

OCENA ZMIENNOŚCI ZASOBÓW RETENCJI GLEBOWEJ W PARKU POŁUDNIOWYM WE WROCŁAWIU

Wojciech Orzepowski¹, Tomasz Kowalczyk¹, Ryszard Pokładek¹,
Grzegorz Pęczkowski¹, Sabina Faron

¹ Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: wojciech.orzepowski@up.wroc.pl, tomasz.kowalczyk@up.wroc.pl; ryszard.pokladek@up.wroc.pl; grzegorz.peczkowski@up.wroc.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono charakterystykę stosunków wodnych i ocenę zmienności zasobów retencji glebowej na terenie Parku Południowego we Wrocławiu. Oceny tej dokonano na podstawie pomiarów uwilgotnienia gleby wykonanych w roku 2012 i 2013 oraz wyników badań prowadzonych na tym terenie w latach wcześniejszych. Pomiary wilgotności przeprowadzono metodą TDR w powierzchniowej warstwie gleby 0–25 cm oraz 25–50 cm, w kilkudziesięciu punktach (ok. 60) na terenie całego parku. Pozwoliło to na wygenerowanie map przestrzennego rozkładu uwilgotnienia gleby. Na ich podstawie stwierdzono, że na powierzchni parku występuje zauważalne zróżnicowanie zasobów retencji gromadzonych w glebie. Wyraźnie wyższe wartości uwilgotnienia obserwowano w pobliżu stawu parkowego. Przeprowadzone badania i analizy wskazują, że nadmierne uwilgotnienie w badanych profilach glebowych na terenie parku występuje zazwyczaj w okresie wiosennym i po nawalnych deszczach. Największy wpływ na kształtowanie zasobów retencji glebowej ma wielkość oraz rozkład opadów atmosferycznych.

Słowa kluczowe: parki miejskie, uwilgotnienie gleby, woda gruntowa, retencja wodna, małe zbiorniki wodne.

ASSESSMENT OF CHANGEABILITY OF SOIL RETENTION RESOURCES IN THE SOUTHERN PARK IN WROCLAW

SUMMARY

The paper presents the characteristics of water relations and assessment of changeability of soil retention resources in the Southern Park in Wrocław. The assessment was done on the basis of measurements of soil water content in 2012 and 2013 also the results of field investigations from earlier years were taken into account. The measurements of soil water content were done using TDR method in the upper soil layers 0–25 cm and 25–50 cm in several dozen points (about 60) on the area of Park. It allowed to generate the maps of spatial distribution of soil water content. It was found that on the area of park there was observable diversity of retention resources accumulated in soils. Explicitly higher values of moisture were observed in the vicinity of park pond. The researches and analyses showed that excessive water content in analyzed soils in the area of Park occurred usually in spring and after torrential rains. The value and distribution of precipitation had the highest influence on soil retention resources forming.

Keywords: urban parks, soil water content, groundwater, water retention, small water reservoirs.

WSTĘP

W dużych aglomeracjach miejskich szczególną rolę odgrywają tereny zieleni. Parki miejskie podnoszą estetykę przestrzeni zurbanizowanej i służą mieszkańcom dla wypoczynku i rekreacji, ale również mają wpływ na jakość środowiska przyrodniczego miast. [Rosłon-Szeryńska, Sikorski 2011, Adamiec, Trzaskowska, 2012]. Zieleni

miejskiej przypisuje się ważne funkcje ekologiczne związane z jakością powietrza i kształtowaniem klimatu, przeciwdziałaniem degradacji gleb i wód, poprawą komfortu życia człowieka, poprzez m. in. korzystną jonizację powietrza, zaspokajanie potrzeb estetycznych i kontakt z przyrodą, jest również ona niezbędna dla zachowania bogactwa rodzimej fauny [Szumacher 2011]. Na terenach miejskich występuje wiele czynników

