

## HYDROLOGICZNO-TECHNICZNE PODSTAWY ZABEZPIECZENIA PRUSZKOWA PRZED WYLEWAMI UTRATY

Szczepan L. DĄBKOWSKI<sup>1)</sup>, Andrzej CIEPIEŁOWSKI<sup>2)</sup>,  
Małgorzata GUTRY-KORYCKA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Katedra Inżynierii Wodnej

<sup>2)</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska

<sup>3)</sup> Uniwersytet Warszawski, Zakład Hydrologii

*Słowa kluczowe: odpływ, powódź, prawdopodobieństwo, sposoby ochrony, wezbrania*

### Streszczenie

W pracy przedstawiono cechy naturalnego ustroju hydrologicznego (zwłaszcza formowania się wezbrań) Utraty na tle warunków fizycznogeograficznych zlewni. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany odpływu w wyniku urbanizacji, spowodowane szybkim odprowadzaniem wód opadowych i roztopowych za pomocą kanalizacji deszczowej oraz odprowadzaniem ścieków sanitarnych, zmniejszających rezerwę pojemności korytowej rzeki. Oba zjawiska przyczyniają się do wzrastającego zagrożenia powodzią doliny rzeki, w wyniku którego dochodzi do zalewania znacznej części Pruszkowa.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości ochrony miasta przed wylewami Utraty za pomocą dwóch suchych zbiorników (polderów). Skuteczność ich działania oceniono na podstawie teoretycznych hydrogramów wezbrania odpowiadającego przepływowi maksymalnemu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%. Planowany zbiornik „Komorów” zmniejszy kulminację wezbrania z 18,9 do 17,1 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i opóźni jej wystąpienie o 27 godzin. Zbiornik „Malichy”, u ujścia Raszynki i Utraty, zredukuje przepływ maksymalny z 28,6 do 20,0 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> i opóźni kulminację o 54 godziny.

Koszt budowy zbiorników jest mniejszy od kosztu budowy obwałowań, poszerzenia rzeki lub budowy kanału ulgi wzdłuż biegu Utraty na jej odcinku wylotowym z obszaru miasta.

---

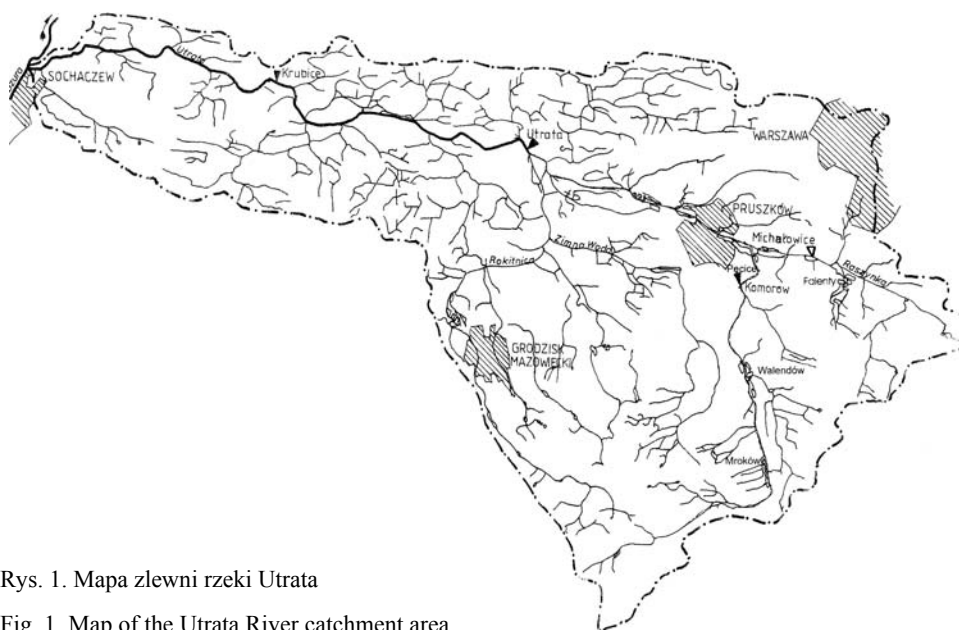
Adres do korespondencji: prof. dr hab. Sz. L. Dąbkowski, Politechnika Świętokrzyska, al. 1000-lecia Państwa Polskiego, 25-314 Kielce; tel.+48 (41) 342-43-74, e-mail: ldab@eden.tu.kielce.pl

## WPROWADZENIE

Utrata, jako jedna z większych rzek systemu fluwialnego Bzury, jest kapryśna, zmienna i dynamiczna. Ocena charakterystyk jej wieloletniego odpływu oraz reakcji na zasilanie opadowe mają kluczowe znaczenie w gospodarowaniu wodą, zwłaszcza w ochronie przeciwpowodziowej doliny.

Warunki przyrodnicze zlewni Utraty sprzyjają rozwojowi rolnictwa i lokalizacji sieci osiedleńczej. Środkowa część dorzecza Utraty podlega silnej urbanizacji (rys. 1), prowadzącej do uszczelnienia powierzchni, przyspieszenia i zwiększenia odpływu powierzchniowego oraz ograniczenia odpływu podziemnego. Obszary zurbanizowane zajmują około 20% powierzchni dorzecza, a główne pasmo zabudowy mieszkaniowej i terenów przemysłowych ciągnie się wzdłuż linii biegnącej z Warszawy przez Pruszków do Grodziska Mazowieckiego. W 1995 r. na obszarze dorzecza mieszkało około 290 tys. ludzi, z tego około 70% w miastach. Pruszków jest największym miastem satelitarnym Warszawy; łącznie z dzielnicą Warszawy Ursusem, Grodziskiem Mazowieckim i Piastowem stanowi obszar miejski zamieszkiwany przez 140 tys. mieszkańców.

Zmiana ustroju hydrologicznego Utraty i jej głównych dopływów następuje także wskutek budowy sieci kanalizacji deszczowej, która przechwytuje wody opadowe i roztopowe, odprowadzając je szybko do koryta cieków. W obrębie Pruszkowa dopływa także woda z sieci kanalizacji deszczowej innych miejscowości, położonych w zlewniach dopływów Utraty (Raszynki, rowu Reguły–Malichy



Rys. 1. Mapa zlewni rzeki Utrata

Fig. 1. Map of the Utrata River catchment area

i Konotopa), z kanalizacji zachodnich obrzeży Warszawy (Okęcie, Włochy, Ursus), a także z obszaru Reguł, Tworek i Piastowa. Coraz większe ilości wód drenazowych są odprowadzane do Utraty z obszaru zajętego przez hipermarkety, składy, hurtownie i inne obiekty handlowe, powstałe w strefie podmiejskiej Warszawy.

