

WPŁYW ZABUDOWY HYDROTECHNICZNEJ NA WYSTĘPOWANIE EKSTREMALNYCH STANÓW WODY NA PRZYKŁADZIE BRDY SKANALIZOWANEJ

Dawid Aleksander Szatten¹

¹ Instytut Geografii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, ul. Mińska 15, 85-428 Bydgoszcz, e-mail: szatten@ukw.edu.pl

STRESZCZENIE

Głównym celem badań było rozpoznanie wpływu zabudowy hydrotechnicznej Brdy skanalizowanej, na przebieg hydrogramów ekstremalnych stanów wód. Prace te służyły ocenie prowadzonej gospodarki wodnej. Umożliwiły również określenie zagrożenia powodziowego na terenie miasta Bydgoszczy. Analizy przeprowadzono na podstawie obserwacji stanów wód na jazie Czersko Polskie, regulującego piętrzenie na całym odcinku ujściowego odcinka Brdy. Stwierdzono, iż istniejąca zabudowa hydrotechniczna wpływa na przebieg ekstremalnych stanów wód. Jednakże duży wpływ na sytuację hydrologiczną na analizowanym odcinku, ma poziom Wisły. Powodować on może specyficzny rodzaj piętrzenia wód Brdy, powodując zalanie terenów nadrzecznych w centrum Bydgoszczy.

Słowa kluczowe: ekstremalne stany wód, zabudowa hydrotechniczna, Brda.

INFLUENCE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES ON EXTREME WATER LEVELS ILLUSTRATED ON THE EXAMPLE OF CANALIZED PART OF THE BRDA RIVER

ABSTRACT

The main aim of the research was to identify the impact of hydrotechnical structures on the course of hydrographs of extreme water levels of canalized part of Brda River. The studies were made in order to evaluate the water management. Also they allowed to determine flood risk in the city of Bydgoszcz. The analyses were carried out on the basis of observations of water levels at the weir Czersko Polskie, which is regulating damming on the end part of the Brda River. However, a large influence on the hydrological situation in the analyzed section of Brda River have the water level of the Vistula River. It can caused a specific type of water damming of the Brda River, causing flooding of riverside areas in the centre of Bydgoszcz.

Keywords: extreme water levels, hydrotechnical structures, Brda River.

WSTĘP

Reżim wód jako funkcja zależna od warunków klimatycznych, hydrologicznych i zlewniowych, w coraz większym stopniu uzależniona jest od czynnika antropopresji. Wielkość odpływu powierzchniowego, decydującego o ekstremalnych wartościach przepływu wód w rzekach [Mikulski 1982, Gutry-Korycka i in., 2003], warunkowany jest ww. czynnikami naturalnymi. Natomiast antropopresja, w dużym stopniu warunkuje zmiany w odpływie rzeczny w zlewniach z zabudową hydrotechniczną [Głazik 1978, Dynowiska 1984, Kowalewski, Ślesicka 2001, Babiński 2002].

