

Małgorzata PIETRAK, Kazimierz BANASIK

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Water Engineering and Environmental Recultivation WULS – SGGW

Redukcja fali wezbraniowej Potoku Służewieckiego za pomocą małych zbiorników

Reduction of the Służew Creek flood flow by small ponds

Słowa kluczowe: redukcja wezbrań, zbiornik detencyjny, zlewnia miejska, model opad-odpływ, fala wezbraniowa

Key words: peak flow reduction, detention pond, urban catchment, rainfall-runoff model, flood flow hydrograph

Wprowadzenie

Cechą charakterystyczną zlewni miejskich jest gwałtowne formowanie się w nich wezbrań opadowych. Ich intensyfikacja zależy od rozbudowy i urbanizacji, rozwoju przemysłu i handlu, którym towarzyszy wzrost obszarów nieprzepuszczalnych. Wskutek braku możliwości zatrzymania wody opadowej w uszczelnionych powierzchniach następuje szybki i niemalże całkowity odpływ jej nadmiaru. Przyczynia się to do obniżenia zwierciadła wód gruntowych w zlewni. Część wody, która spływa po terenach nieprzepuszczalnych podczas opadu, jest przechwytywana i odprowadzana burzowcami i systemami kanalizacyjnymi. Ze względu na ograniczoną przepustowość urządzenia te nie są

w stanie w szybkim tempie przechwycić tak dużej objętości wody podczas ulewy, co przyczynia się do powstawania lokalnych podtopień, zalewów tarasów, a często nawet krótkotrwałych powodzi, wywołując związane z tym straty ekonomiczno-gospodarcze. Współcześnie zaleca się zatrzymywanie części lub całości wód opadowych na terenie zlewni lub retencjonowanie ich i powolny odpływ do głównego kanału burzowego.

Konieczność sprostania tym zadaniom zmusza projektantów do poszukiwania w zlewniach miejskich coraz to nowszych rozwiązań w tym zakresie. Jednym z nich są zbiorniki detencyjne, których celem jest czasowe gromadzenie wody i stopniowe jej odprowadzanie po ustąpieniu ulew.

Wobec braku skutecznych rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa powodziowego w miastach, gdzie stale postępuje wzrost częstości wezbrań, zasadna wydaje się ocena działania tych obiektów jako technicznych środków ochrony przeciwpowodziowej, co jest celem niniejszego artykułu.

Poruszana problematyka została podjęta przez pierwszego współautora w pracy magisterskiej na kierunku inżynieria środowiska (Pietrak 2009).

Charakterystyka miejskiej zlewni badawczej

Zlewnia Potoku Służewieckiego, na której przeprowadzono badania, jest nieobserwowana. Ciek główny uchodzi do Wilanówki, będącej lewobrzeżnym dopływem Wisły. Zlewnia zlokalizowana jest w południowej części Warszawy w następujących dzielnicach: Ochota, Okęcie, Służewiec, Ursynów, Mokotów i Wilanów.

Sieć cieków tworzących miejski system drenażu charakteryzuje się zmiennymi warunkami przepływu. Obecnie potok rozpoczyna swój bieg w okolicy skrzyżowania ulic Raclawickiej i Grójeckiej, natomiast ujście stanowi Jezioro Wilanowskie. W początkowym krótkim odcinku potok płynie kanałem otwartym do torów kolejowych linii Warszawa – Radom, następnie wody transportowane są pod ziemią kanałem zakrytym, do zbiegu ulic Hynka i Radarowej. Poniżej biegnie kanałem otwartym do terenów lotniska Okęcie, gdzie ponownie staje się kolektorem na długości ponad 2,5 km. Jego wylot znajduje się przy ulicy Wirażowej. Od tego miejsca (do ujścia Jeziora Wilanowskiego) potok przepływa korytem otwartym, lokalnie tylko, w nielicznych miejscach (takich jak przepusty pod drogą, budynkami itp.), wody potoku transportowane są kolektorem.

Powierzchnia całkowita zlewni wynosi 54,8 km², natomiast analizowana jej górna część, ograniczona profilem Staw Służewiecki, zajmuje powierzchnię

34,6 km². Jej lokalizację przedstawiono na rysunku 1a. Obszar ten składa się ze zlewni Okęcia i Rowu Grabowskiego oraz dwóch zlewni cząstkowych, ograniczonych profilami obliczeniowymi przy Stawie Wyścigi i Stawie Służewieckim, które są przedmiotem szczegółowych analiz w pracy.

Obszar mniejszej z analizowanych zlewni różnicowej, tj. Stawu Wyścigi, zajmuje powierzchnię 1,6 km², a stanowią go głównie tereny Wyścigów Konnych na Służewcu oraz Centrum Ekspedycyjno-Rozdzielcze Poczty Polskiej S.A. Natomiast zlewnia Stawu Służewieckiego obejmuje swym zasięgiem tereny osiedli mieszkaniowych i obszary usługowo-handlowe Służewca Przemysłowego (6,5 km²).

