

TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI KSZTAŁTOWANIA RETENCJI W MAŁYCH ZLEWNIACH NIZINNYCH

TECHNICAL POSSIBILITIES OF RETENTION DEVELOPMENT IN SMALL LOWLAND CATCHMENTS

Tomasz Kowalczyk, Ryszard Pokładek, Wojciech Orzepowski,
Anna Pływaczyk

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W artykule zaprezentowano wyniki wieloletnich badań prowadzonych w małych nizinnych zlewniach rolniczych i leśnych. Stwierdzono, że racjonalna eksploatacja urządzeń wodno-melioracyjnych pozytywnie wpływa na zasoby retencji terenów przyległych, zwiększając wyraźnie ilość wody dostępnej dla roślin w okresie wegetacji. Nawodnienie podsiąkowe stabilizuje zasoby wodne doliny i pozwala na utrzymanie w okresie wegetacyjnym płytszych o około 0,5 m poziomów zwierciadła wody gruntowej w porównaniu z terenami nieobjętymi nawadnianiem.

Abstract. The results of many years of the field investigations conducted in small lowland catchments for agriculture and forestry are presented in the paper. It was stated that rational exploitation of land reclamation devices positively effects on water retention resources of the adjacent areas, clearly increasing water available for plants in growing season. Subsurface irrigation stabilizes water resources of the valley and allows to keep, in growing season, by 0,5 m shallower groundwater tables in comparison to areas not covered by the irrigation.

Słowa kluczowe: kształtowanie retencji, małe zlewnie, obszary rolne i leśne

Key words: retention development, small catchments, agricultural and forest areas

WSTĘP

Z uwagi na skromne i ulegające znaczącym wahaniom zasoby wodne naszego kraju ich ochrona i kształtowanie stanowią kluczowe zadanie stawiane obecnie przed meliora-

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Tomasz Kowalczyk, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: tomasz.kowalczyk@up.wroc.pl.

cjami [Mioduszeowski 2008]. Jednym ze sposobów poprawy bilansu zasobów wodnych jest zwiększenie zdolności jej retencjonowania w środowisku przyrodniczym. Zasoby wodne powstają głównie na obszarach zlewni rolniczych i leśnych, gdzie są gromadzone i częściowo wykorzystywane. Dlatego też poprawa struktury bilansu wodnego w dużym stopniu zależy od prawidłowego gospodarowania dostępnymi jej zasobami już w ramach lokalnych zlewni. Szczególnie dużą rolę w prawidłowym gospodarowaniu wodą odgrywają właściwie zlokalizowane i eksploatowane urządzenia melioracyjne [Kowalewski i Mioduszeowski 2011]. Pomimo dostrzegania tego problemu, często jednak spotyka się jeszcze urządzenia projektowane jedynie do odprowadzania okresowych nadmiarów wody, które nie umożliwiają regulacji odpływu lub poziomu wody w korytach rowów. Kolejny i może największy problem stanowi obecnie zły stan techniczny wielu urządzeń wodno-melioracyjnych, co wynika z przepisów prawno-organizacyjnych oraz wieloletnich zaniedbań spowodowanych zbyt małym poziomem finansowania [Mioduszeowski 2009].

Racjonalna gospodarka zasobami wodnymi przyczynia się do zapewnienia właściwych stosunków wodnych w obrębie danego siedliska, co bezpośrednio przekłada się na warunki wegetacji roślinności. Bardzo ważne jest również dążenie do rozwoju zróżnicowanych form małej retencji jako istotnego elementu poprawy bilansu wodnego w skali kraju. Wzbogacanie krajobrazu o elementy małej retencji zwiększa również zróżnicowanie siedliskowe i wspiera lokalną bioróżnorodność [Ciepielowski 2000].