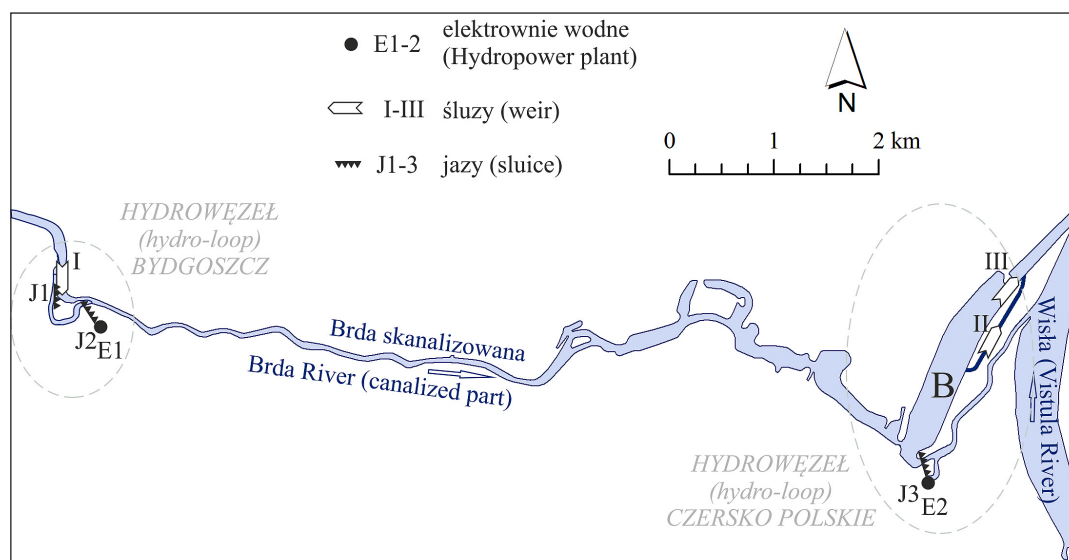
Właśnie taką reprezentuje rzeka poddana analizie przez autora pracy. Brda charakteryzuje się jednym z najniższych wartości współczynnika nieregularności przepływu w Polsce $\lambda = 1,54$ [Jutrowska, 2007], co wynika z dużej jeziorności górnej części zlewni. Gospodarka wodna prowadzona na jej obszarze, również wpływa na wyrównanie reżimu wód. Obecność zbiorników retencyjnych: Myłof oraz trzech funkcjonujących w kaskadzie dolnej Brdy (Koronowo – Smukała – Tryszczyn) wraz z liczną zabudową hydrotechniczną na obszarze miasta Bydgoszczy, wpływają na obserwowane poziomy wód. Ujściowy odcinek Brdy uległ silnym przekształceniom, zatem szczegól-

nie interesujący staje się fakt, określenia wpływu budowli piętrzących na reżim wód. Głównym celem badań było rozpoznanie ich wpływu, na przebieg hydrogramów w momencie odnotowywania ekstremalnych stanów wody. Prace te służyły ocenie prowadzonej gospodarki wodnej na odcinku Brdy skanalizowanej, umożliwiając określenie zagrożenia powodziowego na terenie miasta Bydgoszczy.

OBSZAR BADAŃ

Rzeka Brda stanowi jeden z głównych dopływów dolnej Wisły. Swoje źródła bierze w okolicy jeziora Smołowego, położonego na obszarze mezoregionu Pojezierze Bytowskie [Kondracki, 2002]. W górnym biegu przepływa przez szereg jezior, m.in. Charzykowskie, Karścińskie czy Kosobudno, zachowując swój naturalny pojezierny reżim wód. Natomiast w środkowym i dolnym biegu, rzeka Brda uległa silnej antropopresji. W wyniku zlokalizowania licznej zabudowy hydrotechnicznej: cztery zbiorniki retencyjne: Myłof (km 133+640) Koronowo (km 49+115), Tryszczyn (km 30+330), Smukała (km 21+545) oraz szeregu budowli piętrzących w ujściowym (miejskim) odcinku, jej reżim został silnie przekształcony.

Brda skanalizowana rozpoczyna się w km 12+440, miejscu rozgałęzienia głównego nurtu rzeki na Brdę Młynówkę oraz Brdę żeglowną, która stanowi podmiot badań. Rozdzielenie nurtu umożliwiają urządzenia hydrotechniczne wchodzące w skład Hydrowężła Bydgoszcz (rys. 1): śluza Miejska nr 2, jaz ulgi, jaz Farny wraz z małą elektrownią wodną „Młynówka” oraz przepławką dla ryb [Pozwolenie wodnoprawne..., 1998]. Właśnie ten odcinek ulegał największym przekształceniom od okresu średniowiecza, w związku z funkcjonowaniem młynów [Guldon Z., Kabaciński R., 1975; Obremski, 1994]. Następnie Brda przepływa w kierunku wschodnim przez obszar miasta Bydgoszcz, do odcinka ujściowego – Hydrowężła Czersko Polskie (rys. 1). Powstanie budowli hydrotechnicznych tego hydrowężła wynikało z zapewnienia zdolności żeglugowych na Brdzie dla silnie rozwijającego się przemysłu drzewnego [Kocerka H., 2004] oraz zabezpieczeniem miasta przed wdarciem wezbranych wód Wisły [Jankowski A., 1975]. W latach 70-tych XIX wieku wybudowano pierwsze urządzenia piętrzące: jaz wraz ze śluzą Brdyujście. W późniejszym okresie uruchomiono kolejną śluzę Kapuściska (1,8 km Brdy), w celu powiększenia powierzchni portu drzewnego, aby na początku XX wieku wybudować jaz walcowy Czersko Polskie, zwiększający poziom piętrzenia o kolejne 2 m [Gorączko, 2007]. Najnowszymi