Zwiększenie ilości ścieków deszczowych, spowodowane rozszerzającą się zabudową dorzecza, powoduje zwiększenie przepływu w Utracie i jej dopływach. Zwiększenie dopływu ścieków sanitarnych zmniejsza rezerwę retencji korytowej i przepustowość rzek. Oba te procesy prowadzą do zwiększenia intensywności formowania się fal wezbraniowych, ich objętości i przepływów kulminacyjnych, co zwiększa zagrożenie powodziowe w dolinach tych rzek.

Zarówno IMGW, jak i władze powiatu pruszkowskiego nie były zainteresowane badaniem wpływu zmian zachodzących powyżej m.in. zlewni Raszynki i obszaru miasta Pruszków na reżim hydrologiczny Utraty, nie można zatem, z zadowalającą wiarygodnością, ocenić ich tempa i dokonać prognozy.

Badanie możliwości zabezpieczenia przed powodzią doliny Utraty w obrębie Pruszkowa podjęto kilka lat temu [DĄBKOWSKI i in., 1998].

### CECHY DORZECZA I KSZTAŁTOWANIE SIĘ ODPLYWU

Reakcję systemu hydrologicznego Utraty na opady oceniono zarówno w górnej, jak i środkowej części zlewni. Zlewnia leży na Nizinie Mazowieckiej w obrębie dwóch regionów: Wysoczyzny Rawskiej i Kotliny Warszawskiej [KONDRACKI, 1980a]. Uwidacznia się to w charakterze rzeźby oraz form plejstoceniowych, subaealnych i erozyjnych. Granica między jednostkami fizycznogeograficznymi, w postaci niewyraźnej, rozmytej krawędzi, przebiega na wysokości 145 m n.p.m. (na linii Rozalin, Krakowiany, Mroków).

Na prawie całej długości dolina Utraty była zmeliorowana jeszcze przed I wojną światową. W górnym odcinku spad rzeki wykorzystuje się (od 1839 r.) do poruszania młyna. Magazynuje się też wodę w zbiornikach młyńskich (Krakowiany) oraz w mocno zdegradowanych stawach rybnych (Mroków, Walendów i Pęcice).

Obecnie prace melioracyjne ograniczają się do renowacji, konserwacji rowów i koryta rzeki głównej oraz do utrzymania sprawności technicznej urządzeń piętrzących.

Dorzecze jest wykorzystywane głównie przez rolnictwo (69% powierzchni), z czego grunty orne stanowią 73%, łąki i pastwiska 17% i sady – 10% ; lasy i zarośla stanowią zaledwie 14% obszaru – resztę pokrywają nieużytki, gęsta zabudowa (miejska, miejsko-wiejska i wiejska) oraz drogi.

W dorzeczu Utraty obecnie są niewielkie możliwości stałego magazynowania wody. Dorzecze Utraty dynamicznie reaguje na opady nawałne i roztopy. Na reakcje te mają również wpływ cechy fizycznogeograficzne dorzecza górnej Utraty (do Komorowa), w którym kształtuje się zasadnicza fala wezbraniowa. W zlewni róż-

nicowej następuje intensywny dopływ boczny, pochodzący z Raszynki, Zimnej Wody oraz rowów: Konotop i spod Malich. Płaska, szeroka i słabo wcięta dolina Utraty, od Komorowa aż do terenów poniżej Pruszkowa, stanowi obszar, w którym zachodzi transformacja i rozlewanie się fali wezbraniowej.

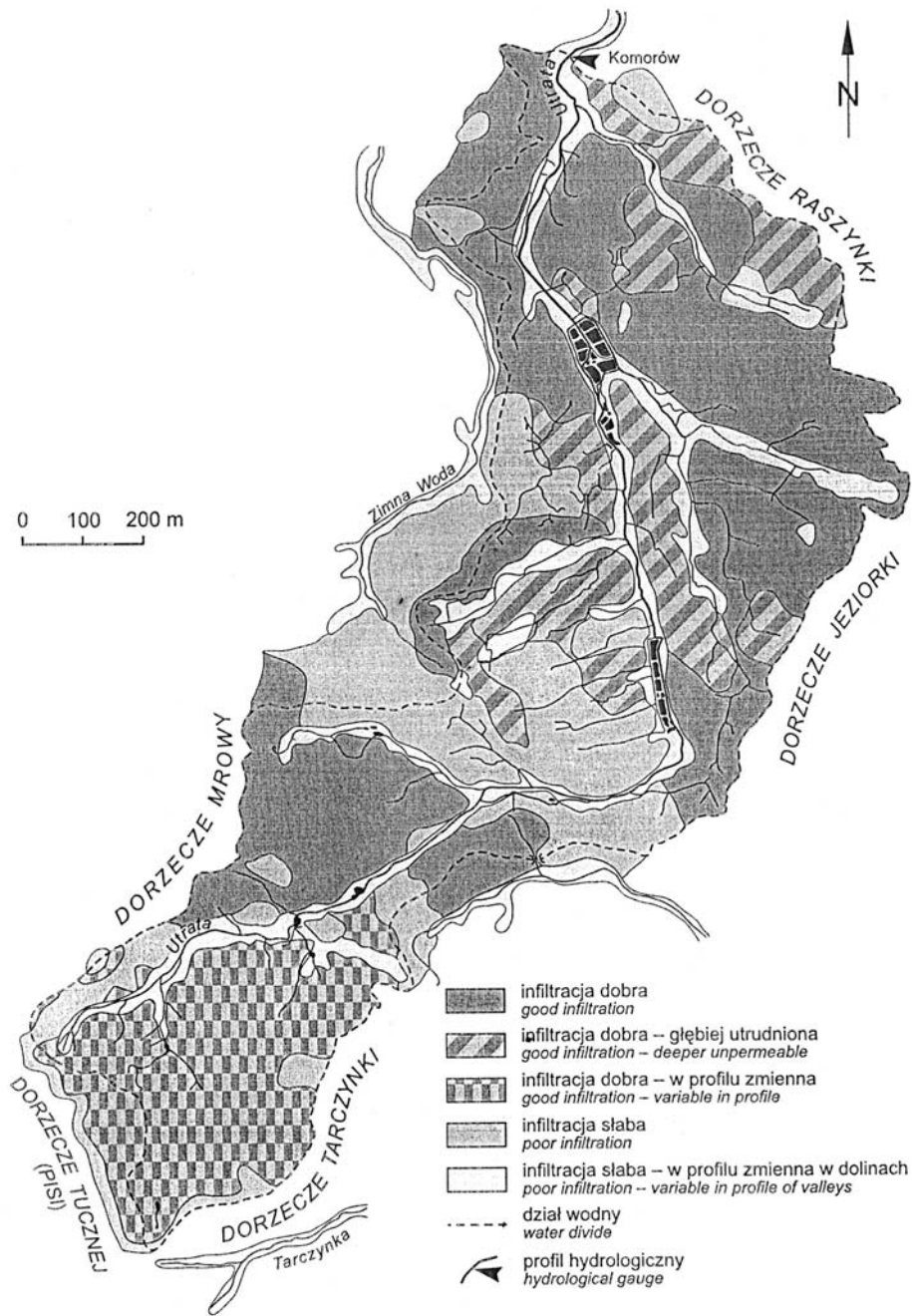
Decydujące znaczenie w formowaniu się wezbrań, oprócz zasilania, ma retencja podziemna zlewni w okresie poprzedzającym wezbranie [GUTRY-KORYCKA, 1972a, b].