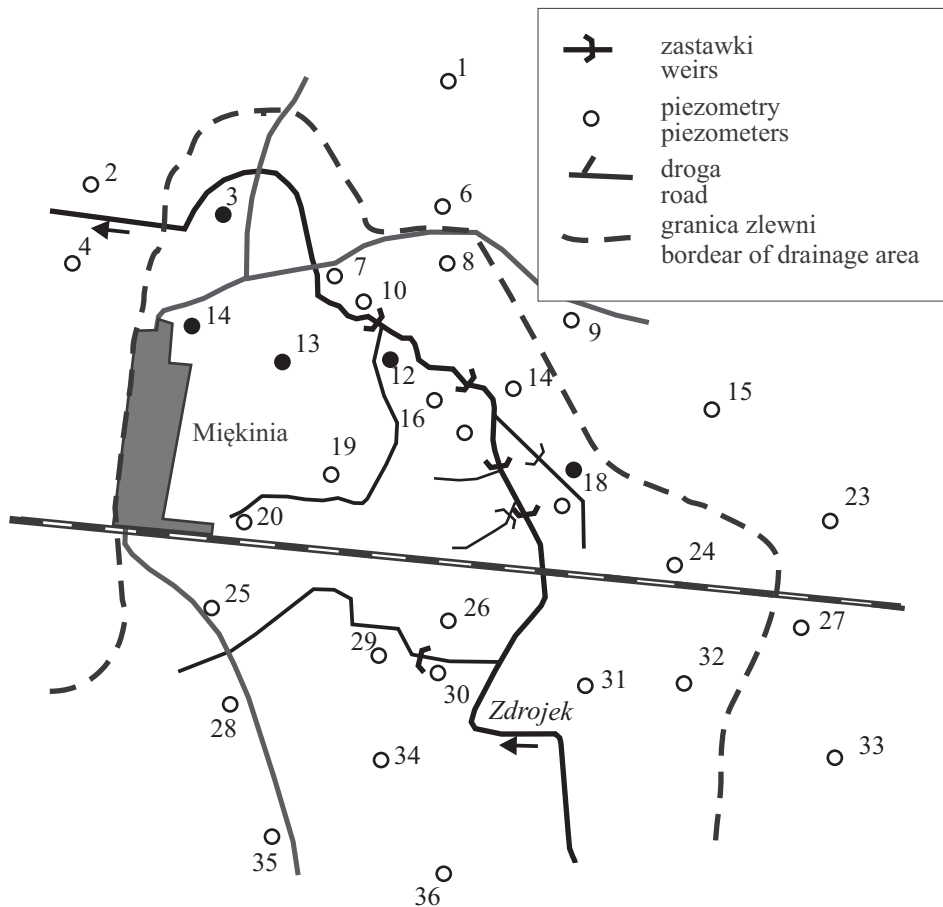
W artykule dokonano przeglądu wyników wieloletnich badań terenowych prowadzonych przez Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu na wybranych obiektach zlokalizowanych w małych zlewniach leżących w rejonie Wrocławia. Głównym celem prac badawczych była ocena stosunków wodnych terenów rolnych i zalesionych z uwzględnieniem wpływu obiektów wodno-melioracyjnych na retencję terenów przyległych.

