

OCENA ZDOLNOŚCI RETENCYJNYCH MOKRADEŁ W MAŁEJ ZLEWNI LEŚNEJ

Daniel Liberacki¹, Mariusz Korytowski¹, Rafał Stasik¹

¹ Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: dliber@up.poznan.pl, mario@au.poznan.pl, stasikr@up.poznan.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki wieloletnich badań prowadzonych na obszarze środkowej części kompleksu leśnego Puszcza Zielonka, dotyczących możliwości retencjonowania wody w śródleśnych oczkach wodnych i mokradłach. Obiektem badań była zlewnia ciekłu Trojanka, od źródła do przekroju Jezioro Zielonka, położona w centralnej części Wielkopolski. Zlewnia o powierzchni 223 ha była w charakterze leśnym. W pracy dokonano analizy przebiegu warunków meteorologicznych w trzech latach hydrologicznych charakteryzujących rok mokry (1987), suchy (2003) i średni (2009) na tle wielolecia 1986–2009. W analizowanych latach obliczono pojemność retencyjną poszczególnych mokradeł oraz dokonano oceny możliwości retencjonowania wody w zlewni ciekłu Trojanka. Przeprowadzone badania potwierdziły istotny wpływ warunków meteorologicznych na ilość magazynowanej wody. Przy łącznej powierzchni mokradeł i bagien wynoszącej 8,58 ha i opadzie z wielolecia na poziomie 555 mm obliczona pojemność zgromadzonej w nich wody wyniosła 15 852 m³. W roku mokrym (1987), przy opadzie wyższym o 100 mm w stosunku do średniej z wielolecia odnotowano 18 procentowy wzrost ilości zmagazynowanej wody, natomiast w roku suchym (2003), przy opadzie niższym od średniej o 208 mm odnotowano znaczący 62% spadek retencjonowanej wody w mokradłach.

Słowa kluczowe: retencja, mokradła, mała zlewnia leśna.

EVALUATION OF WATER RETENTION CAPABILITY IN WETLANDS AT SMALL FOREST CATCHMENT

ABSTRACT

The paper presents the results of researches carried out in the middle part of Pizsa Zielonka forest complex. The aim was the evaluation of retention changes at wetlands and mid-forest ponds. The object of the study was the catchment of the Trojanka watercourse, considering from the origin to the cross-section of Zielonka Lake. The catchment is located in the central part of the Wielkopolska region, approximately 20 km on the North-East of Poznań. The area of this forestall catchment is about 223 ha. In the paper an analysis of the results from three hydrological years was presented. The results of the years 1987 (wet year), 2003 (dry year) and 2009 (medium year) were analysed against meteorological conditions. Retention capacity in each wetlands, as well as the possibility of water retention in the Trojanka watercourse was calculated. The researches confirmed significant meteorological conditions influence the amount of retentioned water. The calculated capacity of retentioned water was 15 852 m³ considering the total area of wetland and swamp (8,58 ha) and precipitation sum of 555 mm. 18% increase of water capacity was observed in wet year (1987) In this year the sum of precipitation was 100 mm higher than multiyear average sum. Meanwhile 62% decrease of water capacity was observed in dry year (2003), when the precipitation sum was 208 mm lower than multiyear average one.

Keywords: water retention, wetlands, small forest catchment.

WSTĘP

Problem występowania deficytów wody na obszarze naszego kraju podejmowany jest no coraz szerszą skalę. Przyczyną zmniejszania się

zasobów wodnych, oprócz niewłaściwego gospodarowania nimi, jest występowanie na terenie Polski susz, które pojawiają się w różnych porach roku, powodują często straty gospodarcze, a w szczególności zakłócenie naturalnego bilansu

wodnego [2, 3]. Według Rady Unii Europejskiej [15] niedobór wody i susze mają bezpośredni wpływ na ludzkość i na sektory gospodarki takie jak: rolnictwo, leśnictwo, turystyka, przemysł, oraz w znacznym stopniu oddziałują na zasoby naturalne, powodując obciążenia ekosystemów i siedlisk, zagrażając tym samym różnorodności biologicznej, wpływając negatywnie na całe środowisko. Również Szafranski [18] podkreśla, że znajomość zasobów wodnych ma duże znaczenie dla gospodarczej działalności człowieka, gdyż woda jest czynnikiem limitującym rozwój gospodarczy. Obecnie podejmuje się coraz więcej działań związanych z retencjonowaniem wody zarówno w aspekcie mikrozwlewni, jak i całego kraju [10, 14].

