INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr I/1/2016, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 89–99
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2016.1.1.007

WSTĘPNA OCENA ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO W ZLEWNI RZEKI DŁUBNI

Bogusław Michalec[1], Andrzej Wałęga[1], Agnieszka Cupak[1], Andrzej Michalec[2], Anna Połoska-Wróbel[3]

[1] Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, [2] Architekt IT Kraków, [3]Małopolski Urząd Wojewódzki w Krakowie

THE INITIAL EVALUATION OF FLOOD RISK IN DŁUBNIA RIVER CATCHMENT

Streszczenie

Celem pracy było opracowanie wstępnej oceny zagrożenia powodziowego zlewni rzeki Dłubni na odcinku od jej źródeł do zbiorników w Zesławicach. Założony cel zrealizowano w oparciu o obliczenia przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w ośmiu przekrojach poprzecznych rzeki Dłubni i jej dopływów. W przekrojach tych zespół autorów planuje instalację automatycznych stacji wodowskazowych. W dwóch z nich jesienią 2014 roku już zainstalowano urządzenia do automatycznego pomiaru stanu wód. We wszystkich przekrojach, na podstawie wykonanych pomiarów geodezyjnych, określono maksymalną przepustowość, którą porównano z wartościami przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do opracowania wstępnej oceny zagrożenia powodziowego w zlewni rzeki Dłubni. Wykazano, że przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia wynoszącym 20% nie mieszczą się w korycie rzeki i jej dopływów, wskazując na zagrożenie powodziowe.

Słowa kluczowe: monitoring hydrologiczny, wodowskaz, krzywa natężenia przepływu, przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia

Abstract

The aim of the paper was to study an initial evaluation of flood risk of Dłubnia river catchment, on section from its sources to Zesławice reservoir. The aim was realized basis on calculations of flows with probability of exceedance in eight cross-sections on Dłubnia river and its inflows. In these cross-sections a group of authors is planning installation of automatic water stage stations. In two of them in autumn of 2014, there were already installed devices for automatic water stage measurement. In all cross-sections, basis on made geodesic measurements, the maximum capacity was made, which was then compared with values of flow with probability of exceedance. Got results were basis to study an initial evaluation of flood risk in Dłubnia river catchment. It was shown, that flows with probability of exceedance equal 20% are not within in the stream channel and its inflows, what signalizes a flood risk.

Key words: *hydrological monitoring, cross-section, rating curve, flows with probability of exceedance*

WSTĘP

Celem Dyrektywy Powodziowej (Dyrektywa 2007/60/WE) jest zmniejszenie ryzyka powodzi, czyli zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia strat powodziowych poprzez wprowadzenie mechanizmów zarządzania tym ryzykiem. Mechanizmy te to: zapobieganie, ochrona, przygotowanie, reagowanie kryzysowe i usuwanie skutków. Według tej Dyrektywy do końca 2011 roku miała zostać opracowana wstępna ocena ryzyka powodziowego, do 2013 roku miały zostać opracowane mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego, natomiast do końca 2015 roku mają powstać plany zarządzania ryzykiem powodziowym.

Zapisy ustawy Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 r. narzuciły na Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej obowiązek opracowania studium ochrony przeciwpowodziowej (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229 z późn. zm.). Do 2010 roku Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie posiadał zatwierdzone przez Dyrektora studia ochrony przeciwpowodziowej. Były to na obszarze województwa małopolskiego studia dla prawobrzeżnych dopływów Wisły, takich jak Soła, Skawa, Raba, Dunajec i Wisłoka. Dla prawobrzeżnego dopływu – Uszwicy jak i lewobrzeżnych dopływów – Dłubni, Szreniawy i Nidzicy nie wykonano studium ochrony przeciwpowodziowej (www.krakow.rzgw.gov.pl). Ostatecznie, zarówno na mapie znaczących powodzi historycznych dla woj. małopolskiego oraz na mapie obszarów, na których wystąpienie powodzi jest prawdopodobne

w woj. małopolskim nie wyznaczono obszarów w zlewni rzeki Dłubni, na których występowały lub mogą wystąpić powodzie, poza dolnym biegiem tej rzeki, obejmującym odcinek poniżej dopływu potoku Luborzyckiego (www.kzgw.gov.pl). Odcinek ten znajduje się na obszarze zabudowanym terenów miasta i gminy Kraków.

