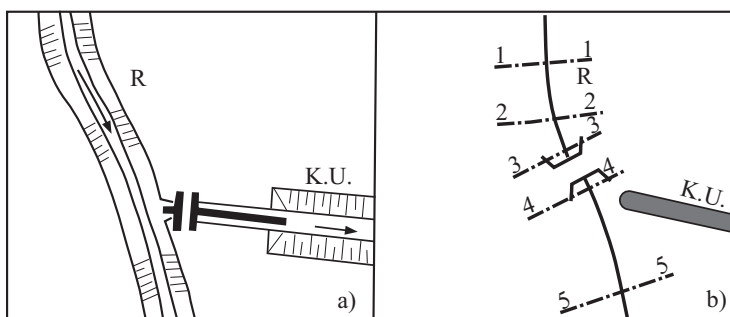
MATERIAŁ I METODY

Zadaniem pompowni Zarzeczce jest odprowadzenie wody z odwodnień terenu, na którym poziom wód gruntowych ulega podniesieniu na skutek spiętrzenia wód Wisły na stopniu wodnym Łączany do rzędnej normalnego poziomu piętrzenia, wynoszącej 215,40 m n.p.m. [Instrukcja... 2010]. Obszar, z którego pompowania Zarzeczce odprowadza wody, to teren osiedla Łączany-Zarzeczce, położony między wałem Wiślanym a wałem cofkowym Potoku Półwiejskiego oraz dawnym potokiem Wilgoszcz. Potok ten stanowi obecnie kanał ulgi doprowadzający wody do pompowni z terenu systemu odwodnieniowego Łączany-Zarzeczce.

Jak podaje Instrukcja... [2010], pompownia Zarzeczce nie była zaprojektowana jako pompownia przeciwpowodziowa. Natomiast w sytuacji przejścia fali powodziowej na Wiśle, gdy piętrzenie na jazie zanika i zwierciadło wody układa się w sposób naturalny, pompownia może być wykorzystywana do odprowadzenia wód z zawala. Ochrona przeciwpowodziowa terenów zalewowych chronionych obwałowaniami, w tym przepompowywanie wody z terenu zawala do Wisły, należy do obowiązków statutowych gmin [Instrukcja ... 2010].

System odwadniający zabudowania osiedla Łączany-Zarzeczce składa się z pompowni i kompleksu odwodnieniowego, obsługiwane przez pompownię. W skład kompleksu wchodzi bariera Zarzeczce oraz rowy odwadniające K i O (rys. 1).

W 1962 roku opracowano projekt pompowni Zarzeczce [Drugi etap odwodnienia... 1962]. Do tej pompowni miały dopływać wody nie tylko z systemu odwodnienia Łączany, lecz również z rowu R. Część wód płynących rowem R mogła być za pomocą przepustu skierowana do kanału ulgi, z którego pompownia Zarzeczce odprowadzała ją do obwałowanego koryta Potoku Półwiejskiego (rys. 2). Przepust ten został zlikwidowany i aktualnie nie ma połączenia rowu R z kanałem ulgi. Kanał ten przebiega starym korytem potoku Wilgoszcz i ma swój początek w miejscu, gdzie przez jego dawny odcinek koryta został poprowadzony rów R (ryc. 1). Jak wynika z dokumentacji Drugiego etapu odwodnienia... [1962], rów R był połączony z kanałem ulgi za pomocą przepustu betonowego DN 500 mm, o długości 3,0 m (rys. 2).



Rys. 2. Rów R i kanał ulgi (K.U.): a) przepust łączący rów R i początek kanału ulgi wg projektu z 1957 r., b) stan istniejący z zaznaczonymi przekrojami pomiarowymi

Fig. 2. The channel R and the pumping station channel (K.U.): a) the culvert joining channel R and beginning of pumping station channel according to design from 1957, b) the existing state with marked measuring cross-sections

Likwidacja przepustu poprzez jego zasypanie miała miejsce w 1961 r., po powodzi w 1960 r., w wyniku której nadmiar wód z rowu R doprowadził do zatopienia terenu Łączan. System odwodnieniowy Zarzecze-Łączany w ciągu całego okresu eksploatacji był przebudowywany, niejednokrotnie samowolnie przez mieszkańców. Przykładem takiej przebudowy jest przejazd z przepustem na rowie R (ryc. 2 b), znajdujący się ok. 10 m powyżej nieistniejącego przepustu łączącego rów R z kanałem ulgi. Brak jest jakiegokolwiek dokumentacji technicznej tego przepustu.

