INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/III/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 235–244
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Radosław Stodolak

STUDIUM REDUKCJI FALI POWODZIOWEJ W 2010 ROKU PRZEZ ZBIORNIK RACIBÓRZ I POLDER BUKÓW

STUDY OF FLOOD WAVE REDUCTION IN 2010 YEAR IN RACIBÓRZ RESERVOIR AND BUKÓW POLDER

Streszczenie

W pracy zaprezentowano ogólną charakterystykę dwóch obiektów hydrotechnicznych odgrywających kluczową rolę w ochronie powodziowej doliny górnej i środkowej Odry: istniejącego od 2002 roku polderu Buków oraz będącego w trakcie realizacji zbiornika Racibórz. Przedstawiono studium redukcji fali wezbraniowej z maja 2010 roku, która dokonała się przy wykorzystaniu pojemności użytkowej polderu Buków oraz zaprezentowano symulacje potencjalnego wpływu zbiornika Racibórz na wielkość wezbrania przy założeniu kilku scenariuszy zrzutu wód ze zbiornika.

Wyniki badań odniesiono do konkretnych wskazań na wodowskazie w Miedoni, dając pogląd na procentową redukcję stanu maksymalnego, a tym samym na skuteczność działania systemu zabezpieczeń powodziowych. Wskazują one na znaczenie zbiornika Racibórz, jako integralnego i skutecznego elementu sterowania falą wezbraniową na górnej Odrze.

Słowa kluczowe: powódź 2010, zbiornik Racibórz, polder Buków, gospodarka wodna na zbiornikach

Summary

The paper presents the general characteristics of two hydrotechnical objects that have a key role in protecting the upper and middle part of Odra valley against the flood: existing since 2002 Buków polder and planned the Racibórz reservoir. This paper presents a study of flood wave reduction in May 2010, with using the Buków polder capacity and presents simulations of the potential impact the

Racibórz reservoir in several scenarios on the assumption discharge of water from reservoir.

The results were referred to indications of the water gauge in Miedonia, giving a view of the percent reduction in the maximum state, and therefore the effectiveness of the flood protection system. They show clearly the importance of Racibórz reservoir as an integral and effective element to flood wave control on the upper Odra.

***Key words**: flood in 2010, the Racibórz reservoir, the Buków polder, water management in reservoir*

WSTĘP

Pomiędzy 16 a 19 maja 2010 roku na południu Polski wystąpiły intensywne opady deszczu, które objęły swoim zasięgiem Karpaty oraz wschodnią część dorzecza Odry. Miesięczna wielkość sumy opadów w zlewni górnej Odry wyniosła od 110-140 mm na obszarze Kotliny Kłodzkiej, do 250 mm w zlewni Olzy. Daje to anomalię miesięcznej sumy opadu atmosferycznego w stosunku do okresu normalnego 1971-2000 na poziomie od 150% w Kotlinie Kłodzkiej, do ponad 400% w beskidzkiej części zlewni Odry [Maciejewski i in., 2011]. Czeska służba hydro-meteorologiczna (CHMU) określiła prawdopodobieństwo opadu z maja 2010 na <1% dla Beskidu Śląskiego (Cesky Tesin), do 5% (Lysa Hora) i 10% (Sance) [Sandev, Valeriánová, 2011]. Był to więc opad znacząco odbiegający od normalnego. Ponadto wskazania wodowskazu Vernowice na rzece Olzie w zestawieniu z wodowskazem Bohumin na Odrze świadczą, że odrzańska fala wezbraniowa w pierwszym etapie powstała dzięki dopływom odwadniającym Beskidy Zachodnie, w późniejszym okresie wzmocniona została przez prawostronne dopływy tj. Ruda, Bierawka, Kłodnica i Mała Panew. Powyższe fakty pozwalają na stwierdzenie, iż powódź z maja 2010 roku miała „genezę beskidzką". W jej efekcie wygenerowana została fala wezbraniowa, która szczególnie katastrofalnie dała się we znaki w dorzeczu Wisły.

