



RETENCYJNOŚĆ GLEB W OKRESIE WEGETACYJNYM NA PRZYKŁADZIE OBIEKTU SAMOWTÓR

***Ryszard Pokładek, Tomasz Kowalczyk, Wojciech Orzepowski,
Romuald Żmuda***

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RETENTION OF WATER IN VEGETATION PERIOD – CASE STUDY OF SAMOWTÓR

Streszczenie

W małych zlewniach rolniczych, na obszarach nizinnych, dyspozycyjne zasoby wodne w okresie wegetacyjnym są na ogół niewystarczające do realizacji intensywnych form nawodnień. Zapewnienie na tych obiektach odpowiedniej ilości wody dla potrzeb rolnictwa, przy coraz silniejszej konkurencji ze strony innych użytkowników, staje się poważnym problemem. Badania prowadzone na obiekcie Samowtór w latach 1994–2008 w kierunku racjonalizacji gospodarowania wodą dowiodły, że w wyniku zastosowania odpowiedniej, całorocznej eksploatacji zastawki na cieku głównym, można skutecznie zwiększyć dyspozycyjne zasoby wodne gleby. W celu oceny skuteczności realizowanego piętrzenia, pomiarami zapasów wodnych w charakterystycznych warstwach objęto stanowiska o zróżnicowanej retencyjności gleby oraz usytuowanych na polach zdrenowanych i nieobjętych oddziaływaniem systemów drenarskich. Badania udowodniły, że zaproponowany sposób poprawy bilansu wodnego zlewni przynosi wymierne efekty w korzystnym kształtowaniu uwilgotnienia gleb. Stosowana metoda retencjonowania wody pozwala na efektywne przetrzymanie jej po okresach „nadmiaru” (roztopy, wysokie opady atmosferyczne) i wykorzystanie w okresach „deficytowych”

(bezapadowych). Badania wykazały również, że skuteczność poprawy retencji glebowej była wyraźnie wyższa na polach zdrenowanych.

Słowa kluczowe: regulowany odpływ, zapasy wody, eksploatacja urządzeń.

Abstract

Disposable resources in the vegetation periods are usually insufficient for realization the intensive form of irrigation in small agricultural catchments in lowlands areas. Assurance of proper amount of water for agricultural use, with more and more competition of the others users, become a serious problem. The field investigations, carried out in Samotwór in years 1994-2008 in direction of rational water management, proved that due to application the suitable and a whole year's exploitation of weir on the main stream, the disposable soil water resources can be effectively increased. In order to assessment the effectiveness of realized damming up the water, the measurements of soil water reserves in characteristic layers were done on areas with differentiated water retention of soils and situated on drained fields and fields uncovered by draining system. The researches proved that proposed way of improvement the water balance in the catchment brings the measurable effects in profitable forming of soil water content. Applied method of retention of water allows on effective keeping the water after periods with "excess" (thaw, high precipitation) and using the water in "deficit" periods (without precipitation). The investigations also showed that the effectiveness of improvement of the soil retention was explicitly higher on drained fields.

Key words: regulated run-off, soil water reserves, exploitation of devices

WSTĘP

Zasoby wodne dostępne dla potrzeb konsumpcyjnych i gospodarczych wynikają z ich naturalnego obiegu w przyrodzie. Głównym jej źródłem są opady atmosferyczne, które stanowią podstawowy czynnik determinujący funkcjonowanie agroekosystemów i rolnictwa (Łabędzki 2006). Wzrost potrzeb nawadniania przy równocześnie malejących zasobach wód dyspozycyjnych skłania do wprowadzania różnych metod poprawy bilansu wodnego gleb, a wśród nich systemów melioracyjnych, charakteryzujących się małym zużyciem wody i wysokim współczynnikiem jej wykorzystania (Nyc 1996, Pokładek 2001). Zdolność do zatrzymywania (magazynowania) wody określana jest mianem retencji. Jej wielkość jest różna i obszarowo zróżnicowana, stanowiąc cechę charakteryzującą zlewnię. Znaczna ilość wody retencjonowana jest w glebie i płytkich

