



# **Dynamika zmian stanów wód gruntowych i zapasów wody w glebach polderu Zagórów w zasięgu oddziaływania budowli hydrotechnicznych**

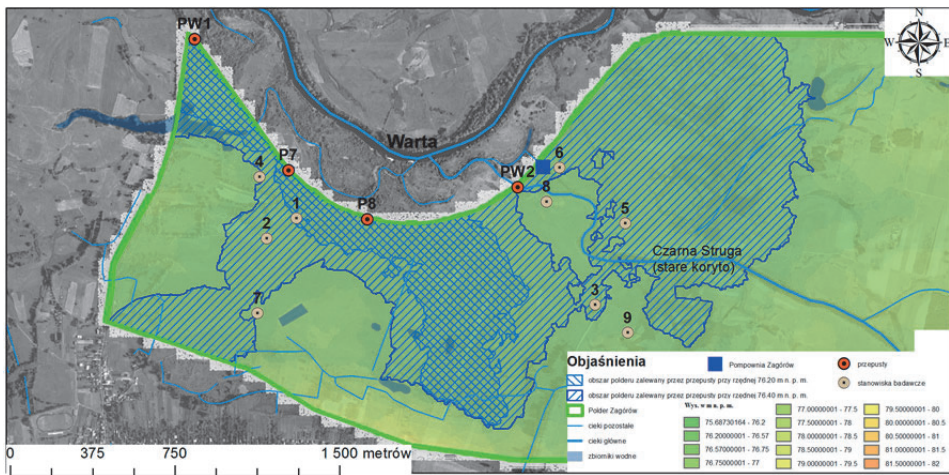
*Czesław Przybyła, Jerzy Bykowski,  
Karol Mrozik, Michał Napierała  
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

## **1. Wstęp**

Działania jakie podjęto w latach 70-tych w dolinie Środkowej Warty miały na celu zabezpieczyć tereny zalewowe od corocznych wzbrań i powodzi. Zamierzeniem prowadzonych prac melioracyjnych była głównie ochrona przeciwpowodziowa przyległych łąk i pastwisk. Na powstałych polderach planowano wprowadzić intensywną hodowlę bydła mlecznego. Jednak brak realizacji wcześniej zaplanowanych przedsięwzięć melioracyjnych m.in. na polderze Zagórów [2, 3] spowodował, że w większości na tych terenach zaniechano produkcji rolniczej a sam polder w dużej mierze stał się ostoją dla wielu rzadkich gatunków roślin i zwierząt [21, 22]. Występujące często niedobory opadów w okresie wegetacji w warunkach całkowitego odcięcia doliny od wpływów rzeki Warty doprowadziły przez lata do znacznych zniszczeń unikalnych zespołów roślinnych związanych z terenami zalewowymi (łąk aluwialnych, lasów łęgowych, ziołorośli nadrzecznych) [13]. Budowa wału przeciwpowodziowego, a zarazem brak odpowiedniej infrastruktury wodno-melioracyjnej przyczynił się do stopniowego osuszenia i transformacji terenu (zanik oczek wodnych i starorzeczy), wpływając równocześnie na częściową degradację cennych siedlisk łęgowych. Aby zapobiec dalszemu procesowi osuszania polderu, opracowano koncepcję renaturyzacji

obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Łądem, a Zagórowem [7–9, 23].

W sytuacji istniejących przepisów prawnych, wynikających m.in. z Ramowej Dyrektywy Wodnej wykonano plan kompensacji przyrodniczej oparty na budowie w korpusie wału systemu przepustów, które umożliwiałyby wprowadzenie wody z międzywała Warty na polder [5, 23]. W ramach podjętych przedsięwzięć rozpoczęto w 2009 roku budowę dwóch przepustów wałowych P7 i P8, a kolejne dwa PW1 i PW2 zmodernizowano i dostosowano do istniejących wymogów renaturyzacji (rys. 1).



**Rys. 1.** Zasięg podtopień w wyniku zalania polderu przez przepusty do rzędnej 76.20 m n. p. m. oraz 76,40 m n. p. m.

**Fig. 1.** Range of inundation as a result of flooding of the polder through the culverts up to 76.20 m and 76.40 m n. p. m.

W celu określenia wpływu powstałych budowli na proces renaturyzacji gospodarki wodnej na polderze Zagórow w ramach grantu badawczego NN305 396239 wybudowano system monitoringu, który umożliwia między innymi ciągłą rejestrację zmian poziomu wód gruntowych oraz uwilgotnienia i temperatury gleb w wybranych stanowiskach badawczych polderu.