mogących wpływać negatywnie na roślinność. Możemy do nich zaliczyć zanieczyszczenie powietrza, wód i gleb, zmniejszenie wilgotności atmosfery i gleby, niekorzystne oddziaływanie infrastruktury komunalnej, obniżenie zwierciadła wody gruntowej związane z postępującą urbanizacją, oraz wiele innych [Pływaczyk i in. 2008, Szczepanowska 2012, Niewiadomski 2013]. Celem pracy było dokonanie oceny stosunków wodnych, a w szczególności przestrzennego rozkładu zmienności zasobów retencji glebowej na terenie w Parku Południowego we Wrocławiu na podstawie pomiarów uwilgotnienia gleby.

METODKA BADAŃ

Badania uwilgotnienia gleby prowadzono na powierzchni Parku Południowego w roku 2012/2013 metodą TDR za pomocą polowego miernika firmy Easy Test.

Pomiar uwilgotnienia gleby wykonano w 59 punktach w wierzchniej warstwie gruntu 0–25 cm oraz w warstwie 25–50 cm. Przy użyciu oprogramowania Quantum Gis oraz ArcGIS sporządzono mapy obrazujące przestrzenny rozkład uwilgotnienia gleby w dwóch warstwach odpowiadających danym pomiarowym. Analizie poddano również wyniki badań stosunków wodnych prowadzonych na terenie parku w latach wcześniejszych, a także dokonano oceny warunków meteorologicznych w latach 2012–2013 na podstawie danych ze stacji Wrocław-Strachowice.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Park Południowy ze względu na swoje walory przyrodnicze i krajobrazowe stanowi jeden z cenniejszych parków na terenie Wrocławia. Jest on zlokalizowany w południowej części miasta na jednym z najwyższych położonych osiedli – Borek, a jego powierzchnia wynosi obecnie ok. 25 ha. Usytuowany jest pomiędzy bardzo ruchliwymi ulicami: Powstańców Śląskich, Sudecką i Kutnowską, a nasypem kolejowym, po którym przebiega magistrała kolejowa o wysokim natężeniu ruchu pociągów. Park został założony od podstaw w latach 1892–1897 na terenie pól uprawnych w pobliżu kolonii Borek i pierwotnie zajmował około 30 ha [Leksykon zieleni...2013]. W jego najniższej, centralnej części utworzono i zarybiono staw o powierzchni około hektara. Pierwsza wojna światowa nie odbiła się znacząco na

wyglądzie Parku Południowego, natomiast trwające kilka miesięcy walki w 1945 roku, podczas II wojny światowej wyrządziły ogromne szkody. Sam układ przestrzenny oraz szata roślinna nie poniosły większych strat, jednak zniszczeniu uległa większość obiektów architektury parku [Kaszewska 1996]. Posiada on bogatą szatę roślinną, w tym wiele oryginalnych drzew, między innymi tulipanowiec amerykański, orzesznik pięciolistkowy, cypryśnik błotny, miłorząb dwuklapowy, a także drzewostan kształtowany z wykorzystaniem rodzimych gatunków: dębów szypułkowych, buków pospolitych, grabów pospolitych, klonów, lip, kasztanowców i innych [Leksykon zieleni...2013]. Na jego terenie gniazduje ponad 30 gatunków ptaków [Kopij 2010]. Od 2000 roku prowadzona jest sukcesywnie rewaloryzacja parku.

Zlokalizowany w centrum parku staw jest zbiornikiem kopanym, jego nieckę wyściela nieprzepuszczalna warstwa gliny. Jest on zasilany przez spływy powierzchniowe i podpowierzchniowe z terenu parku oraz dodatkowo systemem rowów i rurociągów z rejonu ul. Spiskiej, z którego część wód, z uwagi na skomplikowany układ infrastruktury podziemnej, jest w sąsiedztwie parku odprowadzana poza obszar zlewni, do kanalizacji burzowej. Nadmiar wody ze stawu odprowadzany jest w kierunku zachodnim, krótkim kanałem przechodzącym w rurociąg biegnący w stronę ulicy Krzyckiej, łącząc się następnie z innym częściowo zakrytym rowem, który dalej przechodzi w ciek – Grabiszynkę. Staw jest również odbiornikiem wody z istniejącego na terenie parku poniemieckiego drenażu niesystematycznego, a także współcześnie wykonanych rurociągów drenarskich, przeciwdziałających lokalnym podtopieniom, pojawiającym się na polanach usytuowanych na północnych obrzeżach parku.