Rys. 1. Zabudowa hydrotechniczna Brdy skanalizowanej [Rastrowa Mapa..., 2007]. Objasnienia: I – śluza Miejska nr 2, II – śluza Czersko Polskie, III – śluza Brdyujście; E1 – elektrownia wodna „Młynówka”, E1 – elektrownia wodna na jазie Czersko Polskie; J1 – jaz ulgi, J2 – jaz Farny, J3 – jaz Czersko Polskie; B – Tor regatowy Brdyujście.

Fig. 1. Hydrotechnical structures of the canalized part of the Brda River [Map of the Polish Hydrographic Division, 2007]. Explanations: I – sluice Miejska no. 2, II – sluice Czersko Polskie, III – sluice Brdyujście; E1 – Hydropower plant „Młynówka”, E1 – Hydropower plant on the weir Czersko Polskie; J1 – weir of the reduction, J2 – weir Farny, J3 – weir Czersko Polskie; B – Brdyujście Regatta Track.

urządzeniami wodnymi Hydrowęzła Czersko Polskie (rys. 1) są elektrownie wodne oraz oddana w 1999 roku, w miejsce wyłączonej z użytkowania śluzy Brdujście, nowa śluza Czersko Polskie [Pozwolenie wodnoprawne..., 2000]. Wszystkie te urządzenia pełnią funkcję wyrównawczą dla Brdy skanalizowanej.