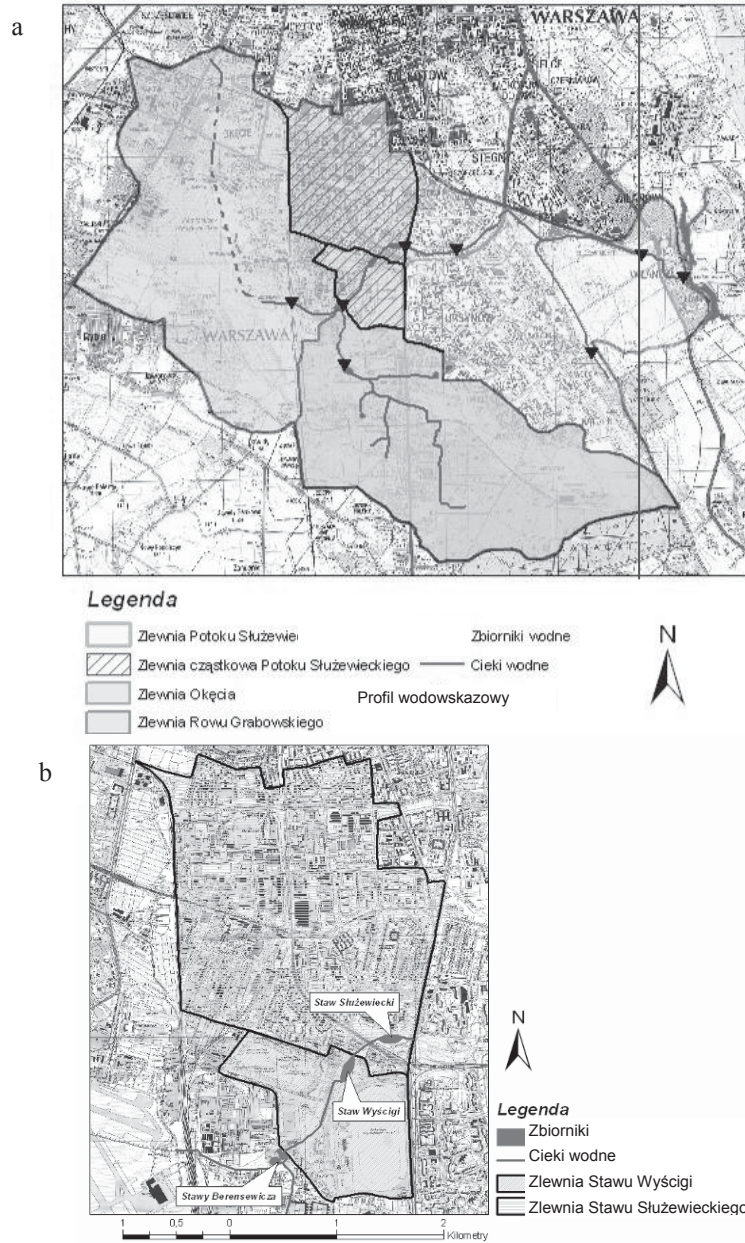
Na rysunku 1b przedstawiono lokalizację zlewni cząstkowych. Zlewnia Potoku Służewieckiego, jak widać na załączonej mapie, charakteryzuje się dużym zurbanizowaniem. Obszarami o wyraźnej antropopresji w analizowanej części zlewni są: tereny portu lotniczego Okęcie, osiedli mieszkaniowych, budynków biurowych oraz infrastruktura komunikacyjna.

Z terenów tych za pomocą systemu kanałów burzowych oraz sieci rowów melioracyjnych odprowadzane są wody opadowe, które następnie zasilają koryto Potoku Służewieckiego, powodując gwałtowne wezbrania.

Obszary przepuszczalne znajdują się głównie w południowej części, a stanowi je przede wszystkim Las Kabacki.

Zbiorniki detencyjne

Najwyżej spośród analizowanych zbiorników, na wysokości ulicy Łączyny



RYSUNEK 1. Lokalizacja zlewni Potoku Służewieckiego: a – do profilu hydrologicznego Staw Służewiecki, b – zlewnie częściowe (mapa GUGiK 2002)

FIGURE 1. Locality of the river catchment of Służew Creek: a – of the upper part, b – the subcatchments (according to GUGiK 2002)

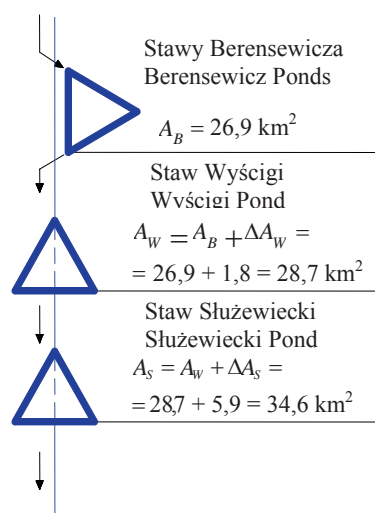
(obok budynku Poczty Polskiej), znajdują się Stawy Berensewicza. Czasza zbiornika usytuowana jest przy lewym brzegu koryta Potoku Służewieckiego między ulicami Kłobucką i Łączyny. Powierzchnia zlewni poniżej wypływu ze stawów wynosi $26,9 \text{ km}^2$, natomiast długość cieku głównego $7,2 \text{ km}$. Zbiornik ten składa się z dwóch akwenów – dolnego (większego) oraz górnego (mniejszego). Obiekt pracuje w układzie bocznym, jest zasilany wodami z Potoku Służewieckiego oraz jego głównego dopływu – Rowu Grabowskiego. Woda z potoku dopływa rurociągiem $\Phi = 0,3 \text{ m}$, a jej nadmiar podczas dużych wzebrzań powodziowych regulowany jest za pomocą przelewu bocznego w postaci obniżenia wysokości $0,3 \text{ m}$ i długości 20 m . Odprowadzenie wód odbywa się za pomocą mnisza z leżakiem ($\Phi = 0,5 \text{ m}$ i $L = 12 \text{ m}$) oraz stojakiem ($h = 2,30 \text{ m}$).