## **2. Ogólna charakterystyka obszaru badań**

Polder Zagórów znajduje się w środkowej części Doliny Konińsko-Pyzderskiej, między 370 a 380 km biegu rzeki Warty. Omawiany obszar od strony zachodniej odgraniczony jest drogą powiatową Zagórów – Łąd, od północnej – rzeką Wartą, od wschodniej – przełożonym korytem rzeki Czarnej Strugi, a od południowej – stromym stokiem pomiędzy wsią Kopojno i miastem Zagórów [18, 22].

Badany teren to w głównej mierze obszary leżące po lewobrzeżnej stronie starego koryta Czarnej Strugi (obecna nazwa cieku – Kanał B (Struga Grabienicka), gdzie począwszy od 2009 prowadzone działania kompensacyjne mają doprowadzić do renaturyzacji polderu Zagórów [25]. W większości, analizowany obszar stanowi równinę z licznymi zagłębieniami i pozostałościami po starorzeczach. W obrębie obniżen terenowych wykształciły się mady oraz gleby murszowo-mineralne zaliczone do kompleksu słabego i bardzo słabego nadmiernie uwilgotnionego oraz bez większych możliwości poprawy wartości produkcyjnej tych gleb [2, 3]. Z tego względu w większości obszar tej części polderu użytkowany jest w sposób ekstensywny.

## **3. Cel, zakres i metodyka pracy**

Celem pracy jest ocena dynamiki zmian stanów wód gruntowych oraz zasobów wody w czynnej warstwie gleby w obszarze podjętych działań renaturyzacyjnych na Polderze Zagórów [5, 7–9, 19–21, 23]. Zarówno poziom położenia zwierciadła wody jak i zasobów wody w glebie charakteryzują stosunki wodne badanego obszaru, dlatego w pracy przeanalizowano statystyczną zależność pomiędzy badanymi elementami hydrologicznymi. Przeprowadzona wstępna analiza obejmuje wyniki badań terenowych prowadzonych w czasie trwania okresu wegetacyjnego (IV–IX) w 2012 roku.

Ponieważ zasadniczym elementem procesu renaturyzacji jest zasięg oddziaływania przepustów P7 i P8 oraz PW1 i PW2, na potrzeby badań stworzono mapę numerycznego modelu terenu określającą potencjalny obszar ich oddziaływania. Graniczną rzędną jaką przyjęto dla maksymalnego piętrzenia jest poziom załączenia agregatów pompowych, tj. 76,20 m n. p. m. Natomiast w przypadku ochrony przeciwpowodziowej dopuszcza się zwiększenie poziomu piętrzenia do rzędnej granicznej,

będącej najwyższym dopuszczalnym poziomem eksploatacyjnym dla zbiornika wyrównawczego, tj. 76,40 m n. p. m. [24]. W pierwszym przypadku zasięg zalewu wynosi zaledwie 55ha i jest w głównej mierze efektem działania przepustu P7 i P8. W drugim natomiast powierzchnia ta sięga już 227 ha (rys. 1). W celu monitorowania zachodzących zmian na obszarze oddziaływania budowli hydrotechnicznych zainstalowano 9 stanowisk badawczych wyposażonych w system GPRS, w których rejestrowane są pomiary stanów wód gruntowych oraz wilgotności i temperatury gleby na głębokości 40 cm. Rejestr danych odbywa się systematycznie z częstotliwością pomiaru 1 raz na godzinę. Po całym dniu dane wysyłane są do centralnego komputera, który znajduje się w Katedrze Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji UP w Poznaniu. W innych przypadkach dane mogą być przesyłane za pomocą telefonii komórkowej przez SMS lub metodą bezpośredniego odczytu przy użyciu portu RS232. Każdy z rejestratorów umieszczony jest w rurze osłonowej typu PP o grubości ścianki 194 mm, wyniesionej ponad poziom terenu na wysokość 80–105 cm, w celu ochrony rejestratora przed zalaniem.

Pomiar poziomu wody wykonywano za pomocą sondy hydrostatycznej umieszczonej w rurce piezometrycznej natomiast wilgotność gleby mierzono przy użyciu czujnika wilgotności objętościowej (VWC) określającej procentową zawartość wody w glebie. Następnie uwilgotnienie gleby przeliczono na wielkość zapasu wody w mm mnożąc wartość wilgotności objętościowej przez miąższość warstwy. Obliczone wielkości zapasów przeanalizowano dla 9 stanowisk w wierzchniej warstwie gleby o miąższości: 0–40 cm i zestawiono w tabeli 1.