warstwach wodonośnych, a następnie wykorzystywana przez rośliny w procesie ewapotranspiracji. Przeciętnie stanowi to około 65-70% ilości opadów (Mioduszeński 2007). Rejestruje się jednak znaczne ograniczenia zasobów wodnych Polski, a także niskie wskaźniki ich wykorzystania, w stosunku do rozwiniętych państw Europy (Nyc i in. 2009). Istnieje więc pilna potrzeba stałej racjonalizacji zużycia wody i doskonalenia metod jej pozyskiwania (Mioduszeński i in. 2005). Zapewnienie odpowiedniej ilości wody do zaspokojenia potrzeb człowieka, jak i środowiska przyrodniczego, wymaga podjęcia wielu działań technicznych i organizacyjnych uwzględniających zwiększenie zdolności retencyjnych zlewni rzecznych (Pokładek 2001, Pokładek i in. 2007, Kaca i in. 2011). Należy dążyć do poprawy efektywności wykorzystania wody w rolnictwie, między innymi poprzez lepsze zarządzanie jej zasobami, modernizację istniejących urządzeń wodnych, powszechne stosowanie wodooszczędnych systemów nawadniających. Zróżnicowane w czasie i przestrzeni warunki klimatyczne (Cammalleri 2015, Corradini 2014, Łabędzki 2006, Kuchar i in. 2013 Łabędzki i in. 2013) oraz glebowo-wodne bardzo często nie sprzyjają racjonalnemu, efektywnemu gospodarowaniu zasobami przyrody. Szczególnie dotyczy to dużego zróżnicowania wysokości opadów atmosferycznych, dyspozycyjnych zasobów wodnych zlewni hydrologicznych i żyzności gleb. W tych warunkach prowadzenie racjonalnej, oszczędnej gospodarki wodnej, szczególnie w małych zlewniach nizinnych, znajduje uzasadnienie przyrodniczo – rolnicze i gospodarcze (Nyc 1985, Mioduszeński i in. 2005). Zasoby wodne powstają głównie na obszarach rolniczych i leśnych, tu są retencjonowane i częściowo wykorzystywane (Mosiej i in. 2011). Dlatego też poprawa struktury bilansu wodnego w dużym stopniu zależy od prawidłowego gospodarowania tymi zasobami w małych zlewniach rolniczych, a więc przeważnie u źródeł tworzenia się zasobów wodnych (Pokładek i in. 2010).

Obszary dolinowe zlewni rzecznych oraz o małych spadkach zajmują w Polsce ponad 60% powierzchni. Są one przeważnie pod wpływem zasilania w wodę typu opadowo-gruntowego. Na nich też zlokalizowanych jest najwięcej technicznych urządzeń melioracyjnych, przeważnie o działaniu odwadniająco-nawadniającym, które stwarzają możliwość regulacji przepływów w ciekach i rowach melioracyjnych. Urządzenia te pod warunkiem utrzymania ich sprawności eksploatacyjnej, można skutecznie wykorzystać do ograniczenia zmienności zasobów wodnych w czasie niekorzystnego oddziaływania suszy a także powodzi, zaspokojenia potrzeb użytkowników i ochrony środowiska przyrodniczego (Siuta 2010). Ważną rolę odgrywa tutaj przestrzenne zagospodarowanie zlewni rzecznych i racjonalne użytkowanie terenów dolinowych (Przybyła i in. 2008), by przy udziale prawidłowo eksploatowanych urządzeń melioracyjnych optymalizować warunki powietrzno-wodne gleb (Nyc 1985, Marciłonek 1994, Murat-Błazejewska i in. 2008).

Bardzo często skuteczność działania systemu nawadniającego zależy od sprawności urządzeń odwadniających daną jednostkę obszarową. Systemy odwadniające (rowy, drenowania) usprawniają odprowadzanie nadwyżek wody grawitacyjnej oraz umożliwiają prawidłowy, odpowiednio głęboki rozwój systemu korzeniowego roślin (wczesną wiosną) i pogłębiają aktywną warstwę profilu glebowego, zwiększając przy tym jego pojemność retencyjną.