Wierzchnia warstwa gleby o miąższości około 0,8–1,0 m, pokrywająca powierzchnię Parku Południowego, została wymieniona w okresie jego zakładania [Kaszewska 2002]. Ma ona przeważnie skład granulometryczny glin średnich pylistych i glin ciężkich. Średnia gęstość właściwa wynosi $2,57 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, gęstość objętościowa $1,37 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, porowatość w warstwie 0–100 cm jest w granicach 45–48% objętości, odciekalność dochodzi do około 14% objętości, a przewiewność 30% porowatości. Badania własne i inne wykonane na terenie parku [Pływaczyk i in. 2001, Rinke i in. 1996] wykazały, że pod warstwą sztucznie nasypanej ziemi znajdują się przeważnie piaski gliniaste, a pod nimi na głębokości od 2,5 do 6,5 m łą.

Na obszarze Parku Południowego występują warunki klimatyczne nie odbiegające znacząco od typowych dla terenów nizinnych Dolnego Śląska. Miasto Wrocław położone jest na obszarze klimatycznego regionu Dolnośląskiego Wschodniego [Woś 2010]. Położenie miasta w dolinie Odry i na przedpołu Sudetów powoduje jego uprzywilejowanie termiczne określane jako „wrocławsko-opolski obszar ciepła” [Dubicki i in. 2002]. Warunki klimatyczne Wrocławia są jednak ściśle związane z klimatem Polski i Europy, a położenie geograficzne w tej części strefy umiarkowanej decyduje o dużej zmienności warunków pogodowych. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi tu 9,0 °C, miesiąca najzimniejszego (stycznia) –0,4 °C, a najcieplejszego (lipca) 18,8 °C. Opady atmosferyczne występują w ciągu 167 dni w roku, zaś średnia suma roczna opadu z okresu 1901–2000 wynosi 583 mm.

WYNIKI BADAŃ

Zbiornik wodny o powierzchni około 1 ha usytuowany w centralnej, najniższej części parku jest jednym z elementów stanowiących o jego atrakcyjności. Przyjmuje on wody ze zlewni dopływającego do niego cieku, oraz wody z powierzchni parku. Wpływa również zauważalnie na stosunki wodne przylegających do niego polan parkowych, zwłaszcza od strony północnej. W latach 2001–2002 zbiornik odmulono, oczyszczono i wyremontowano opaskę brzegową. Badania i obserwacje prowadzone w latach 1999–2004 [Pływaczyk, Orzepowski 2004] wykazały, że zmienność stanów wody w zbiorniku przeważnie nie jest duża i w ciągu roku nie przekracza zazwyczaj około 25 cm. Kluczowym dla stosunków wodnych na przylegającym terenie jest jednak utrzymywanie zwierciadła wody w stawie na rzędnych nie powodujących podtopienia wylotów drenarskich. Kilkuletnie obserwacje pokazały, że w poszczególnych latach stany przewyższające wspomniany poziom występowały przez 22–61 dni, a lokalne podtopienia na polanach parkowych pojawiały się głównie w okresach po obfitych opadach, gdy równocześnie występowało utrudnienie odprowadzenia nadmiaru wody ze stawu, spowodowane spiętrzeniem na kracie wlotowej rurociągu odpływowego, lub ograniczeniami jego drożności poza parkiem.