Górna Odra praktycznie pozbawiona jest możliwości sterowania falą powodziową przy wykorzystaniu retencji zbiornikowej. Istnieje co prawda 8 zbiorników zlokalizowanych na dopływach Odry po czeskiej stronie dorzecza, lecz ich pojemność powodziowa wynosi niewiele ponad 70 mln m^3.

Pierwszym znaczącym obiektem hydrotechnicznym po polskiej stronie dorzecza jest polder Buków, oddany do użytku we wrześniu 2002 roku. Zajmuje on powierzchnię 8,3 km^2, przy najwyższym piętrzeniu jego pojemność maksymalna wynosi 50 mln m^3, przy pojemności użytkowej na poziomie około 30 mln m^3. Napełnianie i opróżnianie polderu odbywa się samoczynnie poprzez umocnioną krawędź przelewową o długości 200 m, wyniesioną do rzędnej 195,15 m n.p.m. Do kontrolowanego odprowadzania wody z obiektu wykorzystuje się także urządzenia zrzutowe, zlokalizowane w prawostronnym obwałowaniu Odry.

Tuż poniżej polderu Buków znajduje się obszar przeznaczony pod budowę zbiornika Racibórz - priorytetowego zadania „Programu dla Odry 2006". Jego podstawowe parametry przestawia tabela 1.

Tabela 1. Podstawowe charakterystyki projektowanego zbiornika Racibórz
Table 1. Main characteristics of planed the Racibórz reservoir

Długość zapory głównej	4,0 km
Długość lewostronnej zapory bocznej	9,5 km
Długość prawostronnej zapory bocznej	9,15 km
Szerokość korony zapory głównej	4,0 m
Maksymalna wysokość zapór	10,5 m
Rzędna korony zapory	197,50 m n.p.m.
Maksymalna rzędna piętrzenia	195,20 m n.p.m.
Maksymalna pojemność zbiornika	185,0 mln m^3
Powierzchnia zbiornika przy maksymalnym piętrzeniu	26,30 km^2
Powierzchnia zlewni zamknięta zaporą zbiornika	6642 km^2

Zbiornik ten powstaje jako suchy, co według definicji podanej przez Depczyńskiego i Szamowskiego [1999], oznacza, iż tego typu obiekt projektuje się jako jednozadaniowy, mający na celu jedynie zmniejszenie wysokości fali powodziowej poprzez przechwycenie jej szczytu, dla uzyskania efektu rozłożenia jej w czasie. Zbiorniki te powstają dzięki budowie zapór, których przelewy i spusty podczas normalnego użytkowania są otwarte. W okresach między powodziami woda w sposób naturalny przepływa przez czaszę i spusty. Gdy do zapory dociera wezbranie o przepływie większym niż zdolność przepustowa urządzeń zrzutowych, następuje gromadzenie wody w zbiorniku. Zmniejszenie dopływu wody z obszaru zlewni doprowadza do opróżnienia zbiornika. W okresach między powodziami czasze zbiorników wykorzystuje się jako pastwiska [Depczyński, Szamowski, 1999]. Dopiero po 40-50 latach, tj. po wyczerpaniu się złóż żwiru zalegających w czaszy projektowanego obiektu nastąpi przekształcenie go w zbiornik wielofunkcyjny, o takiej samej pojemności powodziowej i pojemności użytkowej w granicach 100-150 mln m^3. Wielkość użytkowa posłuży do wyrównania przepływów niżówkowych, poprawy warunków żeglugi na Odrze, zapewnienia ciągłości produkcji energii na stopniu wodnym, rekreacji itp. [Zbiornik Racibórz – Osłona przeciwpowodziowa w dolinie rzeki Odry, 2002].

OPIS I METODYKA BADAŃ

Celem pracy jest przedstawienie symulacji rozwoju wezbrania na górnej Odrze w profilu wodowskazowym Miedonia z uwzględnieniem wykorzystania

pojemności powodziowej polderu Buków oraz w sytuacji, w której istniałby suchy zbiornik Racibórz. W tym drugim przypadku scenariusze wezbraniowe oparto o założone wielkości zrzutu wód ze zbiornika.