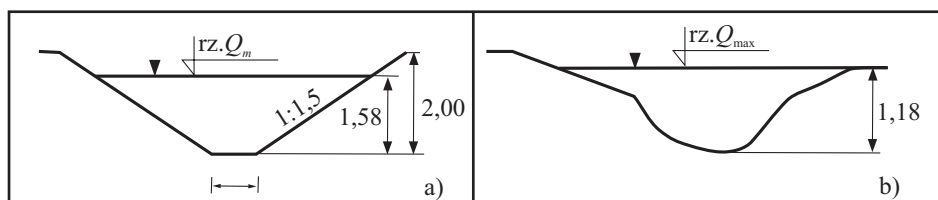
Pomiary geodezyjne przekrojów poprzecznych rowu R (ryc. 2 b) wykonano za pomocą tachimetru elektronicznego Topcon 226. Pomiary geodezyjne spadku dna rowu R i jego przekrojów poprzecznych wykonano na odcinku 63 m, zlokalizowanym pomiędzy przekrojami w km 4+050 i w km 4+113 rowu R. Kilometraż przyjęto według opracowania Określenie wpływu spiętrzenia Wisły... [1987]. Określono również wymiary przejazdu z przepustem, który znajduje się w km 4+017 rowu R. Wyniki pomiarów geodezyjnych zostały opracowane za pomocą programu MicroMap v.5.19. Na ich podstawie opracowano rysunki przekrojów i przepustu w programie AutoCAD 2004. Obliczenia krzywych natężenia przepływu wykonano za pomocą autorskiej aplikacji – programu komputerowego „cieq v.2.9.xls” (Microsoft Visual Basic for Application). Natężenie przepływu wody jest obliczane w tej aplikacji według wzoru Chézy’ego, w którym współczynnik szorstkości koryta przyjmowany jest z tablic Ven Te Chow [Książczyński i in. 2000], a współczynnik prędkości obliczony jest wzorem Manninga.

Określając krzywe natężenia przepływu w wyznaczonych przekrojach rowu R, przyjęto współczynniki szorstkości: $n = 0,025$ dla dna mulistego, $n = 0,017$ dla płyt betonowych i $n = 0,030$ dla skarp z trawą.

Krzywe natężenia przepływu rowu R opracowano dla przekrojów ustalonych według następujących schematów obliczeniowych:

- 1) przekrój poprzeczny według Projektu melioracji... [1957] – koryto dla odcinka od km 3+700 do km 4+110; ubezpieczenia skarp, spadek dna $i = 0,5\%$ przyjęto wg projektu tego projektu (ryc. 3),
- 2) przekrój poprzeczny, ubezpieczenia skarp i spadek dna ustalone w wyniku pomiarów geodezyjnych rowu R w rejonie przejazdu.

W obliczeniach przepustowości rowu R przed przepustem uwzględniono wysokość spiętrzenia przepływu obliczeniowego przy przepływie ciśnieniowym. Wysokość spię-



Rys. 3. Przekrój poprzeczny koryta rowu R na odcinku od km 3+700 do km 4+100: a) wg Projektu melioracji... [1957], b) wg pomiarów wykonanych w 2011 r.

