

## OCENA WPŁYWU ZMIAN UŻYTKOWANIA GRUNTÓW NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ WARUNKÓW ODPIĘWU Z LOKALNEJ MIKROZLEWNI W REJONIE ARBORETUM UPWR W PAWŁOWICACH

Tomasz Kowalczyk<sup>1</sup>, Paweł Dąbek<sup>1</sup>, Wojciech Orzepowski<sup>1</sup>, Grzegorz Pęczkowski<sup>1</sup>, Ryszard Pokładek<sup>1</sup>, Romuald Żmuda<sup>1</sup>

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

### STRESZCZENIE

W publikacji przeanalizowano wpływ zmian w użytkowaniu gruntów położonych w zlewni zasilającej arboretum Uniwersytetu Przyrodniczego w Pawłowicach pod Wrocławiem na odpływ ze zlewni lokalnej. Wyniki badań wskazują na konieczność wprowadzenia rozwiązań umożliwiających zwiększenie efektywności zagospodarowania wód opadowych odprowadzanych z powierzchni uszczelnionych na teren arboretum. W pracy scharakteryzowano wybrane inwestycje planowane w celu poprawy stosunków wodnych siedlisk leśnych, a także ograniczenia ryzyka występowania podtopień niżej położonych fragmentów obiektu. Obejmują one rozbudowę różnych form małej retencji z uwzględnieniem aspektu polepszenia jakości wody.

**Słowa kluczowe:** zmiany użytkowania terenu, zlewnia, mała retencja, las.

### EVALUATION OF THE IMPACT OF LAND USE CHANGES ON THE OUTFLOW FORMATION FROM LOCAL MICROCATCHMENT OF THE WUELS ARBORETUM AREA IN PAWŁOWICE

#### ABSTRACT

In the paper the impact of land use changes localised in catchment of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences (WUELS) arboretum in Pawłowice near Wrocław on outflow from local micro-catchment was analysed. The study results show necessity for solutions that allow increasing the efficiency of rainwater management discharged from the sealed surfaces in the arboretum area. In this study the selected investments that are planning to improve water condition of forest habitat and to decrease flood risk of lower localised area were characterised. The planned investments include the development of various forms of small scale retention taking into account the aspect of improving water quality.

**Keywords:** land use changes, catchment, small scale retention, forest.

### WPROWADZENIE

Przekształcenia w użytkowaniu gruntów, związane z rozwojem terenów zurbanizowanych, mogą powodować niekorzystne zmiany hydrologiczne w skali lokalnych zlewni. Znane są negatywne oddziaływania procesu „uszczelniania” powierzchni gleb na stan środowiska glebowego, a w szczególności kształtowania się lokalnych zasobów wodnych. Uwarunkowania rozwoju cywilizacyjnego powodują wzrost zainteresowania tą tematyką, szczególnie z punktu widzenia za-

gadnień hydrologii miejskiej [Białousz i Kupidura 2008]. Tereny leśne położone w pobliżu aglomeracji, a także większe kompleksy zieleni miejskiej, borykają się na ogół z problemami niedostatku zasobów wodnych wynikającymi z m.in. z odwodnienia terenu pod względem wymogów zabudowy. Jednak mogą występować również ich podtopienia, związane zarówno z nasilaniem się meteorologicznych zjawisk ekstremalnych, jak i dość powszechnymi niedomogami funkcjonowania urządzeń wodno-melioracyjnych [Pływaczyk i in. 2008]. Na ogół istnieją jednak niewykorzy-