Wyniki analiz chemicznych próbek wody pobranych ze stawu i piezometru usytuowanego w

południowej części parku wskazują na możliwość sporadycznego przedostawania się do stawu zanieczyszczeń od strony ulicy Sudeckiej, najprawdopodobniej po wystąpieniu obfitych opadów. Jednocześnie nie stwierdzono znaczących zanieczyszczeń wód gruntowych w badanej lokalizacji [Pływaczyk, Orzepowski 2004]. Skwarka i in. [2011] po przebadaniu próbek pobranych ze zbiorników w kilku wrocławskich parkach, w tym również usytuowanego w Parku Południowym stwierdzili, że znacznym zagrożeniem jest obecność w wodzie metali ciężkich, zwłaszcza cynku, miedzi ołowiu.

Zwierciadło wody gruntowej w rejonie parku zalega na głębokości od około 1 m p.p.t. w części południowej do 2–3 m i lokalnie głębiej w części centralnej i północnej [Atlas...2009]. Przeprowadzone rozpoznanie budowy geologicznej wykazało, że na terenie parku występują zróżnicowane warunki hydrogeologiczne, co ma wpływ na kształtowanie się zwierciadła wody gruntowej [Pływaczyk, Orzepowski 2004]. Najpłytsze poziomy wody gruntowej rejestrowano w rejonie nasypu kolejowego przy południowych obrzeżach parku oraz na polanach po północnej stronie stawu, gdzie wiosną i po nawałnych opadach woda dochodziła niejednokrotnie blisko powierzchni terenu, a w okresach posusznych obniżała się maksymalnie na głębokość około 1,5–2 m.

Dotychczasowe badania zmienności uwilgotnienia gleby na terenie Parku Południowego prowadzone były w dwóch profilach usytuowanych w jego południowej części oraz po północnej stronie stawu [Pływaczyk i in. 2008]. Pozwoliły one stwierdzić, że wysokości i rozkłady opadów w okresie wegetacji wywierały istotny wpływ na wilgotność 100 cm warstwy gleby oraz roślinność parku. W mokrych okresach wegetacyjnych wiosną oraz po nawałnych opadach letnich występowały dłuższe okresy, kiedy zasoby retencji glebowej były wyższe od maksymalnych dopuszczalnych, co powodowało zauważalne straty roślinności parkowej, natomiast w suchych okresach wegetacyjnych jedynie wczesną wiosną zapasy wody w 100 cm warstwy gleby były zbliżone do połowej pojemności wodnej, a w miesiącach lipiec-wrzesień osiągały wartości mniejsze od najniższych dopuszczalnych, kiedy to obserwowano lokalne wysychanie krzewów i trawników.

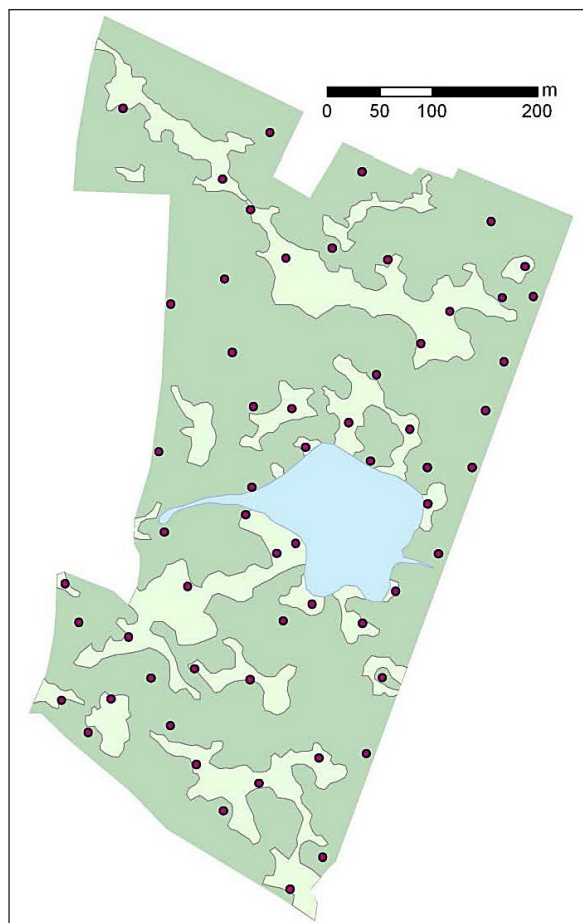
Warunki meteorologiczne w okresie prowadzonych pomiarów uwilgotnienia scharakteryzowano na podstawie danych ze stacji Wrocław-Strachowice. W roku 2012 roczna suma opadów była wyraźnie niższa od średniej dekadowej (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka opadów atmosferycznych w latach 2012 i 2013 na tle sum dekadowych