Jednym z głównych celów jest zwiększenie naturalnej retencji, z zachowaniem równowagi stanu ekologicznego, między innymi poprzez zalesianie, zakrzewianie, wykorzystywanie zdolności retencyjnych naturalnych terenów zalewowych. Wieloletnie badania prowadzone przez różnych badaczy w kraju wykazały, że las, jako wieloprzestrzenny i trwały element krajobrazu, a zarazem najbardziej złożony lądowy zespół przyrodniczy posiada duże zdolności retencjonowania i oczyszczania wody [1, 7, 8, 12, 13, 16, 17, 19]. Według badań prowadzonych przez Szafranskiego i Liberackiego [6] las, magazynując wodę opadową oraz roztopową w okresie jej nadmiaru, staje się naturalnym zbiornikiem zgromadzonej w nim wody, która może być wykorzystywana w zlewni w okresach posusznych. W celu ograniczenia odpływów ze zlewni rzecznych konieczne jest tworzenie systemów umożliwiających zamykanie obiegu wody w zlewni lub w jej wydzielonych częściach, czyli tzw. retencjonowanie, które w dużej mierze decyduje o kształtowaniu się zasobów wodnych w lasach.

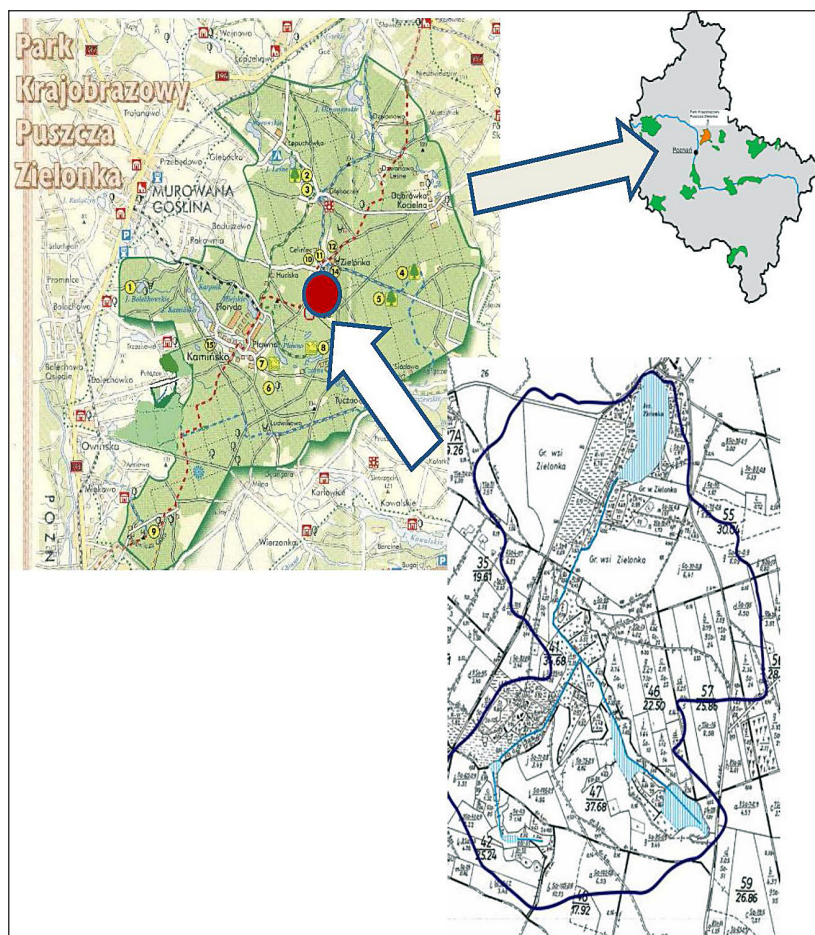
Zasoby wodne w siedliskach leśnych w dużej mierze determinowane są przez typy siedliskowe lasu. Najbardziej zależne od zmian stosunków wodnych są lasy na siedliskach wilgotnych i bagiennych. Ich rola w regulacji obiegu wody jest powszechnie uznana, ale trudna do liczbowego przedstawienia w bilansie. Jak podaje Mioduszewski [9] zachowanie dobrego stanu siedlisk wilgotnych i mokradeł wymaga wdrożenia nowych zasad gospodarowania wodą w zlewniach. Jest to związane z potrzebą utrzymywania wysokich stanów wód powierzchniowych i gruntowych, niezbędnych do zapewnienia optymalnych warunków uwilgotnienia gleb bagiennych