Próby oceny skuteczności takich rozwiązań są przedstawione w opracowaniu wyniki badań z okresu 15 lat (1994-2008 r.) prowadzonych na obiekcie Samotwór, które dotyczą skuteczności gospodarowania wodą poprzez całoroczne regulowanie odpływu na głównym cieku obiektu. W celu praktycznego zdefiniowania efektów oraz przyjętych założeń eksploatacyjnych, gruntownej analizie poddano rozkład okresowych sum opadów oraz zmienność uwilgotnienie gleby.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU I METODYKA BADAŃ

Obiekt badawczy Samotwór (N:51°07'47"; E:16°51'10) przylega bezpośrednio do zachodnich granic Wrocławia i położony jest w dolnej części zlewni rzeki Bystrzycy stanowiącej lewobrzeżny dopływ Odry (Pokładek 2001). Doświadczenia zlokalizowano na obszarze 100 ha pól ornych stanowiących jednocześnie zamkniętą, lokalną zlewnię hydrologiczną. Całość obszaru podzielona została ciekami głównym A na część zdrenowaną i pola nieposiadające czynnego drenowania. Na głównym rowie granicznym A o głębokości 1,2-1,5 m, odprowadzającym odpływy drenarskie do Bystrzycy w najniższej leżącej części obiektu zainstalowano piętrzenie. Spadek powierzchni terenu kształtuje się w granicach 0,5-1,0‰, lokalnie do 5‰. Drenowania wykonane w latach osiemdziesiątych XX w. posiadają średnią głębokość 0,8-0,9 m oraz rozstaw 18-20 m.

Na obiekcie występują trzy typy gleb. W południowo wschodniej części dominują gleby brunatne (62%), w środkowej i północnej części gleby bielcowe (18%) oraz w części zachodniej, w bliskim sąsiedztwie rzeki Bystrzycy, występują mady (20%). Są to przeważnie gleby dość przepuszczalne kompleksu żytniego dobrego lub słabego; lokalnie średnio zwięzłe na piasku słabo gliniastym lub luźnym, bardziej żyzne – kompleksu żytniego bardzo dobrego lub pszennego dobrego. Te na ogół przepuszczalne i nieco zróżnicowane składem mechanicznym w warstwie wierzchniej gleby na całym obiekcie zalegają na utworach przepuszczalnych, wytworzonych najczęściej z piasku średniego i luźnego, a nawet żwiru. Realizacja procesów eksploatacyjnych zmierzała tu głównie do optymalizacji warunków uwilgotnienia gleby i położenia zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacyjnym, jak i maksymalnej odbudowy retencji w okresie poza-wegetacyjnym (Pokładek 2010). Na obiekcie Samotwór założenia te realizowane w wyniku korygowania spiętrzeniami wody na zastawce usytuowanej w dolnej części obiektu tak, aby maksymalne ich rzędne stwarzały optymalne warunki

powietrzno-wodne dla rozwoju roślin, jak i nie wpływały ujemnie na możliwość wykonywania wszelkich zabiegów polowych. Analizę rozkładu uwilgotnienia na obiekcie przeprowadzono w oparciu o wytypowane punkty terenowe (4 stałych i kilka okresowych), charakterystycznych ze względu na lokalizację i zmienność glebową. W miejscach kontroli uwilgotnienia wykonano odkrywki i opisano profile glebowe, a na podstawie badań laboratoryjnych określono ich podstawowe właściwości. Uwilgotnienie gleb mierzono metodą pośrednią grawimetryczną (suszarkowo-wagową), a także metodą bezpośrednią, wykorzystując urządzenie TDR skonstruowane w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Na analizowanych obiektach prowadzono systematyczne pomiary uwilgotnienia, średnio raz w miesiącu i okresowo z większą częstotliwością w nawiązaniu do istotnych zmian warunków meteorologicznych.

WYNIKI I ICH OPIS

Na obiekcie Samotwór zasilanym wyłącznie z własnych, lokalnych zasobów wodnych, przeprowadzono analizę rozkładu uwilgotnienia dla okresu wegetacyjnego dla wytypowanych 4 punktów pomiarowych (1, 4b, 4g, 6b) o zróżnicowanych warunkach glebowych i zlokalizowanych na obszarach pól zdrenowanych i niezdrzonych. Podstawą przeprowadzonej analizy były zestawienia charakterystycznych sum opadów (tab. 1) oraz pomiary uwilgotnienia prowadzone w okresach wegetacyjnych (kwiecień-wrzesień) w warstwach gleby 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm 75-100 przeważnie 1-2 razy w miesiącu. Na ich podstawie określone zostały zapasy wody wyrażone w mm, gromadzone w profilach glebowych o miąższości 0-25 cm, 0-50 cm oraz 0-100cm.