System monitoringu hydrologicznego powinien umożliwiać realizację zadań w gospodarowaniu wodą w zbiornikach retencyjnych zaliczanych do pierwszej czy drugiej kasy budowli hydrotechnicznych oraz realizację gospodarki wodnej w zbiornikach niższych klas budowli hydrotechnicznych, które także jak wszystkie budowle piętrzące powinny być wyposażone w urządzenia kontrolno-pomiarowe, w tym w umożliwiające obserwacje i pomiary zarówno stanów wody górnej i wody dolnej oraz stanu wód na głównych dopływach (Dz.U.2007.86.579, par. 119). Niestety przeważnie zbiorniki te nie są wyposażone w urządzenia kontrolno-pomiarowe stanów wody dopływającej i najczęściej zamykają zlewnie nie objęte obserwacjami hydrologicznymi. Przykładem takich budowli piętrzących są zbiorniki wodne w Zesławicach. Zespół autorów przygotowuje instalacje kilku wodowskazów w zlewni tych zbiorników, które będą stanowić system monitoringu hydrologicznego zlewni rzeki Dłubni. W pracy przedstawiono wyniki obliczeń przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla kilku przekrojów rzeki Dłubni i jej dopływów, w których przewiduje się instalację automatycznych stacji wodowskazowych. W przekrojach tych, na podstawie wykonanych pomiarów geodezyjnych, określono maksymalną przepustowość, którą porównano z wartościami przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Wyniki tych zestawień stanowiły podstawę do opracowania wstępnej oceny zagrożenia powodziowego w zlewni rzeki Dłubni.

METODYKA

W celu opracowania wstępnej oceny zagrożenia powodziowego dokonano podziału zlewni rzeki Dłubni na zlewnie cząstkowe, zamknięte przekrojami poprzecznymi. W przekrojach tych określono przepustowość koryta rzeki Dłubni bez uwzględnienia zatopienia terenów przyległych. Podział zlewni został opracowany na podstawie wykonanych wizji lokalnych w terenie i wstępnego ustalenia lokalizacji przekrojów poprzecznych na mapie podziału hydrograficznego Polski (MPHP, 2005) i na ortofotomapie. W wyniku tych prac wytypowano 8 przekrojów poprzecznych, wyznaczając 8 zlewni cząstkowych. Analizą objęto część zlewni rzeki Dłubni znajdującą się powyżej zbiorników wodnych w Zesławicach.

Przepustowość koryta określono za pomocą wzoru Chézy'ego. W tym celu wykonano pomiary geodezyjne wyznaczonych przekrojów poprzecznych, okre-

ślając stan poszczególnych odcinków przekroju koryta na podstawie którego ustalone zostały współczynniki szorstkości według Ven Te Chow (Książyński K. i in., 2000). Współczynnik prędkości obliczono wzorem Manninga. W trakcie pomiarów określono również spadki dna i zwierciadła wody na odcinku około 80-100 powyżej i około 10-20 m poniżej każdego z przekrojów poprzecznych rzeki. Pomiary wykonano w okresie październik-listopad 2014 roku.