i niedopuszczenia do ich przesuszania a zarazem degradacji. Przy szczegółowej ocenie zdolności retencyjnych zlewni leśnych, a także możliwości zwiększenia zasobów wodnych w tych zlewniach, należy również brać pod uwagę istotny wpływ śródleśnych oczek wodnych, będących elementem małej retencji, w kształtowaniu się tych zasobów. Zretencjonowana w tych oczkach w półroczach zimowych woda zasila przyległe siedliska leśne w półroczach letnich [4]. Zachowanie małych zbiorników wodnych na terenach leśnych jest zgodna z zarządzeniem Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych [20], wprowadzającym w życie „Wytyczne w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych”. W jednym z punktów tych wytycznych dużą uwagę zwrócono na ochronę zasobów glebowych i wodnych w lasach, ze szczególnym naciskiem na zachowanie śródleśnych zbiorników i cieków wodnych, a także bagien i torfowisk. Mając na uwadze duże zróżnicowanie siedlisk leśnych oraz konieczność zachowania stabilnych warunków dla ich rozwoju należy, wszelkie przedsięwzięcia mające na celu zmianę naturalnego obiegu wody w lasach poprzedzić interdyscyplinarnymi badaniami. Analizy te powinny uwzględniać kierunek projektowania oraz wykonywania urządzeń technicznych, który powinien być jak najlepiej akceptowany przez przyrodę. Jak podaje Pierzgałski [11] dobrym przykładem zamiany naturalnego obiegu wody w zlewni jest renaturyzacja mokradeł śródleśnych. Jej celem jest zwiększenie biologicznej różnorodności oraz łagodzenie okresowych nadmiarów lub niedoborów wodnych wokół mokradła. Dzięki płaskiemu ukształtowaniu mokradeł, opady atmosferyczne są w nich prawie w całości magazynowane, powodując stopniowe zasilanie zasobów wód podziemnych.

MATERIAŁ I METODY

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w trzech latach hydrologicznych 1986/87, 2002/2003, i 2008/2009 w zlewni cieką Trojanka, od źródła do przekroju Jezioro Zielonka, położonego w centralnej części kompleksu leśnego Puszcza Zielonka (rys. 1).

Puszcza Zielonka jest największym kompleksem leśnym środkowej Wielkopolski, położonym po wschodniej stronie rzeki Warty w odległości około 5 km od granic miasta Poznania. Powierzchnia Puszczy wynosi około 15 tys. ha. Od 1993 roku



Rys. 1. Lokalizacja zlewni ciekuj Trojanka
Fig. 1. Location catchment of Trojanka river

znaczna część Puszczy (około 9 tys. ha powierzchni) weszła w skład utworzonego Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka. Pod względem klimatycznym obszar Puszczy należy do Regionu Środkowopolskiego. Krajobraz naturalny jest typu młodoglacjalnego formacji plejstoceniowej i holoceniowej. Jego ukształtowanie jest wynikiem działania ostatniego okresu lodowcowego tzw. poznańskiego stadiumu zlodowacenia bałtyckiego. Znaczną część terenu Puszczy Zielonka stanowi rozległa wysoczyzna sandrowa, która przeciętna jest licznymi rynkami polodowcowymi.

Badany obszar o powierzchni 223 ha stanowi zlewnia ciekuj Trojanka od źródła do przekroju Jezioro Zielonka. Jest to zlewnia typowo leśna. Lasy zajmują 132,5 ha, co stanowi 59% powierzchni. Pozostałą część stanowiącą 20% zajmują zbiorniki wodne (44,33 ha), bagna i mokradła 8,58 ha (4%), (6%), zabudowania 4,18 ha (2%) oraz role i pastwiska 33,41 ha (15%).

Stany wody w ciekuj mierzone za pomocą limnigrafu a także za pomocą łaty wodowskazowej w ciekuj i w oczkach wodnym, z której odczyt

wykonywany był raz w tygodniu, w wybranych przekrojach analizowanej zlewni. Natomiast stany wody gruntowej mierzone systematycznie raz w tygodniu w 22 studzienkach usytuowanych w różnych typach siedliskowych lasu.