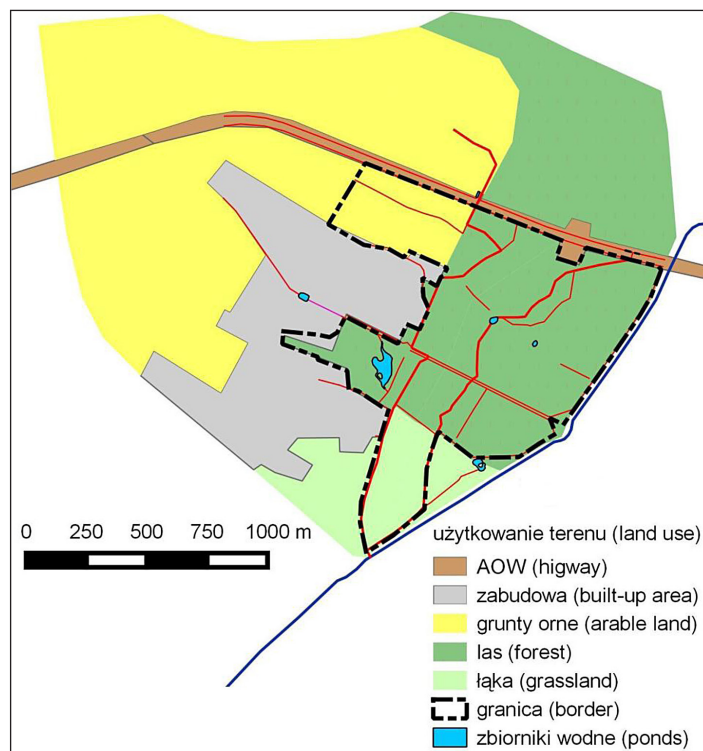
stane możliwości poprawy stosunków wodnych terenów parkowych i leśnych. Służyć temu może m in. racjonalne zagospodarowanie wód odpływających z sąsiadujących z nimi obszarów o nawierzchni nieprzepuszczalnej. Wymaga to jednak rozpoznania wszystkich czynników kształtujących stosunki wodne danego obszaru, w celu zaprojektowania rozwiązań kompleksowych, uwzględniających aspekty ilościowe i jakościowe gospodarowania zasobami wodnymi oraz potrzeby drzewostanów i innych elementów środowiska przyrodniczego parków i terenów zalesionych.

W artykule przeanalizowano wpływ postępującej zabudowy na potencjalne zmiany stosunków wodnych w rejonie arboretum Uniwersytetu Przyrodniczego w Pawłowicach pod Wrocławiem oraz dokonano przeglądu rozwiązań koncepcyjnych oraz projektowych, stworzonych w celu poprawy warunków retencjonowania i obiegu wody na tym terenie.

## MATERIAŁY I METODY

Arboretum Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (UPWr) znajduje się na północno-wschodnim krańcu Wrocławia, w rejonie osiedla Pawłowice i wsi Ramiszów. W ocenie stosunków wodnych obiektu o powierzchni około 100 ha,

bazowano na wynikach badań prowadzonych w latach 2003–2008 w sieci 20 studzienek piezometrycznych oraz 5 punktach pomiarowych stanów wód powierzchniowych. Monitoring był prowadzony przeciętnie jeden raz w tygodniu [Kowalczyk i in. 2008a]. Badania własne [Kowalczyk 2008] oraz prace prowadzone przez Instytut Gleboznawstwa UP we Wrocławiu [Chodak i in. 2004] wykazały, że obszar arboretum pokrywają gleby o składzie granulometrycznym piasków luźnych i słabo gliniastych, w centralnej części przechodzą one w piaski gliniaste o różnym stopniu zawartości części spławialnych oraz lokalnie gliny lekkie i średnie. Utwory powierzchniowe są podścielone piaskiem luźnym i piaskiem słabo gliniastym. Przy zwierciadle wody gruntowej zalegającym przeciętnie na głębokościach od 0,5 m do 2,0 m występują tu głównie siedliska świeże i wilgotne. System wodno-melioracyjny arboretum jest niesprawny [Kowalczyk i in. 2008b], co uniemożliwia racjonalizację obiegu wody oraz poprawę retencji. Wyniki obliczeń hydrologicznych zlewni zasilającej obiekt (rys. 1), wykonane na potrzeby prac koncepcyjnych i projektowych [Kowalczyk i in. 2010, Witka i in. 2012], wskazują na konieczność wprowadzenia rozwiązań umożliwiających zwiększenie efektywności zagospodarowania wód opadowych odprowadzanych z nowopowstałych i planowanych powierzchni uszczelnionych na teren arboretum.