Dla każdego przekroju obliczono przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Ze względu na to, że zlewnia rzeki Dłubni jest niekontrolowana pod względem hydrometrycznym, wartości tych przepływów obliczono metodą pośrednią, wykorzystując hydrologiczny model typu opad-odpływ oparty na hydrogramie jednostkowym Snydera (Ponce V.M., 1989). Weryfikacja tego modelu do stosowania w warunkach Polskich była prowadzona m.in. przez Wałęgę A. i in. (2011) oraz Wałęgę A. (2012). Na podstawie analizy dużej liczby hydrogramów, w zlewniach w regionie Appalachów, Snyder wyprowadził następujące równanie na czas opóźnienia:

$$T_l = C_t(LL_{cA})^{0,3} \tag{1}$$

gdzie: T_l – czas opóźnienia [godz.],

C_t – współczynnik uzależniony od spadku zlewni i związany z retencją w zlewni,

L – odległość wzdłuż głównego cieku od przekroju ujściowego do przecięcia suchej doliny z działem wodnym [km],

L_{cA} – odległość wzdłuż głównego cieku od przekroju ujściowego do środka ciężkości zlewni [km].

Przepływ w kulminacji jest obliczany z zależności:

$$Q_p = \frac{2,78 \cdot C_p \cdot A}{T_l} \tag{2}$$

gdzie: Q_p – przepływ w kulminacji hydrogramu jednostkowego wywołany opadem efektywnym o wysokości 1 cm, [$m^3 \cdot s^{-1}$],

A – powierzchnia zlewni [km^2],

C_p – współczynnik empiryczny wynikający uproszczenia kształtu hydrogramu do trójkąta (Ponce V.M., 1989).

Z uwagi na fakt, iż przyjęty krok czasowy opadu D często nie odpowiada warunkowi: $T_b = T_l/5,5$; gdzie: T_b – czas trwania hydrogramu jednostkowego, określa się skorygowany czas opóźnienia ze wzoru:

$$T_{lD} = T_l + \frac{D - T_b}{4} \tag{3}$$

Wartości parametru C_t przyjęto z przedziału 1,45 do 1,70, a C_p od 0,60 do 0,75. Symulacje przeprowadzono w programie HEC-HMS 4.0 opracowanym przez Korpus Inżynierów Armii Amerykańskiej (Hydrologic…, 2013). Charakterystyki liczbowe dotyczące parametrów fizjograficznych, hydrograficznych

i użytkowania zlewni określono w oparciu o MPHP 2005, ortofotomapy i wykonano w programie QGIS 1.8.

Wartości przepływów $Q_{max\ p\%}$ obliczono w wyznaczonych przekrojach poprzecznych zamykających zlewnie cząstkowe. Przepływy $Q_{max\ p\%}$ obliczono dla prawdopodobieństw wynoszących 50, 20, 10, 1 i 0,5%. Opady maksymalne o takim samym prawdopodobieństwie i czasie trwania t = 24 h obliczono modelem Bogdanowicz-Stachý (1998). Następnie dokonano redukcji obszarowej opadów. Kształt hietogramu opadu przyjęto zgodnie z funkcją gęstości i rozkładu beta.