Lata	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
2012	48	37	9	35	22	75	106	55	54	31	25	21	518
2013	52	31	31	44	132	123	30	62	108	9	23	13	658
2001-2010	31	27	34	29	62	59	90	82	42	35	39	35	565

Rozkład sum miesięcznych pozawala na wnioski, że w pierwszej połowie okresu wegetacji (IV–IX) opady mogły nie pokrywać potrzeb wodnych roślin. Niekorzystne warunki zasilania wystąpiły również w sierpniu. W pierwszych czterech miesiącach 2013 r., sumy opadów były zbliżone do wartości średnich, natomiast wysokie opady z maja, czerwca i września przełożyły się sumą roczną przekraczającą o ponad 90 mm opady normalne. Rozpatrywane lata były ciepłe z temperaturą średnią odpowiednio 10,2 i 9,8 °C.

Ocenę przestrzennego rozkładu uwilgotnienia gleby parku przeprowadzono na podstawie trzykrotnych pomiarów uwilgotnienia w okresie VI.2012 – IV.2013 r., w 59 punktach pomiarowych (rys. 1), w dwóch warstwach 0–25 cm i 25–50 cm.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiaru wilgotności w Parku Południowym; kolor jaśniejszy – polany

Warstwy dyskretne rozkładu wilgotności interpolowano metodą radialnych funkcji bazowych (ang. – RBF). Metody RBF możemy zaliczyć do sztucznych sieci neuronowych, które wyznaczają wartości powyżej maksymalnej i poniżej minimalnej wartości danej [Ciechociński 2011]. Zmienność uwilgotnienia analizowano na powierzchni czynnej biologicznie wynoszącej 17,4 ha, odejmując obszary zajmowane przez powierzchnie uszczelnione, ścieżki parkowe oraz staw. Największy wpływ na zawartość wody w wierzchniej warstwie gleby w parku miała pora roku i przebieg warunków atmosferycznych. Najniższe wilgotności odnotowano pod koniec okresu wegetacyjnego roku 2012 (tab. 2), a jedynie nieznacznie większe wystąpiły w czerwcu. Średnia wilgotność kształtowała się na poziomie 18–20%, co w warunkach glebowych parku świadczy o spadku zasobów retencji glebowej poniżej wartości pojemności okresu suszy, a lokalnie osiąganie nawet wartości zbliżonych do punktu trwałego wędnięcia. Ocena zmienności przestrzennej uwilgotnienia gleby wykazała, że istotną rolę w kształtowaniu stosunków wodnych parku wywiera staw. W jego bezpośrednim sąsiedztwie, tj. w odległości około 50–100 m, wilgotność gleby była o około 10–15% większa, niż na pozostałym terenie. Wyjątkiem jest obszar w południowej części parku, co sugerowały również wcześniej prowadzone badania.

Analiza przestrzenna (rys. 2) wykazała, że wilgotność gleby w warstwie powierzchniowej 0–25 cm była nieco wyższa, niż w warstwie 25–50, co może wynikać z lepszych właściwości retencyjnych próchnicy zalegającej powierzchniowo. Pomiar wykonany na wiosnę 2013 r. wykazał, że w okresie zimowym nastąpiła pełna odbudowa zasobów retencji glebowej. Wilgotność gleby kształtowała się na poziomie zbliżonym do połowej pojemności wodnej. W sąsiedztwie stawu retencja była największa, a wyraźnie mniejsze od średniej, uwilgotnienie stwierdzono jedynie lokalnie.