Obiekt badawczy, zgodnie z regionalizacją klimatyczną Wosia (2010), położony jest na terenie regionu Dolnośląskiego Wschodniego. Średnia roczna suma opadów z wielolecia 1951-2000 w tym regionie wynosi 570 mm, najmniej ich występuje w lutym (26 mm), a najwięcej w lipcu (89 mm), przeciętnie w roku obserwuje się tu 159 dni z opadem. Zmienność sum charakterystycznych opadów przedstawiono na przykładzie danych dla stacji meteorologicznej Wrocław-Strachowice, usytuowanej w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu. Jak wynika z tabeli 1, w analizowanym okresie wartości: miesięczne, półrocza zimowego (X-III), letniego (IV-IX) oraz roczne (I-XII) wskazują, że:

Roczna suma opadów określona dla wielolecia (1950-1989) wynosiła średnio 545 mm, natomiast w analizowanym 15-leciu 1994-2008 uległa zmniejszeniu o ponad 3% do wartości 527 mm, w okresie wegetacyjnym o 7%, czyli z 366 do 339 mm, natomiast w okresie pozawegetacyjnym opady wzrosły o 3%, ze 179 mm do 184 mm. Wartości średnie z wielolecia nie przedstawiają jednak obiektywnie podstawowego problemu, jakim jest stosunkowo duża dynamika zmian opadów w poszczególnych miesiącach i latach. W analizowanym

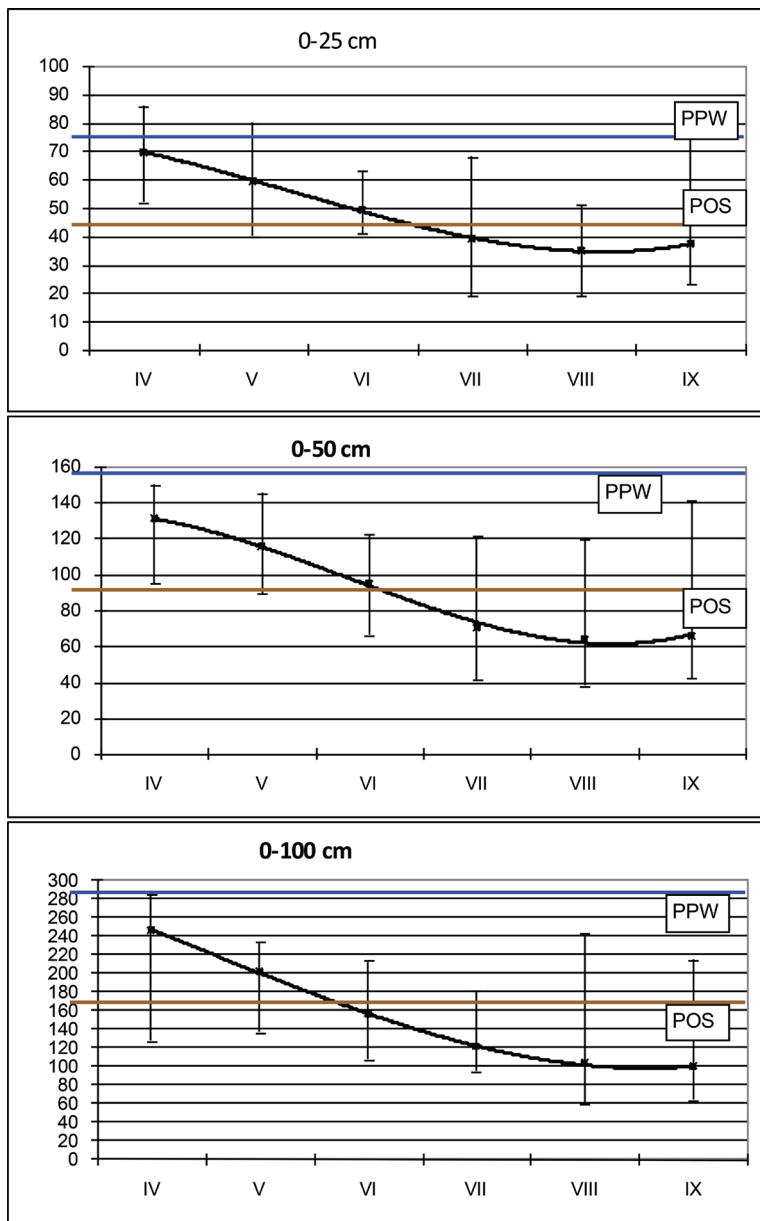
okresie najbardziej zasobnym w opady był rok 1995 i 2001, odpowiednio 647 i 638 mm, natomiast najmniejsze wystąpiły w roku 2003 (418 mm). Ekstremalna różnica opadów rocznych analizowanego 15-lecia wynosiła więc 229 mm. Opady miesięczne tego okresu wahały się w lutym od 2 mm (2003 r.) do 45 mm (2009 r.) – średnio 27 mm, marcu od 9 mm (2005 r.) do 73 mm (2000 r.) – średnio 36 mm. W warunkach wzmożonej ewapotranspiracji różnice te wynosiły w maju od 21 mm (2006) do 106 mm (2003r.) – średnio 56 mm, w czerwcu od 22 mm (2000, 2003 r.) do 158 mm (1995r.) – średnio 55 m, w lipcu od 11 mm (1994) do 239 (1997 r.) – średnio 90 mm, sierpniu od 17 mm (1999 r.) do 229 mm (2006 r.) – średnio 70 mm. Okres obserwacji 1994-2008, ze względu na duże zróżnicowanie okresowych i rocznych sum opadów, stał się dobrym sprawdzianem skuteczności przyjętego sposobu gospodarowania wodą.