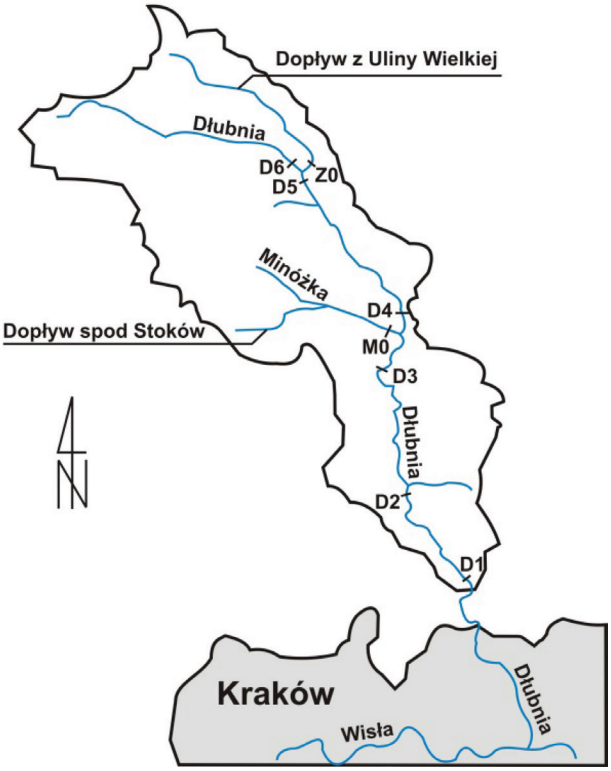
Przy opracowywaniu danych wejściowych do modelu przyjęto równość prawdopodobieństwa występowania opadu i wywołanego nim wezbrania. Dane wejściowe do modelu, tj. opad efektywny wyznaczono metodą CN-NRCS (CN-*Natural Resources Conservation Service*) (Banasik K., 2009), przy czym udział powierzchni nieprzepuszczalnych ustalono w oparciu o ortofotomapy poprzez określenie procentu powierzchni danej zlewni zajętych przez obszary uszczelnione. Identyfikację rodzaju gleb oraz klas zagospodarowania terenu przeprowadzono w oparciu o mapę glebowo – rolniczą w skali 1:5000. Bazując na typach gleb zawartych w przedmiotowej mapie dokonano ich agregacji, a następnie przypisano (zakwalifikowano) je do jednej z 4 grup (A, B, C, D) wymaganych przez metodę CN-NRCS. Przy identyfikacji klasy glebowej korzystano z podziału gleb opracowanego przez Ignara S. (1988), który umożliwia bezpośrednie stosowanie metody NRCS w warunkach polskich. W obliczeniach uwzględniono II stopień uwilgotnienia gruntu.

WYNIKI

Na podstawie wizji lokalnych, przyjęto wstępnie ustalone lokalizacje przekrojów poprzecznych i wyznaczono zlewnie cząstkowe w programie QGIS 1.8 (rys. 1). Wyznaczono sześć przekrojów w korycie rzeki Dłubni i dwa przekroje na dopływach: jeden na Minóżce, a drugi na dopływie z Uliny Wielkiej. Do analizy przyjęto część zlewni powyżej zbiorników w Zesławicach, których zapora znajduje się w km 8+700 rzeki Dłubni. Opracowanie wstępnej oceny zagrożenia powodziowego terenów poniżej zbiorników wymaga uwzględnienia warunków gospodarowania wodą w zbiornikach, co będzie wykonane w następnym etapie badań.

Po wyznaczeniu lokalizacji przekrojów poprzecznych zamykających zlewnie cząstkowe, określono podstawowe parametry zlewni (tab. 1) zamkniętych wyznaczonymi przekrojami poprzecznymi. Na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych określono parametry geometryczne przekrojów poprzecznych, tj. pole powierzchni dla maksymalnego napełnienia w przekroju, a następnie obliczono średnią prędkość przepływu wody przy tym napełnieniu i przepływ. Wartości maksymalnych napełenień i przepływów brzegowych zamieszczono

w tabeli 1. Określono także parametry zlewni potrzebne do wyznaczenia opadu efektywnego za pomocą metody CN-NRCS oraz parametry do modelu opad-odpływ opartego na hydrogramie jednostkowym Snydera (tab. 2).



Rysunek. 1. Lokalizacja przekrojów wodowskazowych na terenie zlewni rzeki Dłubni powyżej zapory zbiorników w Zesławicach
Figure 1. Location of the gauging sections in the area of Dłubnia river catchment above the dam of reservoirs in Zesławice