Warunki meteorologiczne w omawianych latach hydrologicznych charakteryzujących rok mokry (1987), suchy (2003) i średni (2009), na tle danych z wielolecia 1986–2009, scharakteryzowano na podstawie uzyskanych wyników pomiarów z własnego posterunku opadowego i obserwacji prowadzonych w stacji meteorologicznej Arboretum Zielonka – Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Murowanej Goślinie.

W pracy podjęto także, próbę określenia wielkości retencji w wybranych mokradłach zlokalizowanych na obszarze analizowanej zlewni. Jak wiadomo wielkość retencji w mokradłach, głównie w torfowiskach, jest dość trudna do ustalenia i uzależniona jest od miąższości torfów oraz od warunków dopływu i odpływu wody. W próbie oszacowania wielkości retencji odwołano się, więc do wcześniejszego opracowania pt., „Pro-

gram retencji wód powierzchniowych na terenie woj. poznańskiego – aktualizacja”, wykonane go w 1996 r. przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska w Poznaniu „BIPROWODMEL”. Wielkość retencji została określona i zestawiona dla 5 wybranych mokradeł w różnych pod względem sum opadów atmosferycznych latach. Według przyjętego w programie założenia szacuje się, że objętość wody gromadzona w torfowiskach i mokradłach stanowi około 1/3 wielkości opadu. Stąd przy średniej wielkości opadu wynoszącej w rejonie Poznania ok. 500 mm na obszarze 1ha mokradła, wielkość retencji wody wynosi:

$$V = 10000 \text{ m}^2 \times 0,333 \times 0,5 \text{ m} = 1665 \text{ m}^3$$

Większość z 5 wytypowanych mokradeł położonych jest w bezpośrednim sąsiedztwie cieką Trojanka. Tylko jedno z nich o powierzchni 1,04 ha jest typu bezodpływowego. Wielkości mokradeł wahają się od 0,35 ha do 5,7 ha. Łączna powierzchnia mokradeł i bagien na liczącej 223 ha zlewni Trojanki, wynosi 8,58 ha co stanowi 4% powierzchni zlewni wg „Plan urządzenia lasu Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka na okres od 1 stycznia 2004 r. do 31 grudnia 2013 r.” (tab. 1).

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

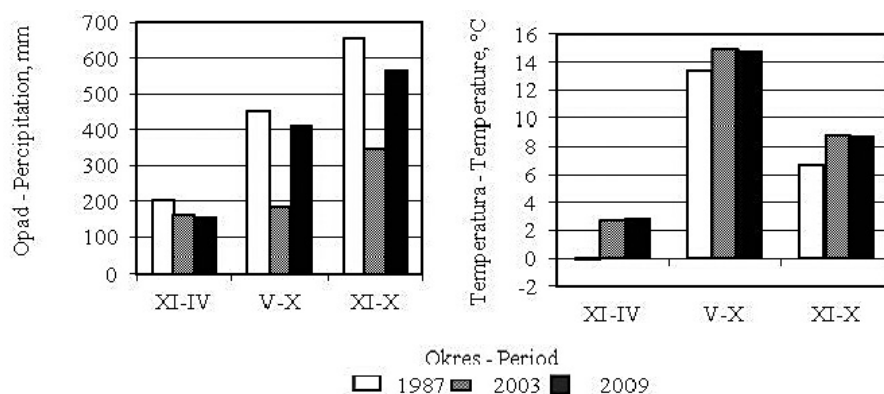
Rok hydrologiczny 1986/87 był mokry, gdyż suma opadów w tym roku (655 mm) była wyższa od średniej z wielolecia o 100 mm Średnia temperatura powietrza w omawianym roku wyniosła 6,7 °C i była niższa od średniej z wielolecia o 1,9 °C. Półrocze zimowe z sumą opadów wynoszącą 205 mm niższą od średniej o 14 mm i średnią temperaturą powietrza na poziomie -0,1 °C, było przeciętne i zimne. Natomiast w półroczu letnim suma opadów wyniosła 450 mm i była wyższa od średniej z wielolecia aż o 114 mm, przy średniej temperaturze powietrza wynoszącej 13,4 °C niższej od średniej wieloletniej o 1,5 °C.