MATERIAŁY I METODY

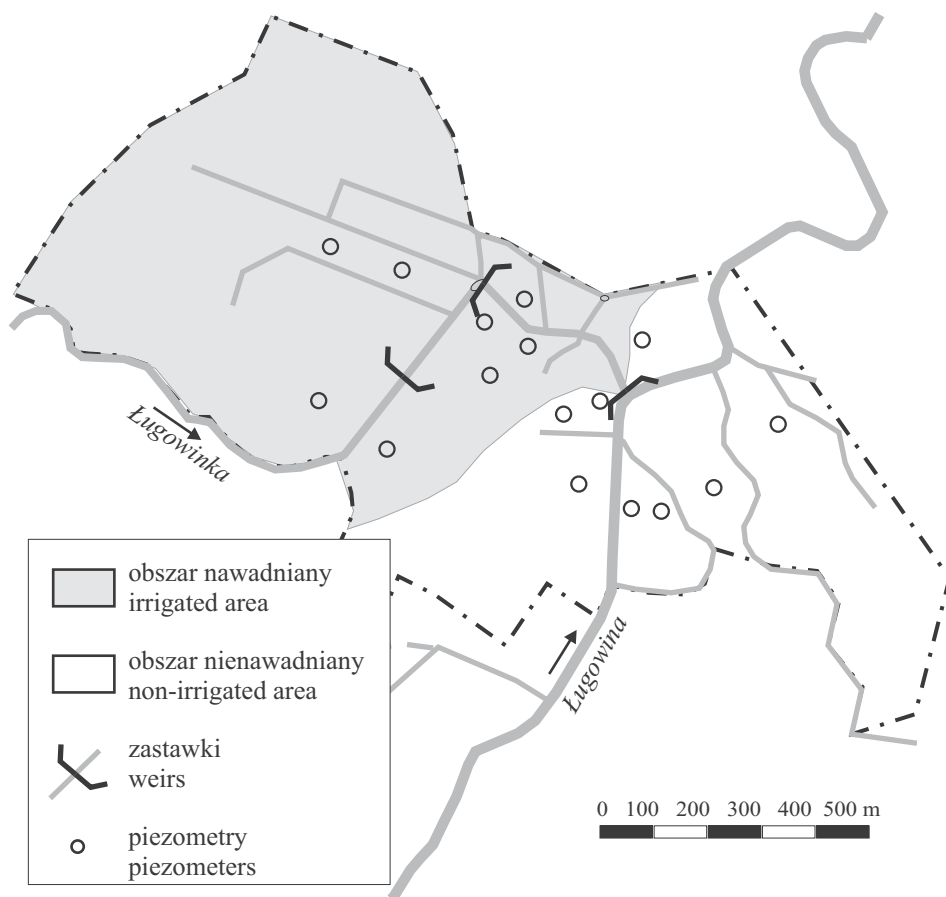
Badania nad kształtowaniem się stosunków wodnych prowadzono w latach 2001–2010 w rejonie Wrocławia na terenach użytkowanych głównie rolniczo (obiekt Miękinia) oraz w lasach komunalnych (obiekt Ługowinka).

Obiekt Miękinia stanowi zwarty 720-hektarowy kompleks zmeliorowanych użytków rolnych i leśnych położonych w małej zlewni cieką podstawowego Zdrojek (27 km²), dopływu rzeki Jeziorki, która wpada do Średzkiej Wody, będącej lewobrzeżnym dopływem Odry (rys. 1). Obiekt przylega do zabudowań gminy Miękinia zlokalizowanej około 30 km na zachód od centrum Wrocławia. Pod względem użytkowania stanowi w 33% grunty orne, w 19% użytki zielone, w 20% obszary zalesione, w 18% tereny aktywności gospodarczej i w 10% tereny zabudowane i letniskowe. Obszar zalesiony pokryty jest głównie drzewostanem liściastym. Badania terenowe i laboratoryjne [Pokładek 2001] wykazały, iż grunty orne pokrywają najczęściej czarne ziemie zdegradowane oraz gleby pseudobielicowe o bardzo zróżnicowanej bonitacji, natomiast na użytkach zielonych występują głównie gleby organiczne (torfy murszowe namulone). Na przełomie lat 80. i 90. obiekt został zmeliorowany przez regulację odcinka cieką podstawowego

Zdrojek na długości 4,3 km wraz z zabudową zastawkami oraz odbudową wpadającej do niego niesystematycznej sieci rowów szczegółowych. Wybudowano 15 zastawek, z tego 4 na cieku podstawowym i 11 na rowach szczegółowych. Spadek powierzchni terenu przeważnie mieści się w granicach 3–6‰, a lokalnie 9–15‰. Odpowiedni układ rowów i rozmieszczenie zastawek na cieku Zdrojek, usytuowanym centralnie w stosunku do granic obiektu, zapewniają skuteczne oddziaływanie piętrzeń. Na obiekcie dokonywano systematycznie pomiarów głębokości zwierciadła wody gruntowej, stanów wód powierzchniowych w cieku oraz wysokości spiętrzeń na zastawkach (3–4 razy w miesiącach okresu wegetacyjnego). Wykonywano również pomiary przepływu na dopływie i odpływie z obiektu. Oceny wpływu regulacji stosunków wodnych na kształtowanie się zasobów retencji dokonano na podstawie odczytów w reprezentatywnych studzienkach piezometrycznych leżących w różnych odległościach od cieku.