Tabela 1. Miesięczne i okresowe sumy opadów w mm.

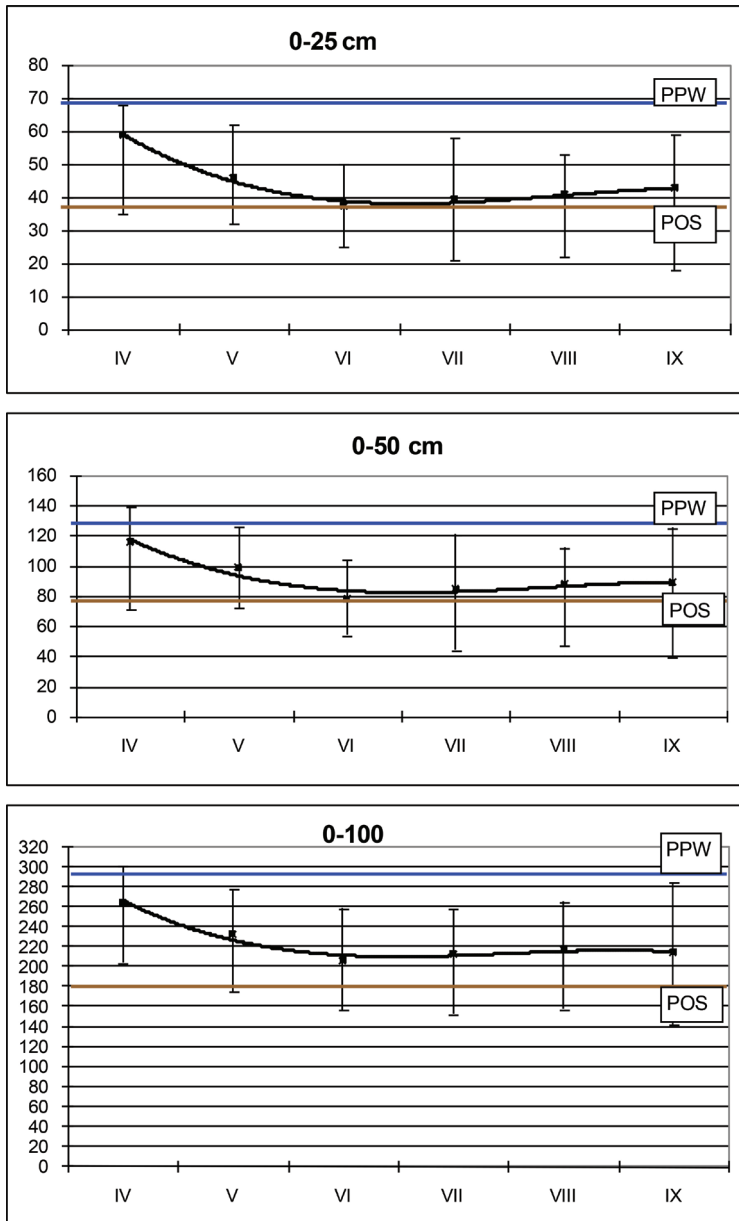
Table. 1 . Month and periodical sums of precipitation in mm.