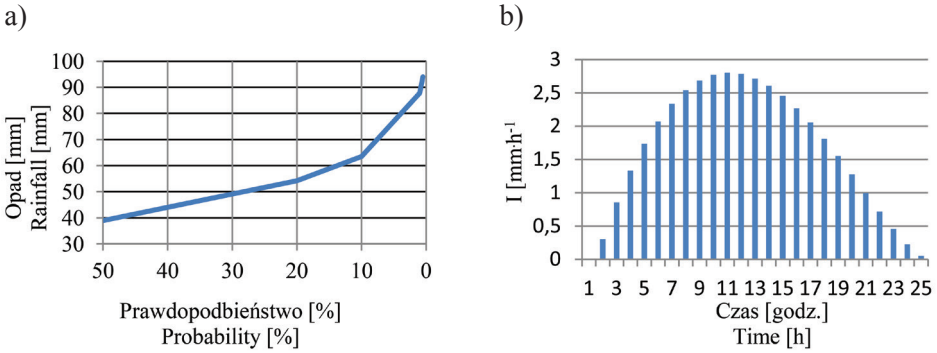
W pierwszym etapie obliczeń określono maksymalne opady o prawdopodobieństwie 50, 20, 10, 1 i 0,5% wykorzystując w tym celu model Bogdanowicz-Stachý (1998), a następnie dokonano redukcji obszarowej opadów (Banasik K., 2009). Przykładową krzywą zredukowanych opadów maksymalnych o danym prawdopodobieństwie dla przyjętego czasu trwania t = 24 h dla zlewni do przekroju D1 (zlewnia 1), uzyskaną ze wzoru Bogdanowicz-Stachý, przedstawiono na rysunku 2.a. Natomiast rysunek 2.b przedstawia przykładowy hietogram dla opadu o p = 50% określony zgodnie z funkcją rozkładu beta i dla kroku czasowego $\Delta t = 1$ h.

Tabela 1. Podstawowe charakterystyki wyznaczonych przekrojów i zlewni cząstkowych
Table 1. Basic characteristics of the demarcated cross-sections and sub-catchments

Nr zlewni Number of catchment	Ciek Water course	Przekrój zamykający zlewnię w kilometrze Cross-section closing catchments in kilometer	Maksymalne napełenienie w przekroju Maximum water depth in cross-section [m]	Przepływ brzegowy w przekroju Bank water flow in cross-section [$m^3 \cdot s^{-1}$]	Powierzchnia zlewni Catchment area A [km^2]	Długość zlewni Length of catchment L_{rz} [km]
D1	Dłubnia	10+247	3,26	17,92	214,11	29,7
D2	Dłubnia	17+587	2,82	28,63	197,17	23,88
D3	Dłubnia	27+287	2,31	18,18	152,96	19,553
M0	Minóżka	1+630	1,20	1,12	45,46	13,000
D4	Dłubnia	29+550	2,34	16,18	101,20	19,358
D5	Dłubnia	39+636	1,59	12,03	62,49	12,978
Z0	z Uliny Wielkiej	0+103	1,31	4,16	20,81	9,096
D6	Dłubnia	40+849	2,20	4,48	41,12	12,216

Tabela 2. Charakterystyki zlewni wykorzystane w modelu
Table 2. Catchments characteristics used in the model

Nr zlewni Number of catchment	Średnia wartość CN Mean value of CN	Odległość od środka ciężkości zlewni do przekroju Distance from the center of gravity of the catchment to the cross-section L_{ca} [km]	Czas opóźnienia Delay time T_{ID} [h]	Współczynnik empiryczny Coefficient Cp
D1	75,1	15,91	10,54	0,60
D2	75,2	14,38	9,604	0,60
D3	75,1	10,14	8,183	0,60
M0	73,3	6,583	6,466	0,60
D4	74,6	11,32	7,463	0,65
D5	75,5	7,373	5,697	0,75
Z0	76,5	4,754	5,108	0,60
D6	75,1	6,811	5,463	0,75



Rysunek 2. Wykresy opracowane dla zlewni 1 zamkniętej przekrojem D1; a) krzywa prawdopodobieństwa maksymalnych opadów zredukowanych o czasie t = 24h, b) hietogram opadu o prawdopodobieństwie p=50%

Figure 2. Charts made for the catchment 1 closed by cross-section D1; a) the probability curve of maximum reduced rainfall for time t = 24 h, b) precipitation hietogram for probability p = 50%

W tabeli 3 zamieszczono objętości fal wezbraniowych obliczonych dla poszczególnych zlewni cząstkowych. Natomiast, w tabeli 4 zestawiono wartości przepływów maksymalnych prawdopodobnych z odpowiadającymi im napełnieniami w korycie w poszczególnych przekrojach, zamykających zlewnie cząstkowe.