Z racji bliskości lokalizacji projektowanej zapory czołowej zbiornika w Raciborzu, za przekrój miarodajny przyjęto wodowskaz w Miedoni. Znajduje się on w 55+500 km Odry, na lewym jej brzegu i zamyka zlewnię o powierzchni 6674 km^2. Poziom zera wodowskazu znajduje się na 176,28 m n.p.m. Kr. Wodowskaz założony został w 1940 roku przez wodną administrację niemiecką. Podlega RZGW Gliwice i IMGW oddział w Krakowie i leży w obrębie granic administracyjnych miasta Raciborza [Kuczkowski, 2001].

Badania podzielono na dwa etapy: w pierwszym zrekonstruowano przebieg fali wezbraniowej na Odrze na podstawie odczytów wodowskazowych w Miedoni, przy uwzględnieniu wielkości odpływu lub zrzutu z polderu Buków. Na tej podstawie można było wyciągnąć wnioski, co do skuteczności działania obiektu.

W drugiej części dokonano symulacji pokazującej potencjalny wpływ funkcjonowania zbiornika Racibórz na przejście fali wezbraniowej. Założono cztery warianty zrzutu wód ze zbiornika:

– zrzut na poziomie 470 $m^3 \cdot s^{-1}$, co odpowiada przepływowi brzegowemu (Qb) w rozumieniu definicji Wołoszyna i in. [1994], przy którym przepływ mieści się w głównym korycie rzeki do krawędzi brzegów- powyżej stanu brzegowego woda występuje z koryta i zalewa teren doliny rzecznej [Wołoszyn i In., 1994],
– zrzut na poziomie 800 $m^3 \cdot s^{-1}$, co odpowiada wezbraniom przekraczającym wartość wody brzegowej - nie poczyni on większych szkód w dolinie, a tylko spowoduje ograniczone zalanie obszaru międzywala poniżej zbiornika; prawdopodobieństwo przewyższenia tego przepływu wynosi 20% ($Q_{20\%}$),
– zrzut na poziomie 1070 $m^3 \cdot s^{-1}$, odpowiada to przepływowi o prawdopodobieństwie przewyższenia 10% ($Q_{10\%}$),
– zrzut na poziomie 1600 $m^3 \cdot s^{-1}$, co odpowiada przepływowi o prawdopodobieństwie przekroczenia p=2% ($Q_{2\%}$).

Wykonana symulacja pozwala na zobrazowanie zmiany objętości wody w zbiorniku, czasu trwania zalewu oraz jego wysokości przy zadanych wielkościach zrzutowych. Stworzona w arkuszu kalkulacyjnym Excel aplikacja pozwala określić przyrost objętości dopływającej wody na podstawie zestawienia przepływów wód wezbraniowych przy zmiennym kroku czasowym Δt, według zależności [Czamara, Krężel,1983]:

$$V = \int Q \Delta t$$

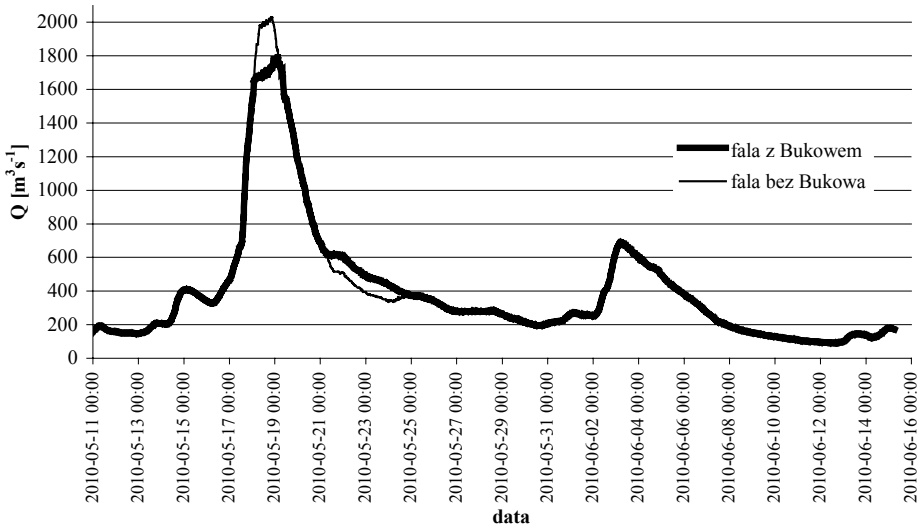
gdzie:

V – objętość dopływu [m^3],
Q – przepływ [$m^3 s^{-1}$],
Δt – przyrost czasu [s].