**Rys. 1.** Użytkowanie terenu zlewni zasilającej system wodno-melioracyjny arboretum UPWr w Pawłowicach  
**Fig. 1.** Land use of catchment of water and land improvement systems in WUELS arboretum in Pawłowice

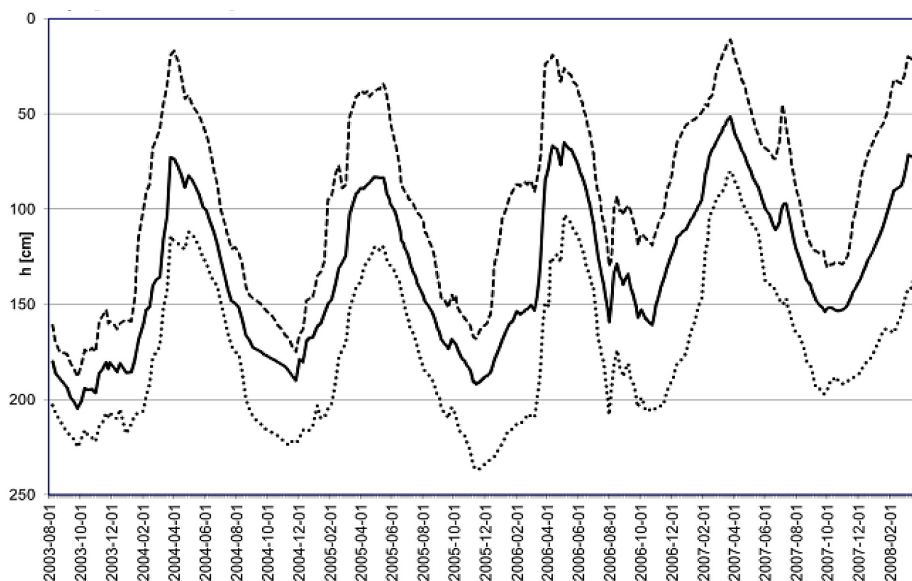
## WYNIKI I Dyskusja

Opady atmosferyczne wg stacji Wrocław-Swojec przeanalizowano w latach hydrologicznych 2001–2010. Pod względem wysokości rocznych sum wahały się one w przedziale 440–729 mm (opady normalne 567 mm). Pierwsza połowa rozpatrywanej dekady była o wiele uboższa w opady atmosferyczne od ostatniego pięciolecia, a w szczególności lat 2009 i 2010. Wystąpiło również znaczące zróżnicowanie sum opadów okresowych oraz miesięcznych. Pod względem prawdopodobieństwa występowania opadów, poszczególne lata były bardzo zróżnicowane. Półroczna zimowa (XI–IV) należały głównie do normalnych lub mokrych, natomiast letnie (V–X) do średnio suchych. Pod względem termicznym analizowane lata możemy zaliczyć do ciepłych. Średnia roczna temperatura powietrza kształtowała się w przedziale 8,6–10,8 °C (średnio 9,6 °C) i za wyjątkiem roku 2010 była wyższa od średniej wieloletniej, wynoszącej 8,6 °C.

Monitoring stosunków wodnych prowadzony w latach 2003–2008 wykazał, że średnia głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej na terenie arboretum kształtowała się w zakresie 0,5–2,0 m. Dynamika rocznych wahań zwierciadła wody gruntowej jest typowa dla obszarów leśnych, najpłycej zalegała ona od lutego do maja, a najgłębiej jej zwierciadło opadało w październiku i listopadzie (rys. 2). Wyraźne wzrosty poziomu wody gruntowej w okresie wegetacji roślin zaob-

serwowano po obfitych opadach letnich w latach 2005/2006 i 2006/2007. Badania modelowe wykazały, że amplituda wahań zwierciadła wody gruntowej jest najmniejsza (około 0,5 m) przy korycie rzeki Dobrej i wzrasta w kierunku zachodnim, osiągając około 1,0 m w części centralnej arboretum [Chalfen i Kowalczyk 2008]. Największą (około 1,5 m) amplitudą wahań lustra wody charakteryzują się zachodnie i północno-zachodnie krańce obiektu. Wysoka zmienność zasobów retencji gruntowej oraz niesprawny system wodno-melioracyjny skutkują m in. okresowym zanikaniem wody w oczkach położonych w centralnej części obiektu. Drzewa przez wiele lat kształtują swój system korzeniowy odpowiednio do warunków wodnych w danym siedlisku i dlatego ich częste i znaczące wahania stanowią poważne zagrożenie dla poszczególnych drzew i całego ekosystemu leśnego [Pierzgalski 2009]. Zmiany warunków wodnych uznawane są za jedną z przyczyn zamierania oraz wystąpienia chorób dębów na skalę o znaczeniu gospodarczym. Proces ten jest rozłożony w czasie i może występować nawet w drzewostanach, których wiek przekracza 200 lat. Znaczne wahania ilości wody zawartej w glebie doprowadziły do osłabienia drzew i w konsekwencji do zwiększenia ich podatności na wszelkiego rodzaju infekcje [Boczoń 2004].