Podsumowując można stwierdzić, że w okresie wegetacyjnym roku 2012 na terenie wrocław-

Tabela 2. Zakres zmienności uwilgotnienia powierzchniowych warstw gleby na terenie Parku Południowego w okresie VI 2012 r. – IV 2013 r.

Data pomiaru	Wilgotność gleby [% obj.]					
	warstwa 0–25 cm			warstwa 25–50 cm		
	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
27 VI 2012	8,8	20,5	36,2	8,1	18,1	36,2
26 IX 2012	5,3	21,1	45,1	6,8	18,8	33,4
16 IV 2013	17,7	34,9	51,5	17,3	28,6	42,2

skiego parku Południowego wystąpiły niekorzystne dla roślinności parkowej stosunki wodne, objawiające się spadkiem uwilgotnienia czynnej warstwy gleby do wartości zbliżonych do pojemności okresu suszy, a lokalnie nawet do punktu trwałego wędnięcia. Długotrwałe utrzymywanie się tak niskich wilgotności gleby, spowodowane niekorzystnym rozkładem opadów atmosferycznych i wysoką temperaturą, co jest potęgowane przez zjawisko miejskiej wyspy ciepła [Szymanowski 2004], może powodować zahamowanie procesów wegetacyjnych, a nawet straty w bardziej wrażliwych na niedobory wodne gatunkach roślinności. Wyczerpywanie zasobów wilgoci na powierzchniach odsłoniętych, jakimi są polany parkowe, może być bardziej intensywne, gdyż średnie temperatury są na nich zauważalnie wyższe, niż na powierzchniach pokrytych koronami drzew [Szczepanowska 2012]. Relatywnie głęboki poziom zwierciadła wody gruntowej i dynamiczne wyczerpywanie się zasobów retencji gruntowej powoduje, że zasilanie przez podsiąk kapilarny z warstw głębszych jest w okresach posusznych na terenie parku niewystarczające. W takich warunkach jedynym rozwiązaniem wydaje się być prowadzenie dodatkowego nawadniania wybranych obszarów parku, gdzie rozlokowane są rośliny mniej odporne na suszę. Można również stwierdzić, że ulokowany centralnie zbiornik wodny wpływa w korzystny sposób na ilość wody dostępnej dla roślin na terenie przyległym.

WNIOSKI

1. Badania i obserwacje prowadzone na terenie Parku Południowego w latach wcześniejszych wykazały występowanie okresowych zaburzeń stosunków wodnych gleby. Nadmierne uwilgotnienie w niektórych częściach parku występowało zazwyczaj w okresie wiosennym i po nawalnych deszczach, a największy wpływ na kształtowanie zasobów retencji gle-

bowej miała wielkość oraz rozkład opadów atmosferycznych.

2. Analiza przestrzennego rozkładu uwilgotnienia powierzchniowej warstwy gleby wykazała, że w różnych partiach badanego terenu występuje znaczne zróżnicowanie zasobów retencji glebowej, dochodzące nawet do około 30–40% objętości w warstwie 0–25 cm oraz do około 25 % w warstwie 25–50 cm, co wynika z: właściwości wodnych gleby, głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej, pokrywy roślinnej oraz odległości od stawu parkowego.
3. Zbiornik wodny, usytuowany w centralnej części parku, pełni istotną rolę, przejmując nadmiar wód spływających z terenów przyległych. Jednocześnie zaobserwować można, że w odległości ok. 50–100 m od jego brzegów zasoby wilgoci glebowej są przeciętnie o około 10–15% większe w porównaniu do pozostałych fragmentów parku.
4. Zasoby wilgoci glebowej w suchym okresie letnim wyczerpują się na znacznym obszarze parku wyraźnie poniżej pojemności okresu suszy, co pogarsza warunki bytowania roślinności w trudnych warunkach miejskich. Poprawa kondycji roślinności parkowej jest możliwa w takich warunkach jedynie poprzez nawodnienia mechaniczne.