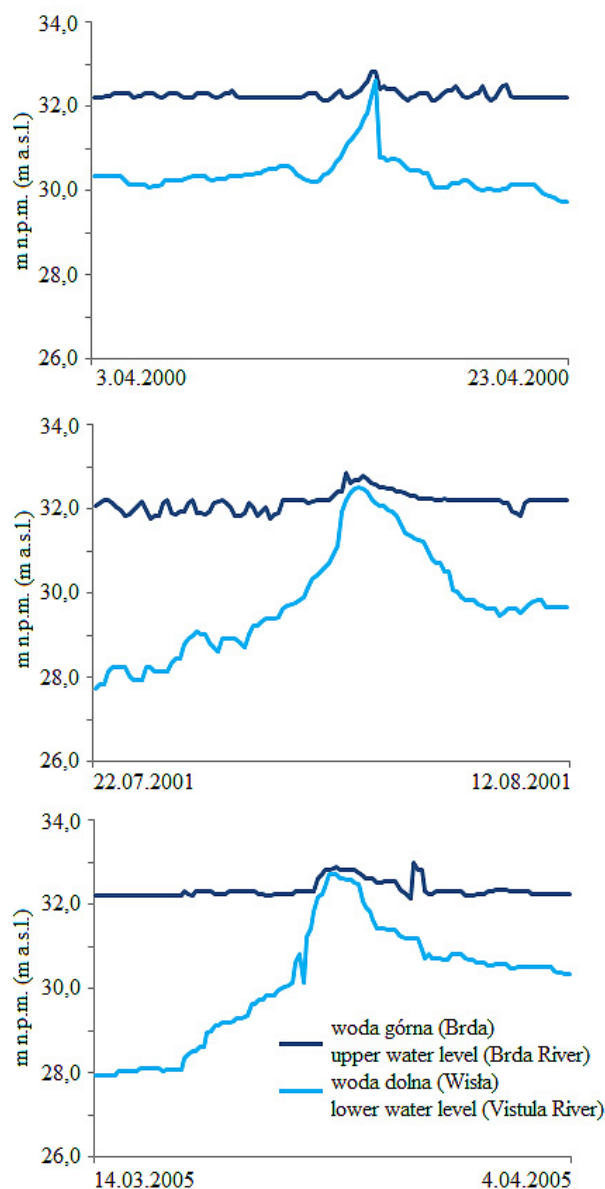
MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Dane służące do analizy ekstremalnych stanów wody pozyskano z obserwacji prowadzonych przez Elektrownię Wodną MEWAT [2000, 2001, 2005] oraz RZGW Gdańsk [2015]. Obejmują one pomiary poziomu wody (górnej i dolnej) na jazu Czersko Polskie (1,0 km Brdy). Na ich podstawie wykreślono hydrogramy dla ekstremalnych stanów wód. W celu obliczenia spadków wody Brdy skanalizowanej, przeprowadzono pomiary w 2014 roku, profilu podłużnym rzeki, w czasie różnych sytuacji hydrologicznych. Pomiary w terenie prowadzono przy wykorzystaniu technologii GPS RTK, dzięki której odbiornik mógł zapisywać dane wysokości względem poziomu morza z dużą dokładnością.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wpływ zabudowy hydrotechnicznej na odnotowywane stany wód w przypadku przepływów ekstremalnych, analizowano dla okresów wezbrań i niszów. Wezbraniem nazywa się podniesienie stanu wody w rzece powstałe w wyniku wzmożonego zasilania lub w skutek piętrzenia wody [Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1996]. Analizowane trzy podpiętrzenia Brdy na terenie miasta Bydgoszczy, spowodowane były sytuacją hydrologiczną na Wiśle. W wyniku wezbrań: roztopowego (2000, 2005) oraz opadowo-rozlewego (2001), nastąpiło piętrzenie wód na jazu Czersko Polskie do kulminacyjnego poziomu, odpowiednio 32,83, 32,88 oraz 32,69 m n.p.m. (rys. 2). Maksymalna dopuszczalna rzędna wody, wynosząca 32,71 m n.p.m. [Pozwolenie wodnoprawne..., 2000], została przekroczona w pierwszych dwóch sytuacjach o 12 i 17 cm, natomiast w przypadku wezbrania letniego (2001) poziom wód zbliżył się niebezpiecznie do tej wartości. Wraz z ustąpieniem wysokich stanów wody Wisły, obserwowana jest zbliżona tendencja na Brdzie (rys. 2) do osiągnięcia normalnego poziomu piętrzenia.

W czasie ekstremalnie wysokich stanów wody na Wiśle następuje spowolnienie odpływu wód Brdy, co skutkuje ich piętrzeniem (cofką) w korycie Brdy na odcinku od jazu Czersko Polskie (km 1,0) do śluzy Miejskiej nr 2 (km 12,4), powodujące w ekstremalnych przypadkach zalanie obszarów nadrzecznych. Na terenie miasta Bydgoszczy od 1921 roku, ogłaszano kilkadziesiąt alarmów powodziowych [Matczak, 2008], z których najpoważniejszy w skutkach miał miejsce



Rys. 2. Przebieg hydrogramów na jazu Czersko Polskie w sytuacji ekstremalnie wysokich stanów wód Brdy [dane niepublik. Elektrowni Wodnej MEWAT, 2001–2005]

Fig. 2. Course of hydrographs on Czersko Polskie weir in a situation of extremely high water levels on the Brda River [not published data of the Hydropower plant MEWAT, 2001–2005]



Rys. 3. Zalane tereny nadbrzeżne w centrum Bydgoszczy (km 12,0 Brdy) w dniu 24.05.2010 r.
Fig. 3. Flooded riverside areas in the center of Bydgoszcz (km 12,0 of Brda River) on 24.05.2010