Graficznym obrazem relacji opisanej wzorem jest krzywa sumowa dopływu, zwana krzywą całkową. Obrazuje ona przyrost objętości po czasie Δt przy założeniu braku odpływu wody z przekroju. W dalszym etapie symulacji obliczone uprzednio wartości zsumowanego dopływu pomniejszono o założone przy zadanym kroku czasowym wielkości zrzutu wody ze zbiornika. Jako wartości progowe przepływów na rzece dla każdego wariantu przyjęto wartości odpowiadające kolejno 470, 800, 1070 i 1600 $m^3 \cdot s^{-1}$, po przekroczeniu których następowałby opróżnianie zbiornika poprzez urządzenia zrzutowe zapory czołowej.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

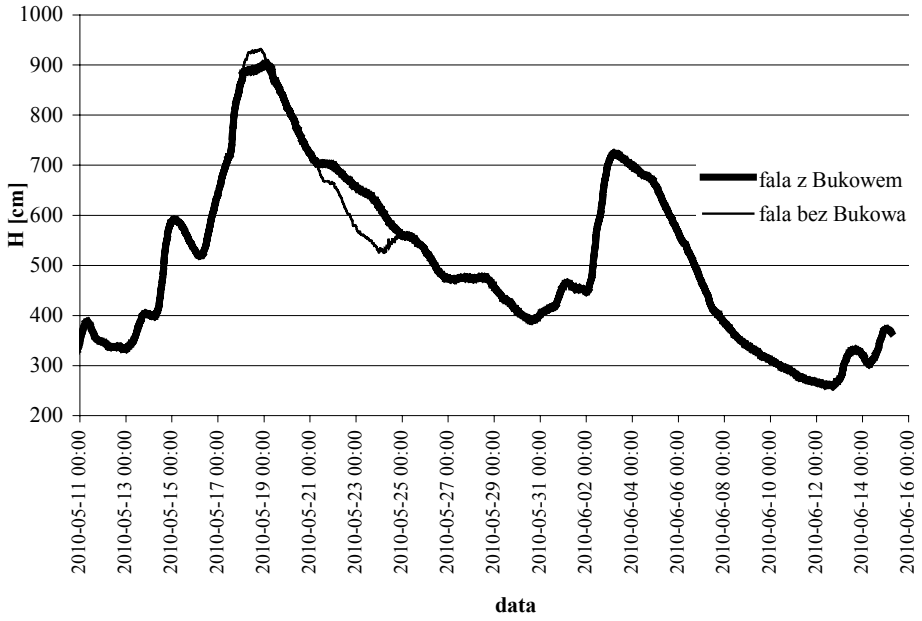
Na rysunku 1. przedstawiono przebieg hydrogramu przepływu dla fali wezbraniowej zmienionej wskutek działania polderu Buków (linia pogrubiona), jak również zrekonstruowano wygląd hydrogramu w sytuacji braku retencji polderowej (linia cienka).



Rysunek 1. Hydrogram przepływu przy istniejącym polderze Buków oraz bez jego udziału - wodowskaz Miedonia
Figure 1. Hydrograph of flow with existing and without Buków polder – the Miedonia water gauge