Rys. 1. Obiekt Miękinia
Fig. 1. Miękinia object



Rys. 2. Obiekt Ługowinka
Fig. 2. Ługowinka object

Obiekt Ługowinka (rys. 2) znajduje się w zachodniej części Wrocławia, około 15 km na wschód od obiektu Miękinia. W połowie lat 90. zalesiono tu przeszło 70 ha gruntów użytkowanych wcześniej rolniczo. Teren objęty badaniami leży na wysokości 113,6–116,2 m n.p.m. i ma cechy fizjograficzne charakterystyczne dla nizinnych dolin rzecznych [Kowalczyk i in. 2010]. Właściwości hydrogeologiczne podłoża są typowe dla terenów zlokalizowanych w obrębie doliny Odry. Jego wierzchnią warstwę stanowią piaski aluwialne o różnej granulacji, często podścielone pospółkami i żwirem. Lokalnie występują przewarstwienia glinami pylastymi, a w dolinie ciekłu spotyka się mady i inne gleby pochodzenia organicznego. Strop trzeciorzędowych utworów nieprzepuszczalnych zalega na rzędnej około 108–111 m n.p.m. Przez badany teren przepływają dwa ciekły podstawowe: Ługowina będąca lewostronnym dopływem Odry i wpadająca do niej Ługowinka o długości zaledwie 1400 m, z mikrozelewnią o powierzchni około 100 ha. System wodno-melioracyjny obiektu stanowi niesystematyczna sieć rowów o łącznej

długości blisko 5000 m. Niewielki spadek terenu (1–2‰) i dna rowów umożliwia regulację odpływu z Ługowinki poprzez odpowiednią eksploatację budowli piętrzących, co wywiera znaczący wpływ na głębokość zalegania i dynamikę wahań zwierciadła wody gruntowej na terenach przyległych do tego ciek [Kowalczyk i in. 2005]. W latach 2001–2010 badano głębokości zwierciadła wody gruntowej, wykonując pomiary przeciętnie jeden raz w tygodniu w reprezentatywnych 16 studzienkach piezometrycznych. Celem było porównanie średnich głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej na obszarach o naturalnej i regulowanej gospodarce wodnej.

Zgodnie z podziałem Polski na dzielnice rolniczo-klimatyczne wg Gumińskiego [1951], obiekty badawcze Miękinia i Ługowinka przynależą do XIV Dzielnicy Wrocławskiej będącej odpowiednikiem regionu nadodrzańskiego (wrocławsko-legnickiego) według podziału Schmucka [1959] i do regionu lubusko-dolnośląskiego wg Wiszniewskiego i Chełchowskiego [1975]. Bac, Koźmiński i Rojek [1993] przy ocenie klimatu Polski zwracają szczególną uwagę na jego dużą kontrastowość, a tym samym trudności w ścisłym podziale kraju na regiony klimatyczne. Warunki meteorologiczne panujące w rejonie omawianych obiektów scharakteryzowane zostały na podstawie danych ze stacji IMGW Wrocław-Strachowice. Jest ona najbardziej reprezentatywną spośród najbliższych zlokalizowanych posterunków obserwacyjnych opadu i temperatur powietrza.