Zbiornik napełnia się podczas wzebrania, gdy zwierciadło wody w cieku przekroczy rzędną korony przelewu ($19,5 \text{ m n.p.o.}$, co odpowiada napełnieniu cieku $h > 1,5 \text{ m}$). Wówczas pewna objętość wody, która wypełni staw do rzędnej korony przelewu zostaje zretencjonowana (zmagazynowana), a następnie ulega powolnemu wypływowi, gdy poziom wody w cieku obniży się poniżej zwierciadła wody w stawach. Odpływ wody odbywa się wyłącznie przez mnisz.

Około 1 km poniżej, na terenie Wyścigów Konnych Służewiec, usytuowany jest Staw Wyścigi. Należy on do zbiorników przepływowych. Potok przebiega w czaszy zbiornika, a jego wylot znajduje się tuż poniżej ulicy Bokserskiej.

Ostatni z analizowanych zbiorników, Staw Służewiecki, zlokalizowany przy ulicy Rzymowskiego, stanowi jednocze-

śnie profil zamykający. Znajduje się poniżej Stawu Wyścigi (około 300 m), jednakże powierzchnia zlewni zwiększa się tu do $34,6 \text{ km}^2$ (obejmuje obszar części dolnego Mokotowa). Podobnie jak Staw Wyścigi jest zbiornikiem przepływowym, jednakże z uwagi na obecnie zły stan techniczny spełnia funkcję obiektu retencyjnego jedynie przy znacznych przepływach. W celu poprawy efektywności działania zbiornika planowana jest budowa urządzenia upustowego przy ulicy Rzymowskiego. Na rysunku 2 przedstawiono schemat funkcjonowania zbiorników wraz ze zlewnią do profilu zamykającego. Strzałkami oznaczono kierunek przepływu wody Potoku Służewieckiego. Stawy Berensewicza usytuowano na lewym brzegu koryta cieku (zbiornik boczny), natomiast dwa pozostałe należą do zbiorników przepływowych. W tabeli 1 zestawiono pojemności zbiorników określone z dokumentacji projektowych na renowację tych obiektów.



RYSUNEK 2. Schemat funkcjonowania zbiorników

FIGURE 2. Scheme of the work by the ponds

TABELA 1. Pojemności zbiorników
TABLE 1. Capacity of the ponds

Zbiornik Pond name	Pojemność [tys. m ³] Capacity		
	stała volume of wet part	detencyj- na detention volume	całko- wita total volume
Stawy Berensewicza	12	20	32
Staw Wyścigi	28	18	46
Staw Służewiecki	29	13	42

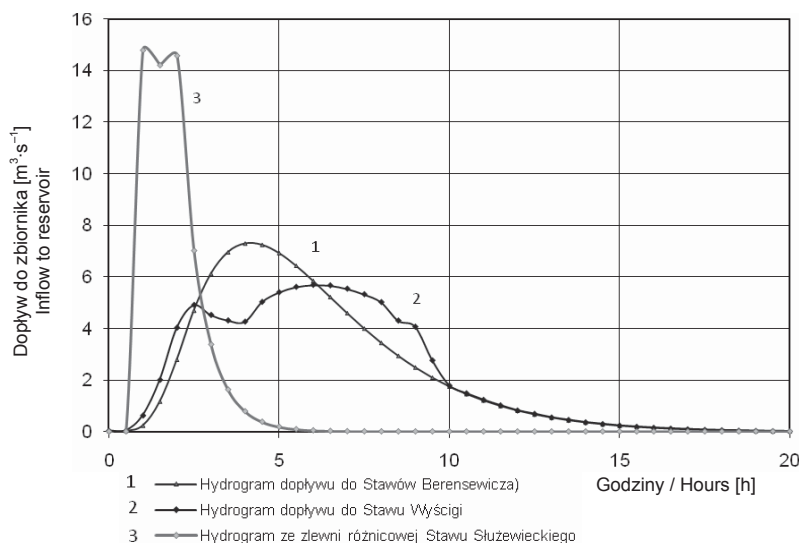
Dane wejściowe i opis metodyki

Hydrogram dopływu do zbiornika

Do obliczeń wykorzystano hydrogram wezbrania, będący reakcją zlewni na opad o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$ i czasie trwania 2 h, który wystąpił w zlewni powyżej profilu Staw Służewiecki (suma opadu całko-

witego $P_{10\%, 2h} = 42,5$ mm dała warstwę odpływu $H = 7,1$ mm). Hydrogram dopływu do Stawów Berensewicza został obliczony z wykorzystaniem IUH ustalonego z pomiarów relacji opad-odpływ. W przypadku zlewni cząstkowych, tj. dla obszaru między Stawami Berensewicza a wylotem ze Stawu Wyścigi, opad efektywny wyznaczono metodą CN-SCS, uzyskując dla zlewni cząstkowej Stawu Wyścigi warstwę odpływu $H = 5,3$ mm, a dla zlewni cząstkowej Stawu Służewieckiego warstwę odpływu $H = 17,3$ mm, natomiast chwilowy hydrogram jednostkowy – według formuły Rao. Wykresy prognozowanego przebiegu wezbrania poszczególnych zlewni przedstawia rysunek 3.