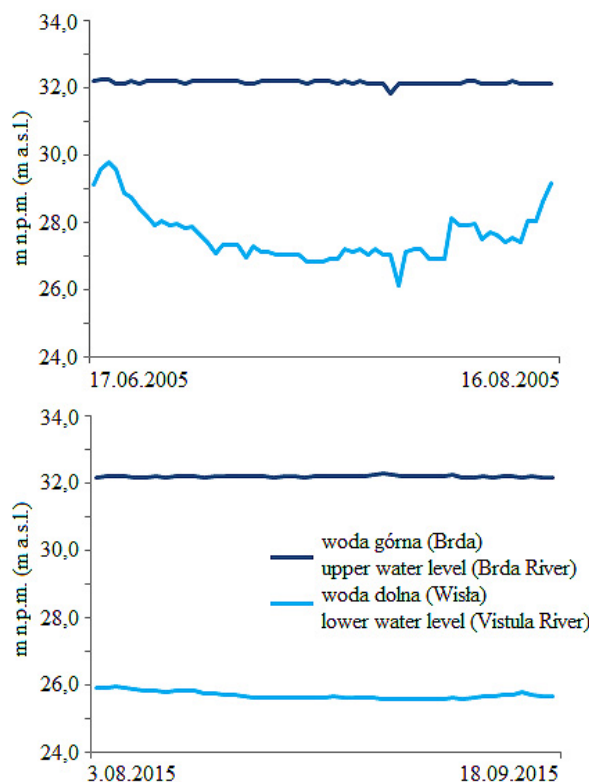
w marcu 1924 roku, gdy na wodowskazie Wisły w Fordonie odnotowano poziom wód 875 cm. Zatopiona została wówczas Dolina Łęgnowsko-Otorowska oraz tereny Starego Fordonu, a spiętrzone wody Brdy wdarły się do centrum miasta.

Ostatnie podtopienie terenów nadbrzeżnych w centrum Bydgoszczy miało miejsce w 2010 roku, w wyniku zahamowania odpływu Brdy, przez spiętrzone wody Wisły (rys. 3).

Przeciwstawną sytuacją hydrologiczną, do ww. jest niżówka, gdy występuje okres niskich stanów wód w korycie rzeki, wynikający z wyczerpywania się zasobów wodnych w zlewni [Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1996]. W takich warunkach, nawet w przypadku obserwowanych w 2015 roku ekstremalnie niskich stanów wód na Wiśle, poziom Brdy (woda górna) na jazie Czersko Polskie nie ulega większym zmianom (ryc. 4). Nie obniża się poniżej minimalnego poziomu piętrzenia (31,63 m n.p.m.), wynikającego z zapisów pozwolenia wodnoprawnego [2000], warunkującego możliwość prowadzenia transportu wodnego na Brdzie. Gwarantowany dopływ wód Brdą wynika ponadto z faktu istnienia kaskady zbiorników retencyjnych powyżej Bydgoszczy (Koronowski – Tryszczyn – Smukała), które retencjonują, i w razie potrzeby stanowią źródło dostawy wody.