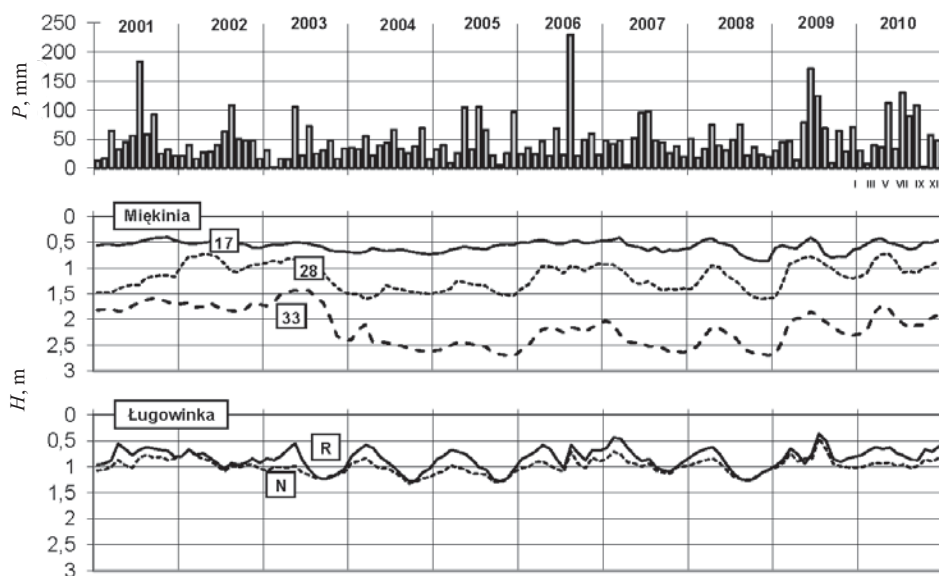
Lata prowadzonych badań (2001–2010) charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem okresowych sum opadów atmosferycznych (tabela 1), które miały istotny wpływ na skuteczność gospodarowania wodą na obiektach badawczych. Bardzo często o wysokiej sumie opadów rocznych decydowały pojedyncze miesiące – i tak w 2009 roku na rekordowy opad roczny w ilości 750 mm, aż 509 mm stanowiły zsumowane opady z maja, czerwca i lipca. Szczególnie dużą zmiennością opadów w rozpatrywanym wieloleciu cechują się miesiące letnie; przykładowo dla czerwca opady wynoszą od 22 mm (2003) do 171 mm (2009) – średnio 59 mm, dla lipca od 23 mm (2006) do 183 mm (2001) – średnio 90 mm, dla sierpnia od 25 mm (2003) do 229 mm (2006) – średnio 82 mm. Te wyjątkowo duże miesięczne zróżnicowanie opadów, przy braku możliwości łagodzenia ich negatywnych skutków, bardzo często doprowadzały do strat w produkcji roślinnej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pomiary przepływów na cieku Zdrojek prowadzone w dwóch odległych o 3 km stanowiskach hydrometrycznych (dopływ do obiektu i odpływ z obiektu Miękinia) wykazały, że średni przepływ wody w cieku podstawowym kształtował się na poziomie $80 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ wczesną wiosną i od kilku do kilkunastu $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ w miesiącach letnich. Tak więc średni spadek przepływów wynosił dla tych dwóch okresów aż około 80%. W związku z tym w miesiącach letnich występowały istotne problemy w utrzymaniu realizacji określonych piętrzeń. Pomimo to w wyniku zastosowania całorocznego regulowania odpływu udało się skutecznie zahamować proces obniżania zwierciadła wody gruntowej na obiekcie Miękinia [Pokładek i Nyc 2010], który w przypadku obszaru będącego w zasięgu oddziaływania zastawek nie przekraczał 20 cm, a poza nim dochodził nawet do 1,5 m (rys. 3). Od 2007 roku wprowadzenie ograniczeń w realizacji systematycznych piętrzeń na cieku Zdrojek spowodowało wyraźny wzrost rocznej amplitudy wahań zwierciadła wody gruntowej i obniżanie się zasobów retencji gruntowej w okresach wegetacyjnych na terenach

Tabela 1. Sumy opadów atmosferycznych według stacji IMGW Wrocław-Strachowice
Table 1. Sum of precipitation in the IMGW Wrocław-Strachowice station

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	I-XII
1950/99	26	25	29	38	58	73	88	68	47	39	37	34	190	372	562
2001	13	17	64	32	45	56	183	58	92	25	32	21	158	466	638
2002	21	40	16	27	28	40	63	108	50	48	47	16	155	316	504
2003	31	2	16	15	106	22	72	25	31	48	16	34	160	271	418
2004	28	23	45	18	35	45	58	55	18	38	68	15	194	229	446
2005	32	39	9	26	104	32	105	66	22	5	26	96	201	355	562
2006	24	35	24	46	21	68	23	229	21	54	59	23	210	408	627
2007	48	42	47	5	52	95	97	47	45	26	38	20	273	341	562
2008	51	18	33	74	39	31	49	75	22	36	23	20	186	290	471
2009	30	45	46	14	78	171	124	69	9	64	29	71	200	465	750
2010	30	8	40	36	112	33	130	89	108	3	57	47	242	508	693
2001/10	31	27	34	29	62	59	90	82	42	35	40	36	198	365	567