Założenia koncepcji programowo-przestrzennej zagospodarowania arboretum oraz omówione wyżej wyniki badań stosunków wodnych, stanowiły o potrzebie podjęcia działań na rzecz



Rys. 2. Dynamika minimalnych, średnich i maksymalnych głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej  $h$  [cm] na terenie arboretum UPWr w Pawłowicach w latach 2003–2008

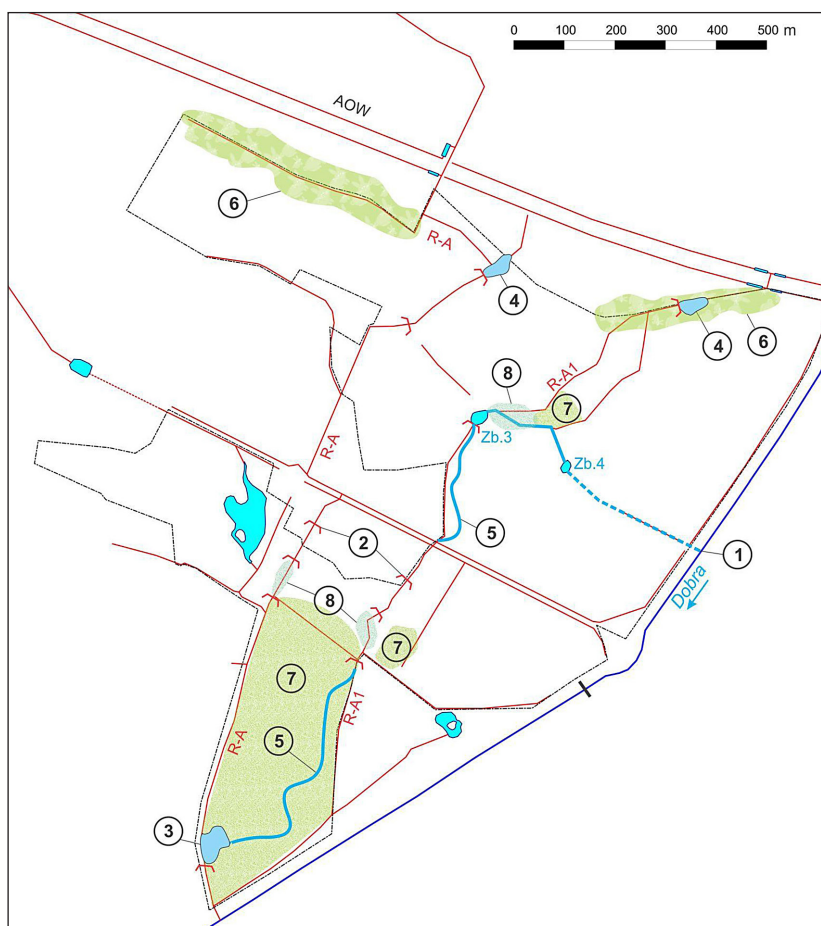
Fig. 2. The dynamics of minimum, average and maximum groundwater level  $h$  [cm] in WUELS arboretum in Pawłowice in 2003–2008

poprawy gospodarki wodnej obiektu. W celu stworzenia naukowych podstaw do realizacji tego zadania, opracowana została koncepcja regulacji stosunków wodnych arboretum [Kowalczyk i in. 2010]. Zgodnie z jej głównymi założeniami (rys. 3), system wodno-melioracyjny obiektu powinien umożliwiać prowadzenie regulowanej gospodarki wodnej w celu poprawy retencji i stabilizacji zasobów wodnych.