Złodowacenie środkowopolskie pozostawiło w dorzeczu Utraty dużej miąższości osady moreny czołowej i dennej oraz ozy w postaci piasków, glin zwałowych z piaskami, żwirem i głazikami [KONDRACKI, 1980b]. Piaski i żwiry, które wytworzyły się w wyniku przepłukania i przemycia glin zwałowych decydują o dobrej przepuszczalności pokrywy glebowej w zlewni w obrębie całej strefy aeracji (rys. 2).

Wartość odpływu powierzchniowego i podziemnego górnej Utraty w Komorowie oceniono [GUTRY-KORYCKA, 1972a; 1972b] na podstawie genetycznego rozdziału hydrogramu, wg klasycznej koncepcji KUDELINA [1966; 1970] i KICIŃSKIEGO [1963; 1970], zakładając zwiększenie dopływu podziemnego do koryta rzecznego podczas przejścia fali wezbraniowej. Kształtowanie się różnych faz odpływu rzeki w zależności od rytmu zasilania efektywnego (opady skorygowane minus parowanie terenowe) i stanów wód podziemnych, zilustrowano na podstawie dwóch wybranych lat – wilgotnego (1967) i suchego (1968) (rys. 3). Już wstępna analiza wskazuje, że wody podziemne, zasilające podpowierzchniowo i podziemnie rzekę niziną taką jak Utrata, decydują o intensywności pionowej i poziomej wymiany wody, formującej różne fazy odpływu ze zlewni. Dobowe i dekadowe wahania stanów wód podziemnych potamicznych w kilku studniach pomiarowych, dostatecznie „czułe” na zmiany retencji w zlewni, są jej dobrym wskaźnikiem (rys. 4). Stany wód potamicznych są elementem stabilizującym odpływ powierzchniowy i podziemny, wiążąc zewnętrzne (bardziej zmienne) elementy hydrometeorologiczne ze stałymi cechami litologicznymi podłoża i rzeźby zlewni.

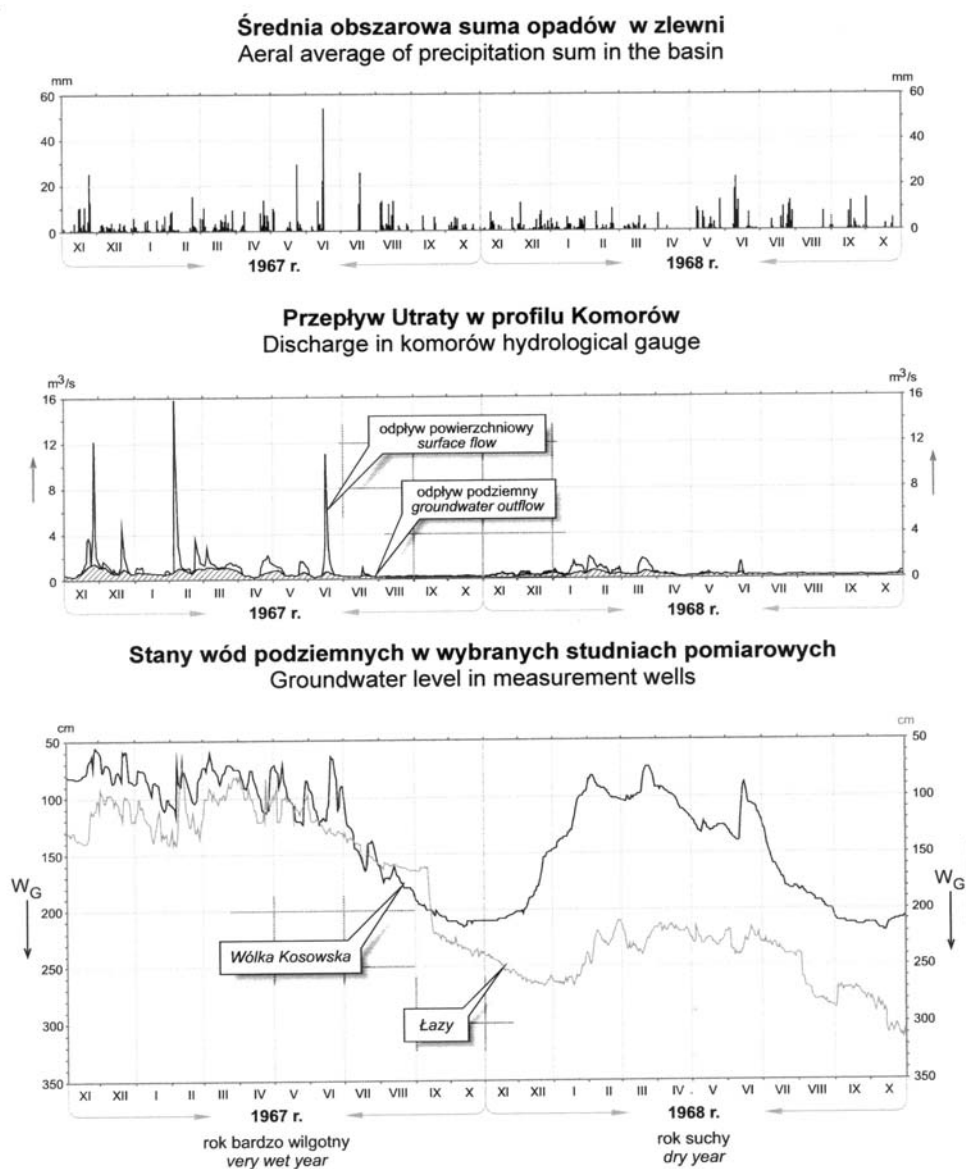
Ze stanu retencji podpowierzchniowej dorzecza Utraty, wyrażonego w funkcji stanów wód potamicznych można wnioskować, że ze zlewni odpływa znacznie więcej wody przy dużym nasyceniu strefy saturacji (rys. 3, 4).