Rys. 3. Miesięczne sumy opadów (P) mm oraz głębokości zw. wody gruntowej (H) w zasięgu piętrzeń (piezometry nr 17, R) i poza zasięgiem piętrzeń (piezometry nr 28, 33, N) na obiektach Miękinia i Ługowinka

Fig. 3. Monthly sums of precipitation (P) in mm and ground water level (H) within range of water damming (piezometers No 17, R) and out of range of water damming (piezometers No 28, 33, N) on Miękinia and Ługowinka objects

pozostających pod bezpośrednim oddziaływaniem ciek. Biorąc pod uwagę wysokie sumy opadów atmosferycznych lat 2009 i 2010, prawdopodobne jest dalsze obniżanie retencji gruntowej obiektu w latach normalnych i suchych.

Kształtowanie zasobów retencji na obiekcie Ługowinka opiera się na hamowaniu odpływu z mikrozelewni o powierzchni około 100 ha. W okresie wiosennym pozwala to na podniesienie poziomu wody w cieku, a także wód gruntowych terenów przyległych średnio o około 30–40 cm w porównaniu z terenami o naturalnej gospodarce wodnej leżącymi w sąsiedztwie ciek Ługowina, na którym brak budowli piętrzących. W latach normalnych i suchych w okresie wegetacyjnym zgromadzone zasoby ulegają wyczerpaniu [Kowalczyk 2010]. Na końcu lata poziomy wód gruntowych na terenach przyległych do koryta Ługowinki są zbliżone do notowanych na terenach o naturalnej gospodarce wodnej (rys. 3). Ponowne podniesienie poziomu wody w Ługowince w trakcie okresu wegetacyjnego występowało sporadycznie, jedynie w warunkach opadów znacznie powyżej przeciętnych. Można stwierdzić, że wpływ regulowanego odpływu na stosunki wodne obszarów przyległych do Ługowinki w suchych okresach sezonu wegetacyjnego był znikomy. Mała zlewnia nie zapewnia bowiem w takich warunkach wystarczającego dopływu wody w rejon prowadzonych piętrzeń [Kowalczyk i in. 2006]. Można więc poszukiwać możliwości dalszego zwiększania zasobów wodnych obiektu poprzez uruchomienie nowych mikropiętrzeń oraz skierowanie dodatkowych zasobów wodnych do zlewni [Kowalczyk 2010].

W większości przypadków gospodarowanie zasobami wodnymi w ramach lokalnych zlewni pozwala na skuteczną odbudowę retencji wyłącznie w okresie półrocza zimowego, kiedy to opady przeważnie przewyższają parowanie terenowe, a odpowiednia i terminowa realizacja piętrzeń umożliwia kształtowanie poziomu wód gruntowych [Nyc 2001]. Korzystny wpływ na retencję obszarów przyległych wywierają również małe zbiorniki wodne. Badania prowadzone przez Orzepowskiego [Orzepowski i in. 2008] na obszarach użytkowanych rolniczo wykazały, że małe, śródpolne zbiorniki wodne położone na Równinie Wrocławskiej w okolicy Wrocławia na żyznych czarnych ziemiach oddziaływały stabilizująco na zwierciadło wody gruntowej użytków rolnych zlokalizowanych na ich obrzeżach. W okresach mokrych gromadziły one wodę, wykazując charakter drenujący, natomiast w okresach posusznych oddziaływały nawadniająco, uzupełniając niedobory wodne gleb w najbliższym otoczeniu.

Sprawne, regularnie konserwowane i właściwie eksploatowane systemy wodno-melioracyjne wpływają pozytywnie na stosunki wodne i warunki rozwoju roślinności terenów przyległych. Oddziaływania te przejawiają się między innymi:

- zwiększaniem zasobów retencji gruntowo-glebowej i poprawą dostępności wody dla roślin w okresie wegetacyjnym,
- możliwością regulacji poziomu wody gruntowej i utrzymywania jej wyższego poziomu w okresach z niedoborami opadów atmosferycznych (pod warunkiem wystarczających zasobów w zlewni, na terenach zasilanych z retencji własnej możliwość ta występuje zwykle jedynie w pierwszej połowie okresu wegetacyjnego),
- poprawą lokalnego bilansu wodnego oraz zwiększaniem bioróżnorodności siedlisk leśnych,
- możliwością wykorzystania systemów wodno-melioracyjnych do kontrolowanego tworzenia siedlisk podmokłych i bagiennych poprzez ich odpowiednią eksploatację oraz ukierunkowaną rozbudowę.