LITERATURA

1. Adamiec P., Trzaskowska E., 2012 Diagnoza stanu i walorów parków miejskich Lublina oraz wytyczne do ich kształtowania. Teza Komisji Urbanistyki i Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych PAN, Politechnika Lubelska, 122–132.
2. Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji wrocławskiej. Goldsztejn J. (red.), 2009, Wrocław.
3. Ciechociński P. 2011. Porównanie metod interpolacji przestrzennej w odniesieniu do wartości nieruchomości, Towarzystwo Nauk. w Olsztynie, Nieruchomości, 19(3).

4. Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002. Klimat Wrocławia. [w:] Środowisko Wrocławia - Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław, 9–25.
5. Kaszewska I. 1996. Park Południowy we Wrocławiu. Opracowanie Wydziału Ochrony i Kształtowania Środowiska Urzędu Miejskiego we Wrocławiu, Wrocław, ss. 38.
6. Kaszewska I. 2002. Park Południowy we Wrocławiu. Zielona Planeta 5(44).
7. Kopij G. 2010. Zespół ptaków lęgowych Parku Południowego we Wrocławiu. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu, Biologia i Hodowla Zwierząt LXI, Nr 579, 81–85.
8. Leksykon zieleni Wrocławia, praca zbior. 2013, Via Nova, Wrocław, 498–510.
9. Niewiadomski A. 2013. Struktura i znaczenie terenów zieleni w Łodzi na tle dużych ośrodków miejskich w Polsce. Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica 12, 33–47.
10. Pływaczyk A., Orzepowski W. 2004. Monitoring i ocena stosunków wodnych na terenie Parku Południowego we Wrocławiu – sprawozdanie z badań (maszynopis), ZZM we Wrocławiu.
11. Pływaczyk A., Orzepowski W., Kowalczyk T. 2001. Koncepcja uregulowania stosunków wodnych na terenie Parku Południowego w rejonie zbiornika wodnego (maszynopis), ZZM we Wrocławiu.
12. Pływaczyk A., Orzepowski W., Kowalczyk T. 2008. Ocena zmian zasobów retencji glebowej na przykładzie Parku Południowego we Wrocławiu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 528, 431–437.
13. Rinke Z., Rinke M., Falk K. 1996. Dokumentacja geologiczno-inżynierska wraz z piezometrami dla odcinka kolektora „Ślęza V”. FIZJO-GEO, Wrocław (maszynopis).
14. Rosłon-Szeryńska E., Sikorski P. 2011. Wybrane problemy zarządzania drzewostanem w parkach miejskich, część I, Ochrona różnorodności biologicznej zadrzewień a ich pielęgnacja. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 562, Warszawa, 197–205.
15. Skwarka M., Perliceusz N., Kowalska-Górska M., Senze M., Skwarka T. 2011. Wpływ lokalizacji małych zbiorników wodnych na stopień kumulacji metali ciężkich w osadach dennych. Proceedings of ECOpole, nr 1(5), 301–308.
16. Szczepanowska H. B. 2012. Miejsce terenów zieleni w strukturze zintegrowanego projektowania, zarządzania i oceny ekologicznej inwestycji miejskich. Człowiek i Środowisko 36 (1-2), 25–49.
17. Szumacher I. 2011. Funkcje terenów zieleni miejskiej a świadczenia ekosystemów. Prace i Studia Geograficzne, t. 46, 169–176.
18. Szymanowski M., 2004: Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu, Stud. Geogr., 77, Wyd. Uniw. Wroc., Wrocław, 288
19. Woś A. 2010. Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. Wyd. UAM, Poznań, ss. 489.