Drugi analizowany rok hydrologiczny 2002/2003 był rokiem suchym, w którym suma opadów wyniosła zaledwie 347 mm i była niższa od średniej z wielolecia o 208 mm (rys. 2), przy zbliżonej do średniej temperaturze powietrza. Półrocze zimowe tego roku było suche i ciepłe, gdyż suma opadów była niższa od średniej z wielolecia o 58mm, przy średniej temperaturze powietrza wynoszącej 2,7 °C. Natomiast półrocze letnie omawianego roku, w którym suma opadów była niższa od średniej z wielolecia o 150mm,

Tabela 1. Zestawienie bagien i mokradeł w granicach zlewni Trojanka

Table 1. Summary of the marshes and wetlands within the Trojanka catchment area

Lp.	Nr obiektu	Nadleśnictwo	Miejscowość	Nazwa ciek	Zlewnia	Powierzchnia [ha]
1	5	Łopuchówko	Łopuchówko	Trojanka	Warta	0,52
2	10	Łopuchówko	Łopuchówko	Trojanka	Warta	0,97
3	47	Łopuchówko	Zielonka	Trojanka	Warta	0,35
4	66	Łopuchówko	Zielonka	bezodpływowe	Warta	1,04
5	3	Zielonka	Huta Pusta	Trojanka	Warta	5,70
Łącznie suma						8,58



Rys. 2. Półroczne i roczne sumy opadów atmosferycznych i średnie temperatury powietrza w latach 1986/1987, 2002/2003 i 2008/2009

Fig. 2. Half-year and yearly sums precipitation and means temperature in 1986/1987, 2002/2003 and 2008/2009 hydrological years

przy temperaturze powietrza zbliżonej do średniej, było suche.

Ostatni analizowany rok hydrologiczny 2008/2009 był rokiem średnim. Suma opadów w tym roku wyniosła 563 mm i była wyższa do średniej z wielolecia o 8 mm. Temperatura powietrza w omawianym roku była zbliżona do średniej z wielolecia. Półrocze zimowe tego roku z sumą opadów na poziomie 153 mm było niższe od średniej z wielolecia o 66 mm, przy temperaturze powietrza wyższej od średniej o 0,5 °C. Natomiast półrocze letnie z sumą opadów wynoszącą 450 mm wyższą od średniej wieloletniej o 74 mm było mokre.

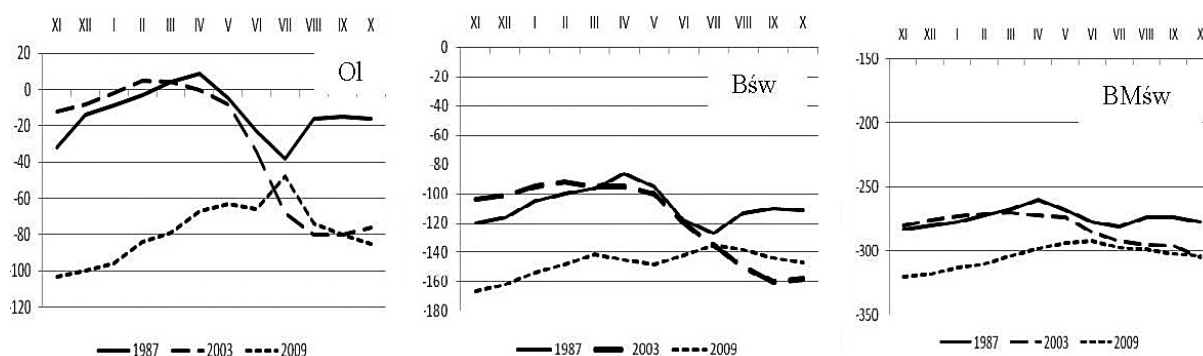
Na podstawie otrzymanych wyników badań prowadzonych w okresie 1986–2009 stwierdzono, że najwyższe stany wody gruntowej wystąpiły zawsze w miejscach zajmowanych przez siedlisko olsów, w zagłębieniach terenowych, w bezpośrednim sąsiedztwie ciek. Na tych obszarach woda występowała najpłycej, a w latach mokrych odnotowano kilkudniowe okresy stagnowania wody, nawet do 15 cm na powierzchni terenu. Stany te były związane z wystąpieniem dużej ilości zretencjonowanej wody w profilu glebowym, po roztopach zimowych. Duża ilość zmagazynowanej wody w zlewni, zostaje częściowo wykorzystana dopiero w okresie późnej wiosny, poprzez zwiększone parowanie terenowe, wzrastającą temperaturę powietrza i zwiększone zapotrzebowanie na wodę przez roślinność. W okresie od lipca do września, po wyczerpaniu zasobów wód zretencjonowanych w analizowanych siedliskach oraz w zależności od warunków meteorologicznych, które wystąpiły w badanym wieloleciu, stany wody osiągają wartości minimalne. Najniższe stany wody gruntowej odnotowano w roku hydrologicznym 2002/2003, który pod względem warunków meteorologicznych z