Ponieważ bilans wodny kształtowany jest przede wszystkim przez warunki meteorologiczne, głównie przez ilość i rozkład opadów atmosferycznych oraz ewapotranspirację [4, 19], uzyskane wyniki analizowano w oparciu o pomiary meteorologiczne pochodzące ze stacji ATM zlokalizowanej na polderze Zagórów oraz o dane z wielolecia (1981–2011) wg stacji IMGW w Słupcy.

Na podstawie średnich dobowych wartości mierzonych elementów meteorologicznych obliczono ewapotranspirację wskaźnikową wyznaczoną metodą wzorcową na podstawie modeli opartych o wzór Penmana-Monteitha [1, 6, 12].

**Tabela 1.** Zestawienie wartości rzędnych zwierciadła wody gruntowej oraz zapasów wody w badanych stanowiskach pomiarowych

**Table 1.** Values of groundwater level and water reserves in measurement points

| Stanowiska pomiarowe<br>Measurement points | Rzędne terenu<br>Ground level [m n.p.m.] | Rzędne zwierciadła wody gruntowej<br>Groundwater level [m n.p.m.] | Zapasy wody<br>Water reserve [mm] |
|--|--|---|-----------------------------------|
| 1  | 76,75                                    | 74,55–76,35   | 118–182                           |
| 2  | 75,75                                    | 74,48–75,51   | 308–364                           |
| 3  | 77,26                                    | 75,57–76,86   | 124–232                           |
| 4  | 75,83                                    | 74,68–75,43   | 179–217                           |
| 5  | 76,52                                    | 75,37–76,12   | 234–305                           |
| 6  | 76,29                                    | 75,28–75,92   | 87–264                            |
| 7  | 75,95                                    | 76,65–76,67   | 142–155                           |
| 8  | 76,79                                    | 75,51–76,39   | 82–219                            |
| 9  | 77,08                                    | 75,51–76,68   | 112–204                           |

Klimatyczny bilans wodny obliczono jako różnicę między sumą miesięczną opadów  $P$  i sumą miesięczną ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ETo$ .

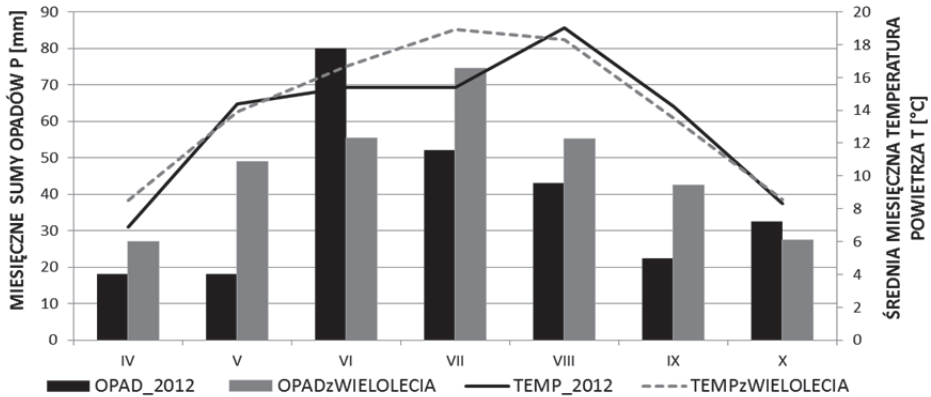
#### 4. Wyniki badań

Zmiany stanów wód gruntowych oraz uwilgotnienia gleb polderu Zagórów w okresie wegetacyjnym 2012 roku oceniono na tle wartości miesięcznych sum opadów oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza wg własnej stacji meteorologicznej zamontowanej na terenie objętym badaniami. Otrzymane wyniki zestawiono z danymi z wielolecia 1981–2011 ze stacji meteorologicznej Słupca (rys. 2.).

Analizowany okres wegetacyjny pod względem ilości opadów wg klasyfikacji Kaczorowskiej [10] zaliczany jest do suchych. Łączna suma opadów liczona od kwietnia do października wyniosła w tym czasie zaledwie 267 mm. W porównaniu do średniej z wielolecia (1981–2011) była ona niższa o 64 mm.

Tylko w miesiącu czerwcu analizowanego okresu wegetacyjnego suma opadów przewyższyła wartość średnią z wielolecia o niecałe 25 mm i wyniosła 80 mm. Warto dodać, że średnie miesięczne temperatury po-

wietrza w analizowanym okresie wegetacyjnym były bardzo zbliżone do średnich miesięcznych z wielolecia. Tylko w lipcu badanego okresu średnia temperatura powietrza była wyższa od średniej z wielolecia aż o 3,5°C.