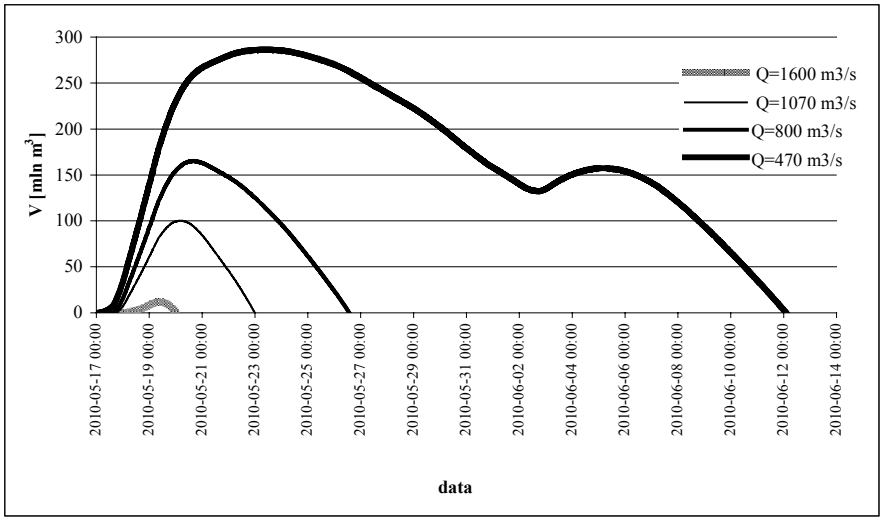
Objętość fali różnicowej, która została przejęta przez polder pomiędzy 17 a 18 maja 2010 roku była stopniowo oddawana, powodując wzrost przepływu notowanego na wodowskazie w Miedoni o maksymalnie 100 $m^3 s^{-1}$ od godz. 20

w dniu 20.05, do godz. 5 dnia 24.05.2010 roku. W ten sposób możliwe było zgromadzenie ponad 28 mln m^3 wody, która obniżyła stan maksymalny w Miedoni o 37 cm (rysunek 2).



Rysunek 2. Hydrogram stanów wody przy istniejącym polderze Buków oraz bez jego udziału - wodowskaz Miedonia
Figure 2. Hydrograph of water stage with existing and without Buków polder – the Miedonia water gauge

Na rys. 3 przedstawiono symulację przy uwzględnieniu sytuacji hydrologicznej z okresu 17.05-7.06.2010 r. Przeanalizowano cztery scenariusze, przy czym zrzut na poziomie 1600 m^3s^{-1} daje najmniejszy efekt redukcyjny przy długości okresu zalewu czaszy zbiornika wynoszącym około 2 dni. Zrzut wynoszący 470 m^3s^{-1} w zaistniałej sytuacji nie byłby możliwy do zagwarantowania, ze względu na przekroczenie maksymalnej pojemności zbiornika o ponad 100 mln m^3 przy czasie zalewu przekraczającym 26 dni, co nie pozostałoby bez wpływu na roślinność, która porasta czaszę zbiornika.



Rysunek 3. Zmiana pojemności zbiornika Racibórz dla założonych wielkości zrzutu wód (17.05-13.06.2010)
Figure 3. Volume change in reservoir for assumed volume of discharge (17.05-13.06.2010)