Szybka koncentracja fali wezbraniowej jest pochodną cech fizycznych zlewni: silnego wydłużenia, słabego zalesienia, małej długości stoków i znacznych spadków. Dobre warunki wsiąkania wpływają na szybkie akumulowanie wody w płytkiej strefie aeracji, jednakże intensywna początkowo infiltracja może być po pewnym czasie utrudniona ze względu na płytko (poniżej 2 m) zalegające nieprzepuszczalne podłoże z glin zwałowych i ilów, które ogranicza pojemność wodną strefy aeracji, przyczyniając się do zwiększenia odpływu bezpośredniego przez ponadinfiltracyjny odpływ powierzchniowy, a także odpływ podpowierzchniowy, szczególnie groźne dla doliny, a w niej – zabudowy.



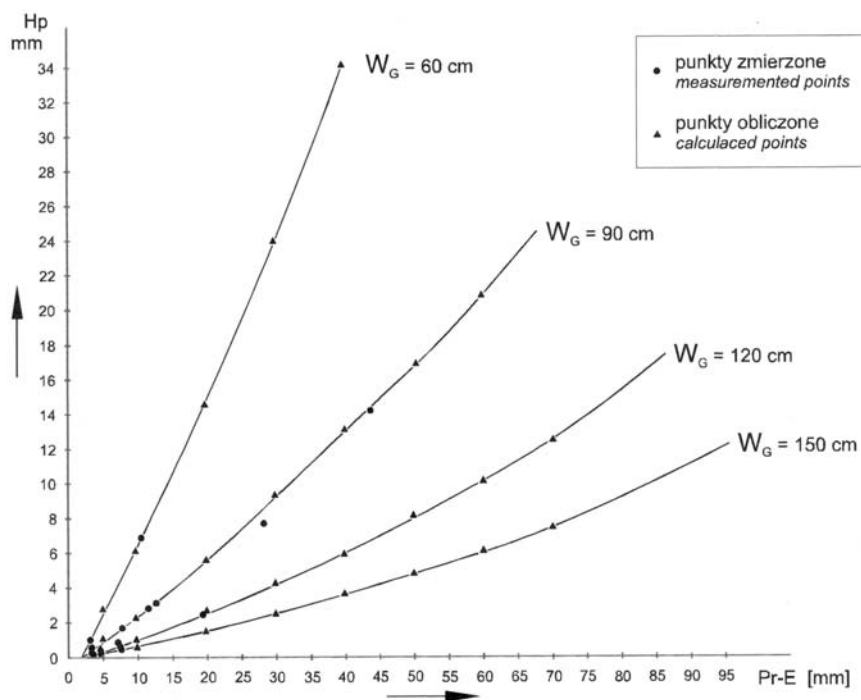
Rys. 2. Typy warunków infiltracji w zlewni górnej Utraty

Fig. 2. Types of infiltration conditions in the upper Utrata River catchment



Rys. 3. Przebieg elementów hydrometeorologicznych w wybranych punktach pomiarowych

Fig. 3. The course of hydrometeorological elements in selected gauge points



Rys. 4. Odpływ powierzchniowy  $H_p$  w funkcji efektywnego zasilania ( $P_r - E$ ) z wezbrań Utraty (1967–1968);  $P_r$  – opad skorygowany,  $E$  – parowanie terenowe,  $W_G$  – stany wód gruntowych

Fig. 4. Surface runoff  $H_p$  in the function of effective supplying ( $P_r - E$ ) from the Utrata floods (1967–1968);  $P_r$  – adjusted precipitation,  $E$  – field evapotranspiration,  $W_G$  – ground water level

## OCENA PRZEPLYWÓW I ODPLYWU. HYDROGRAMY WEZBRAŃ

Stany wody i przepływy w Utracie były dotychczas kontrolowane w różnych okresach w 4 profilach hydrologicznych (wodowskazowych): w Mrokowie (1951–1960), Komorowie (1951–1982), Utracie (1951–1990) i Krubicach (od 1951). Obecnie pozostał tylko profil w Krubicach, usytuowany na 17 km rzeki i zamykający zlewnię o powierzchni 715 km<sup>2</sup>, stanowiącą około 90% całkowitego dorzecza.

Utrata charakteryzuje się ustrojem hydrologicznym typowym dla rzek nizinnych, ze zwiększonym odpływem w półroczu zimowym, na które w wieloletniu 1951–1995 przypadało 65% całkowitego odpływu rocznego. Największy odpływ występuje w marcu (15,2%, wody roztopowe), natomiast najmniejszy – w lipcu (<5%).

Z porównania przepływów średnich miesięcznych w latach 1951–1970 i 1951–1995 wynika, że w ciągu 45 lat średni przepływ roczny zwiększył się o 6% (w półroczu zimowym zwiększył się o 11%, a w półroczu letnim zmniejszył się o 4%). Takie tendencje zarysowują się także w przypadku wszystkich średnich

wieloletnich przepływów charakterystycznych ( $WWQ$ ,  $SWQ$ ,  $SSQ$ ,  $SNQ$ ,  $NNQ$ ). Jest to zmiana naturalnego reżimu hydrologicznego rzeki w wyniku oddziaływania czynników antropogenicznych, w tym gospodarki wodno-ściekowej w zlewni.

Woda pobierana przez ujęcia głębinowe jest po wykorzystaniu gospodarczym prawie w 100% odprowadzana do sieci rzecznej jako ścieki. Zmienia to naturalny reżim hydrologiczny Utraty. Ilość ścieków trafiających w ten sposób do rzek ocenił PIOŚ na  $0,735 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  w roku 1995 i  $0,676 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  w roku 1996 [Raport ..., 1996].

W okresach posusznych, udział ścieków w całkowitym przepływie rzeki może wynosić nawet 100%. Udział ścieków w przepływie rocznym  $SSQ$  w Krubicach wynosi 26–28% (1995, 1996).