Fig. 3. The cross-sections of the pumping station channel on section from km 3+700 to km 4+100: a) acc. to Reclamation design... [1957], b) acc. to measurement executed in 2011

trzenia, wyrażoną w metrach, spowodowaną przepustem o zatopionym wlocie i wylocie, jako wysokość strat (Σh_{str}) obliczono według wzoru [Cebulak 1963]:

$$\Sigma h_{str} = \left(\alpha + \zeta_0 + \zeta_m \cdot \frac{l}{d} \right) \cdot \frac{V_p^2}{2g} \quad (1)$$

gdzie:

- V – prędkość przepływu wody w przepuście, $m \cdot s^{-1}$,
- g – przyspieszenie ziemskie, $m \cdot s^{-2}$,
- α – współczynnik St. Venanta,
- ζ_0 – współczynnik strat przy wejściu wody do przewodu, $\zeta_0 = 0,02$,
- ζ_m – współczynnik na długości przewodu, $\zeta_m = 8 g/C^2$, gdzie C – współczynnik prędkości,
- l – długość przewodu, m,
- d – średnica przepustu, m.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie wykonanych pomiarów geodezyjnych określono lokalny spadek dna rowu R, wynoszący 0,36%. Pomierzony spadek dna jest 1,4-krotnie mniejszy od podanego w Projekcie melioracji... [1957].

Stwierdzono względną stałość pięciu przekrojów poprzecznych, a ich parametry geometryczne, takie jak szerokość dna czy nachylenie skarp, nie odpowiadały parametrom przyjętym w Projekcie melioracji... [1957]. Różne były również głębokości rowu w poszczególnych przekrojach. Najpłytszy odcinek rowu R znajduje w rejonie przekroju 2–2 powyżej przejazdu na rowie R (ryc. 3 b). W tej części rów R charakteryzuje się głębokością wynoszącą zaledwie 1,18 m. Natomiast największą głębokość rowu ustalono bezpośrednio przed przejazdem – w przekrojach 3–3 i 4–4 głębokość rowu wynosiła 1,45 m. Obliczenia maksymalnego przepływu wykonano dla tych dwóch głębokości. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 1.

Według Projektu melioracji... [1957] przepływ miarodajny dla odcinka rowu R od km 3+700 do km 4+680 wynosi $3,19 m^3 \cdot s^{-1}$, co odpowiada napełnieniu 1,58 m w projektowanym przekroju koryta. Natomiast maksymalny przepływ, jaki może przeprowadzić koryto rowu R w przekroju 2–2, nawet gdyby zostały zachowane parametry geometryczne tego przekroju zgodnie z Projektem melioracji... [1957], wynosiłby $1,87 m^3 \cdot s^{-1}$. Natężenie przepływu maksymalnego w tym przekroju jest jednak mniejsze – ze względu na aktualne parametry tego przekroju (ryc. 3 b) – i wynosi zaledwie $1,2 m^3 \cdot s^{-1}$ (tab. 1).

Przepustowość koryta rowu przed przejazdem z przepustem należy skorygować, uwzględniając wysokość spiętrzenia tego przepływu. Określone parametry przepustu wynoszą: długość przewodu $l = 73,0$ m, średnica przewodu betonowego $d = 1,0$ m. Przyjęto współczynnik szorstkości dla rur betonowych $n = 0,017$, a współczynnik prędkości C obliczono ze wzoru Manninga [Kubrak i Nachlik 2003].

Obliczona według wzoru (1) wysokość spiętrzenia spowodowana przepustem dla maksymalnego przepływu $Q = 1,12 m^3 \cdot s^{-1}$, który może pomieścić rów R przed prze-

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń maksymalnych przepływów w rowie R według przyjętych schematów obliczeniowych

Table 1. The comparison of the calculations results of maximum water discharge in the channel R according to received computational variants

Przekrój Cross-section	Głębokość koryta Channel depth h_{\max} , m	Pole powierzchni Cross-section area F , m ²	Prędkość przepływu Flow velocity V , m · s ⁻¹	Przeływ Discharge Q , m ³ · s ⁻¹
Wg Projektu melioracji... [1957] (schemat obliczeniowy 1)	1,18	3,27	0,572	1,87
Acc. to Projekt melioracji... [1957] (computational variant 1)	1,45	4,60	0,637	2,93
Wg pomiarów (schemat obliczeniowy 2)	1,18	2,72	0,439	1,20
Acc. to measurements (computational variant 2)	1,45	4,13	0,490	2,02

jazdem, przy napełnieniu 1,18 m, wynosi 0,15 m. Spiętrzony na przepuście przepływ $Q = 1,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, nie mieszcząc się w korycie rowu R przed przepustem, wystąpi z koryta. Ostatecznie określona przepustowość tego odcinka rowu R wynosi $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jest to natężenie przepływu, którego napełnienie wynoszące 1,08 m, wraz z wysokością spiętrzenia tego przepływu równą 0,10 m, odpowiada głębokości rowu przed przepustem.