opadem wynoszącym 347 mm można było zaliczyć do suchego. Minimalne stany zwierciadła wody gruntowej wyniosły wówczas odpowiednio, 80 cm poniżej terenu dla siedliska olsów, 157 cm dla boru świeżego, oraz 305 cm dla siedliska boru mieszanego świeżego (rys. 3). Tendencję tą potwierdzają wcześniejsze badania dotyczące częstości występowania stanów wód gruntowych w wybranych typach siedliskowych lasu [5].

Badania prowadzone w zróżnicowanych warunkach siedliskowych w zimowych i letnich półroczach hydrologicznych wykazały także, że największą amplitudą wahań stanów wód gruntowych wynoszącą 50–100 cm, charakteryzowały się siedliska o płytkim zaleganiu zwierciadła wody, olsu i boru świeżego. Natomiast najmniejsze wahania wynoszące 20–30 cm odnotowano w siedlisku boru mieszanego świeżego, o głębokości zalegania wody gruntowej poniżej 250 cm.

Przeprowadzona ocena zmienności stanów wód gruntowych w analizowanych siedliskach leśnych, może być wyznacznikiem zdolności retencyjnych tych siedlisk.

W zlewniach leśnych duży wpływ na kształtowanie się zasobów wodnych ma także ilość wody zmagazynowanej w śródleśnych zbiornikach i mokradłach. Obliczona wielkość zmagazynowanej wody w mokradłach występujących na obszarze analizowanej zlewni ciek. Trojanka, wskazała, że głównym czynnikiem wpływającym na pojemność retencyjną mokradła jest wielkość oraz rozkład opadów. Ponieważ w ostatnich latach obserwuje się znaczne zmniejszenie zasobów wodnych na terenach leśnych, którego objawem zwykle jest obniżenie się poziomu wody w naturalnych śródleśnych oczkach wodnych, zanik przepływ w rowach, oraz przesuszenie torfowisk i obszarów bagiennych, co powoduje degradację



Rys. 3. Przebieg stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni ciek. Trojanka w latach hydrologicznych 1987, 2003 i 2009.

Fig. 3. Time series of ground water levels at different forest habitats in the Trojanka river catchment in 1987, 2003 and 2009 hydrological years

i ubożenie gatunków drzewostanów oraz zwiększenie zagrożenia pożarowego w lasach, w celu uniknięcia pogarszania się zasobów wodnych projektuje się urządzenia tzw. małej retencji. W ramach zwiększenia możliwości retencyjnych wykonuje się w większości małe budowle o prostej konstrukcji i wysokości piętrzenia nieprzekraczającej 50 cm, które jednocześnie traktowane są, jako konstrukcje inżynierskie. W pracy podjęto, więc próbę oszacowania ilości wody, jaką można zmagazynować na obszarze mokradeł występujących w granicach badanej zlewni, w wybranych charakterystycznych latach, w których obliczono pojemność retencyjną, dla roku mokrego (1987), suchego (2003) i średniego (2009) pod względem sum opadów atmosferycznych na tle wielolecia 1985/1986 – 2008/2009 (tab. 2, rys. 4).

Przy łącznej powierzchni mokradeł i bagien wynoszącej 8,58 ha i rozpatrywanej średniej wieloletniej wartości opadu atmosferycznego wynoszącej 555mm obliczona pojemność zgromadzonej wody wyniosła 15 852,84 m³. W roku mokrym (1987), przy opadzie wyższym o 100 mm w stosunku do średniej z wielolecia 1987–2009, odnotowano 18 procentowy wzrost ilość zmagazynowanej wody wynoszący 2 855,71 m³. Otrzymałą pojemność retencyjną w mokradle wynoszącą 18708,55 można byłoby znacznie zwiększyć poprzez zastosowanie prostych urządzeń piętrzących na cieku w przekroju umiejscowionym na wypływie z mokradła. W roku suchym