Koryta rowów głównych R-A i R-A1 przecinają obszar leśny o charakterze łągowym – historyczną dolinę rzeki Dobrej. W rejonie tym ma być zlokalizowana kolekcja roślinności wilgociolubnej. Należy więc zapewnić możliwość regulowania poziomu wody w korytach rowów i tym samym kształtowania zasobów retencji glebowo-gruntowej na terenach przyległych. Wykonanie progów lub zastawek ma spowolnić odpływ wód powierzchniowych i stabilizować poziom wody gruntowej w rejonie przesycających nadmiernie

siedlisk leśnych, w tym obszarów podmokłych położonych w lokalnych obniżeniach terenowych. Jednym z podstawowych założeń koncepcji programowo-przestrzennej zagospodarowania arboretum było stworzenie nowego ciek – „Dobrej 2” poprzez ujęcie wody z rzeki Dobrej i przeprowadzenie jej przez obiekt trasą zbliżoną do obecnej lokalizacji rowu R-A1, wzbogaconą o liczne meandry, rozlewiska, tereny podmokłe itp. Pierwotnie zakładano, że ujęcie wody z rzeki Dobrej miało być zlokalizowane w górnym biegu rowu R-A1, obecnie w rejonie mostu AOW. Z uwagi na realizację budowy obwodnicy oraz specyfikę ukształtowania terenu, wskazano alternatywną lokalizację ujęcia, bliżej oczek wodnych położonych w centrum obszaru leśnego.

Ważnym elementem analizy było określenie hydrologicznych uwarunkowań odpływu ze zlewni zasilającej rowy główne na obszarze arboretum. Przekroje obliczeniowe zostały zloka-



**Rys. 3.** Koncepcja kształtowania stosunków wodnych w arboretum; 1 – ujęcie wody, 2 – projektowane piętrzenia, 3 – zbiornik retencyjny, 4 – retencja i biofiltracja, 5 – renaturyzacja koryta „Dobrej 2”, 6 – bariery biogeochemiczne, 7 – siedliska wilgotne, 8 – siedliska bagienne

**Fig. 3.** The concept of water condition formation in the arboretum; 1 – water intake, 2 – planning impoundment of water, 3 – storage reservoir, 4 – retention and biofiltration, 5 – renaturalisation of „Dobra 2” river channel, 6 – biogeochemical barriers, 7 – wetland habitats, 8 – swamp habitats



lizowane przy ujściu rowów głównych do rzeki Dobrej. Ze względu na małą powierzchnię zlewni, przepływy główne, tj. średnie i niskie obliczono wg wzorów Iszkowskiego zmodyfikowanych przez Byczkowskiego. Obliczenia wielkich wód wykonano metodą Wołoszyna oraz Iszkowskiego [Witka i in. 2012]. Uwzględniając dodatkowo wielkości spływów jednostkowych w kontrolowanych zlewniach analogicznych (dane publikowane przez IMGW), określono przepływy miarodajne. Do rzeki Dobrej ze zlewni rowów R-A i R-A1 może odpływać  $0,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody.

Główną inwestycją oddziałującą na zmiany hydrologiczne w bezpośrednim otoczeniu arboretum było jak dotąd wybudowanie Autostradowej Obwodnicy Wrocławia – Łącznik Długołęka (AOW), a także coraz bardziej dynamiczny rozwój zabudowy mieszkaniowej w zachodniej części zlewni. Analiza ukształtowania terenu na północ od obiektu wykazała, że bezpośrednio do jego systemu wodno-melioracyjnego będzie wprowadzana woda z odwodnienia około 2,0 km odcinka autostradowej obwodnicy Wrocławia – łącznik Długołęka (AOW). Oznacza to, że retencjonowane dotąd na użytkach rolnych i łąkach wody opadowe będą z powierzchni około 4 ha szybko przedostawać się na teren arboretum, do niesprawnego systemu rowów. W niekorzystnych warunkach hydrometeorologicznych może to doprowadzić do występowania lokalnych podtopień, a w konsekwencji pogorszenia stosunków powietrzno-wodnych siedlisk leśnych, pojawienia się niekontrolowanych zabagnień itp. Zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym (Decyzja nr SR.I.6611/46/07 z dnia 30.05.2007 r.) wydanym przez Wojewodę Dolnośląskiego dla Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad oddział we Wrocławiu na wprowadzenie oczyszczonych wód opadowych i roztopowych z Autostradowej Obwodnicy Wrocławia oraz Łącznika Długołęka, do odbiorników znajdujących się na terenie arboretum mogą być odprowadzane wody w ilości  $0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do rowu R-A oraz  $0,26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do rowu R-A1 (łącznie  $0,61 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z powyższego wynika, że sumaryczna wielkość przepływu kontrolnego w korytach rowów głównych R-A i R-A1 po wybudowaniu AOW łącznik Długołęka mogła potencjalnie wzrosnąć ponad dwukrotnie – z  $0,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $1,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Samo w sobie nie stanowiłoby to problemu, zakładając przywrócenie właściwych parametrów hydraulicznych systemowi wodno-melioracyjnemu i zwiększenie retencji na terenie arboretum. Jednak występuje tu jedno