Stacja-Station : Wrocław – Starachowice Obiekt-Object: Miękinia, Samowtór

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X – III	IV-IX	I-XII
1950-1989	27	22	25	40	55	69	92	64	46	35	36	34	179	366	545
1994	34	16	65	52	35	40	11	76	30	26	16	30	269	244	431
1995	20	19	29	23	86	158	69	84	91	4	43	21	140	511	647
1996	5	25	20	36	58	53	95	92	60	42	13	11	118	394	510
1997	5	27	14	50	67	39	239	52	37	42	30	33	112	484	635
1998	48	22	36	49	26	69	79	37	88	76	21	14	211	348	565
1999	18	42	53	32	28	56	76	17	36	17	32	24	224	245	431
2000	32	37	73	11	104	22	124	35	31	9	36	19	158	327	533
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	141	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
1994-2008	28	28	34	32	57	55	84	68	43	35	34	30	185	339	527



Rysunek 1. Miesięczne wartości (IV-IX) min, max i średnie zapasów wody (mm) w warstwie 0-25, 0-50, 0-100 cm w profilu 4g z lat 1994-2008 na tle PPW i POS.
Figure 1. Monthly values (IV-IX) min, max and mean soil water reserves (mm) in layers 0-25, 0-50, 0-100 cm in soil profile 4g in years 1994-2008 on the background of FWC and DWC



Rysunek 2. Miesięczne wartości (IV-IX) min, max i średnie zapasów wody (mm) w warstwie 0-25, 0-50, 0-100 cm w profilu 6b z lat 1994-2008 na tle PPW i POS.

Figure 2. Monthly values (IV-IX) min, max and mean soil water reserves (mm) in layers 0-25, 0-50, 0-100 cm in soil profile 6b in years 1994-2008 on the background of FWC and DWC

Na obiekcie Samotwór, korzystającym wyłącznie z zasobów retencji własnej, kształtowanej przez lokalne opady, poprawę bilansu wodnego uzyskiwano w wyniku stosowania całorocznego piętrzenia wody, a jedynie sporadycznie nadwyżki zrzucano do głównego odbiornika (poza obiekt). Ze względu na bardzo ograniczone zasoby wodne zlewni, poziomy wody gruntowej w okresie wegetacyjnym, ulegały tu bardzo powolnemu obniżaniu we wszystkich latach obserwacji, ale zapewniając jednocześnie dostateczne uwilgotnienie profilu glebowego. Na analizowanym obiekcie w profilach będących pod działaniem piętrzeń, ze względu na duży procentowy udział w niższych warstwach profili (50-100 cm) frakcji szkieletowych, uzyskiwano małą skuteczność podsiąku kapilarnego, natomiast przy kształtowaniu odpowiednio wysokiego poziomu wody gruntowej, zwiększył się udział opadów w przebiegu uwilgotnienia górnych warstw profilu glebowego. Tak więc w warunkach stosowania regulowanego odpływu na obiektach o małej skuteczności podsiąku kapilarnego o przebiegu uwilgotnienia w górnych warstwach profilu glebowego, decydowały wysokości i rozkłady opadów, ale skuteczność ich była tym większa, im wyższy był stan wody, kształtowanej oddziaływaniem piętrzeń. W celu analizy skuteczności realizowanych piętrzeń, dla wytypowanych profili, wykonano wykresy w oparciu o wartości: połowej pojemności wodnej (PPW), pojemności wodnej okresu suszy (POS) oraz obliczonych na podstawie pomiarów terenowych: średnich, minimalnych i maksymalnych zapasów wodnych w charakterystycznych warstwach. Wartości PPW dla poszczególnych profili wyznaczono na podstawie wieloletnich pomiarów w okresie wczesno-wiosennych. Dla wytypowanych profili p-1, p-4b, p-4g, oraz p-6b (rys. 1) w warstwach 0-25, 0-50 i 0-100 cm, wyniosły one odpowiednio: 41-90-154, 61-93-138, 70-148-269, i 63-134-296 mm. Do wyznaczenia wartości POS przyjęto praktyczną zasadę, zakładającą wartość zapasów odpowiadającą 65% połowej pojemności wodnej.