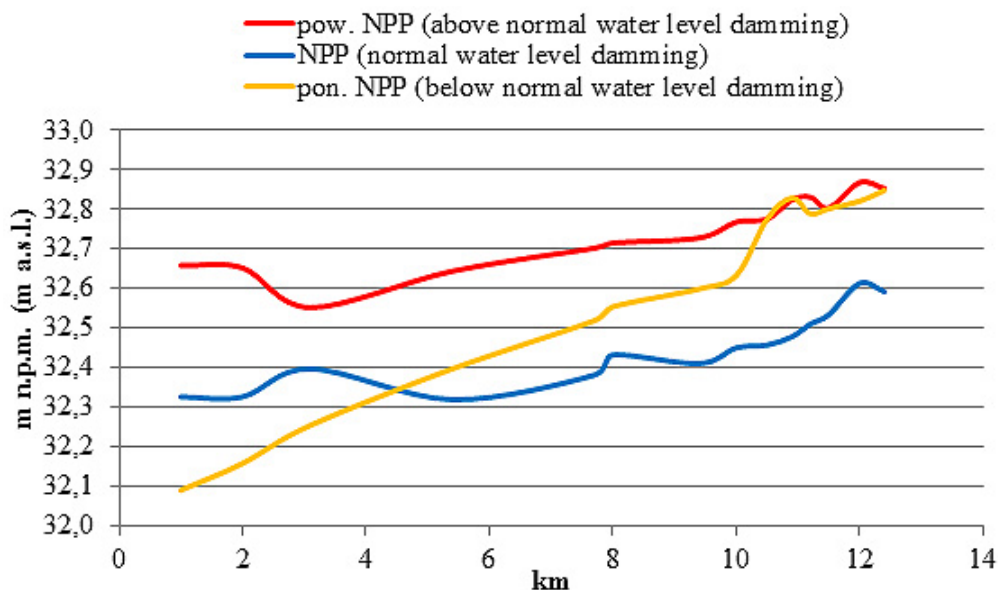
Spowolnienie odpływu wód Brdy, zarówno w przypadku ekstremalnie wysokich jak i niskich stanów wód, powoduje zmianę spadków zwierciadła w profilu podłużnym na odcinku miasta. Zróznicowanie to uzależnione jest przede wszystkim od poziomu piętrzenia na jazie Czersko Polskie. Najmniejsze spadki charakterystyczne są

dla ujściowego fragmentu Brdy, w którym zachodzą największe podpiętrzenia w momencie występowania ekstremalnie wysokich stanów wód



Rys. 4. Przebieg hydrogramów na jazie Czersko Polskie w sytuacji ekstremalnie niskich stanów wód Brdy [dane niepublik. Elektrowni Wodnej MEWAT, 2005; dane niepublik. RZGW, 2015]

Fig. 4. Course of hydrographs on Czersko Polskie weir in a situation of extremely low water levels on the Brda River [not published data of the Hydropower plant MEWAT, 2005; not published data of the Regional Water Management Boards, 2015]



Rys. 5. Zróżnicowanie spadków zwierciadła wody w profilu podłużnym Brdy przy różnym poziomie piętrzenia wód w 2014 roku

Fig. 5. The diversity of drop of water on longitudinal profile of the Brda River with different levels of damming in 2014

(ryl. 5). Przy normalnej rzędnej poziomu wód na jazie (32,2 m n.p.m.), spadek rzeki na omawianym odcinku wynosi około 0,02%. Wartość tego współczynnika maleje, w przypadku odnotowywania piętrzenia Brdy skanalizowanej (ok. 0,01 %). Natomiast spadek w profilu podłużnym analizowanej rzeki oraz rośnie, w momencie odnotowywania niskich stanów wód na jazie Czersko Polskie (ok. 0,06%). Uwidacznia się tu wpływ zabudowy hydrotechnicznej na wyrównanie odpływu Brdy w momencie występowania zjawisk ekstremalnie dodatnich i zwiększanie intensywności w przypadku stanów ujemnych. Stąd też gospodarka wodna, prowadzona na Brdzie skanalizowanej, silnie powiązana jest z sytuacją hydrologiczną na Wiśle.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz hydrogramów ekstremalnych stanów wód na ujściowym stanowisku Brdy skanalizowanej, można przedstawić następujące wnioski:

1. Na odnotowywane stany wód (poziomy piętrzenia) Brdy skanalizowanej wpływa istniejąca zabudowa hydrotechniczna (przede wszystkim jaz Czersko Polskie) oraz, szczególnie w przypadku ekstremalnie wysokich stanów wody, sytuacja hydrologiczna na Wiśle.

2. Infrastruktura hydrotechniczna przyczynia się do stabilizacji poziomu wód Brdy – w przypadku niżówek oraz zmniejszenia negatywnego wpływu spiętrzonej Wisły – w przypadku wyżówek.
3. W momencie odnotowywania ekstremalnie wysokich stanów wód na Wiśle, na terenie miasta Bydgoszczy, mamy do czynienia ze specyficznym typem wezbrania – cofkowego, w wyniku zahamowania odpływu Brdy przez wezbrane wody Wisły.
4. Zabudowa hydrotechniczna Brdy skanalizowanej jest narzędziem do prowadzenia gospodarki wodnej, jaki widać skutecznej ze względu na zachowane bezpieczeństwo powodziowe.