Gdy brak właściwej eksploatacji oraz gdy nie jest utrzymywana sprawność techniczna obiektów, zmniejszają się możliwości gospodarowania zasobami wodnymi. Zwiększa to bezwładność działania systemu melioracyjnego w procesie zarówno nawadniania, jak i odwadniania obiektu, co może prowadzić do poważnych zaburzeń stosunków wodnych oraz strat w uprawach i drzewostanie. Istotnym czynnikiem utrudniającym sprawną eksploatację obiektu Miękinia były obserwowane wieloletnie ograniczenia w zakresie wykonywania prac konserwacyjnych na ciekach z powodu zmniejszających się nakładów na eksploatację urządzeń melioracyjnych. Zły stan techniczny spowodowany wieloletnim brakiem konserwacji może całkowicie uniemożliwić kształtowanie stosunków wodnych, jak ma to aktualnie miejsce na terenie Arboretum UP w Pawłowicach pod Wrocławiem [Kowalczyk i in. 2008]. Niekiedy problemy wynikają z nieprawidłowej eksploatacji urządzeń wodnych. Stwierdzono, że na obiekcie Ługowinka zbyt późne zamknięcie zastawek skutkowało brakiem efektów regulacji odpływu [Kowalczyk i Pływaczyk 2007], a za wysokie poziomy piętrzenia powodowały podtapianie i zabagnienie niektórych fragmentów obiektu [Kowalczyk i in. 2010]. Zaburzenia stosunków wodnych mogą występować również przy sprawnych systemach wodnych, co obserwowano na obiekcie Ługowinka po wysokich opadach w latach 2009–2010 [Kowalczyk i in. 2012].

Wobec wzrastającej konieczności ochrony i kształtowania zasobów wodnych stwierdzono, że istnieje potrzeba dalszej poprawy stosunków wodnych analizowanych obiektów poprzez rozbudowę zróżnicowanych form małej retencji oraz zagospodarowanie lokalnych zasobów wodnych – w tym wód opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych [Kowalczyk 2010].

Ponieważ podstawowym źródłem wody w przyrodzie są opady atmosferyczne, należy nimi bardzo racjonalnie (tj. oszczędnie) gospodarować i dążyć do podnoszenia wskaźnika ich wykorzystania. Rozkład opadów w okresie roku charakteryzuje się dużą zmiennością – występują okresy zarówno z nadmiarem, jak i niedoborem wody. W celu ograniczenia tych niekorzystnych dla przyrody sytuacji istnieje potrzeba tworzenia systemów małej retencji wodnej w obrębie zlewni rolniczych i leśnych. Retencję tę tworzą małe zbiorniki wodne, stawy, starorzecza i doliny, las i zadrzewienia, oraz gleba poddana zabiegom agromelioracyjnym, a także będąca pod wpływem oddziaływania odpowiednio eksploatowanych piętrzeń.

WNIOSKI

Badania wpływu eksploatacji urządzeń wodno-melioracyjnych na zasoby retencji terenów przyległych prowadzone na obiektach leżących w rejonie Wrocławia pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Duże miesięczne zróżnicowanie rozkładu opadów, bardzo często niekorzystne z punktu widzenia oczekiwań rolnictwa, potwierdza konieczność stosowania sprawnych systemów odwadniająco-nawadniających, a także różnych form retencionowania okresowych nadwyżek zasobów wodnych.
2. W okresie realizacji badań w strefie oddziaływania piętrzonego cieku Zdrojek na obiekcie Miękinia w okresie wegetacji uzyskiwano dość dobrze ustabilizowany poziom zwierciadła wody gruntowej, podczas gdy poza zasięgiem oddziaływania cie-

- ku obserwowano wzrost amplitudy wahań i głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej.
3. Na obiekcie Ługowinka regulacja odpływu z lokalnej mikrozwlewni pozwalała na kształtowania retencji gruntowej jedynie na początku okresu wegetacyjnego, kiedy poziom wody na terenie nawadnianym był o około 0,4 m płytszy w porównaniu z obszarami o naturalnej gospodarce wodnej.
 4. Podstawą racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi małych zlewni nizinnych jest właściwa eksploatacja oraz utrzymanie dobrego stanu technicznego urządzeń wodno-melioracyjnych. Pozwala to zwiększać retencję oraz efektywnie kształtować warunki siedliskowo-wodne na obszarach rolnych i leśnych.