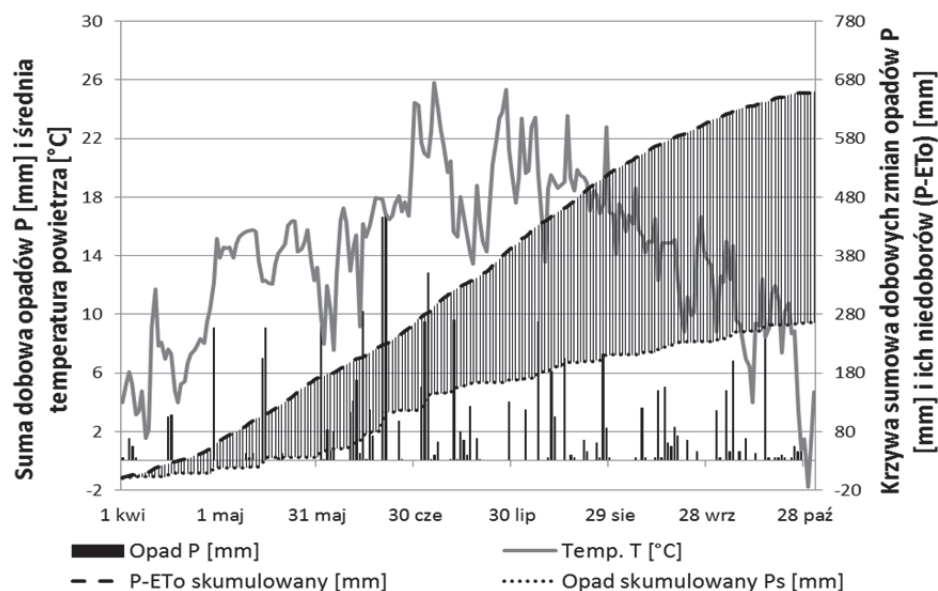


**Rys. 2.** Przebieg warunków meteorologicznych w okresie wegetacyjnym 2012 na tle danych z wielolecia 1981–2011

**Fig. 2.** Weather conditions changes during the vegetation period of 2012 in the background of years 1981–2011

W analogicznym okresie stany wody w rzece Warcie na wodowskazie w Zagórowie (przepust PW2) wahały się w przedziale od 76,06 m n.p.m. na początku wegetacji (IV), obniżając się do rzędnej 75,91 m n.p.m. w lipcu, następnie stopniowo wzrastały, osiągając pod koniec października rzędność 75,97 m n.p.m.

Niewielkie sumy opadów w listopadzie i grudniu 2011 roku oraz w styczniu i marcu 2012 roku (łączna suma opadów w tych miesiącach wyniosła zaledwie 82 mm i była mniejsza od danych z wielolecia 1981–2011 o 62 mm) spowodowały, że okres wegetacyjny rozpoczął się z klimatycznym niedoborem opadów (rys. 3). Początek wegetacji oraz rosnące temperatury przyniosły dalszy deficyt wody. Wynikiem tego był stopniowy spadek poziomu zwierciadła wody we wszystkich studzienkach piezometrycznych. Natomiast zapas wody w czynnej warstwie gleby 0–40 cm utrzymywał się w większości stanowisk na stabilnym poziomie z tendencją do stopniowego zmniejszania się wraz z rozwojem wegetacji.



**Rys. 3.** Zmiany klimatycznego bilansu wodnego (P-ETo) na tle dobowych sum opadów (P) i średniej dobowej temperatury powietrza (T) w czasie wegetacji w 2012 roku

**Fig. 3.** Climatic water balance (P-ETo) changes depending on daily precipitation sum (P) and daily average temperature air (T) in vegetation period of 2012

Na uwagę zasługują wyniki pomiarów stanowiska 6 oraz 8. W trakcie badanego okresu zaobserwowano w obu przypadkach największe amplitudy zmian zasobów wody w glebie. Wyniosły one dla stanowiska nr 6, 177 mm oraz 137 mm dla stanowiska 8. Natomiast wahania zwierciadła wody gruntowej w obu przypadkach nie były już tak znaczące (64 cm i 88 cm). Przypuszczalnie wpływ na taki stan mogło mieć bliskie sąsiedztwo dawnego koryta rzeki Czarnej Strugi. Oba stanowiska badawcze oddalone są od osi ciekłu o 55 i 24 m. W celu zbadania powiązań pomiędzy zasobami wody w warstwie korzeniowej gleby a stanami wody gruntowej przeprowadzono analizę statystyczną opisując otrzymane zależności równaniami regresji wielomianowej, w których poziom aproksymacji określono współczynnikiem determinacji  $R^2$  (tab. 2). Dla analizowanych wcześniej stanowisk 6 i 8 współczynnik ten wyniósł  $R^2 = 0,84$  i  $R^2 = 0,81$  co świadczy, że równanie regresji w istotny sposób de-

terminuje zmienność zapasów wody w zależności od poziomu wahań zwierciadła wód gruntowych.