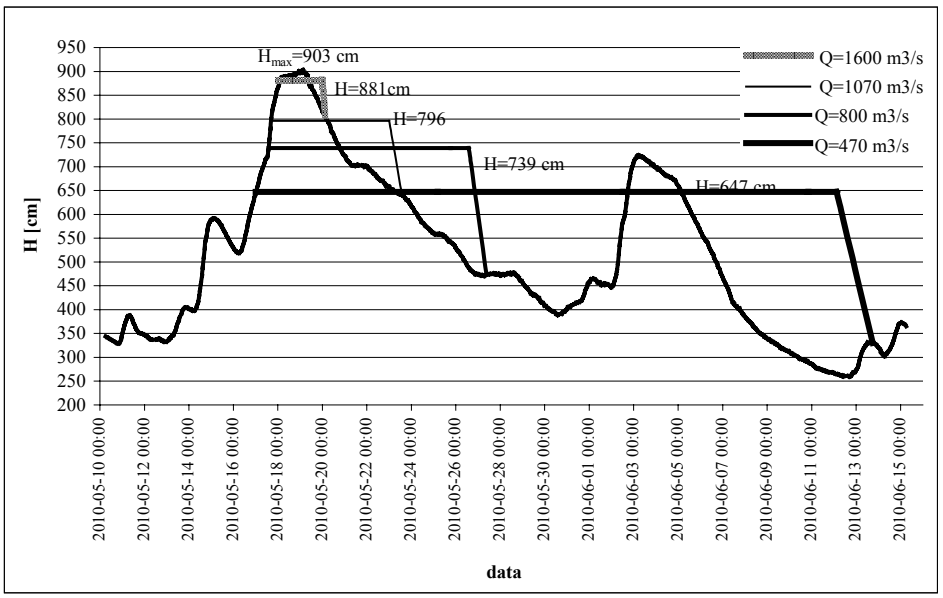
Szczegółowe zestawienie wymaganych pojemności, rzędnej napełnienia oraz czasu trwania zalewu przedstawiono w tabeli 2. Spośród rozpatrywanych wariantów zrzutu, te o natężeniu 800 i 1070 m^3s^{-1} nie spowodowałyby przekroczenia maksymalnej rzędnej piętrzenia, przy czasie zalewu, który nie wpłynąłby znacząco na cenne przyrodniczo obszary leżące w czaszy zbiornika. Dominujące tam grądy z domieszką łęgu jesionowo-wiązowego oraz jesionowo-olszowego, który porasta obniżenia terenu mogą przetrwać 2 – 3 tygodniowe zalewy. Krzemińska i Adynkiewicz-Piragas twierdzą, iż ekosystem leśny „suchego" polderu (a za taki można uznać zbiornik Racibórz) nie jest odporny na powódź, ponieważ las nie toleruje długiej stagnacji wód powodziowych i wysokiego poziomu zalania [Krzemińska, Adynkiewicz-Piragas, 2006]. Przeprowadzone po powodzi w 1997 roku badania, ukazały słabość drzewostanów nadrzecznych i obniżenie odporności na zmienne warunki wodne, jak również prawie całkowite ich niedostosowanie do zalania i stagnacji wód [Krzemińska i in. 2004].

Jest oczywiste, że najmniejszy efekt redukcyjny uzyska się przy zrzucie 1600 m^3s^{-1}, gdyż obniżenie kulminacji wynosi zaledwie 186 m^3s^{-1}. Szczegółowe zestawienie poziomów obniżenia kulminacji fali wezbraniowej oraz procentowej efektywności redukcji przy założonych wielkościach zrzutu ze zbiornika Racibórz zaprezentowano tabeli 3. Dla zrzutu wynoszącego 800 i 1070 m^3s^{-1} obniżenie stanu kulminacyjnego na wodowskazie w Miedoni wyniosłoby odpowiednio 1,64 m oraz 1,07 m, co daje redukcję rzędu 18 i 12%.

Tabela 1. Symulacje wymaganej pojemności, rzędnej napełnienia oraz czasu trwania zalewu przy założonych wielkościach zrzutu ze zbiornika
Tab. 2. Simulations of required volume, water elevation and flood duration for the assumed variations of water discharge from the reservoir

Data	Q max.	Wielkość zrzutu	Objętość zbiornika	Rzędna napełnienia	Czas trwania zalewu
	m^3s^{-1}	m^3s^{-1}	mln m^3	m n.p.m.	doby
16.05. - 24.05 2010	1790	470	286,116	pow. max. rzędnej	26 dni 3 godz.
		800	164,965	194,98	9 dni
		1070	100,176	191,62	5 dni 17 godz.
		1600	12,192	187,10	1 dzień 23 godz.

Na rysunku 4 zaprezentowano studium redukcji wezbrania w odniesieniu do wskazań na wodowskazie w Miedoni.