Wykorzystując metodę ekstrapolacji (służącą do przenoszenia informacji hydrologicznej wzdłuż kontrolowanej rzeki), oceniono przepływ Utraty w profilach Tworki i Żbików położonych odpowiednio powyżej i poniżej Pruszkowa [CIEPIEŁOWSKI, DĄBKOWSKI, 2003]. Obliczony przepływ średni  $SSQ$  Utraty w profilu Tworki (zlewnia  $187,0 \text{ km}^2$ ) wynosi  $0,683 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , zaś w Żbikowie (zlewnia  $224,0 \text{ km}^2$ ) –  $0,818 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Przepływy maksymalne w badanych profilach obliczono lub przyjęto na podstawie danych CIEPIEŁOWSKIEGO [1987], który określił średnie przepływy sezonowe oraz roczne i maksymalne z 25-lecia 1951–1975 o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia, oraz IMGW [Koncepcja ..., 1984], który określił przepływy maksymalne roczne Utraty w profilach w Komorowie, Utracie i Krubicach. Profile obliczeniowe Utraty: w Tworkach i Żbikowie leżą między wodowskazami w Komorowie i Utracie, a więc przepływy z tych wodowskazów powinny być reprezentatywne dla rzeki powyżej Pruszkowa.

Metoda ekstrapolacji przepływów [CIEPIEŁOWSKI, DĄBKOWSKI, 2003] może być stosowana bez zastrzeżeń tylko wówczas, gdy powierzchnie zlewni w profilu wodowskazowym  $A_{wod}$  i obliczeniowym  $A_{obl}$  spełniają warunek:

$$0,5A_{wod} \leq A_{obl} \leq 1,5A_{wod} \quad (1)$$

W przypadku profilów w Tworkach i Żbikowie oraz w Komorowie i Utracie nie został on spełniony, zatem obliczono wielkości przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia ( $p\%$ ) wzorami empirycznymi, wykorzystując formuły STACHEGO i FAL [1986] – opadową (regresyjną) i roztopową, ważne dla zlewni o powierzchni  $A > 50 \text{ km}^2$  i porównano z przepływami w Krubicach, gdzie dysponowano danymi pomiarowymi (tab. 1). Ekstrapolacja przepływu polegała na przenoszeniu ich z profilu w Krubicach wg wzoru:

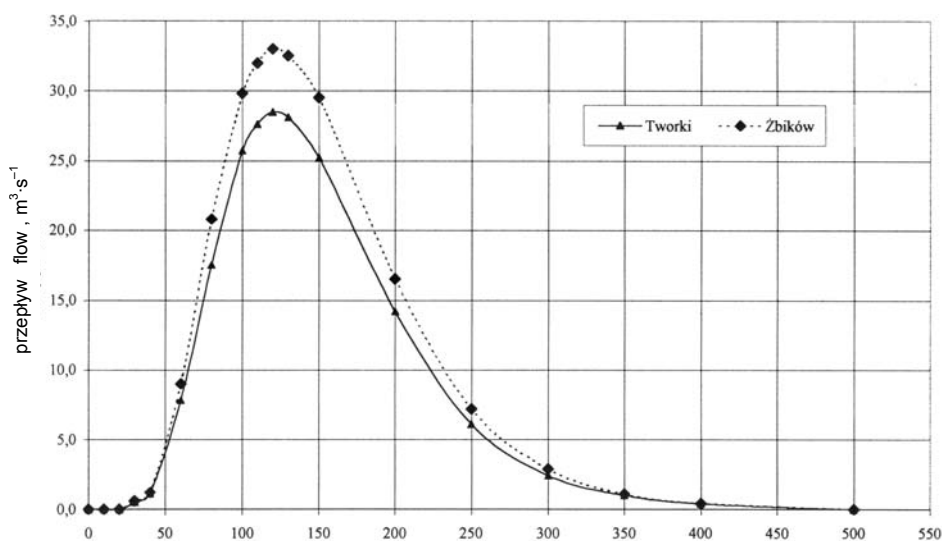
$$\frac{Q_{obl}}{Q_{wod}} = \left( \frac{A_{obl}}{A_{wod}} \right)^{0,84} \quad (2)$$



Z tabeli 1. wynika duża zgodność wartości przepływów uzyskanych na podstawie wzorów Stachego i Fal z wartościami określonymi na podstawie ciągów przepływów obserwowanych w Krubicach, zwłaszcza dla przepływów o prawdopodobieństwie  $p < 10\%$ . Jako miarodajne do dalszych analiz przyjęto więc przepływy określone metodą ekstrapolacji.

Wobec braku obserwacji hydrologicznych w profilu w Pruszkowie i ograniczonych w Komorowie dokonano, różnymi metodami hydrologicznymi, teoretycznej analizy fal wezbraniowych. W wyniku tych badań przyjęto równanie hydrogramu fali w postaci podanej przez Strupczewskiego w modyfikacji CIEPIELOWSKIEGO [1987; 2001].

Jako miarodajne kulminacje fali w profilach Tworki i Żbików przyjęto przepływy maksymalne roczne z ekstrapolacji, czyli pochodzenia opadowego lub roztopowego. W zlewni Utraty wezbrania roztopowe pojawiały się częściej, trwały dłużej i miały większą objętość. Kształt hipotetycznych fal wezbrzań o prawdopodobieństwie  $p = 1\%$  w Tworkach i Żbikowie przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Hipotetyczne hydrogramy fal wezbraniowych Utraty  $p = 1\%$  w profilach Tworki i Żbików

Fig. 5. Hypothetical flood hydrographs of a probability of 1 % in the Utrata in cross-sections at Tworki and Żbików

Objętość wezbrania miarodajnego wyznaczono na podstawie fal w Tworkach (przepływ  $SSQ = 0,683 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i w Żbikowie ( $SSQ = 0,818 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Wynosi ona odpowiednio 14,2 i 16,5 mln  $\text{m}^3$ .

Ekstrapolowane hydrogramy fal wezbraniowych w przekrojach w Tworkach i Żbikowie, położonych odpowiednio powyżej i poniżej Pruszkowa, posłużyły do

analizy możliwości i skuteczności działania suchych zbiorników retencyjnych projektowanych w dolinie Utraty powyżej Pruszkowa oraz rozwiązań technicznych ochrony przed powodzią doliny w dzielnicy Gąsin miasta Pruszków.

### TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI ZMNIEJSZENIA ZAGROŻENIA POWODZIĄ MIASTA PRUSZKÓW

Na zwiększenie zagrożenia powodzią terenów miasta przyległych do koryta Utraty oprócz przyczyn naturalnych wpływa także beztroska lokalizacja w korycie i dolinie rzeki różnych obiektów infrastruktury technicznej ograniczających jego przepustowość. Są to m.in. mosty i kładki dla pieszych oraz różnego rodzaju rurociągi. Zwraca uwagę fakt, że mosty znajdujące się na terenie miasta mają bardzo różne światła – od 12 do 35 m.