istotne ograniczenie, stawiające przede wszystkim pod znakiem zapytania prawidłowość wydanego pozwolenia wodno-prawnego. Obliczono, że przepust wałowy, który znajduje się na ujściu rowu R-A do rzeki Dobrej, ma maksymalną przepustowość rzędu  $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i to przy założeniu, że nie jest podtapiany wodami odbiornika. Konfiguracja terenu w rejonie ujścia z systemu do rzeki na Dobrej powoduje, że rurociąg przepustu często znajduje się w ok. 50% pod wodą, co dodatkowo znacznie redukuje jego zdolność do odprowadzania wody z terenu arboretum. Powoduje to, że w rejonie ujścia rowu R-A do rzeki Dobrej obserwuje się w ostatnich latach okresowe podtopienia terenu, spowodowane znaczącą nadwyżką dopływu rowami w stosunku do wydajności istniejącego przepustu wałowego. Należy również brać pod uwagę, że przeprowadzenie dużych wezbrań na rzece Odrze przez zmodernizowany Wrocławski Węzeł Wodny, w tym przerzut do  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do kanału ulgi Odra-Widawa, będzie się wiązało z wysokimi stanami wody na rzece Widawie i cofkowym zasilaniu uchodzącej do niej Dobrej, a więc z częstszym występowaniem okresów z całkowicie zablokowanym odpływem wody z arboretum. W celu złagodzenia skali zagrożenia podtapianiem południowych rejonów obiektu, zaprojektowano wielofunkcyjny zbiornik wodny, którego parametry pozwolą na okresowe retencjonowanie nadmiarowych wód dopływających w ten rejon po opadach nawalnych. Wyznaczenie objętości zbiornika wymaganej do okresowego buforowania dopływów awaryjnych można dokonać uproszczoną metodą Annena i Londonga [Edel 2010], uwzględniająca stosunek dopływu do odpływu. Przyjęto, że wymagana rezerwa na przejście okresowych dopływów będzie wynosiła około  $520 \text{ m}^3$  przy czasie opróżniania zbiornika zbliżonym do jednej godziny. Koncepcja zbiornika wodnego o charakterze wielofunkcyjnym zakłada utworzenie zróżnicowanych warunków siedliskowych w obrębie jego czaszy oraz najbliższym otoczeniu. Dodatkowo wzdłuż koryt głównych rowów planowane jest utworzenie systemu „kałuż ekologicznych” i wykorzystanie retencyjności okresowo podmokłych zagłębień terenu. Na terenie arboretum mają powstać nowe oczka wodne, pełniące dodatkowo rolę biofiltrów dla wód dopływających z AOW oraz mikropiętrzenia na korytach głównych rowów (rys. 3). pozwoli to zagospodarowanie dodatkowych zasobów wodnych dopływających z terenów o nawierzchniach szczelnych, jakich ustawicznie

przybywa w zlewni zasilającej obiekt, z korzyścią dla występujących tu siedlisk leśnych i zbiorowisk roślinnych. Projektowane rozwiązania mogą być przykładem kompleksowych działań o charakterze proekologicznym i społeczno – ekonomicznym. Komponują się one dobrze z formą istniejących siedlisk i przyczynią się do ochrony istniejącej flory i fauny, a także zwiększania różnorodności biologicznej obiektu.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy warunków siedlisko-wodnych panujących na terenie Arboretum UP w Pawłowicach pod Wrocławiem oraz wykonanej inwentaryzacji i oceny stanu systemu wodno-melioracyjnego stwierdzono, że postępujący proces zabudowy zlewni zasilającej system wodno-melioracyjny arboretum powoduje znaczący wzrost wielkości przepływu w korytach rowów głównych, co będzie w konsekwencji prowadziło do zwiększenia ryzyka podtapiania najniższej położonych fragmentów obiektu. Biorąc pod uwagę stwierdzony wzrost zasilania obiektu, system wodno-melioracyjny wymaga pilnego remontu i przebudowy w celu usprawnienia przepływu wód wezbraniowych oraz stworzenia warunków do retencjonowania ich okresowych nadwyżek. Zwierciadło wody gruntowej zalega na obszarze Arboretum na zróżnicowanych głębokościach (od 0,5 m do przeszło 2,0 m) i charakteryzuje się dużymi rocznymi amplitudami wahań (rzędu 1,0–1,5 m). Tworzy to warunki wodne charakterystyczne dla siedlisk świeżych i wilgotnych z tendencjami do nadmiernego ubożenia zasobów wodnych w drugiej połowie okresu wegetacyjnego. Sprawny i prawidłowo eksploatowany system wodno-melioracyjny zmniejszy amplitudę wahań wody gruntowej i pozwoli na gospodarowanie zasobami wodnymi zgodnie z wymogami poszczególnych typów siedlisk leśnych.