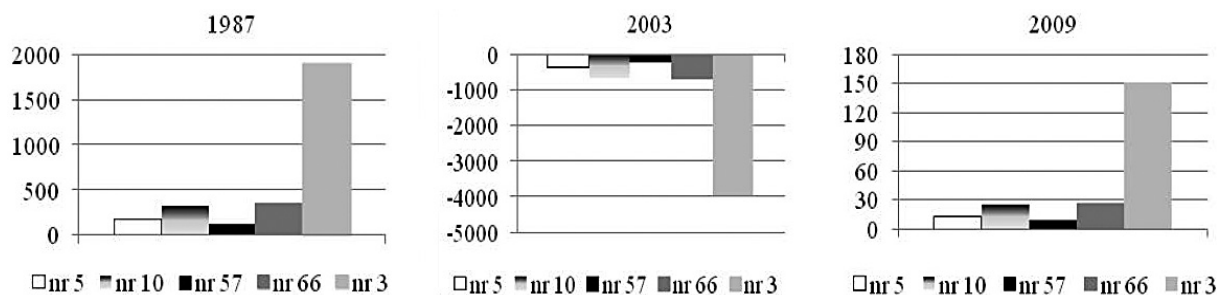
(2003), przy opadzie wynoszącym zaledwie 347 mm odnotowano znaczący 62% spadek retencjonowanej wody w mokradłach. Ilość zmagazynowanej wody wyniosła zaledwie 9 905,70 m³ i była mniejsza o 5 947,14 m³ w stosunku do roku średniego, oraz mniejsza aż o 8 802,85 m³ w stosunku do roku mokrego. W ostatnim badanym roku (2009), w którym suma opadów atmosferycznych wyniosła 563 mm, ilość zmagazynowanej wody w mokradłach oszacowano na 16 079,98 m³.

WNIOSKI

1. Na podstawie badań i obserwacji przeprowadzonych w okresie 1986-2009 stwierdzono, że najwyższe stany wody gruntowej wystąpiły zawsze w miejscach zajmowanych przez siedlisko olsów, w zagłębieniach terenowych, w bezpośrednim sąsiedztwie cieku. Na tych obszarach woda występowała najpłycej, a w latach mokrych odnotowano kilkudniowe okresy stagnowania wody, nawet do 15 cm na powierzchni terenu.
2. Najniższe stany wody gruntowej odnotowano w roku hydrologicznym 2002/2003, który pod względem warunków meteorologicznych z opadem wynoszącym 347 mm można było zaliczyć do suchego. Wówczas stany wody znajdowały się najgłębiej i wyniosły odpowiednio, 80 cm poniżej terenu dla siedliska olsów, 157

Tabela 2. Ilość zretencjonowanej wody w mokradłach w wybranych latach hydrologicznych
Table 2. The amount of stored water in the watlands in selected hydrological years

Lp.	Rok	Opad [mm]	Pojemność retencyjna mokradeł [m ³]					Suma (8,58 ha)
			nr 5 (0,52 ha)	nr 10 (0,97 ha)	nr 57 (0,35 ha)	nr 66 (1,04 ha)	nr 3 (5,7 ha)	
1	1987	655	1133,85	2115,07	763,17	2267,70	12 428,76	18 708,55
2	2003	347	600,35	1119,88	404,08	1200,69	6580,71	9905,70
3	2009	563	974,54	1817,90	655,94	1949,09	10 682,51	16 079,98
4	1987-2009	555	960,78	1792,22	646,68	1921,56	10 531,61	15 852,84



Rys. 4. Przyrost i ubytek retencji w wybranych mokradłach
Fig. 4. The gain and loss of retention in selected watlands

- cm dla boru świeżego, oraz 305 cm dla siedliska boru mieszanego świeżego.
2. Prowadzone w zróżnicowanych warunkach siedliskowych w zimowych i letnich półroczach hydrologicznych badania wykazały także, że największą amplitudą wahań stanów wód gruntowych wynoszącą 50–100 cm, charakteryzowały się siedliska o płytkim zaleganiu zwierciadła wody, olsu i boru świeżego. Natomiast najmniejsze wahania wynoszące 20–30 cm odnotowano w siedlisku boru mieszanego świeżego, o głębokości zalegania wody gruntowej poniżej 250 cm.
 3. Badania potwierdziły także istotny wpływ warunków meteorologicznych na ilość magazynowanej wody. Przy łącznej powierzchni mokradeł i bagien wynoszącej 8,58 ha i średnim opadzie z wielolecia na poziomie 555 mm obliczona pojemność zgromadzonej w nich wody wyniosła 15 852 m³. W roku mokrym (1987), przy opadzie wyższym o 100 mm w stosunku do średniej z wielolecia 1987–2009, odnotowano 18 procentowy wzrost ilości zmagazynowanej wody, natomiast w roku suchym (2003), przy opadzie niższym od średniej o 208 mm odnotowano znaczący 62% spadek retencjonowanej wody w mokradłach.
 4. Ilość zmagazynowanej wody zmieniającą się w zakresie od 9905 do 18 708 m³ można ustabilizować, a także znacząco powiększyć poprzez zastosowanie prostych urządzeń piętrzących na cieku, w postaci progów wodnych oraz małych zastawek umiejscowionych na odpływach z mokradeł.