W obliczeniach transformacji fali przez zespół zbiorników przyjęto, iż hydrogramy dopływu do poszczególnych zbiorników (Stawu Wyścigi i Stawu Służewieckiego) będą stanowiły sumę hy-



RYSUNEK 3. Hydrogram dopływów do Stawów Berensewicza oraz do Stawu Wyścigi i Stawu Służewieckiego ze zlewni cząstkowych, wywołanych opadem $P_{10\%, 2h}$
FIGURE 3. Inflow hydrograph to Berensewic Ponds and to Wyścigi Pond and Służewiecki Pond from the subcatchment, caused by rain event $P_{10\%, 2h}$

drogramu odpływu ze zbiornika Berensewicza oraz reakcji zlewni cząstkowych na opad $P_{10\%,2h}$ w postaci hydrogramów wezbrania. Zatem:

$$Q_{D(W)} = Q_{(B)} + D_{(W)}$$

$$Q_{D(S)} = Q_{(W)} + D_{(S)}$$

gdzie:

$Q_{D(W)}$ – dopływ do zbiornika Wyścigi [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q_{(B)}$ – odpływ ze zbiornika Berensewicza [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$D_{(W)}$ – dopływ ze zlewni cząstkowej Stawu Wyścigi [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q_{D(S)}$ – dopływ do zbiornika Służewieckiego [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q_{(W)}$ – odpływ ze zbiornika Wyścigi [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$D_{(S)}$ – dopływ ze zlewni cząstkowej Stawu Służewieckiego [$m^3 \cdot s^{-1}$].

Metoda obliczenia transformacji fali wezbraniowej przez zbiorniki

W wyniku transformacji przez zbiornik fala wezbraniowa ulega zniekształceniu, polegającemu na spłaszczeniu, zmniejszeniu wysokości kulminacji oraz opóźnieniu i wydłużeniu czasu jej trwania.

Następuje wypełnienie rezerwy powodziowej zbiornika, wskutek czego na odpływie posiada on zredukowaną objętość.

Proces transformacji fali wezbraniowej przez zbiornik obliczono za pomocą matematycznej zależności między dopływem a odpływem w funkcji zmiennej w czasie objętości wody magazynowanej w zbiorniku. Są to podstawy zmodyfikowanej metody Pulsa (Orłowski 1977), zgodnie z którą różnica między dopływem a odpływem ze zbiornika

w dowolnym czasie odpowiada zmianie retencji:

$$Q_d(t) - Q(t) = \frac{\Delta R}{\Delta t}$$

gdzie:

$Q_d(t)$ – dopływ do zbiornika [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q(t)$ – odpływ ze zbiornika [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$\Delta R/\Delta t$ – zmiana retencji zbiornika w czasie [$m^3 \cdot s^{-1}$].

Wyznaczenie hydrogramów odpływu ze zbiorników poprzedzono określeniem hydrogramu wezbrania, opisującego zależność zmienności natężenia dopływu do zbiornika w czasie, krzywej pojemności zbiornika oraz krzywej wydatku urządzeń upustowych.

Krzywe pojemności Stawu Berensewicza, Stawu Wyścigi oraz Stawu Służewieckiego wyznaczono na podstawie dostępnych danych, uzyskanych z dokumentacji projektowych (Bartosik 1999, Czartoryski 2002, 2004).

Charakterystykę hydrauliczną wydatku urządzeń upustowych w postaci koryta odprowadzającego wodę ze stawów przyjęto z prac dyplomowych (Pietrak 2009).

Wyniki obliczeń

Obliczenia transformacji fali określono na podstawie aktualnego stanu napełnienia zbiorników. W wyniku symulacji otrzymano hydrogramy odpływu i napełnienia zbiorników (rys. 4, 5 i 6).

Efekt redukcji fal wezbraniowych przez stawy został przeprowadzony za pomocą następujących miar redukcji:

– bezwzględnej

$$\Delta Q = Q_{d(\max)} - Q_{(\max)}$$

– względnej

$$R = \frac{\Delta Q}{Q_{d(\max)}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$Q_{d(\max)}$ – przepływ kulminacyjny hydrogramu dopływu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

$Q_{(\max)}$ – przepływ kulminacyjny hydrogramu odpływu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].

Zestawienie ilościowych miar redukcji fali przez zbiorniki przedstawia tabela 2.

Ponadto w celu sprawdzenia, jaka część pojemności została zajęta w trakcie przejścia fali wezbraniowej, obliczony został parametr, zwany stopniem wykorzystania rezerwy powodziowej (W), obliczany ze wzoru:

$$W = \frac{V}{V_R}$$

gdzie:

V – objętość zbiornika powyżej NPP zajęta w trakcie wezbrania [m^3],

V_R – pojemność powodziowa zbiornika [m^3].