W opracowaniu DĄBKOWSKIEGO i in. [1998] określono, że głębokość wody brzegowej w korycie Utraty na obszarze miasta Pruszków zmienia się od 1 do 3 m. Przepustowość koryta jest też zróżnicowana i wynosi od 9 do 55 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Na całym odcinku pruszkowskim przepustowość koryta Utraty jest mniejsza od przepływu maksymalnego rocznego o prawdopodobieństwie wystąpienia 5%. Oznacza to, że ze średnią powtarzalnością co 20 lat może dochodzić do przepełnienia koryta i groźby powodzi na terenach przyległych, a na znacznych długościach powódź zagraża częściej niż przeciętnie raz na 10 lat. Wynika z tego konieczność podejmowania działań zmniejszających zagrożenie, w przeciwnym przypadku groźba wylewów będzie rosła nie tylko z powodu wzrostu przepływów w szczytach wezbrań, ale także z powodu zabudowy coraz niżej położonych terenów w dolinie Utraty. Świadczy o tym powódź wywołana opadami z 3–8 i 19–26 lipca 1997 r. W tych okresach najwyższy dobowy opad z 26.07. 1997 r. wyniósł 36,7 mm, a z 6.07.1997 r. – 30,7 mm. Suma opadów w lipcu tego roku wyniosła 167,2 mm, co odpowiada prawdopodobieństwu wystąpienia  $p < 10\%$ .

Przeanalizowano możliwe działania techniczne zmniejszające zagrożenie powodzią Pruszkowa, wyróżniając działania w dolinie Utraty i jej dopływów powyżej miasta oraz na odcinku Utraty w granicach miasta – bezpośrednio w miejscu gdzie powódzie występują obecnie, nie wykluczając obu działań jednocześnie [DĄBKOWSKI i in., 1998].

Pierwszy rodzaj działań polega na budowie zbiorników retencyjnych. Obecnie, ze względu na ukształtowanie dolin rzecznych w omawianej części dorzecza Utraty możliwości retencjonowania wody nie są duże. Ograniczają się one do wykorzystania trzech kompleksów stawów rybnych i zbiornika wodnego w Komorowie w dolinie Utraty oraz 100-hektarowego kompleksu stawów w Falentach w zlewni Raszynki.

Stawy hodowlane w zasadzie nie mogą (lub tylko w niewielkim zakresie mogą) przechwytywać części fal wezbrań. Pewną niewykorzystaną pojemność mają nie-

czynne stawy w Mrokwie (górny bieg Utraty), ale wymaga to przeprowadzenia specjalnych studiów terenowych i wodno-gospodarczych.

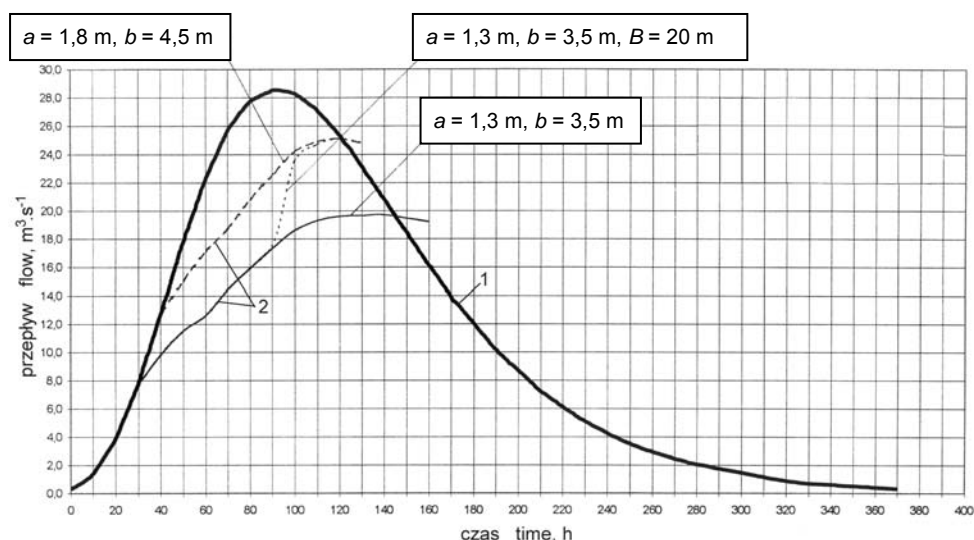
Określoną rolę w spłaszczeniu fali odgrywa zbiornik w Komorowie zamykający zlewnię Utraty o powierzchni 114,5 km<sup>2</sup>. Możliwa do uzyskania powierzchnia zalewów powyżej zbiornika, oceniana na 20 ha, i grubość ich warstwy równa 0,3 m umożliwi zmniejszenie przepływu maksymalnego miarodajnego z 17 do 14,1 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Powiększenie na stałe pojemności tego zbiornika byłoby kosztowne i nieopłacalne. Za bardziej celowe uznano utworzenie dodatkowego, suchego zbiornika w dolinie Utraty powyżej tego zbiornika. Współpraca obu zbiorników skuteczniej zredukowałaby fale wezbrań.

Rozważono możliwość budowy suchych zbiorników transformujących fale wezbrań, działających automatycznie. Regulacja odpływu odbywałaby się przez stale otwarty upust denny oraz powierzchniowy, włączający się gdy lustro wody podniesie się powyżej poziomu korony przelewu. Czasza zbiornika, poza okresami wezbrań może być użytkowana jako użytki zielone, tereny spacerowe itp. Możliwość lokalizacji takich zbiorników występuje, według naszego rozpoznania, w widłach rzek Utrata i Raszynka, w sąsiedztwie stawów rybnych w Pęcicach oraz powyżej istniejącego zbiornika w Komorowie, gdzie rolnicze wykorzystanie doliny zostało zaniechane. Dolina Utraty w rejonie ujścia Raszynki z korytami obu rzek, o bardzo dużych walorach przyrodniczych i krajobrazowych, na rozległych, zmeliorowanych łęgach nadrzecznych, stanowiących obecnie opuszczone, nieużytkowane łąki, powinna być zachowana jako użytek ekologiczny lub użytki zielone i objęta zakazem zabudowy i zakładania ogródków działkowych.