Najbardziej ustabilizowany poziom zapasów wody zaobserwowano na stanowisku 1, 2, 4, 5, 7 oraz 9 (rys. 4). W analizowanym okresie wegetacyjnym zmieniał się on nieznacznie poza niektórymi przypadkami będącymi efektem intensywnych opadów. Największe zapasy wody zrelejonowały natomiast gleby w terenach najbardziej zanizonych. Stanowisko badawcze nr 2 położone w najniższej obserwowanym punkcie o rzędnej 75,75 m n. p. m. wykazało w analizowanym okresie średni stan zapasów wody na poziomie 327 mm. Wysoki poziom zapasów zaobserwowano również na stanowisku 5. Średni stan uwilgotnienia gleb badanego stanowiska wyniósł 277 mm. Najmniejsze poziomy zapasów zanotowano na stanowiskach nr 1, 3, 4, 7, 8. Wahły się one w przedziale od 80 do 220 mm. W większości stanowisk (nr 1, 4, 7 i 9) zanotowano również najmniejsze amplitudy zmian zapasów wody w całym okresie badań, które wyniosły średnio 63 mm. Natomiast na stanowiskach badawczych nr 1, 2, 9, zmiany uwilgotnienia gleb były najmniejsze i wyniosły 64, 56, 92 mm.

**Tabela 2.** Wyniki przeprowadzonej analizy regresji

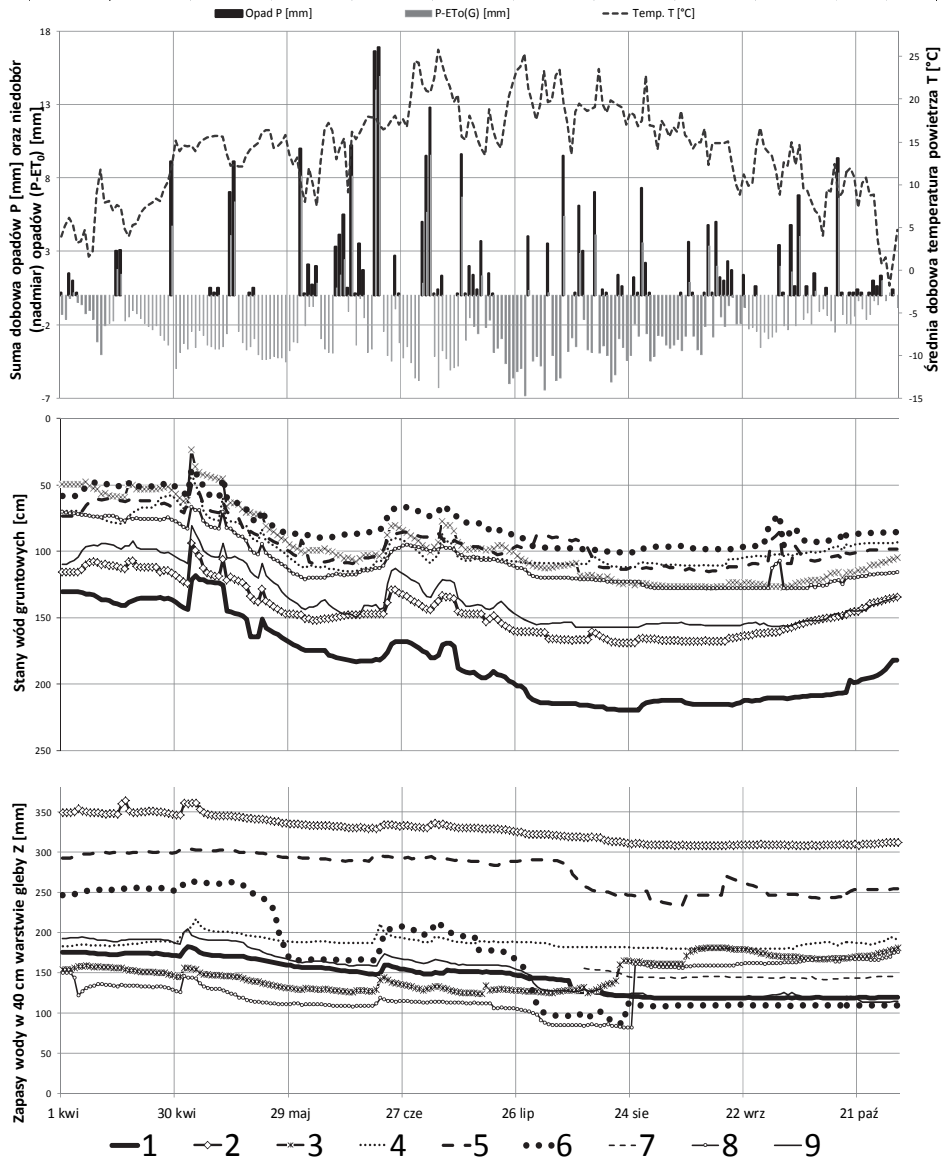
**Table 2.** Results of regression analysis