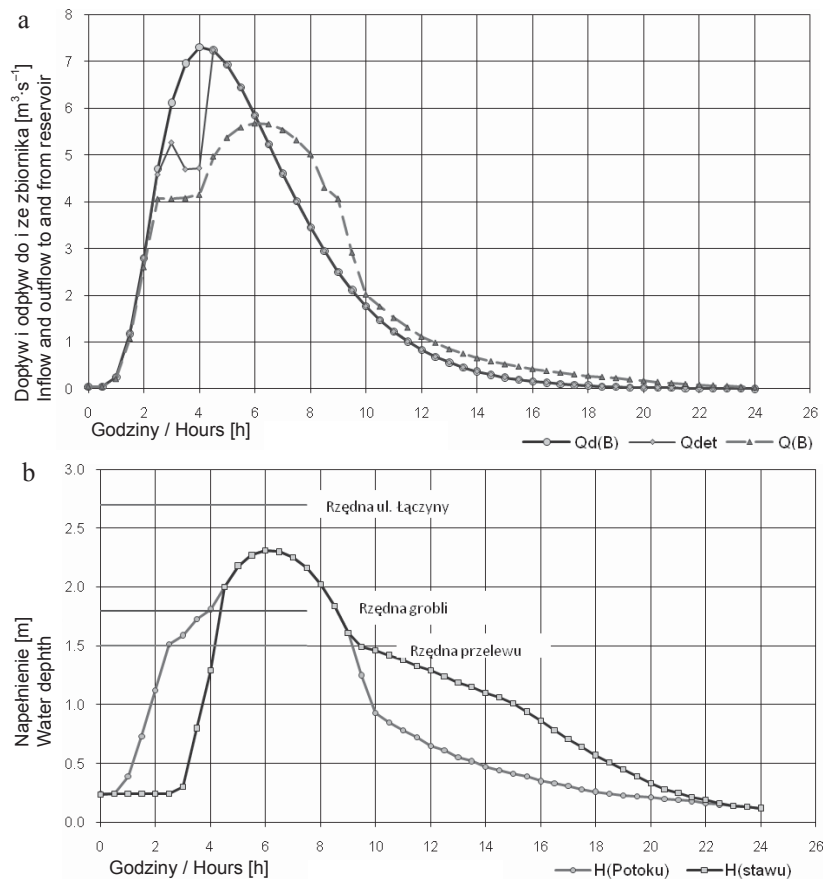
W przypadku Stawów Berensewicza uzyskano redukcję $1,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, co stanowi około 22% redukcji przepływu kulminacyjnego. Powyżej rzędnej 19,8 m n.p.m. (co odpowiada przepływowi około $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) woda po przekroczeniu poziomu korony grobli zaczyna przelewać się do czaszy zbiornika, gdzie ulega zretencjonowaniu (zmagazynowaniu w czaszy zbiornika, a następnie powolnemu odpływowi).

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wynika, iż jedynie Stawy Berensewicza mają znaczenie z punktu widzenia zabezpieczenia przeciwpowodziowego, zwłaszcza terenów leżących poniżej. Dwa niżej położone stawy tylko nieznacznie przyczyniają się do spłaszczenia kulminacji wezbrania. Redukcja (R) poniżej 1%, przy niemalże wykorzystanej rezerwie powodziowej zbiorników Wyścigi i Służewieckiego, pozwala wnioskować, że pojemności te są

TABELA 2. Ilościowe miary redukcji fali wezbraniowej przez stawy
TABLE 2. Quantitative measurements reduction of the flood flow by the ponds

Zbiornik Name of the pond	Hydrogram dopływu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] Inflow hydro- graph	Dopływ [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] Inflow	Odpływ [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] Outflow	Redukcja bez- względna [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] Absolute reduction	Redukcja względna [%] Relative reduction	W [-]
Stawy Berense- wicza Berensewicz Ponds	$Q_D(B)$	7,3	5,68	1,62	22,2	1,0
Staw Wyścigi Wyścigi Pond	$Q_{D(W)} = Q_{(B)}$	5,69	5,64	0,05	0,9	1,0
Staw Służe- wiecki Służewiecki Pond	$Q_{D(S)} = Q_{(W)}$	15,67	15,26	0,41	2,6	1,6

W – stopień wykorzystania rezerwy powodziowej / rate of the uses of the flood capacity.



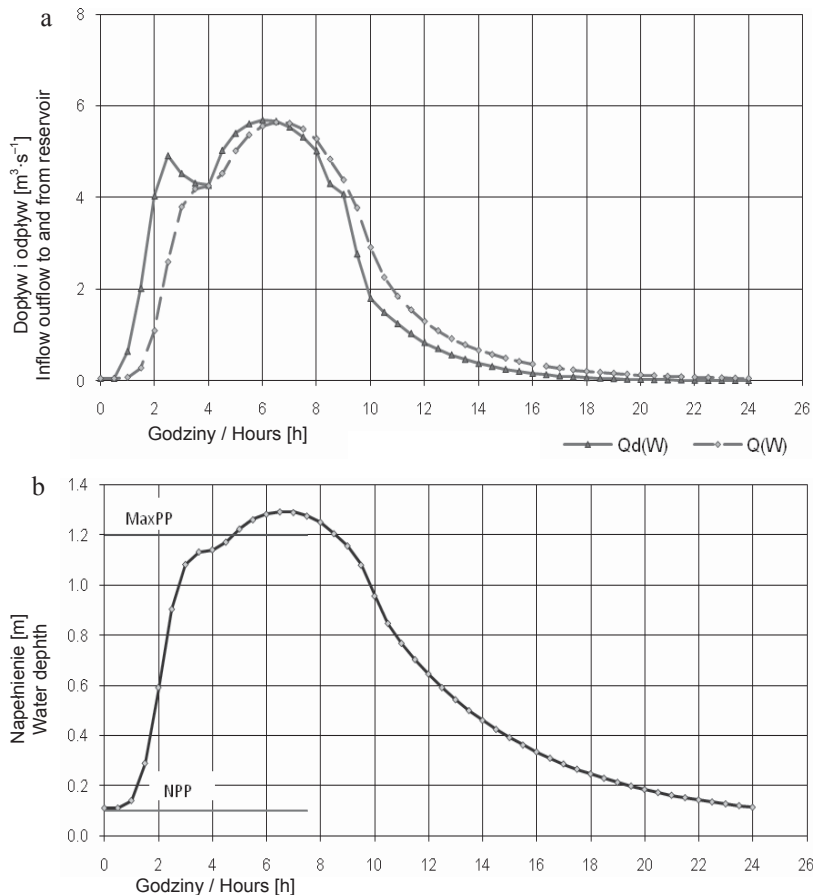
RYSUNEK 4. Hydrogramy dopływu i odpływu (a) oraz napelnienia w Potoku Służewickim poniżej wylotu ze zbiornika i Stawach Berensewicza (b), w wyniku opadu $P_{10\%,2h}$ w zlewni Okęcia i Rowu Grabowskiego