Skuteczność działania suchych zbiorników oceniono w wyniku obliczeń, do których wykorzystano krzywe zalewów i pojemności zbiorników, teoretyczne wykresy fal wezbrania o prawdopodobieństwie przepływu maksymalnego 1%, krzywe natężenia przepływu w korycie poniżej budowli piętrzących i krzywe przepustowości tych budowli. Z uzyskanych na podstawie obliczeń fal odpływu ze zbiorników odpowiadających zakładanym wymiarom upustów wynika, że możliwości obniżenia przepływu maksymalnego i opóźnienia przejścia szczytu fali o  $\Delta t$  są następujące:

- w zbiorniku (suchym) w Komorowie – z 18,9 do 17,1 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,  $\Delta t = 27$  godzin,
- w zbiorniku Malichy (u zbiegu Utraty i Raszynki) z 28,6 do 20 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,  $\Delta t = 54$  godziny (rys. 6).

W obliczeniach transformacji fali w zbiorniku Malichy uwzględniono falę naturalną, tzn. nieprzekształconą w zbiornikach powyżej. Uwzględniając transformacje fali w kaskadzie trzech zbiorników, tworzonej przez istniejący i projektowany suchy zbiornik w Komorowie oraz suchy zbiornik w Malichach, można byłoby osiągnąć jeszcze większą redukcję maksymalnego przepływu przez miejski odcinek Utraty.



Rys. 6. Możliwości spłaszczenia fali wezbrania w suchym zbiorniku Malichy; 1 – fala dopływu do zbiornika, 2 – fale spłaszczone na odpływie ze zbiornika,  $a$  – wysokość,  $b$  – szerokość upustów zbiornika dennego,  $B$  – szerokość przelewu

Fig. 6. Possibilities of flattening flood waves in the dry Malichy reservoir; 1 – inflow wave to the reservoir, 2 – flattened waves at the outflow from the reservoir,  $a$  – height,  $b$  – width of spillways of the bottom reservoir,  $B$  – width of the weir

Drugie możliwe miejsce zabiegów obejmuje dolinę poniżej odcinka śródmiejskiego, w dzielnicy Gąsin, rozszerzającą się na kilkaset metrów, niską, płaską i miejscami okresowo podmokłą, w której szerokość koryta rzeki zwęża się do 4–5 m, a głębokość wody wynosi od 1,5 do 2 m. Odcinek ten kończy się nasypem drogowym z mostem, przepuszczającym mniej niż  $26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W przeszłości, w celu ochrony doliny przed zalewami wybudowano tam lokalnie grobelki po obu stronach koryta. Przepustowość koryta naturalnego oceniono lokalnie na  $5\text{--}7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a zwyczajną wielką wodę – na  $33,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Dolina na tym odcinku została już w znacznym stopniu zajęta pod budownictwo mieszkaniowe. Wiele wytyczonych ulic schodzi prostopadle do koryta rzeki. W czasie powodzi z lipca 1997 r. część domów uległa podtopieniu, a w wyniku prawostronnego zalewu ucierpiał zespół ogródków działkowych.

W opracowaniu DĄBKOWSKIEGO i in. [1998] rozważono trzy warianty ochrony przeciwpowodziowej tego odcinka doliny: obwałowanie, poszerzenie koryta Utraty (utworzenie suchych zbiorników) i kanał ulgi.

Przeprowadzono szczegółowe analizy tych rozwiązań poparte obliczeniami hydraulicznymi potrzebnymi do ich zwymiarowania oraz wstępnie oceniono koszty poszczególnych wariantów. Stwierdzono, że utworzenie suchych zbiorników jest realne. Obniżyłyby one skutecznie maksymalne przepływy w czasie wezbrań. Bu-

dowa suchych zbiorników, według wstępnej kalkulacji kosztów, byłaby tańsza niż budowa kanału ulgi lub obwałowań w dzielnicy Gąsin, w zachodniej części Pruszkowa.

## WNIOSKI

Szybkie odprowadzanie wód deszczowych z obszarów rozwijającej się zabudowy, związane z rozbudową sieci kanalizacji deszczowej, prowadzi nieuchronnie do zwiększania się przepływów maksymalnych w czasie wezbrań, a tym samym do wzrostu zagrożenia powodzią, szczególnie w szerokiej dolinie Utraty na terenie dzielnicy Gąsin, gdzie koryto rzeki ma niewystarczającą przepustowość.

Następstwa urbanizacji dorzecza Utraty powyżej Pruszkowa będą się coraz wyraźniej ujawniać na miejskim odcinku jej doliny, a społeczność i władze miasta powinny być świadome zagrożeń i w porę opracować strategię rozwiązywania pojawiających się problemów, które pogłębia dodatkowo zabudowa doliny Utraty w obszarze miasta oraz powstająca, nie zawsze uwzględniająca „potrzeby rzeki”, infrastruktura w jej korycie.

Aby ułatwić w przyszłości zmniejszenie narastających zagrożeń powodzią, władze powiatu i miasta Pruszków powinny, przez opracowanie właściwego planu zagospodarowania przestrzennego, dążyć do zachowania wzdłuż rzeki i jej dopływów, w tym w dolinie Raszynki, terenów niezabudowanych, umożliwiających w przyszłości zmniejszenie kosztów działań technicznych zabezpieczenia miasta przed powodzią. Uchroni to w przyszłości społeczeństwo miasta przed ponoszeniem kosztów narastających w wyniku presji niewielkiej grupy właścicieli działek w dolinie rzeki, którzy korzystając z braku racjonalnego planu zagospodarowania przestrzennego miasta, będą wymuszać ochronę przed powodzią (za pomocą kosztownych urządzeń) swoich domów zbudowanych na terenach zalewowych.

Rozbudowując techniczną infrastrukturę miasta, zwłaszcza zagęszczając przeprawy przez rzekę, należy unikać budowy nasypów przecinających dolinę. Nawierzchnie dróg powinny biec w poziomie terenu gdyż do ich zatopienia na okres 2–3 dni podczas wyższych wezbrań można dopuścić z uwagi na możliwość przejazdu w tym czasie istniejącymi w pobliżu wysokimi mostami łączącymi oba brzegi rzeki.

Walory przyrodnicze i krajobrazowe doliny Utraty w rejonie ujścia Raszynki, wraz z korytami obu rzek, są bardzo duże. Zmeliorowane łągi nadrzeczne mają obecnie charakter opuszczonych, nieużytkowanych łąk i powinny zostać objęte zakazem zabudowy, w tym zakładania ogródków działkowych. Obszary te w przyszłości mogłyby być wykorzystane pod budowę suchych zbiorników oraz jako parki i tereny rekreacyjne. Realność budowy zbiorników „Komorów” i „Malichy” i ich skuteczność obniżania przepływów w szczytach fal została wykazana.