Rysunek 4. Obniżenie kulminacji na wodowskazie Miedonia
Figure 4. Reduction of culmination in Miedonia water gauge

Tabela 3. Wyniki symulacji stanu wody przy założonych wariantach zrzutu wód ze zbiornika Racibórz

Table 3. Results of water stage simulations for the assumed variations of water discharge from the reservoir

Data	H max	Rzędna dla H max	Zrzut ze zbiornika	H zredukowany	Rzędna dla H zredukowanego	Obniżenie kulminacji	
	cm	m n.p.m.	m^3s^{-1}	cm	m n.p.m.	m	%
16.05. - 24.05. 2010	903	185.31	470	645	182,73	2,58	29
			800	739	183,67	1,64	18
			1070	796	184,24	1,07	12
			1600	881	185,09	0,22	3

WNIOSKI

Analiza pracy polderu Buków pozwala na wysnucie następujących wniosków:

1. Okres napełniania polderu był stosunkowo krótki i wyniósł ok. 1 doby, przy wypełnieniu czaszy równym 28,080 mln m^3.
2. Wykorzystanie pojemności użytkowej pozwoliło na obniżenie kulminacji o maksymalnie 300 m^3s^{-1} (z 2030 m^3s^{-1} do 1730 m^3s^{-1}):
   - przełożyło się to na obniżenie stanu na wodowskazie Miedonia maksymalnie o 37 cm (5%),
   - nastąpiło przesunięcie kulminacji w czasie o około 6 godzin,
   - na krzywej opadania fali wezbraniowej wystąpiło podniesienie stanów wody do 90 cm, co było wywołane opróżnianiem polderu,
   - w czasie opróżniania polderu nastąpiło zwiększenie przepływu o maks. 100 m^3s^{-1}, przez okres ponad 3 dób.
3. Symulacje oparte na założeniu redukcji wezbrania przez zbiornik Racibórz i polder Buków, który stanowi jego integralny komponent, pozwala zauważyć iż:
   - w zależności od przyjętego wariantu zrzutu ze zbiornika Racibórz obniżenie stanu maksymalnego na wodowskazie w Miedoni wyniosłoby odpowiednio od 22 cm przy zrzucie 1600 m^3s^{-1}, do 258 cm przy zrzucie 470 m^3s^{-1},
   - sumaryczny efekt redukcji kulminacji na obydwu obiektach wyniósłby 8% przy zrzucie 1600 m^3s^{-1}, 17% dla 1070 m^3s^{-1}, 23% dla 800 m^3s^{-1}oraz 34% dla wariantu zrzutowego wynoszącego 470 m^3s^{-1}.

BIBLIOGRAFIA

Czamara W., Krężel J., *Przewodnik do ćwiczeń z hydrologii*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1983.

Depczyński W., Szamowski A., *Budowle i zbiorniki wodne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.

Krzemińska A., Adynkiewicz-Piragas M., *Wegetacyjne zalewy polderów szansą na stabilizację nadrzecznych siedlisk leśnych*, Problemy hydrotechniki. Modelowanie i hydroinformatyka oraz wybrane zagadnienia ochrony przeciwpowodziowej, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006, s.70-74.

Krzemińska A., Adynkiewicz-Piragas M., Drabiński A., *Ocena żywotności drzewostanów na terenie odrzańskiego polderu Lipki-Oława po powodzi z lipca 1997 roku*, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska Rocznik XIII, Zeszyt specjalny (30), 2004, s. 108-118.

Kuczkowski W., *Odrzańska droga wodna. Raciborskie refleksje*, Gospodarka Wodna, nr 10, Wyd. Sigma –NOT, 2001, ss. 397 – 400.

Maciejewski M., Ostojski M., Tokarczyk T. (red.), *Dorzecze Odry - Monografia powodzi 2010*, s. 15-48, Wyd. IMGW PIB, Warszawa 2011.

Sandev M., Valeriánová A. (red.), *Ocena powodzi w maju i czerwcu 2010 roku. Ocena meteorologicznych przyczyn powodzi*, CHMU, Praga 2011.

Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J., *Regulacja rzek i potoków*, Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 1994.

Zbiornik Racibórz – osłona przeciwpowodziowa w Dolinie rzeki Odry, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach, Gliwice 2002, maszynopis.

Dr inż. Radosław Stodolak
Instytut Inżynierii Środowiska,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Plac Grunwaldzki 24,
50-363 Wrocław
Tel. (71) 3205516;
e-mail: radosław.stodolak@up.wroc.pl