FIGURE 4. Inflow and outflow hydrographs (a) and water depth in Służew Creek under outlet at the ponds and Berensewicz Ponds (b), caused by rain event $P_{10\%,2h}$ in the Okęcie and Rów Grabowski subcatchments

Możliwości zwiększenia efektywności działania zbiorników

zbyt małe, aby zmagazynować nadwyżki wody podczas trwania nawet średniego wezbrania o kulminacji około $7,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Udział tych zbiorników polegał na niewielkiej deformacji fali oraz małym opóźnieniu odpływu poniżej stawu.

Niewielkie zbiorniki suche czy też detencyjne, regulowane samoczynnie, mają małą skuteczność zmniejszenia fali wezbraniowej. Ich rola zależy od pojemności zbiornika i parametrów hydraulicznych budowli upustowej.

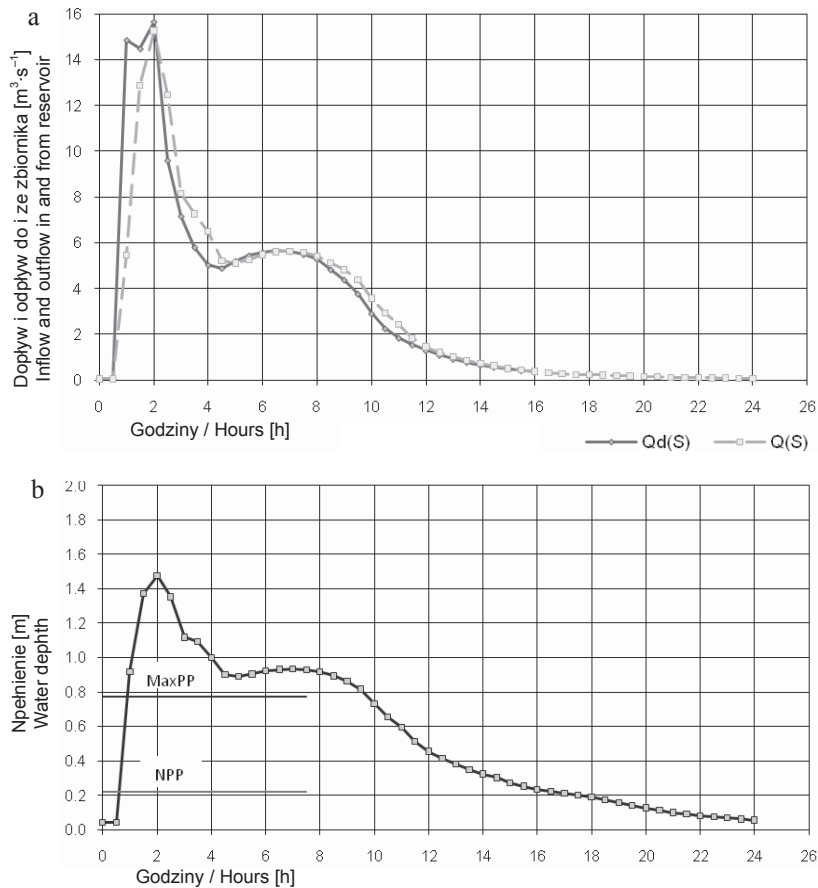


RYSUNEK 5. Hydrogramy dopływu i odpływu ze Stawu Wyścigi (a) oraz napełnienia w Stawie Wyścigi (b) w wyniku opadu $P_{10\%,2h}$ w zlewni po profil Staw Wyścigi
 FIGURE 5. Inflow and outflow hydrographs (a) and water depth in Wyścigi Pond (b), caused by rain event $P_{10\%,2h}$ in the whole catchment of Wyścigi Pond

Zwiększenie pojemności powodziowej zbiorników Staw Służewiecki i Staw Wyścigi można osiągnąć poprzez zmniejszenie, do całkowitego wyeliminowania włącznie, pojemności stałej (użytkowej) i nadanie akwenom cech zbiorników suchych (polderów letnich) zalewanych tylko podczas wezbrań, które powodują bardziej widoczne spłaszczenie fali wezbraniowej. W celu poprawy działania Stawu Służewieckiego, jako obiektu ochrony przeciwpowodziowej, przyjęto

zmianę w stosunku do wcześniejszego projektu urządzenia upustowego (Bartosik 1999), tak aby odpływ do $8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ odbywał się jedynie upustem dennym. Po przekroczeniu tej granicznej, „bezpiecznej” wartości natężenia przepływu odpływ odbywać się będzie także przez przelew.