**LITERATURA**

- CIEPIEŁOWSKI A., 1987. Badanie związków pomiędzy podstawowymi parametrami fal wezbraniowych w wybranych profilach rzek. Rozpr. Nauk. Monogr. nr 63. Warszawa: Wydaw. SGGW ss. 112.
- CIEPIEŁOWSKI A., 2001. Relationships between selected elements of the flood hydrographs in rivers. J. Water Land Develop. no 5 s. 89–105.
- CIEPIEŁOWSKI A., DĄBKOWSKI Sz.L. 2003. Metoda oceny przepływów Raszynki. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 3. z. spec. (6) s. 125–139.
- DĄBKOWSKI Sz.L., BAJKOWSKI S., CIEPIEŁOWSKI A., POPEK Z. i in., 1998. Analiza możliwości zabezpieczenia przed wylewami doliny rzeki Utraty na obszarze miasta Pruszkowa. Warszawa: Katedra Bud. Wod. SGGW maszyn.
- GUTRY-KORYCKA M. 1972a. Kształtowanie się procesu odpływu w małej zlewni nizinnej. Warszawa: UW maszyn.
- GUTRY-KORYCKA M. 1972b. Z zagadnień dynamiki odpływu powierzchniowego i podziemnego. Prz. Geofiz. z. 2 s. 133–145.
- KICIŃSKI T., 1963. Udział odpływu gruntowego w całkowitym odpływie rzek na przykładzie rzeki górskiej i nizinnej. Pr. Stud. Kom. Inż. Gosp. Wod. PAN nr t 6.
- KICIŃSKI T., 1970. Odpływ wód gruntowych ze zlewni Wisły po Zawichost, Pr. Stud. Kom. Inż. Gosp. Wod. PAN t. 10.
- Koncepcja regulacji Utraty dla przystosowania rzeki do odbioru ścieków z miast i zakładów przemysłowych w jej zlewni, 1984. Warszawa: BPRW.
- KONDRACKI J., 1980a. Geografia fizyczna Polski. Warszawa: PWN.
- KONDRACKI J., 1980b. Pochodzenie rzeźby. Plansza w „Narodowym atlasie Polski”. Warszawa: Inst. Geogr. PAN.
- KUDELIN B.I., 1966. Podziemny stok na terenie SSSR. Moskwa.
- KUDELIN B.I., 1970. Podziemna faza obiegu wody na kuli ziemskiej. Tłum. W. Stephan. Wiad. Sł. Hydrol. Meteor. t. 18 nr 3–4.
- Raport o stanie środowiska Województwa Stołecznego Warszawskiego, 1996. Cz. 1. Wody rok 1995. Bibl. Monit. Środ. Warszawa: PIOŚ.
- STACHY J., FAL B., 1986. Zasady obliczania maksymalnych przepływów prawdopodobnych. Pr. Inst. Bad. Dróg Mostów nr 3–4 ss. 147.

*Szczepan L. DĄBKOWSKI, Andrzej CIEPIEŁOWSKI, Małgorzata GUTRY-KORYCKA*

**HYDROLOGICAL-TECHNICAL BACKGROUND FOR THE PROTECTION OF PRUSZKÓW AGAINST THE FLOOD FROM THE UTRATA RIVER**

*Key words: floods, floods protection, maximal discharge, probability, runoff*

**S u m m a r y**

Features of the natural hydrologic system (particularly formation of floods) of the Utrata are presented in this paper together with physical and geographic conditions of its catchment. Special attention was paid to changes in the outflow associated with urbanisation and resulting in rapid discharge of precipitation and runoff waters through storm sewerage and with the discharge of domestic sewage

which decreases volumetric reserve of the river channel. Both phenomena contribute to increasing risk of flood in the river valley resulting in the inundation of large parts of Pruszków.

This paper was aimed at presenting how to protect Pruszków from flooding with the use of two dry reservoirs (polders). Their efficiency was estimated from theoretical flood hydrographs of the maximum flow with the 1 % probability of occurrence. Planned reservoir "Komorów" would decrease flood culmination from 18.8 to 17.1 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> and delay its passage by 27 hours. Reservoir "Malichy" at the confluence of the Raszynka to the Utrata would reduce maximum flow from 28.6 to 20.0 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> and delay its culmination by 54 hours.

The cost of construction of two reservoirs is lower than that of the embankment construction, river widening or construction of the relief channel along the Utrata at its outlet stretch from the town.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Laura Radczuk*

*dr inż. Tomasz Szymczak*

Praca wpłynęła do Redakcji 06.01.2004 r.





**Tabela 1.** Przepływy maksymalne roczne Utraty obliczone wg formuł opadowej i roztopowej oraz wyznaczone metodą bezpośrednią na podstawie pomiarów

**Table 1.** Maximum annual flows in the Utrata calculated from precipitation and snow-melting formulae and estimated directly from measurements

Prawdopodobieństwo przewyższenia $p$ Probability of exceeding $p$ %	Przepływy $Q_{\max p}$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) w profilu hydrologicznym Flows in hydrologic profile								
	Krubice			Żbików			Tworki		
	wg formuły opadowej acc. to precipitation formula	wg formuły roztopowej acc. to snow-melting formula	wg Ciepiewskiego acc. to Ciepiewski	wg formuły opadowej acc. to precipitation formula	wg formuły roztopowej acc. to snow-melting formula	z ekstrapolacji extrapolated	wg formuły opadowej acc. to precipitation formula	wg formuły roztopowej acc. to snow-melting formula	z ekstrapolacji extrapolated
1	90,1	92,1	88,1	32,2	36,4	33,3	28,0	31,5	28,6
2	77,9	79,7	75,0	27,9	31,5	28,3	24,3	27,2	24,3
3	71,2	72,8	67,5	25,4	28,8	25,5	22,2	24,9	21,9
5	61,2	62,6	58,0	22,4	24,7	21,9	19,5	21,4	18,8
10	50,3	51,4	45,1	18,0	20,3	17,0	15,7	17,6	14,6
20	37,9	38,8	32,3	13,6	15,3	12,2	11,8	13,3	10,5
25	–	–	28,2	–	–	10,7	–	–	9,1
30	30,6	31,3	–	11,0	12,4	–	9,53	10,7	–
50	21,0	21,5	15,6	7,50	8,48	5,89	6,53	7,34	5,06