WNIOSKI

W ciągu pięćdziesięciu lat eksploatacji systemu odwodnieniowego Łączany, tj. od 1961 do 2011 r., wykonano wielokrotne przebudowy, z których liczne nie zostały udokumentowane. Przykładem takich działań jest odcinek badanego rowu głównego R, na którym wybudowano przejazd z przepustem. W wyniku tych prac zmniejszono spadek dna i głębokość rowu. Spowodowało to zmniejszenie przepustowości rowu R na odcinku powyżej przepustu w km 4+017 o ponad 60%. Dodatkową przyczyną zmniejszenia przepustowości tego odcinka rowu jest przepust, powodujący spiętrzenie przepływów. Tak zmniejszona przepustowość rowu jest przyczyną wpływania wód do kanału ulgi, których natężenie przepływu jest większe od $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. W warunkach przepływu wód o większym natężeniu, zwłaszcza w przypadku dopływu wód tzw. obcych spoza terenu odwadnianego, co ma miejsce w okresach intensywnej deszczy, następuje skierowanie nadmiaru przepływu wody do kanału ulgi. Stwarza to zagrożenie zatopienia miejscowości Zarzeczce, gdyż kanał ulgi ma ograniczoną retencyjność. Przyczyną zagrożenia powodziowego terenów Zarzeczca, znajdujących się w strefie oddziaływania stopnia wodnego Łączany, jest zbyt mała przepustowość rowu R i przepustu, znajdujących się w rejonie dawnego koryta potoku Wilgoszcz, który od lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia stanowi kanał ulgi.

Eksplloatowane ponad pięćdziesiąt lat systemy hydrotechniczne stopni wodnych na Wiśle wymagają przeprowadzenia weryfikacji ich przepustowości, z uwzględnieniem

wprowadzonych zmian w wyniku przebudowy poszczególnych elementów systemu. Konieczne jest również dokonanie weryfikacji obliczeń hydrologicznych, stanowiących podstawę do określenia przepływów obliczeniowych.

PIŚMIENNICTWO

- Cebulak K., 1963. Budownictwo wodne. Cz. I: Regulacja rzek. PWRiL Warszawa.
- Drugi etap odwodnienia wsi Łączany. Pompownia Zarzecze. 1962. CBSiPBW Hydroprojekt Warszawa.
- Instrukcja utrzymania i eksploatacji pompowi Zarzecze. Cz. I, Hydrologiczno-technologiczna. 2010. Pracownia Projektowa Forex s.c. Kraków,
- Książczyński K., Jeż P., Greplowska Z., 2000. Tablice do obliczeń hydraulicznych. Wyd. 2 popr. i uzup. Politechnika Krakowska Kraków.
- Kubrak J., Nachlik E., 2003. Hydrauliczne podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych. Wydawnictwo SGGW Warszawa.
- Określenie wpływu spiętrzenia Wisły na stopniu w Łączanach na przepływy wody w systemie odwadniającym na podstawie badań terenowych i studiów kameralnych. 1987. Instytut Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska, Politechnika Krakowska Kraków.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne. Dz.U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229, z późn. zm. (tekst jednolity: Dz.U. z 2012 r. Nr 0, poz. 145).
- Projekt melioracji doliny rzeki Wisły, obiekt Łączany. 1957. CBSiPBW Hydroprojekt Warszawa.
- Wieczysty A., 1985. Wpływ spiętrzenia Wisły w Łączanach na wody podziemne na terenach przyległych. Etap II. Maszynopis. Politechnika Krakowska Kraków.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 12.12.2012