| NR | MODEL                               | R <sup>2</sup> | NR | MODEL                              | R <sup>2</sup> |
|----|-------------------------------------|----------------|----|------------------------------------|----------------|
| 1  | $Y = -7,1955X^2 + 1092,6X - 41430$  | 0,91           | 5  | $Y = 5,0821X^2 - 763,16X - 28722$  | 0,62           |
| 2  | $Y = -10,355X^2 + 1561,5X - 58896$  | 0,92           | 6  | $Y = -82,337X^2 + 12522X - 476034$ | 0,84           |
| 3  | $Y = -10,355X^2 + 1561,5X - 58896$  | 0,78           | 8  | $Y = -14,224X^2 + 2177,9X - 83332$ | 0,81           |
| 4  | $Y = -0,8823X^2 + 136,27X - 5209,5$ | 0,19           | 9  | $Y = -44,835X^2 + 6826X - 259767$  | 0,91           |

*\*brak dostatecznej ilości danych z stanowiska nr 7 dla stworzenia modelu*

W przypadku zmian poziomu zwierciadła wody największe amplitudy zanotowano na stanowiskach nr 1, 2, 3, 9. Dla badanego okresu wyniosły one odpowiednio: 180, 103, 129 i 117 cm.





**Rys. 4.** Zapasy wody (mm) w warstwie gleby 0–40 cm oraz stany wody gruntowej na tle warunków meteorologicznych w okresie wegetacyjnym 2012 roku

**Fig. 4.** Water reserves in 0–40 cm layer as well as groundwater level at the background of weather conditions in vegetation period of 2012

Największą amplitudą wahań zwierciadła wody cechowały się stanowiska w najwyższych punktach badanego terenu tj. 1, 3, 9 (76,75; 77,26; 77,08 m n.p.m.). W przypadku stanowisk badawczych nr 2, 4, 7 (75,75; 75,83 i 75,95 m n.p.m.) usytuowanych w najniższej położonych miejscach polderu amplituda wahań poziomu wody wyniosła od 75 do 103 cm. Na podstawie zestawionych w tabeli 2 wyników można stwierdzić, że największe zależności pomiędzy stanami wód gruntowych a zapasami wody zaobserwowano na stanowisku badawczym nr 1, 2 oraz 9. Bardzo wysoki współczynnik determinacji ( $R^2 > 0,90$ ) opisujący równania regresji świadczy, że ponad 90% całkowitej zmienności zapasów wody uzależnione jest od poziomu wahań zwierciadła wody gruntowej [11, 14–16].

## 5. Wnioski

1. Analizowany okres wegetacyjny 2012 zaliczany jest do suchych. Na skutek niskich stanów wód w Warcie nie możliwe było wprowadzenie wody na polder Zagórów oraz określenie bezpośredniego wpływu urządzeń hydrotechnicznych na poprawę stosunków wodnych gleb. Niemniej jednak badany okres stanowi bazę wyjściową dla dalszych analiz procesu renaturyzacji tego obszaru.
2. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w przypadku stanowisk badawczych nr 1, 2 i 9 uzyskane równania regresji można zastosować do określania zapasu wody w warstwie korzeniowej (0–40 cm) gleby na podstawie pomiarów stanów wody gruntowej w zakresach przedstawionych w tabeli 1. Uzyskany współczynnik determinacji na poziomie  $R^2 > 90$  świadczy o bardzo wysokim powiązaniu pomiędzy analizowanymi parametrami. W pozostałych przypadkach uwzględnienie dodatkowej zmiennej objaśniającej w modelu regresji opisującym zależność zapasów wody w warstwie korzeniowej gleby od stanów wody gruntowej poprawi współczynnik determinacji.
3. Dla wszystkich stanowisk pomiarowych poza nr 4 oraz 5 otrzymano istotne wartości współczynników determinacji ( $0,78 < R^2 < 0,92$ ).
4. W przypadku stanowisk badawczych nr 3, 5, 6 i 8 wysoki poziom zalegania wód gruntowych wynika z ich bliskiego sąsiedztwa z starym korytem rzeki Czarnej Strugi. Odległość od osi cieką wynosi odpowiednio: 185, 153, 55 i 24 m.