Analizując zilustrowane na wykresach (rys. 2) zapasy wodne dla wybranych profili w jednometrowej warstwie gleby, zaobserwowano określone prawidłowości. Dla wszystkich analizowanych profili najwyższe wartości stwierdzono na początku okresu wegetacyjnego, choć wyraźnie niższe na obszarach z czynną siecią drenarską oraz okresowo późną jesienią. Najniższe wartości występowały natomiast od lipca do sierpnia. Na obszarze badawczym, podczas realizacji całorocznych piętrzeń, rowy pełniły funkcje odwadniająco-nawadniającą, a w wyniku regulowanego odpływu zminimalizowana została ich odwadniająca funkcja. W okresie obserwacji 1994-2008 w profilach 4b i 6b na obszarach z czynną siecią drenarską, odnotowano wyraźnie mniejszą zmienność zapasów wodnych, niż w przypadku pozostałych profili, usytuowanych na obszarach bez sieci drenarskiej. W przypadku profilu 4b, w każdej z trzech analizowanych warstw, średnia zmienność wyniosła odpowiednio: 27-45 mm, 51-80 mm i 81-124 mm, a w profilu 6b: 37-59 mm, 78-116 mm oraz 207-265 mm. Natomiast w profilu 4g (bez sieci drenarskiej), zmienność ta była znacznie większa i wyniosła odpowiednio:

37-70, 64-130 i 100-247 mm. Analiza obliczonych zapasów wody (mm) w 1 m warstwie gleby dla okresu wegetacyjnego wykazała, że w warunkach całorocznego regulowania odpływu, na obszarze zdrenowanym (profil 6b), maksymalne ich zróżnicowanie w okresie obserwacji, dla wartości średnich miesięcznych, wyniosło 58 mm, natomiast w podobnych warunkach glebowych i odległości od ciekłu zasilającego na obszarze pól niezdrenowanych (profil 4g), wartość ta wynosiła 147 mm.

W profilu 6b (rys. 2), pomierzone zapasy wody w warstwie 0-100 cm, w całym okresie wegetacyjnym, udało się ustabilizować w przedziale pomiędzy PPW a POS. Dla profilu 4g zapasy wody bardzo szybko spadły poniżej pojemności okresu suszy, bez możliwości ich odbudowy w kolejnych miesiącach. W warunkach sprawnie działającej sieci drenarskiej efekty zastosowanego regulowanego odpływu umożliwiły stabilizacją uwilgotnienia znacznie lepszą, niż na obszarach bez czynnej sieci drenarskiej.

WNIOSKI

1. W warunkach ograniczonych zasobów wód dyspozycyjnych, znaczącą poprawę bilansu wodnego gleb można uzyskać przez zastosowanie systemu melioracyjnego z regulowanym odpływem. Istnieje wówczas możliwość retencjonowania nadwyżek opadów (głównie półroczna zimowego) dla efektywnego ich wykorzystania przez roślinność w okresie wegetacyjnym.
2. Analiza zapasów wody obliczonych w 1 m warstwie gleby dla okresu wegetacyjnego (1994-2008) wykazała, że w warunkach całorocznego regulowania odpływu na obszarze zdrenowanym, maksymalne ich zróżnicowanie dla wartości średnich miesięcznych wyniosło 58 mm, natomiast w podobnym warunkach glebowych i odległości od ciekłu zasilającego na obszarze pól niezdrenowanych, wartość ta wynosiła 147 mm.
3. W okresach wczesnowiosennych, system drenarski umożliwił sprawne odprowadzenie nadmiaru wody, natomiast w okresie jej braku, szybkie doprowadzenie po znaczących opadach.
4. Duże zróżnicowanie okresowych opadów atmosferycznych, wymaga odpowiednio zorganizowanej eksploatacji urządzeń piętrzących w okresie całego roku.