Tabela 3. Wartości objętości fali przepływów o danym prawdopodobieństwie dla zlewni cząstkowych

Table 3. The values of wave volume for probable discharge for the sub-catchments

Nr zlewni Catchment No	Objętość fali V [10^3 m^3] Wave volume V [10^3 m^3]				
	50%	20%	10%	1%	0,50%
D1	2031,72	4034,49	5458,54	9793,18	10984,80
D2	1641,46	3318,23	4515,47	7501,17	8426,85
D3	710,56	1515,10	2099,25	6895,50	7761,86
M0	322,76	687,01	949,54	1752,76	1976,15
D4	465,68	981,50	1351,29	2477,78	2790,25
D5	284,00	617,88	857,59	1588,01	1790,59
Z0	154,35	333,85	461,33	846,17	952,27
D6	436,72	946,68	1311,54	2420,10	2727,00

Tabela 4. Stany wód – h – w wyznaczonych przekrojach dla przepływów o określonym prawdopodobieństwie ($Q_{p\%}$)
Table 4. Water tables – h – in demarcated cross-sections for probable discharge ($Q_{p\%}$)

Nr zlewni Catchment No	Przekrój Cross-section	p = 50%		p = 20%		p = 10%		p = 1%	
		Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	h [m]	Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	h [m]	Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	h [m]	Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	h [m]
1	D1	22,02	—	44,47	—	60,26	—	107,75	—
2	D2	21,59	2,30	44,26	—	60,26	—	99,70	—
3	D3	10,49	1,88	22,63	—	31,31	—	101,60	—
4	M0	5,45	—	11,68	—	16,05	—	29,13	—
5	D4	7,73	—	16,36	—	22,39	—	40,55	—
6	D5	6,11	1,03	13,03	—	17,92	—	32,18	—
7	Z0	3,05	1,17	6,42	—	8,73	—	15,61	—
8	D6	9,27	—	19,67	—	26,94	—	48,34	—

gdzie „—" oznacza, że przepływ nie mieści się w korycie cieku w danym przekroju
where „—"means that the discharge is not within the channel of watercourse cross-section

Na podstawie przeprowadzonych badan oraz obliczeń stwierdzono, że we wszystkich przekrojach nie mieszczą się przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia wynoszącym 20, 10 i 1%. Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia wynoszącym 50% mieszczą się w trzech przekrojach zlokalizowanych w korycie rzeki Dłubni, tj. w przekrojach D2, D3, D5, i w przekroju Z0 Dopływu z Uliny Wielkiej (tab. 4).

PODSUMOWANIE

Według prawa wodnego (Dz.U.2012.145, z późn. zm.), zgodnie z art. 88c ust. 1 tej ustawy, za przygotowanie wstępnej oceny ryzyka powodziowego odpowiedzialny jest Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej. Autorzy pracy wykazali konieczność opracowania wstępnej oceny ryzyka powodziowego w zlewni rzeki Dłubni, gdyż jak wynika z uzyskanych wyników przepustowość koryta rzeki Dłubni na odcinku od jej źródeł do zbiorników w Zesławicach, a także przepustowość jej głównych dopływów, jest ograniczona. Przepływy o prawdopodobieństwie wynoszącym 20% nie mieszczą się w korycie Dłubni i jej dopływów, wskazując na zagrożenie powodziowe. Mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego wykonane w ramach projektu Informatycznego Systemu Osłony Kraju zostały opublikowane na Hydroportalu w dniu 22 grudnia 2013 r. Ostateczne wersje map, sprawdzone i zweryfikowane, zostały opublikowane w dniu 15 kwietnia 2015 roku (www.isok.gov.pl/pl).