Zaproponowane rozwiązanie przy Stawie Służewieckim stanowi budowla przelewowa z umieszczonym pośrodku urządzeniem upustowym. Zakłada się, iż



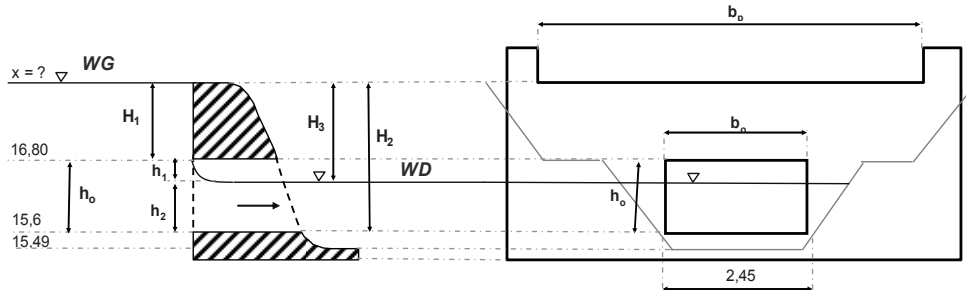
RYSUNEK 6. Hydrogramy dopływu i odpływu ze Stawu Służewieckiego (a) oraz napełnienia w Stawie Służewieckim (b) w wyniku opadu $P_{10\%,2h}$ w zlewni po profil Staw Służewiecki
 FIGURE 6. Inflow and outflow hydrographs (a) and water depth in Służewiecki Pond (b), caused by rain event $P_{10\%,2h}$ in the whole catchment of Służew Creek

przy dużych przepływach (rzędu powyżej $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) woda będzie przelewać się zarówno górą, jak i przez otwór upustowy. Schemat analizowanego w dalszej części urządzenia przedstawiono na rysunku 7.

Zgodnie z przyjętymi założeniami dokonano doboru parametrów urządzenia upustowego. W wyniku obliczeń zaprojektowano upust o wymiarach $2,4 \times 1,2 \text{ m}$ i szerokości przelewu 10 m . W celu sprawdzenia efektywności dzia-

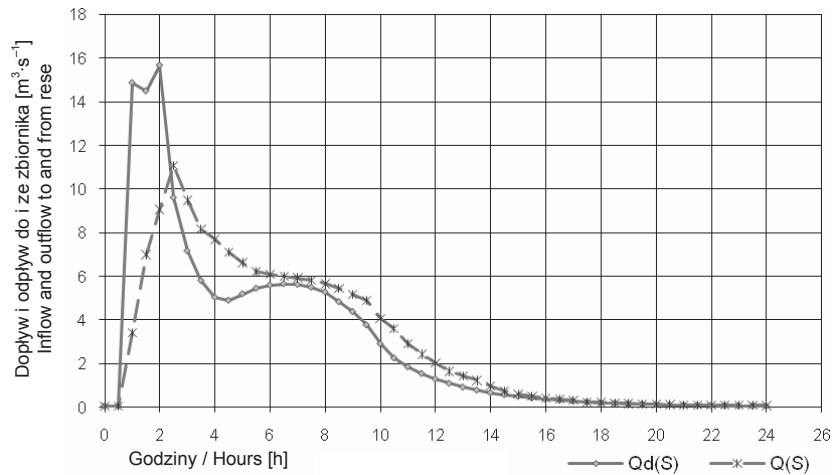
łania urządzenia, mierzonej stopniem redukcji fali wezbraniowej przy zaprojektowanych parametrach, przeprowadzono obliczenia. Wyniki w postaci hydrogramu odpływu przedstawiono na rysunku 8.

Wyniki transformacji fali dopływającej do Stawu Służewieckiego, jako reakcji całej analizowanej zlewni na opad $P_{10\%,2h}$, wskazują, iż zaprojektowane urządzenie upustowe znacząco poprawia działanie retencyjne zbiornika, tym samym zapewniając warunki ochrony



RYSUNEK 7. Schemat projektowanego urządzenia przelewowo-upustowego przy Stawie Służewieckim

FIGURE 7. Scheme of the design of hydraulic structure with bottom outlet and overflow at Służewiecki Pond



RYSUNEK 8. Hydrogramy dopływu i odpływu w Stawie Służewieckim w wyniku sumy opadów prawdopodobnych ($P_{10\%,2h}$)

FIGURE 8. Inflow and outflow hydrographs in Służewiecki Pond, caused by rain event ($P_{10\%,2h}$)

przeciwpowodziowej dla niżej położonych terenów. Efektywność działania zbiornika w przypadku dużej fali, wywołanej opadem w całej analizowanej zlewni, wzrosła prawie o 30%. Podobne rozwiązanie można przeprowadzić dla Stawu Wyścigi. Wówczas istniejące w górnej części analizowane zbiorniki mogą zapewnić wystarczające zabezpieczenie dla niżej położonych obszarów

zurbanizowanych w zlewni Potoku Służewieckiego.

Podsumowanie i wnioski

Przedmiotem badań była ocena efektywności działania stawów, występujących w górnej części zlewni Potoku Służewieckiego.

Obliczenia transformacji fali wezbraniowej przeprowadzone zostały dla hydrogramu wywołanego opadem o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$ i krótkim czasie trwania (2 h), który wystąpił w części zlewni Potoku Służewieckiego, obejmującej zlewnię Okęcia i Rowu Grabowskiego.

Proces transformacji fali przez staw uwzględniono za pomocą zmodyfikowanej metody Pulsa. Wyniki obliczeń, uzyskane za pomocą redukcji względnej i bezwzględnej, jednoznacznie wykazały niską efektywność działania zbiorników. Spośród trzech analizowanych stawów znaczenie w spłaszczeniu fali wywołanej krótkotrwałym opadem mają Stawy Berensewicza (ilościowe miary redukcji wynoszą: $\Delta Q = 1,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $R = 22\%$), pozostałe zbiorniki, tj. Staw Wyścigi i Staw Służewiecki, powodują jedynie niewielkie, około godzinne opóźnienie odpływu.