LITERATURA

C. Cammalleri, F. Micale, J. Vogt. (2015). *On the value of combining different modelled soil moisture products for European drought monitoring. Journal of Hydrology* 525 (2015) 547–558;

Corrado Corradini. (2014). *Soil moisture in the development of hydrological processes and its determination at different spatial scales. Journal of Hydrology Volume 516, 4 August 2014, 1–5;*

Kaca E., Łabędzki L., Lubbe I. (2011). *Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych. Postępy Nauk Rolniczych PAN 1/2011, Warszawa, s.37-49.*

Kuchar L., Iwański S. (2013). *Ocena opadów atmosferycznych dla potrzeb produkcji roślinnej w perspektywie lat 2050-2060 i wybranych scenariuszy zmian klimatu w północno-centralnej Polsce, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2, s. 187-200.*

Łabędzki L. (2006). *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i lasyfikacji. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, IMUZ Falenty, ss. 107.*

Łabędzki L., Bąk B. 2013. *Monitoring i prognozowanie przebiegu i skutków deficytu wody na obszarach wiejskich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2/1/, 65-76.*

Marcilonek S., 1994. *Eksploatacja urządzeń melioracyjnych. Wydawnictwo AR we Wrocławiu, ISBN 83-85582-10-X.*

Mioduszewski W., Nyc K., Żelazo J. (2005). *Zasoby wodne w obszarach wiejskich. Postępy Nauk Rolniczych PAN. Nr 3, s. 3-19.*

Mioduszewski W. (2007). „Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w świetle Ramowej Dyrektywy Wodnej” *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 2/2007.*

Mosiej J., Pierzgalski E., Jeznach J. 2011. *Współczesne uwarunkowania gospodarowania wodą w obszarach wiejskich. Postępy Nauk Rolniczych PAN 1/2011, Warszawa, s.25-36.*

Murat-Błażejewska S., Zbierska J., Ławniczak A., Kanclerz J., Kupiec J., Sojka M. (2008). *Eksploatacja urządzeń wodnych a zasoby wodne zlewni nizinnej. Acta Sci. Pol., Architectura 7 (2), 13-22.*

Nyc K. 1985: *Sterowanie zasobami retencji gruntowej w dolinach rzek nizinnych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 53, Rozprawy. Wrocław*

Nyc K. (1996). *Ekonomiczne systemy nawadniające. 1996: Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, z. 438, s. 125-132.*

Nyc K., Pokładek R. (2009). *Eksploatacja systemów melioracyjnych podstawą racjonalnej gospodarki wodnej w środowisku przyrodniczo-rolniczym. Monografia, seria: Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska, Wrocław, ss 87.*

Pokładek R. (2001). *Skuteczność nawodnienia poprzez regulowanie odpływu. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, NR 417. s. 105-135. Wrocław 2001.*

Pokładek R., Nyc K. (2007). *Możliwości gospodarowania wodą w małych zlewniach rolniczych. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych PAN, Zeszyt Nr 519, Warszawa, s. 259-268.*

Pokładek R. (2010). *Ocena kształtowania się poziomów wód gruntowych na użytkach rolnych nawadnianych przez regulowanie odpływu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN, Zeszyt Nr 548, Warszawa, s.465-475.*

Pokładek R., Nyc K. (2010). *Doskonalenie gospodarowania zasobami wodnymi obszarów rolniczych na przykładzie obiektu Miękinia. Rozdział w monografii Zarządzanie kryzysowe. Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich. Opole. ss 39-52.*

Przybyła Cz., Mrozik K., Bykowski J., Kozaczyk P., Sielska I. (2008). *Niedobory wody i potrzeby nawodnień w zlewni Kościańskiego Kanału Obry. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 532.*

Siuta J. (2010). *Optymalizacja użytkowania powierzchni ziemi łagodzi procesy degradacji środowiska. Postępy nauk rolniczych 4/2010. s. 9-18. Warszawa*

Woś A. (2010). *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. Wyd. UAM, Poznań, ss. 489.*

Dr hab. inż. Ryszard Pokładek,
Dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk,
Dr inż. Wojciech Orzepowski,
Dr hab. inż. Romuald Żmuda, prof. nadzw. UPWr
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska
Pl. Grunwaldzki 24
50-363 Wrocław
tel. 71 32 05 400
ryszard.pokladek@up.wroc.pl

Wpłynęło: 30.10.2015

Akceptowano do druku: 7.03.2016