## LITERATURA

1. Białousz S., Kupidura P. 2008. "Soil sealing" – zagrożenie gleb wymienione w europejskiej strategii ochrony gleb. Propozycja metodyki jego określania. Studia i raporty IUNG-PIB, Zeszyt 12, 45–53.
2. Białousz S., Kupidura P. 2010. Estimation of the

area of sealed soil Rusing GIS technology remote sensing. The Problems of Landscape Ecology, Vol. XXVIII, 252–259.

3. Boczoń A., 2004. Zużycie wody przez dęby w siedlisku lasu wilgotnego. Monogr. Kom. Gospod. Wodn. PAN, z. 23. Warszawa, ss. 123.
4. Chalfen M., Kowalczyk T. 2008. Modelowanie spływu wód podziemnych w rejonie Arboretum w Pawłowicach. ZPPNR PAN, nr 528, 205–212.
5. Chodak T., Kabała C., Bogacz A., Karczewska A., Jezierski P., Gałka B. 2004. Glebowo-wilgotnościowe uwarunkowania różnorodności przyrodniczej w dolinie Dobrej w Pawłowicach na obszarach projektowanego Arboretum Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Sprawozdanie z badań prowadzonych w latach 2003-2004 r, Wrocław, maszynopis, ss. 28.
6. Edel. R. 2010. Odwodnienie dróg. WKiŁ, ss. 411.
7. Kowalczyk T. 2008. Ocena zasilania strefy saturacji opadami atmosferycznymi przy modelowaniu matematycznym kształtowania się zwierciadła wody gruntowej terenów zalesionych. Grant KBN 2 P06S 008 28, maszynopis ss. 145.
8. Kowalczyk T., Pęczkowski G., Orzepowski W. 2008a. Ocena stosunków wodnych Arboretum w Pawłowicach. ZPPNR PAN nr 528, Warszawa, 237–242.
9. Kowalczyk T., Orzepowski W., Pęczkowski G. 2008b. Ocena możliwości rewaloryzacji systemu wodno-melioracyjnego na terenie Arboretum w Pawłowicach. ZPPNR PAN nr 528, Warszawa, 231–236.
10. Kowalczyk T., Żmuda R., Pokładek R., Orzepowski W. 2010. Koncepcja modernizacji systemu wodno-melioracyjnego na terenie Arboretum UP w Pawłowicach. Opracowanie na zlecenie UP Wrocław, maszynopis, ss. 125.
11. Pierzgalski E. 2009. Woda w ekosystemach leśnych. [W:] Woda na obszarach niezurbanizowanych. Wyd. Inst. Probl. Wsp. Cywil., XLIV, Warszawa, 41–55.
12. Pływaczek A., Orzepowski W., Kowalczyk T. 2008. Ocena zmian zasobów retencji glebowej terenów zieleni miejskiej na przykładzie parku Południowego we Wrocławiu. ZPPNR PAN nr 528, Warszawa, 431–438.
13. Witka J., Kuzioro J., Kowalczyk T. 2012. Remont fragmentu systemu melioracyjnego Arboretum UP w Pawłowicach. Stabilizacja przepływu wód cieku D1.1 w km 0+891 oraz cieku D1 w km 0+782, obr. Pawłowice – Gm. Wrocław. Projekt budowlano-wykonawczy, Biuro Projektowania i Wykonawstwa Sieci i Instalacji Sanitarnych Jan Witka, Łukaszowice.