5. Niekorzystny rozkład opadów atmosferycznych, wysoka temperatura powietrza i co się z tym wiąże wysokie parowanie terenowe, które wystąpiły w trakcie trwania sezonu wegetacyjnego spowodowały, że pod koniec okresu wegetacji stany wód gruntowych we wszystkich badanych stanowiskach obniżyły się w stosunku do początku okresu wegetacji średnio o 34 cm. Największy spadek odnotowano na stanowisku 1 i 2 (51 i 55 cm). Najmniej zwierciadło wody obniżyło się w punkcie 3, 4, 5, 6 i 9 (19, 24, 25, 27, 24 cm). W badanym okresie wegetacyjnym odnotowano również spadek zasobów wody na stanowiskach badawczych nr 1, 2, 5, 6, 7, 9 odpowiednio o 56, 37, 39, 138, 10 i 78 mm. Wzrost poziomu zasobów nastąpił natomiast na stanowiskach nr 3, 4 i 8 o 28, 9 i 25 mm.

*Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego N N305 396239 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego*

## Literatura

1. **Allen R.G.:** *New approaches to estimating crop evapotranspiration*. Acta Hort. 335, 287–294 (1993).
2. **BPWM:** *Założenia techniczno-ekonomiczne melioracji użytków rolnych dla przedsięwzięcia polder VI – Zagórow*. Poznań, 1979.
3. **BPWM:** *Studium generalne potrzeb melioracji „Dolina rzeki Warty na odcinku Konin-Pyzdry*. Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Poznaniu (BPWM). Poznań, 1978.
4. **Brandyk T.:** *Stan retencji wodnej siedlisk hydrogenicznnych i jego uwarunkowania*. Wiad. Mel. i Łąk., 1, 18–21 (2002).
5. **GDDKA:** *Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia polegającego na budowie autostrady A2 na odcinku Koło-Dąbie*. Wojewoda Wielkopolski. Poznań, 2006.
6. **Grabarczyk S., Źarski J.:** *Próba statystycznej weryfikacji niektórych wzorów określających ewapotranspirację potencjalną*. Zesz. Nauk. 180 – Rolnictwo (32), 169–175 (1992).
7. **Hydroprojekt (c):** *Renaturyzacja obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagórowem a Łądem – Przepusty P7 i P8, rów R6*. Instrukcja eksploatacji przepustów P1, P2, P7, P8, Włocławek, 2007.
8. **Hydroprojekt (d):** *Renaturyzacja obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagórowem a Łądem – Przepusty P7 i P8, rów R6*. Projekt budowlano wykonawczy, Włocławek, 2008.