Zgodnie ze Wstępną Oceną Ryzyka Powodziowego, z mapą obszarów, na których wystąpienie powodzi jest prawdopodobne w województwie małopolskim, na mapach powstałych w wyniku projektu ISOK, analizą został objęty odcinek Dłubni od ujścia Baranówki do Wisły do Ujścia Dłubni do Wisły.

Ze względu na występujące zagrożenie powodziowe w zlewni Dłubni, co potwierdza analiza wykonanego w wyniku dotychczasowych opracowań (WORP czy ISOK) ujściowego odcinka stanowiącego niecałe 7 km, zasadnym wydaje się wykonanie kolejnego etapu badań, w którym zostanie określony zasięg zwierciadła wody przepływów o prawdopodobieństwie mniejszym od 20% dla odcinka rzeki Dłubni od jej źródeł do zbiorników w Zesławicach.

Zlewnia rzeki Dłubni nie posiada systemu osłony hydrometeorologicznej. Dysponowanie danymi z pomiarów przepływów wody umożliwiłoby weryfikację wyników obliczeń teoretycznych przepływów o określonym prawdopodobieństwie. Stąd wydaję się konieczne wykonanie systemu osłony hydrometrycznej zlewni rzeki Dłubni, gdyż brak rzetelnych danych uzyskanych z monitoringu uniemożliwi opracowania trafnego rozwiązania technicznego osłony przeciwpowodziowej tej zlewni. W analizowanych przekrojach rzeki Dłubni i jej dopływów autorzy planują instalację automatycznych stacji wodowskazowych. W dwóch z tych przekrojów, tj. w przekrojach D1 i M0, jesienią 2014 roku zainstalowane zostały pierwsze urządzenia rejestrujące automatycznie stany wody.

LITERATURA

Banasik K. (2009). *Wyznaczenie wezbrań powodziowych w małych zlewniach zurbanizowanych*. Wyd. SGGW, Warszawa.

Bogdanowicz E., Stachy J. (1998). *Maksymalne opady deszczu w Polsce – charakterystyki projektowe.* Materiały Badawcze IMGW 23, Seria: Hydrologia i Oceanologia, Nr 85.

Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.

Hydrologic Modelling System HEC-HMS. (2013). *User's Manual*. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center.

Ignar S. (1988). *Metoda SCS i jej zastosowanie do wyznaczania opadu efektywnego*, Przegląd Geograficzny, z. 4, 451-455.

Książyński K., Jeż P., Gręplowska Z. (2000). *Tablice do obliczeń hydraulicznych*. Politechnika Krakowska, Wydanie drugie poprawione i uzupełnione, Kraków.

Mapa Podziału Hydrograficznego Polski 2005. IMGW Warszawa, MPHP 2005.

Ponce V. M. (1989). *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz.U.2007.86.579,

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229 z późn. zm. i (Dz.U.2012.145, z późn. zm.).

Wałęga A. (2012). *Próba opracowania zależności regionalnych do obliczania parametrów syntetycznego hydrogramu jednostkowego Snydera*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/III, 5-16

Wałęga A., Grzebinoga M., Paluszkiewicz B. (2011). *On using the Snyder and Clark unit hydrograph for calculations of flood waves in a highland catchment (the Grabinka River example)*. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus 10 (2), 47-56

www.isok.gov.pl/pl

www.krakow.rzgw.gov.pl

www.kzgw.gov.pl

prof. dr hab. inż. Bogusław Michalec
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 24/28
tel. (012) 662 4052
e – mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl
dr hab. inż. Andrzej Wałęga
dr inż. Agnieszka Cupak
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 24/28
tel.: (012) 662 4029: (012)6624102
e-mail: a.walega@ur.krakow.pl; a.cupak@ur.krakow.pl
mgr inż. Andrzej Michalec
Architekt IT, Kraków
mgr inż. Anna Połoska-Wróbel
Biuro do Spraw Dorzecza Górnej Wisły
Małopolski Urząd Wojewódzki w Krakowie

Wpłynęło: 27.10.2015
Akceptowano do druku: 22.02.216