LITERATURA

1. Banasik K., Hejduk L., Hejduk A., Kaznowska E., Banasik J., Byczkowski A. 2013. Wieloletnia zmienność odpływu z małej zlewni rzecznej w rejonie Puszczy Kozienickiej. *Sylwan* 157(8), 578–586.
2. Bykowski J., Szafranski Cz., Fiedler M. 2005. Zmiany uwilgotnienia gleb w warunkach piętrzenia wody w rowie melioracyjnym w zróżnicowanych pod względem opadów okresach wegetacyjnych. *Rocz. AR w Poznaniu*, 365, 75–81.
3. Charakterystyka Regionu Wodnego Warty. 2007. Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Poznaniu, Pion Zasobów Wodnych, 1–65.
4. Korytowski M. 2011. Charakterystyka śródleśnych oczek wodnych na terenie leśnego zakładu doświadczalnego Siemianice. *Rocznik Ochrony Środowiska*, tom 13, 1847–1863.
5. Liberacki D., Stachowski P. 2008. Ocena małej retencji wodnej w Puszczy Zielonka i jej otulinie. *Wyd. Środkowo Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska*, Koszalin, tom 10, 657–678.
6. Liberacki D., Szafranski Cz. 2008. Odpływy ze zlewni różnym stopniu lesistości. *Zeszyty Prob. Post. Nauk. Rol. z. 532*, s. 143.
7. Miler A.T., Grajewski S., Okoński B. 2001. Stosunki wodne na w wybranych ekosystemach leśnych. *Wyd. AR Poznań*, s. 45.
8. Mioduszeński W., Pierzgański E. 2009. Zwiększanie możliwości retencyjnych oraz przeciwdziałanie powodzi i suszy w ekosystemach leśnych na terenach nizinnych. *Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych*, Warszawa, 1–73.
9. Mioduszeński W. 2010. Rola mokradeł w gospodarce wodnej. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, nr 1(424).
10. Mroziak K., Przybyła Cz. 2013. Mała retencja w planowaniu przestrzennym. *Poznań*.
11. Pierzgański E. 2007. Specyfika obiektów małej retencji w lasach. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. 3. s. 120–124, 2007
12. Pływaczyk L. 1995. Mała retencja wodna i jej uwarunkowania techniczne. *Ekologiczne aspekty melioracji wodnych*. *Wyd. Inst. Ochr. Przyrody PAN*, Kraków, 141–148.
13. Pływaczyk A., Kowalczyk T. 2007. Gospodarowanie wodą w krajobrazie. *Skrypty UP we Wrocławiu*, 515, s.s. 126.
14. Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2007–2013, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2007.
15. Projekt Rady Unii Europejskiej 2007. Nr wniosku kom. 12052/07ENV 422-COM(2007) 414. Niedobór wody i susze-Projekt konkluzji Rady, Bruksela.
16. Radecki-Pawlik A., Kapusta A. 2006. Mała retencja wodna i jej znaczenie. *Aura* 3, 32–33.
17. Stasiak R., Szafranski Cz., Korytowski M., Liberacki D. 2011. Kształtowanie się zasobów wodnych w małych zlewniach leśnych na obszarze Wielkopolski. *Rocznik Ochrony Środowiska*, T13, cz. II, 1679–1696.
18. Szafranski Cz. 2007. Zasoby wodne Polski i ich ochrona. W monografii „Zasoby Przyrodnicze Szansą Zrównoważonego Rozwoju”, pod redakcją J. Nowackiego, *Wyd. AR Poznań*, 67–75.
19. Tyszką J. 2007. Zasoby wodne w lasach w zmieniających się warunkach klimatycznych. *Biblioteczka Leśniczego* 262, *Wydawnictwo Świat*, Warszawa.
20. Zarządzenie nr 11 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14 lutego 1995 r. w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych. *Dyrekcja Generalna lasów Państwowych*, warszawa, 1–17.