9. **Hydroprojekt (e):** *Renaturyzacja obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagórowem a Łądem*. Operat wodnoprawny na wykonanie przepustów P1, P2, P7, P8, Włocławek, 2008.
10. **Kaczorowska Z.:** *Najsuchsze i najwilgotniejsze pory roku w Polsce w okresie 1900–1959*. Prz. Geof., 7/15, 3 (1962).
11. **Kamińska A., Grzywna A., Wesołowska-Janczarek M.:** *Analiza zależności zapasu wody w warstwie korzeniowej gleby od położenia zwierciadła wody gruntowej*. Acta Agrophysica, 8(1), 139–146 (2006).
12. **Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L.:** *Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana i Penmana-Monteitha w różnych regionach Polski*. Woda, Środ. Obsz. Wiej. 4, 2a (11), 23–136 (2004).
13. **Kowalczak P., Nieznański P., Stańko R., Magdaleno Mas F., Bernues Sanz M.:** *Natura 2000, a gospodarka wodna*. Wyd. Ministerstwo Środowiska. Warszawa, 2009.
14. **Kumar C.P.:** *Estimation of Ground Water Recharge due to Rainfall by Modelling of Soil Moisture Movement*. National Institute of Hydrology, Technical Report No. TR-142, 1992–93, p. 66 (1993).
15. **Liberacki D.:** *Dynamika zmian stanów wód gruntowych i uwilgotnienia gleb siedlisk leśnych w zlewni cieką Hutka*. Rocznik Ochrona Środowiska. (Annual Set the Environment Protection), 13, 1927–1942 (2011).
16. **Paluch J.:** *Dynamika głębokości zalegania wód gruntowych pod powierzchnią łąki*. Gospodarka Wodna nr 10, 243, 232–237 (1994).
17. **Przybyła Cz., Kozaczyk P., Sielska I., Bykowski J., Mrozik K.:** *Zmiany uwilgotnienia gleb polderu Nielegowo w okresach wegetacyjnych lat 2005 do 2007*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 889–911 (2011).
18. **Przybyła Cz., Bykowski J., Mrozik K., Napierała M.:** *Znaczenie polderu Zagórow w ochronie przeciwpowodziowej*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 801–813 (2011).
19. **Przybyła Cz., Malinger A., Mrozik K.:** *Instrukcja gospodarowania wodą na obszarze, na którym zrealizowane były przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad, Oddział w Poznaniu prace związane z renaturyzacją obiegu wody rzeki Warty w środkowej części Doliny Konińskiej, między Zagórowem a Łądem*. Generalna Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Poznań, 2009.
20. **Przybyła Cz., Malinger A., Mrozik K.:** *Operat wodnoprawny na eksploatację przepustów P1, P2, P7, P8*. Generalna Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Poznań, 2009.
21. **Przybyła Cz., Malinger A., Mrozik K.:** *Wpływ budowli hydrotechnicznych na renaturyzację gospodarki wodnej Polderu Zagórow*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 14 (2012).

22. **Przybyła Cz., Napierała M., Bykowski J., Mroziak K.:** *Polder Zagorów przykładem renaturyzacji gospodarki wodnej. Monografia.* Poznań, 2012.
23. **Winiński A., Krupa A.:** *Koncepcja renaturyzacji obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagorowem a Łądem.* Poznań, 2006.
24. **Więcek K.:** *Instrukcja budowy i urządzeń przepompowni odwadniającej w Zagorowie.* WZMIUW O/ Konin, 1997.
25. **Żelazo J.:** *Renaturyzacja rzek i dolin. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich.* PAN. Kraków, 4/1, 11–31 (2006).

## **Dynamics of Water Levels and Ground Water Storage in the Soils of Polder Zagorow within Range of Impact of Hydraulic Engineering Structures**

### **Abstract**

The aim of this study was to analyze the dynamics of groundwater level and water reserves changes in the active layer of the soil in the area of compensation activities. The study area covered the range of functioning culverts during the growing season in year of 2012. This paper for the first time presents a real area impact of hydraulic structures which is the surface of the flood footprint that arise as a result of water overflow into the polder from Warta river by culverts. According to the calculation the maximum coverage area of the building is less than 230 ha. It is not so much considering the fact that the whole area of the polder has almost 1200 hectares. Nevertheless, considering the fact of the importance of leading restoration activities in the Central Valley Warta the constant monitoring and verifications of changes are required. At this work relations between underwater level and water supply were presented.

For that purpose a statistical relation between above mentioned parameters was determined. Using a simple regression equation the relationship between ground water and water reserves was showed. In addition, the changes of groundwater level and soil moisture of polder Zagorow were assessed against the monthly precipitation and average air temperatures by their own weather station. The results were compared with data from multiple years of 1981–2011 with a weather station in Słupca. On the basis of measurement average daily values of meteorological elements indicate reference evapotranspiration by using method of Penman-Monteith. Climatic water balance was calculated as the difference between the percentage of monthly precipitation  $P$  and the sum of the monthly reference evapotranspiration  $ET_0$ . In addition, the study also monitored the level of water changes on the Warta river. Modeling studies conducted, in most cases gave satisfactory results.

In most of the analyzed cases, the coefficient of determination was very high which means that the resulting regression equation significantly explains how the water reserves to groundwater level dependent.

Best results are obtained at positions 1, 2 and 9, where more than 90% variation in the regression equation Y explained. Only in sections 4 and 5 shows the model inadequately describes the relationship test. In case of further analysis it is necessary to extend the model to a further independent variables. In this work, we can see that for some positions a major impact on the level of water reserves are influenced by the meteorological and hydrological conditions.