Całkowita redukcja względna pierwszego z rozpatrywanych hydrogramów (do profilu Stawy Berensewicza) wynosi 23%.

Przyczyną ich niskiej efektywności jest niewystarczająca pojemność retencyjna oraz niewłaściwie dobrana charakterystyka urządzeń upustowych. Zbiorniki wypełniają się już w pierwszym etapie trwania wezbrania, przed osiągnięciem kulminacji.

W celu poprawy efektywności działania układu zbiorników zaproponowano rozwiązanie urządzenia upustowego przy Stawie Służewieckim. Projekt, będący modyfikacją istniejącego dla Stawu Służewieckiego, stanowił budowlę przelewową z umieszczonym pośrodku urządzeniem upustowym. Jednocześnie założono, iż gospodarka wodna w zbior-

niku będzie uwzględniać przelewanie się wody zarówno górą, jak i przez otwór upustowy.

Redukcja po przetransformowaniu fali przez zbiornik z zaprojektowaną budowlą pokazała, że za pomocą sterowania charakterystykami urządzenia upustowego można osiągnąć poprawę efektywności zbiornika jako obiektu ochrony przeciwpowodziowej.

Uzyskane wyniki można traktować jako pewne wartości szacunkowe. Przeprowadzona analiza nie gwarantuje w pełni obiektywnej oceny wpływu przedstawionych rozwiązań technicznych w postaci istniejących zbiorników na redukcję odpływu powierzchniowego. Przyczyną mogą być przyjęte uproszczenia i formuły empiryczne, które nie oddają w pełni procesów hydrologicznych.

Zaleca się dalsze badania nad prognozowaniem przepływów wezbraniowych w wyniku reakcji zlewni na opad (sugeruje się uszczegółowienie danych o zlewni) oraz dalsze poszukiwanie metody lepiej oddającej proces redukcji wezbrania przez stawy lub małe poldery.

Literatura

- BANASIK K., GÓRSKI D., IGNAR S. 2000: Modelowanie wezbrań opadowych i jakości odpływu z małych nieobserwowanych zlewni rolniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- BARTOSIK Z. 1999: Projekt przywrócenia funkcji retencyjnych Stawu Służewieckiego. Waga-Bart, Warszawa.
- CZARTORYSKI J. 2002: Projekt budowlano-wykonawczy odbudowy Stawu Berensewicza. Melwodprojekt, Warszawa.
- CZARTORYSKI J. 2004: Dokumentacja projektowo-kosztorysowa na renowację Stawu Wyścigi. Melwodprojekt, Warszawa.

- GRADOWSKI Ł. 2007: Wpływ zbiornika wodnego Staw Berensewicza na redukcję fali powodziowej. Praca magisterska. Wydział Inżynierii i kształtowania Środowiska SGGW, Warszawa.
- GUTRY-KORYCKA M. 2007: Odptyw ze zlewni zurbanizowanych. Prace i Studia Geograficzne UW, Warszawa.
- OKSIUTA M. 2007: Odptyw ze zlewni zurbanizowanych na przykładzie Potoku Służewieckiego w Warszawie, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Operat hydrologiczny Potoku Służewieckiego w przekroju ul. Przyczółkowej, 2002. Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW, Warszawa.
- ORŁOWSKI W. 1977: Analiza hydraulicznej retencji fali powodziowej na zbiornikach i w dolinach rzecznych. Hydroprojekt, Warszawa.
- PIETRAK M. 2008: Wpływ zbiornika wodnego na redukcję fali wezbraniowej w zlewni zurbanizowanej na przykładzie Stawu Wyścigi na Potoku Służewieckim. Praca inżynierska. Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW, Warszawa.
- PIETRAK M. 2009: Wpływ zbiorników detencyjnych na redukcję fali wezbraniowej w zlewni Potoku Służewieckiego. Praca magisterska. Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW, Warszawa.
- TROJANOWSKI Ł. 2007: Analiza transformacji fali wezbraniowej w małym zbiorniku wodnym. Wydawnictwo IMiUZ, Falenty.

article is reduction of flood hydrograph by the system of ponds, located in urban catchment of Służew Creek: Berensewicz Ponds, Wyścigi Pond and Służewiecki Pond. The estimations of transformation of the flood hydrographs by reservoir was made with the use of the Puls method. Flood flow hydrograph, generated by rain events of probability of 10% and duration 2 hours in part of the catchment and then in the whole catchment, has been taken into account. The inflow to the Berensewicz Pond has been calculated from measurement inflow-outflow. The results of computation have shown that the reduction rates of flood hydrographs by the reservoirs are insufficient for flood protection. Only Berensewicz Pond has significant importance on reduction of the flood flow hydrograph. To improve the efficiency of work system, it is suggested to consider a design of hydraulic structure with bottom outlet and overflow at Służewiecki Pond. Proposed solution would be useful, especially for big flow hydrographs, what has been confirmed by results of computation.

Summary

Analysis of the flow flood hydrograph reduction's by detention ponds on the Służew Creek. The essential problem of this

Authors' address:

Małgorzata Pietrak, Kazimierz Banasik
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
 Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
 ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa
 Poland
 e-mail: kazimierz_banasik@sggw.pl