LITERATURA

1. Babiński Z., 2002. Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych ze szczególnym uwzględnieniem stopnia wodnego Włocławek, Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, ss. 185.
2. Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski, 1996. Hydrologia ogólna. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa, ss. 298.
3. Dane niepublikowane Elektrowni Wodnej ME-WAT, 2000, 2001, 2005 – obserwacje stanów wody na jazie Czersko Polskie.

4. Dane niepublikowane Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku, 2015 – obserwacje stanów wody na jazie Czersko Polskie.
5. Dynowiska I., 1984. Zmiana reżimu odpływu w wyniku oddziaływania zbiorników retencyjnych. *Czas. Geogr.*, 55(3), PTG, Wrocław, 301-316.
6. Glazik R., 1978. Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolnie. *Dokum. Geogr.*, 2-3, IGIPIZ PAN, Warszawa, ss. 119.
7. Gorączko M., 2007. Przekształcenia Brdy w jej dolnym biegu. [W:] Jastrzębski W., Woźny J. (red.) *Dziedzictwo kulturowe i przyrodnicze Brdy i jej dorzecza*. Wyd. LOGO, Bydgoszcz – Tuchola.
8. Guldon Z., Kabaciński R., 1975. Szkice dziejów dawnej Bydgoszczy XVI–XVIII w. *Bydgoskie Towarzystwo Naukowe, Prace Popularnonaukowe*, 9, Bydgoszcz.
9. Gutry-Korycka M., Nowicka B., Soczyńska U. (red.), 2003. Rola retencji zlewni w kształtowaniu wzebrań opadowych. *Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, UW, Warszawa*, ss. 207.
10. Jankowski A.T., 1975. Stosunki hydrograficzne Bydgoskiego Węzła Wodnego i ich zmiany spowodowane gospodarczą działalnością człowieka. *Stud. Soc.*, wyd. UMK Toruń.
11. Jutrowska E., 2007. Antropogeniczne zmiany warunków hydrologicznych w dorzeczu Brdy. *Biblioteka Monitoringu Środowiska, Bydgoszcz*.
12. Kocerka H., 2004. Historia toru regatowego w Brdujściu 1912–2004. [W:] *Kronika bydgoska XXVI (2004)*, Bydgoszcz.
13. Kondracki J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
14. Kowalewski Z., Ślesicka A., 2001. Wpływ małych zbiorników wodnych na kształtowanie się przepływów w zlewni rzecznej. [W:] *Dynamika obieg wody w zlewniach rzecznych*, IMGW, Warszawa.
15. Matczak A., 2008. Ocena zagrożenia powodziowego miasta Bydgoszczy. *Wydział Zarządzania Kryzysowego UM Bydgoszcz*, ss. 19.
16. Mikulski Z., 1982. Wpływ urbanizacji na stosunki wodne w świetle badań polskich. *Gospodarka Wodna*, Nr 42, 7, Wyd. Sigmanot, Warszawa.
17. Obremski M., 1994. *Mennica Bydgoska. Rekonstrukcja i współczesne zagospodarowanie*. [W:] *400-lecie mennicy bydgoskiej*, MOB, Bydgoszcz, 25–39.
18. Pozwolenie wodnoprawne na szczególne korzystanie z wód polegające na prowadzeniu piętrzenia i rozrządu wód rzeki Brdy w Hydrowęźle Czersko Polskie, 2000.
19. Pozwolenie wodnoprawne na szczególne korzystanie z wód rzeki Brdy „Młyńskiej” piętrzonej za pomocą jazu Farnego dla potrzeb Małej Elektrowni Wodnej, Hydrowęzeł Bydgoszcz, 1998.
20. *Rastrowa Mapa podziału hydrograficznego Polski (MPHP)*, 2007. Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych, IMGW, Warszawa.