PIŚMIENNICTWO

- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993. Agrometeorologia. PWN Warszawa.
- Ciepielowski A., 2000. Kształtowanie retencji wodnej w lasach. Mat. Szkol. Konf. w Janowie Lubelskim: Rola lasów w gospodarce wodnej kraju i gospodarka woda w lasach. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa Janów Lubelski.
- Gumiński R., 1951. Meteorologia i klimatologia dla rolników. PWRiL Warszawa, ss. 250.
- Kowalczyk T., 2010. Ocena możliwości zwiększenia retencji na zalesionych gruntach porolnych na przykładzie zlewni Ługowinki. Wiad. Mel. Łąk. 3, 114–117.
- Kowalczyk T., Chalfen M., Pływaczyk A., 2005. Modeling of groundwater table position in the subsurface irrigation on afforested (formerly arable) lands. UJPAU 8(3), <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-20.html>.
- Kowalczyk T., Pływaczyk A., Olszewska B. 2006: Wpływ warunków atmosferycznych na efekty regulacji odpływu na zalesionych gruntach porolnych. Zesz. Nauk. AR Krak. 434, Inż. Środ. 28, 105–113.
- Kowalczyk T., Pływaczyk A., 2007. Wpływ sposobu eksploatacji budowli piętrzących na efekty nawodnienia podsiąkowego zalesionych użytków rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 519, 145–152.
- Kowalczyk T., Orzepowski W., Pęczkowski G., 2008. Ocena możliwości rewaloryzacji systemu wodno-melioracyjnego na terenie Arboretum w Pawłowicach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 528, 231–236.
- Kowalczyk T., Pływaczyk A., Orzepowski W., 2010: Wpływ systemu wodno-melioracyjnego na wahania zwierciadła wody gruntowej na zalesionych użytkach rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 548, II, 339–345.
- Kowalczyk T., Pokładek R., Orzepowski W., Jawecki B., 2012. Kształtowanie się stosunków wodnych na zalesionych gruntach porolnych we Wrocławiu w okresach mokrych. Woda Środ. Obsz. Wiej. 12(3), 139–148.
- Kowalewski Z., Mioduszewski W., 2011. Melioracje wodne i mała retencja elementem zarządzania środowiska. Wiad. Mel. Łąk. 1, 27–32.
- Mioduszewski W., 2008. Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej 10, 2(18), 33–48.
- Mioduszewski W., 2009. Woda w rolnictwie. [W:] Woda w obszarach niezurbanizowanych. Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji Warszawa, 14–39.
- Nyc K., 2001. Ekologiczne znaczenie gospodarki wodnej na użytkach zielonych. Wiad. Mel. Łąk. 3, 106–110.
- Orzepowski W., Pęczkowski G., Kowalczyk T., Pływaczyk A., 2008. Zmiany zasobów wody w małych zbiornikach na terenach rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 528, 423–430.

- Pokładek R., Nyc K., 2010. Doskonalenie gospodarowania zasobami wodnymi obszarów rolniczych na przykładzie obiektu Miękinia. [W:] Zarządzanie kryzysowe. Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich. Uniwersytet Opolski Opole, 39–52.
- Pokładek R., 2001. Skuteczność nawodnienia poprzez regulowanie odpływu. Zesz. Nauk. AR Wrocł. 417, 105–135.
- Schmuck A., 1959. Zarys klimatologii Polski. PWN Warszawa.
- Wiszniewski W., Chelchowski W., 1975. Charakterystyka klimatu i regionizacja klimatologiczna Polski. WKiŁ Warszawa.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 12.12.2013